

UNIVERSIDAD DE SALAMANCA

DPTO. DE FÍSICA, INGENIERÍA Y RADIOLOGÍA MÉDICA

ÁREA DE FISIOTERAPIA

E.U. ENFERMERÍA Y FISIOTERAPIA



Tesis Doctoral

**DEBILIDAD MUSCULAR EN
PERSONAS MAYORES Y LA
UTILIZACIÓN DE LA NMES**

TIAGO PARENTE VIANA DA SILVA

SALAMANCA, 2012

El Doctor D. José Ignacio Calvo Arenillas, Catedrático de E.U. de la Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca

CERTIFICA:

Que la Tesis Doctoral titulada “**Debilidad muscular en personas mayores y la utilización de la NMES**”, realizada por D. Tiago Parente Viana da Silva para optar al Grado de Doctor por la Universidad de Salamanca, cumple todos los requisitos necesarios para su presentación y defensa ante el tribunal calificador.

Para que conste y en cumplimiento de las disposiciones vigentes, extiendo el presente certificado con fecha de 29 de febrero de 2012.

Fdo. Dr. D. José Ignacio Calvo Arenillas

AGRADECIMIENTOS

À minha família, pelo apoio incondicional.

Al Prof. Dr. D. José Ignacio Calvo Arenillas, director de la Tesis, por la confianza depositada, conocimientos enseñados y tiempo compartido.

Al profesor D. José Fonseca Velasco y a D^a. Carmen Báez, por el apoyo y colaboración en la realización del ensayo clínico.

Ao professor João Carlos Cunha Nobre, pela ajuda na parte estatística além das críticas construtivas na globalidade da tese, incentivo e amizade.

A los becarios del programa de Revitalización Geriátrica 2009-2010: D^a. Lucia Herrarte Prieto, D. Jorge Juan Alvarado Omenat, D. Francisco Javier Madinabeitia, D. Alvaro Perez Velasco y D. Eugenio Pineda Pascual.

A los mayores que participan en el programa de Revitalización Geriátrica del Municipio de Salamanca, en particular, a los que colaboraron en el ensayo clínico de la presente Tesis.

Al Dr. D. José Luis Sánchez Sánchez, profesor del área de Fisioterapia de la Universidad de Salamanca, y a D. David Baus, Fisioterapeuta de la clínica Mevital D'H de Madrid, por la colaboración en la evaluación isocinética.

A los profesores Dr. D. Félix Redondo Quintela y Dr. D. Roberto Carlos Redondo Melchor, por su ayuda en la caracterización de la corriente de electroterapia utilizada a través del osciloscopio.

A D. Manuel Rodríguez Fernández y D. Oscar Aladrén Rodríguez, de la empresa Helios Electromedicina, por la realización de los tramites necesarios para asegurar que el dinamómetro reunía las condiciones ideales a su utilización.

Al departamento de Fisica, Ingenieria y Radiologia Médica, en particular, a los profesores: Dra. D^a. Ana María Martín Noguerras, D. Roberto Méndez Sánchez, Dr. D. Ignacio Rubio López, Dr. D. Francisco Alburquerque Sendín, D. Fausto José Barbero Iglesias, Dra. D^a. M^a del Carmen Sánchez Sánchez, Dr. D. Carlos Moreno Pascual y D. Jesús Orejuela Rodríguez.

Al departamento de Anatomía e Histologia Humana y a los profesores del Doctorado de Neurociencias, en especial, al Dr. D. Daniel Toranzo Martínez y al Dr. D. José Angel García Méndez, tutores en el período de investigación.

A la dirección de la Residencia Asistida Provincial de Salamanca, por disponibilizar las salas además de facilitar el dinamómetro isocinético necesario para la recogida de los datos referentes a la fuerza muscular.

Aos professores António Maurício Mota Gouveia, Denise França Silva e Gilvan Baroni Pacheco pelo apoio e incentivo na candidatura ao doutoramento em Fisioterapia pela Universidade de Salamanca.

A D. Xil Rey Veríssimo, por su ayuda en la corrección del castellano de la tesis doctoral.

Por fin, queria agradecer a todos aquellos que directa o indirectamente han contribuído para la realización de este trabajo de investigación.

ÍNDICE

ABREVIATURAS	16
RESUMEN	19
ABSTRACT	20
RESUMO	21
1. PRÓLOGO	22
1.1. INTRODUCCIÓN	23
1.2. PERTINENCIA Y GRADO DE INNOVACIÓN	24
2. MARCO TEÓRICO	26
2.1. DEBILIDAD MUSCULAR EN PERSONAS MAYORES	27
2.1.1. Aspectos demográficos	27
2.1.2. Desarrollo del envejecimiento	28
2.1.3. Sarcopenia	29
2.2. REVITALIZACIÓN GERIÁTRICA.....	52
2.2.1. Conceptualización.....	52
2.2.2. Contribución de la actividad física.....	52
2.2.3. Investigaciones realizadas en mayores	55
2.3. LA UTILIZACIÓN DE LA NMES.....	63
2.3.1. Conceptualización histórica	63
2.3.2. Introducción	65
2.3.3. Utilidad y funcionamiento	66
2.3.4. Reclutamiento de fibras musculares	68
2.3.5. Aparatos y electrodos.....	69
2.3.6. Características de la corriente	71
2.3.7. Técnica superpuesta	77
2.3.8. Inmovilización, desuso y desentrenamiento	78
2.3.9. Estudios científicos sobre la NMES en mayores	79
3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS	83
3.1. OBJETIVOS	84
3.2. HIPÓTESIS	85
4. MATERIAL Y MÉTODOS	87
4.1. TIPO DE DISEÑO	88
4.2. SECUENCIA DE LAS ETAPAS.....	90
4.3. MUESTRA EN ESTUDIO.....	92
4.4. ASPECTOS ÉTICOS	94
4.5. VARIABLES EN ESTUDIO	95
4.6. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS.....	96

4.6.1. Variables no experimentales.....	96
4.6.2. Variables experimentales	96
4.7. PROGRAMA DE REVITALIZACIÓN GERIÁTRICA.....	103
4.8. PROTOCOLO DE LA NMES.....	104
4.9. REALIZACIÓN DE LAS EVALUACIONES	107
4.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	111
4.10.1. Organización y presentación de los datos	111
5. RESULTADOS	114
5.1. CARACTERÍSTICAS NO EXPERIMENTALES DE LA MUESTRA ..	115
5.1.1. Grupos en estudio	115
5.1.2. Edad.....	115
5.1.3. Estado civil.....	115
5.1.4. Escolaridad	116
5.1.5. Medicación	116
5.1.6. Análisis de correspondencias múltiples de las variables no experimentales	117
5.1.7. Resumen de las características no experimentales	117
5.2. CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES INICIALES	118
5.2.1. Parámetro antropométrico	118
5.2.2. Parámetro cardiovascular	122
5.2.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad.....	123
5.2.4. Parámetro de la fuerza isocinética.....	124
5.2.5. Parámetro de la calidad de vida.....	128
5.2.6. Análisis gráfico de la matriz de datos multivariantes de las variables experimentales iniciales	131
5.2.7. Resumen de las características experimentales iniciales.....	132
5.3. EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES..	135
5.3.1. Parámetro antropométrico	135
5.3.2. Parámetro cardiovascular	145
5.3.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad.....	147
5.3.4. Parámetro de la fuerza isocinética.....	149
5.3.5. Parámetro de la calidad de vida.....	165
5.3.6. Análisis gráfico de la matriz de datos multivariantes de las variables experimentales y su evolución.....	169
5.3.7. Resumen de la evolución de las características experimentales.....	171
5.4. <i>FOLLOW-UP</i> DE LAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES ..	173
5.4.1. Parámetro antropométrico	173
5.4.2. Parámetro cardiovascular	182
5.4.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad.....	184
5.4.4. Parámetro de la fuerza isocinética.....	186

5.4.5. Parámetro de la calidad de vida	200
5.4.6. Análisis gráfico de la matriz de datos multivariantes de las variables experimentales y su <i>follow-up</i>	204
5.4.7. Resumen del <i>follow-up</i> de las características experimentales	205
6. DISCUSIÓN.....	208
6.1. MATERIAL Y MÉTODO.....	209
6.1.1. Ensayo clínico aleatorio	209
6.1.2. Grupos en estudio	210
6.1.3. Evaluaciones	215
6.1.4. Clínicamente relevante.....	215
6.1.5. Evaluación de la fuerza isocinética.....	216
6.2. CARACTERÍSTICAS DE LA NMES	217
6.2.1. Forma de actuación.....	217
6.2.2. Efectividad	219
6.2.3. Heterogenia de las características	219
6.2.4. Cuádriceps.....	219
6.3. CARACTERÍSTICAS NO EXPERIMENTALES	221
6.3.1. Edad	221
6.3.2. Estado civil.....	221
6.3.3. Escolaridad.....	222
6.3.4. Medicación.....	223
6.4. CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES.....	223
6.4.1. Parámetro antropométrico.....	223
6.4.2. Parámetro cardiovascular	233
6.4.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad	236
6.4.4. Parámetro de la fuerza isocinética	244
6.4.5. Parámetro de la calidad de vida	257
6.5. PREGUNTA DE PARTIDA	261
6.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO	262
6.7. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS	264
6.8. LINEAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES.....	264
7. CONCLUSIONES.....	265
8. BIBLIOGRAFÍA	267
9. ANEXOS	308
Anexo I: Impreso CBE-A3.....	309
Anexo II: Historia clínica actual y antecedentes patológicos.....	311
Anexo III: Ficha de evaluación práctica.....	313
Anexo IV: Tablas de estadística	315
Anexo V: Comunicaciones orales.....	325
Anexo VI: Pósteres	327

ÍNDICE DE FIGURAS, TABLAS Y GRÁFICOS

Figura 1. Factores responsables por la patogénesis de la sarcopenia.	39
Figura 2. Diagrama de flujo de la investigación.	90
Figura 3. Cronología de las dos últimas etapas de la investigación empírica.	91
Figura 4. Secuencia de recogida de los datos empíricos.	97
Figura 5. Báscula con tallímetro SECA modelo 713.	97
Figura 6. Onrom BF 300.	98
Figura 7. ITOH F700	99
Figura 8. Silla para el <i>Sit&Up</i>	100
Figura 9. Banco de <i>Wells</i> para el <i>Sit&Reach</i>	100
Figura 10. Dinamómetro isocinético <i>Prima Doc</i>	101
Figura 11. Digi-Combo y electrodos.	105
Figura 12. Osciloscopio Tds 2014.	105
Figura 13. Búsqueda de los puntos motores.	106
Figura 14. Colocación de los electrodos.	106
Figura 15. Posicionamiento inicial en el dinamómetro	110
Tabla 1. Prevalencia de la sarcopenia en mujeres mayores.	36
Tabla 2. Alteraciones musculares halladas en los extensores de la rodilla de una población mayor en comparación con jóvenes.	51
Tabla 3. Efectos observados en la musculatura de la rodilla en investigaciones científicas hechas en muestras de mayores según programas de potenciación muscular.	63
Tabla 4. Efectos observados en la musculatura de la rodilla de las mujeres mayores en investigaciones científicas según programas de potenciación muscular.	63
Tabla 5. Secuencia binaria de los 32 números del acrónimo NMES.	94
Tabla 6. Identificación de las distintas variables en estudio y su clasificación cuanto al tipo, unidad e instrumento.	96
Tabla 7. Prueba de <i>Mann-Whitney</i> para el estudio de la medicación antes del ensayo clínico	116
Tabla 8. Nivel de significación de las características no experimentales en estudio antes del ensayo clínico	118
Tabla 9. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro antropométrico antes del ensayo clínico según el grupo	118
Tabla 10. Prueba paramétrica de <i>Independent Sample T test</i> para el estudio de la normalidad de la perimetría de los miembros inferiores antes del ensayo clínico según el miembro inferior.	121
Tabla 11. Prueba paramétrica de <i>Independent Sample T test</i> para el estudio de la diferencia de perímetro entre el miembro dominante y no dominante antes del ensayo clínico según el grupo.	121

Tabla 12. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro cardiovascular antes del ensayo clínico según el grupo.....	122
Tabla 13. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro del equilibrio y flexibilidad antes del ensayo clínico según el grupo	123
Tabla 14. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del torque máximo antes del ensayo clínico según el grupo	124
Tabla 15. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del torque medio antes del ensayo clínico según el grupo	125
Tabla 16. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio de la potencia máxima antes del ensayo clínico según el grupo	126
Tabla 17. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del porcentaje de flexión/extensión antes del ensayo clínico según el grupo	127
Tabla 18. Estudio de la diferencia de las variables isocinéticas entre el miembro dominante y no dominante antes del ensayo clínico según el grupo.....	127
Tabla 19. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro de la calidad de vida (SF-36) antes del ensayo clínico según el grupo.	128
Tabla 20. Media, desviación típica y nivel de significación de las características experimentales en estudio antes del ensayo clínico	134
Tabla 21. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro antropométrico en el ensayo clínico.....	316
Tabla 22. Prueba ANOVA MR para el estudio de la evolución de la perimetría de los miembros inferiores en el ensayo clínico según el grupo.....	316
Tabla 23. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro cardiovascular en el ensayo clínico	316
Tabla 24. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro del equilibrio y flexibilidad en el ensayo clínico	316
Tabla 25. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro de la fuerza isocinética en el ensayo clínico.	317
Tabla 26. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad; c: <i>Epsilon de Greenhouse-Geisser</i>) para el estudio de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico	317
Tabla 27. Test de ANOVA MR (a: con esfericidad; b: <i>Epsilon de Greenhouse-Geisser</i>) para el estudio de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico.....	317
Tabla 28. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico	318
Tabla 29. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico.....	318

Tabla 30. Test de ANOVA MR (a: con esfericidad; b: <i>Epsilon de Greenhouse-Geisser</i>) para el estudio de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico.....	318
Tabla 31. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: <i>Epsilon de Greenhouse-Geisser</i>) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico.....	318
Tabla 32. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico.....	319
Tabla 33. Pruebas estadísticas para el estudio de la evolución de la diferencia de las variables isocinéticas entre el miembro dominante y no dominante en el ensayo clínico	319
Tabla 34. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) de la evolución del parámetro de la calidad de vida en el ensayo clínico...	319
Tabla 35. Prueba ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico	319
Tabla 36. Prueba <i>Wilcoxon</i> para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico.....	320
Tabla 37. Nivel de significación de la evolución de las variables experimentales en el ensayo clínico.....	172
Tabla 38. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro antropométrico en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	320
Tabla 39. Prueba ANOVA MR para el estudio de la evolución de la perimetría de los miembros inferiores en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	320
Tabla 40. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro cardiovascular en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	321
Tabla 41. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro del equilibrio y flexibilidad en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	321
Tabla 42. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro de la fuerza isocinética en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	321
Tabla 43. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	321
Tabla 44. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	322
Tabla 45. Test de ANOVA MR (a: con esfericidad; b: <i>Epsilon de Greenhouse-Geisser</i>) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	322
Tabla 46. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	322

Tabla 47. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	322
Tabla 48. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	323
Tabla 49. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	323
Tabla 50. Prueba <i>Independent Sample T test</i> para el estudio del <i>follow-up</i> de la diferencia de las variables isocinéticas entre el miembro dominante y no dominante	323
Tabla 51. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba <i>M de Box</i>) y de la esfericidad (Prueba de <i>Mauchly's</i>) de la evolución del parámetro de la calidad de vida en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	323
Tabla 52. Prueba ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	324
Tabla 53. Test de <i>Friedman two-way</i> ANOVA para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i>	324
Tabla 54. Nivel de significación del <i>follow-up</i> de las variables experimentales en el ensayo clínico	207

Gráfico 1. Análisis de correspondencias múltiples de las variables no experimentales.....	117
Gráfico 2. Biplot de las variables experimentales al inicio del ensayo clínico ...	131
Gráfico 3. Gráfico de líneas de la evolución de la talla en el ensayo clínico según el grupo.....	135
Gráfico 4. Gráfico de líneas de la evolución del peso en el ensayo clínico según el grupo.....	136
Gráfico 5. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del IMC en el ensayo clínico según el grupo.....	137
Gráfico 6. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje (a) y peso (b) de la masa grasa en el ensayo clínico según el grupo.	138
Gráfico 7. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del perímetro abdominal en el ensayo clínico según el grupo.....	139
Gráfico 8. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior derecho en el ensayo clínico según el grupo.	141
Gráfico 9. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior izquierdo en el ensayo clínico según el grupo.....	143
Gráfico 10. Gráficos de líneas de la evolución de la frecuencia cardiaca (a) y respiratoria (b) en el ensayo clínico según el grupo.	145
Gráfico 11. Gráficos de líneas de la evolución de la presión arterial sistólica (a) y diastólica (b) en el ensayo clínico según el grupo.....	146
Gráfico 12. Gráficos de líneas de la evolución del <i>Sit&Up</i> (a) y <i>Sit&Reach</i> (b) en el ensayo clínico según el grupo.....	147

Gráfico 13. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico según el grupo.	149
Gráfico 14. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico según el grupo.	151
Gráfico 15. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico según el grupo.	153
Gráfico 16. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico según el grupo.	155
Gráfico 17. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico según el grupo.	158
Gráfico 18. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico según el grupo.	160
Gráfico 19. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico según el grupo.	162
Gráfico 20. Gráficos de líneas de la evolución de las escalas y componentes sumarios de la calidad de vida (SF-36) en el ensayo clínico según el grupo.	166
Gráfico 21. Biplot de la evolución de las variables experimentales en el ensayo clínico según el grupo y el momento.	169
Gráfico 22. Gráfico de líneas de la evolución de la talla en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	173
Gráfico 23. Gráfico de líneas de la evolución del peso en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	174
Gráfico 24. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del IMC en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	175
Gráfico 25. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje (a) y peso (b) de la masa grasa en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	176
Gráfico 26. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del perímetro abdominal en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	177
Gráfico 27. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior derecho en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	179
Gráfico 28. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior izquierdo en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	181
Gráfico 29. Gráficos de líneas de la evolución de la frecuencia cardiaca (a) y respiratoria (b) y su <i>follow-up</i> en el ensayo clínico según el grupo.	182
Gráfico 30. Gráficos de líneas de la evolución de la presión arterial sistólica (a) y diastólica (b) y su <i>follow-up</i> en el ensayo clínico según el grupo.	183
Gráfico 31. Gráfico de líneas de la evolución del <i>Sit&Up</i> (a) y <i>Sit&Reach</i> (b) y su <i>follow-up</i> en el ensayo clínico según el grupo.	184
Gráfico 32. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	186
Gráfico 33. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	188
Gráfico 34. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.	190

Gráfico 35. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.....	192
Gráfico 36. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.....	194
Gráfico 37. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.....	196
Gráfico 38. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.....	198
Gráfico 39. Gráficos de líneas de la evolución de las escalas y componentes sumarios de la calidad de vida (SF-36) en el ensayo clínico y su <i>follow-up</i> según el grupo.....	202
Gráfico 40. Biplot del <i>follow-up</i> de las variables experimentales en el ensayo clínico según el grupo y el momento.....	204

ABREVIATURAS

α	Alfa
$^{\circ}$	Grados
$^{\circ}/s$	Grados/segundo
\pm	Más o menos
$>$	Mayor
\geq	Mayor o igual
$<$	Menor
\leq	Menor o igual
μs	Microsegundos
%	Por ciento
% F/E	Porcentaje de flexión/extensión
1RM	Una repetición máxima
ACV	Accidente cerebro vascular
ANOVA MR	ANOVA de medidas repetidas
AST	Área de sección transversal
AVD	Actividades de la vida diaria
BIA	Impedancia bioeléctrica
cm	Centímetros
CSF	Componente sumario físico
CSM	Componente sumario mental
CTL	Control
CV	Calidad de vida
CVM	Contracción voluntaria máxima
D.T.	Desviación típica
DEXA	Absorción de doble energía por fejes de rayo X
DHEA	Dehidroepiandrosterona
ECA	Ensayo clínico aleatorio
EMG	Electromiografía
ERP	Ejercicios de resistencia progresiva
ESCNM	<i>European Society of Clinical Nutrition and Metabolism</i>
et al.	Colaboradores

EUGMS	<i>European Union Geriatric Medicine Society</i>
EVA	Escala visual analógica
EXP	Experimental
EWGSOP	<i>European Working Group on Sarcopenia in Older People</i>
FC	Frecuencia cardiaca
FR	Frecuencia respiratoria
FU	Seguimiento (<i>Follow-up</i>)
g.l.	Grados de libertad
GH	Hormona de crecimiento
Hz	Hercios
IAGG-ER <i>Region</i>	<i>International Association of Gerontology and Geriatrics - European Region</i>
IANA	<i>International Academy of Nutrition and Aging</i>
IGF-1	Factor de crecimiento tipo insulina 1
IL	Interleucina
IMC	Índice de masa corporal
INE	Instituto Nacional de Estadística
IQOLA	<i>International Quality of Life Assessment</i>
kg.	Kilogramos
M.I.	Miembro inferior
mA	Miliamperios
MID	Miembro inferior derecho
MII	Miembro inferior izquierdo
Min-Máx.	Mínimo-Máximo
mm	Milímetros
mmHg	Milímetros de mercurio
N	Número
Nm	Newton.metro
NMES	Estimulación eléctrica neuromuscular
ns	No significativo
OMS	Organización Mundial de la Salud
p	Significación
PA	Presión arterial
PAD	Presión arterial diastólica

PAS	Presión arterial sistólica
pH	Potencial de hidrógeno
PM	Potenciación muscular
ppm	Pulsaciones por minuto
PSR	Polo superior de la rotula
PTR	Prótesis total de rodilla
RG	Revitalización geriátrica
RM	Resonancia magnética
rpm	Respiraciones por minuto
s	Segundos
SMI	<i>Skeletal muscle index</i>
SNC	Sistema nervioso central
SNP	Sistema nervioso periférico
SW	<i>Shapiro-Wilk</i>
SWG	<i>Sarcopenia Working Group</i>
TBK	Potasio corporal total
TC	Tomografía computarizada
TNF- α	Factor de necrosis tumoral alfa
UE	Unión Europea
UM	Unidades motoras
V	Vátios
vs	<i>Versus</i>
WOMAC	<i>Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index</i>

RESUMEN

En las últimas décadas se verificó un incremento exponencial de la población anciana mundial y se espera que se siga desarrollando progresivamente hasta 2050. Como se conoce que la función, estructura y composición del sistema músculo-esquelético cambia con la edad, se torna importante actuar de forma a prevenir sus consecuencias.

Diseñamos un estudio experimental de carácter longitudinal, analítico y prospectivo con el objetivo de investigar si una corriente de estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) de baja frecuencia influye en la fuerza muscular del cuádriceps, en el equilibrio y flexibilidad del tronco y miembros inferiores, en la condición cardiovascular y en la calidad de vida (CV) de una muestra de 32 mujeres mayores (70-79 años) válidas no institucionalizadas y físicamente activas del municipio de Salamanca. Las mayores participaron en un ensayo clínico aleatorio (ECA) de 8 semanas de duración donde fueron asignadas al azar a uno de dos grupos: control (CTL; N=15, 74,1±2,99 años), que participó en un programa de revitalización geriátrica (RG) tres veces a la semana; y experimental (EXP; N=17, 74,9±2,84 años), que además de la RG recibió tres sesiones semanales de NMES. Cada mayor fue evaluada 6 veces: 5 a lo largo del ECA (una vez cada dos semanas), además de un seguimiento (*follow-up*) realizado a los 6 meses de finalizar el ECA. Las principales variables investigadas fueron: el torque y potencia isocinético concéntrico a 60 y 120°/s, las pruebas *Sit&Up* y *Sit&Reach*, las frecuencias cardíaca (FC) y respiratoria (FR) además de la presión arterial (PA) y del cuestionario de CV SF-36. Dichas variables fueron evaluadas mayoritariamente con los estadísticos: ANOVA de medidas repetidas (ANOVA MR) y *Friedman two-way* ANOVA además del análisis de correspondencias múltiples y biplot.

Los resultados revelan que el grupo EXP sufrió un incremento significativo de la potencia máxima del cuádriceps derecho, de la PA diastólica para niveles normales y de las pruebas *Sit&Up* y *Sit&Reach* mientras las demás variables estudiadas lograron aumentos clínicamente relevantes.

Concluimos que la realización de NMES asociada a un programa de RG es susceptible de influenciar un gran abanico de características físicas, funcionales y psicológicas de las mujeres mayores válidas, no institucionalizadas y físicamente activas.

Palabras Clave: debilidad muscular, revitalización geriátrica, NMES, desentrenamiento, mujeres mayores.

ABSTRACT

In recent decades there was an exponential increase in the elderly population worldwide and is expected to continue to develop steadily until 2050. As it is known that the function, structure and composition of the musculoskeletal system changes with age, its important to act to prevent its consequences.

We designed an experimental study with a longitudinal, analytical and prospective approach with the aim of investigating whether a low frequency neuromuscular electrical stimulation (NMES) current influences the quadriceps muscle strength, the balance and flexibility of the trunk and lower limbs, the cardiovascular fitness and the quality of life (QOL) of a sample of 32 older women (70-79 years) valid, non-institutionalized and physically active from Salamanca. The elderly women participated in a 8-week clinical trial (RCT) where they were randomly assigned to one of two groups: control (CTL, N=15, 74,1±2,99 years) who participated in a three sessions/week geriatric revitalization (GR) program; and experimental (EXP, N=17, 74,9±2,84 years), that in addition to the GR received three weekly sessions of NMES. Each elderly was evaluated 6 times: 5 throughout the RCT (once every two weeks), plus a follow-up performed 6 months after finishing the RCT. The main variables investigated were: concentric isokinetic torque and power at 60 and 120°/s, Sit&Up and Sit&Reach, heart rate and respiratory frequency in addition to blood pressure (BP) and the SF-36 QOL questionnaire. These variables were evaluated mainly with the repeated measures ANOVA and the Friedman two-way ANOVA in addition to multiple correspondence analysis and biplot.

Results obtained show that the EXP group experienced a significant increase in maximum power of the right quadriceps, diastolic BP to normal levels and the Sit&Up and Sit&Reach tests while the other variables had clinically relevant increases.

We conclude that NMES associated with a GR program is likely to influence a wide range of physical, functional and psychological aspects of valid, non-institutionalized and physically active elderly women.

Keywords: muscle weakness, geriatric revitalization, NMES, detraining, elderly women.

RESUMO

Nas últimas décadas verificou-se um aumento exponencial da população idosa mundial e prevê-se que continue a aumentar progressivamente até 2050. Sabe-se que a função, estrutura e morfologia do sistema músculo-esquelético altera com a idade, pelo que se torna importante actuar de forma a prevenir as suas consequências.

Desenhámos um estudo experimental de carácter longitudinal, analítico e prospectivo com o objectivo de investigar se uma corrente de estimulação eléctrica neuromuscular (NMES) de baixa frequência influencia a força muscular do quadríceps, o equilíbrio e flexibilidade do tronco e membros inferiores, a condição cardiovascular e a qualidade de vida (QV) de uma amostra de 32 mulheres idosas (70-79 anos) válidas, não institucionalizadas e fisicamente activas do município de Salamanca. As idosas participaram num ensaio clínico aleatório (ECA) de 8 semanas de duração, distribuídas aleatoriamente a um de dois grupos: controlo (CTL; N=15, 74,1±2,99 anos), que participou num programa trisemanal de revitalização geriátrica (RG); e experimental (EXP; N=17, 74,9±2,84 anos), que além do programa de RG realizou sessões trisemanais de NMES. Cada idosa foi avaliada por 6 vezes: 5 ao longo do ECA (uma a cada duas semanas), além de um *follow-up* realizado 6 meses depois de terminado o ECA. As principais variáveis investigadas foram: torque e potencia isocinética concêntrica a 60 e 120°/s, as provas *Sit&Up* e *Sit&Reach*, as frequências cardíaca (FC) e respiratória (FR) além da pressão arterial (PA) e do questionário de QV SF-36. Estas variáveis foram avaliadas maioritariamente com os testes estatísticos: ANOVA de medidas repetidas (ANOVA MR) e *Friedman two-way* ANOVA além da análise de correspondências múltiplas e o biplot.

Os resultados obtidos revelam que o grupo EXP aumentou significativamente a potencia máxima do quadríceps direito, a PA diastólica para níveis normais e os testes *Sit&Up* e *Sit&Reach* enquanto as restantes variáveis estudadas sofreram aumentos clinicamente relevantes.

Concluimos que a realização da NMES associada ao programa de RG é susceptível de influenciar uma grande variedade de características físicas, funcionais e psicológicas de mulheres idosas válidas, não institucionalizadas e fisicamente activas.

Palavras-Chave: debilidade muscular, revitalização geriátrica, NMES, desentreamento, mulheres idosas.

1. PRÓLOGO

1.1. INTRODUCCIÓN

Las personas mayores son un grupo muy variado siendo posible encontrar las que son capaces de correr por varios kilómetros y las que no logran caminar ni unos metros. Sin embargo, la gran mayoría tiene una o más enfermedades crónicas y todas han experimentado algún tipo de disminución de su capacidad física ¹.

Con el envejecimiento, la capacidad de los músculos en generar fuerza se encuentra comprometida ² así como el volumen de la masa muscular ³⁻⁵. La atrofia muscular es más evidente en la zona de los grupos musculares de los muslos (cuádriceps) ^{3, 6} pudiendo mismo llegar a dejar la estructura ósea a “descubierto” de la musculatura ⁶. La función del cuádriceps en particular es importante en la realización de las actividades de la vida diaria (AVD) por parte de los mayores además de contribuir en la prevención de caídas ^{2, 7-11}.

Aunque se asocie esta pérdida de masa y fuerza muscular a la sarcopenia, todavía no existe una definición clínica que sea ampliamente aceptada ni tampoco un consenso en cuanto a sus criterios de diagnóstico o líneas de tratamiento ¹². Consecuentemente, en 2009, el *European Union Geriatric Medicine Society* (EUGMS) decidió crear el *Sarcopenia Working Group* (SWG) en conjunto con otras organizaciones científicas europeas como: *European Society of Clinical Nutrition and Metabolism* (ESCNM), *International Academy of Nutrition and Aging* (IANA) y *International Association of Gerontology and Geriatrics - European Region* (IAGG-ER) ¹². El SWG clasificó la sarcopenia como un síndrome caracterizado por la pérdida progresiva y generalizada de la masa y fuerza muscular esquelética susceptible de provocar discapacidad física, reducir la CV y llevar a la muerte ^{12, 13}.

Bajo el punto de vista de la salud pública, las implicaciones clínicas de la sarcopenia son variadas y, una vez que el porcentaje de personas mayores sigue aumentando, su impacto será dramático ¹⁴⁻¹⁶ además de provocar un aumento exponencial de los gastos económicos ^{11, 17}.

Se conoce que los mayores que mantienen una buena forma física suelen ser más activos y, consecuentemente, realizan las AVD con menos esfuerzo. Por su lado, en el caso de mayores con debilidad, esas mismas tareas cuestan más en realizarse y se hacen con más dificultad. No obstante, en el caso de personas mayores con enfermedades crónicas pero que participan en programas de ejercicio físico, se observa una mejoría de su capacidad física general ¹⁸. A pesar de todo, está ampliamente aceptado que es inevitable la pérdida funcional que acompaña la vejez pero no quiere decir que no se pueda preservar y mismo incrementar la masa y fuerza muscular ¹¹.

Curiosamente, y a pesar de que se ha investigado mucho el efecto que el ejercicio físico tiene en los jóvenes, son pocos los estudios que averiguan su impacto en la población anciana ¹¹. Sin embargo, la literatura científica corrobora que programas de potenciación muscular (PM) provocan aumentos sustanciales de la *performance* muscular ^{8, 11}, así como programas de RG que incluyen técnicas de rehabilitación aplicadas a las personas mayores aparentemente sanas o sin

enfermedad invalidante ¹⁹⁻²². Más recientemente, empezó a utilizarse la *neuromuscular electrical stimulation* o NMES con el mismo objetivo del entrenamiento muscular, ya que es una herramienta útil para aumentar la fuerza muscular voluntaria ²³⁻³¹, presentándose como una alternativa con potencialidad de ser más eficaz que el propio ejercicio físico voluntario ³².

1.2. PERTINENCIA Y GRADO DE INNOVACIÓN

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) ³³, la gran mayoría de los países desarrollados usa la edad de 65 años para definir a la persona mayor. Con esta edad como punto de corte para identificar dicha población, es importante resaltar que recientemente había 8 veces más personas mayores en España que en el año de 1900. Así, al inicio de 2007, el 16,7% de la población total española es mayor ($\pm 7,5$ millones), donde $\pm 4,3$ millones son mujeres, y 1 en cada 5 tiene más de 80 años. Además, según el Instituto Nacional de Estadística (INE), en 2060 la población mayor llegará casi a un 30% de la total, lo mismo que decir que, 1 en cada 3 personas, será mayor. Curiosamente, según las mismas estadísticas, habrá el doble de mayores con relación a niños de hasta 14 años. De toda España, el territorio más envejecido es el de Castilla y León con 22,5% de personas mayores en 2007, donde la mayoría (56,9%) es del género femenino ³⁴.

En el informe del *European Working Group on Sarcopenia in Older People* (EWGSOP) publicado en 2010 ¹², hay varias preguntas donde se invita a los profesionales de la salud a contestar, siendo pertinente destacar la siguiente: ¿Qué ejercicios son los más adecuados y eficaces para las personas mayores? Con esta pregunta en mente, realizamos una consulta en los principales motores de búsqueda disponibles *online*, sobre las investigaciones científicas que examinan este tema, y verificamos que se llevan ya varias décadas estudiando programas de PM y RG pero poco o ningún interés se ha tenido en investigar el impacto que las corrientes de electroterapia de baja frecuencia tienen en esta población en particular. Los programas de PM o RG son dirigidos casi exclusivamente a mayores validos no institucionalizados o con un grado reducido de discapacidad. No obstante, gran parte de los mayores no se encuentra en estas condiciones. Una de las ventajas de la electroterapia es que no necesita de la colaboración de la persona, siendo accesible también a los mayores con grado moderado o severo de discapacidad. No obstante, la búsqueda nos indicó que también son casi inexistentes los estudios que recurren a la aplicación de electroterapia en mujeres mayores validas no institucionalizadas y físicamente activas. Así, los estudios que abordan el fortalecimiento muscular en personas mayores del género femenino, por norma, no utilizan la electroestimulación. Sin embargo, los estudios que la utilizan, la aplican en mujeres mayores sedentarias o que no realizan ejercicio físico moderado con regularidad durante más de 1 año, o en casos post-quirúrgicos.

A pesar de que actualmente la comunidad científica, en general, enseñar una probada preocupación con la problemática de las personas mayores y su estado de salud y CV, aún no se ha investigado suficientemente el efecto que la NMES de baja frecuencia tiene en la lucha contra la sarcopenia responsable por la

pérdida de fuerza muscular inherente a esta población. Además, tampoco se han realizado, al menos en la literatura revisada, estudios que investiguen los efectos del desentrenamiento de la NMES, a largo plazo (6 meses), en dicha población. Así, la innovación de este trabajo de investigación se centra en la determinación y grado en que la NMES de baja frecuencia influye en la fuerza muscular del cuádriceps, en el equilibrio y flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, en el acondicionamiento cardiovascular así como en la CV de las mujeres mayores válidas no institucionalizadas y físicamente activas.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. DEBILIDAD MUSCULAR EN PERSONAS MAYORES

2.1.1. Aspectos demográficos

En las últimas décadas se observó un evidente proceso de envejecimiento de la población³⁵ provocando un aumento mundial del número de ancianos³⁶. En los países desarrollados, el porcentaje estimado de personas mayores de 60 años se espera que aumente progresivamente hasta 2050³⁷. El número mundial de personas con más de 60 años de edad se estimó en 600 millones en el año 2000, una cifra que se espera que aumente a 1,2 mil millones en 2025 y 2 mil millones en 2050¹². Por lo tanto, un número cada vez mayor de personas experimentará las enfermedades asociadas a la vejez³⁷. Consecuentemente, la sarcopenia impactará significativamente en la CV y provocará una mayor demanda de atención de la salud pública³⁸. Para impedir una epidemia futura será crucial que la salud pública se prepare para la prevención y el tratamiento de la sarcopenia^{6,39} y esta realidad epidemiológica requiere un conocimiento más profundo del sistema músculo-esquelético^{36,40}. Dado que el déficit muscular es una causa frecuente de inestabilidad y desequilibrio, la evaluación muscular adecuada es importante para la preservación de la estabilidad de las articulaciones y para evitar las caídas y la discapacidad^{6,36,41,42}. El alcance de este problema seguirá creciendo en el futuro inmediato una vez que la población de edad avanzada se prevé que aumente drásticamente ya durante la próxima década⁴³.

En Norteamérica, particularmente en los Estados Unidos, la proporción de adultos mayores va en constante aumento, de modo que se espera que la proporción de la población mayor de 65 años duplique en los próximos 30 años⁴⁴. De acuerdo con las proyecciones de 1996, durante el período entre 1995 y 2030, el porcentaje de la población estadounidense de 65 a 85 años de edad o más aumentará en un 107% y 133%, respectivamente. En contraste, el porcentaje de los menores de 65 años se incrementará en un 21%².

En su estudio, Janssen et al.⁴⁵ refieren que, teniendo en cuenta que la prevalencia de la sarcopenia en desarrollo avanzado fue del 8% en los mayores de 60 años y que hay aproximadamente 42 millones de mayores en los Estados Unidos dentro de este grupo, aproximadamente 3,5 millones presentan un riesgo mayor de deterioro funcional y discapacidad consecuente de la reducción de la masa muscular. El aumento de la población mayor, asociado a la potencial reversibilidad o prevención de la pérdida de masa muscular, motiva la necesidad de realizar investigaciones dirigidas a establecer firmemente si la sarcopenia se relaciona con el deterioro funcional y discapacidad en la población general^{43,45}.

En el caso de Sudamérica, observamos que Brasil se destaca por presentar una de las mayores tasas de crecimiento de la población de edad avanzada, llegando alrededor del 10% en la década de 2000³⁵. Así, en 2025 se calcula que un 15% de la población brasileña (34 millones) tenga más de 60 años²⁰.

Pasando ahora a Oceanía, el *Australian Institute of Health and Welfare* prevé que en 2051 la población Australiana con más de 80 años sea lo equivalente a un 27%¹⁴. Este porcentaje es particularmente importante una vez que se conoce que la proporción de personas mayores (65-75 años) que necesitan ayuda en las

AVD es de aproximadamente un 14% pero, después de los 85 años de edad, llega a un 45%^{14, 46}.

En la Europa Occidental se estima que en 2030 la proporción de personas con 65 años o más esté entre los 10 y 37% cuando en 2008, estaba entre 9 y 26%⁴⁷. Son tres los factores que se destacan y que son, probablemente, los responsables por el aumento de la edad media: la estructura de la población ya existente, la fecundidad baja y el incremento constante de la esperanza media de vida⁴⁷. La tasa de dependencia de edad, para la UE-27, se espera que aumente del 25% en 2008 al 38% en 2030. Esto significa que, en 2008, por cada 100 personas en edad de trabajar existían 25 personas mayores de 65 años, al paso que en 2030, se prevé que lleguen a 38⁴⁷. En las proyecciones del EUROPOP2008⁴⁸ se aclara que la población de la UE-27 aumentará gradualmente de 495 millones en 2008 a los 520 millones en 2035 y, posteriormente, disminuirá gradualmente hasta llegar a 505 millones en 2060. La proporción de personas mayores en la población total se prevé que aumente del 17 (85 millones en 2008) al 30% (152 millones en 2060). Asimismo, el número de personas con 80 años o más se prevé que llegue a 61 millones en 2060 cuando en 2008 eran 22 millones.

En la situación concreta de España, la cifra de la población total pasa los 45 millones de personas, es decir, 2,4 veces más que a principios del siglo XX (18 millones). Sin embargo, cuando comparamos el número de personas mayores, verificamos que se ha multiplicado por 8 con respecto a 1900. Así, a 1 de enero de 2007 había más de 7 millones de mayores, o sea, 16,7% de la población total. Solo en los últimos años se verificó un incremento de más de 250,000 mayores, es decir, ha pasado del 5,2% de la población total de principios del siglo XX a 16,7% en la actualidad. Con respecto a la población octogenaria, verificamos que ha ascendido a un 21,1%. Las proyecciones de la población española auguran que el envejecimiento duplicará al de hoy. El INE proyecta que España llegará a 15,679,878 personas mayores en 2060, es decir, 29,9% de la población española. Así, se espera una sociedad envejecida donde casi uno en cada tres personas serán mayores. En la historia demográfica española destacamos el año 2001 una vez que, en este año, el porcentaje de la población con menos de 14 años fue superado por el de 65 o más años. Asimismo, la cifra de niños es superada por la de personas mayores, situación esa que tiende a aumentar. Actualmente se verifica que hay 2,4 puntos porcentuales más de mayores que de niños por lo que, se estima que en 2060, la cifra pase los 17. Los cálculos indican que, por cada niño, habrá 2,3 mayores³⁴.

Sin duda que el sexo femenino es predominante en la vejez. A principios del siglo XX el número de mujeres mayores superaba en un 10,3% el de varones mientras que, actualmente, ha ascendido a un 36,1%. De toda España, el territorio más envejecido es el de Castilla y León, donde la población mayor llegó a un 22,5% en 2007, cuando en 1991 era de un 17,7%³⁴.

2.1.2. Desarrollo del envejecimiento

La función, estructura y composición del sistema músculo-esquelético decae con la edad^{2, 49-53}. La pérdida de músculo esquelético comienza de forma temprana pero continúa hasta el final de la vida. De los 20 a los 80 años, la masa

muscular sufre una reducción hasta un 30% además del 20% de disminución del área de sección transversal (AST)^{51, 54}. Aparentemente la pérdida de la capacidad de generación de fuerza muscular aumenta después de los 60 años de manera a que, a los 80, la pérdida es ya considerable así como sus consecuencias para la movilidad funcional⁵⁵⁻⁵⁷. Esto se debe principalmente a una disminución del tamaño y número de las fibras musculares^{3, 54} provocando una reducción de la masa muscular de aproximadamente un tercio entre los 50 y 80 años como parte del envejecimiento normal⁵⁸.

La fuerza muscular parece tener su máximo entre los 25 y 35 años, después se mantiene o baja un poco entre los 40 y 59 años llegando a disminuir entre 12 y 15% por cada década después de los 50 años de edad^{10, 20, 59-61}, con pérdidas más acentuadas por encima de los 65 años^{6, 62, 63} llegando a un 30% por cada década posterior⁶⁴. Así, empezando a los 30, hay múltiples cambios en la composición corporal¹¹ una vez que, con la ausencia de entrenamiento físico, puede ocurrir una disminución (10-15%/década) de la fuerza muscular^{6, 10, 65, 66} en conjunto con una disminución del AST y de la densidad muscular (debido al incremento de la grasa intramuscular)^{5, 67}.

Para la gran mayoría de los hombres y mujeres, la pérdida de fuerza muscular no es funcionalmente significativa hasta más allá de los 55 o 60 años, una vez que las AVD requieren esfuerzos musculares mínimos a moderados^{7, 10, 65, 68}. Existe una correlación directa entre la pérdida de fuerza y la pérdida de masa muscular con la edad. Se han reportado, en estudios transversales, una disminución de la fuerza muscular (40%) entre personas con 25 y 80 años a través de pruebas isométricas de los extensores de la rodilla^{52, 69-71}. La pérdida de fuerza se refleja directamente en la disminución de la función muscular⁶⁰. Con la vejez, la morfología y función del músculo esquelético sufren una disminución, que es dramáticamente evidente después de los 60 años^{45, 72-74}. Asimismo, a los 80, este proceso puede llevar a que la masa muscular sea un 60% de lo que era a los 20 años de edad^{10, 52, 75}.

Se conoce que las mujeres pueden experimentar primero las pérdidas de fuerza que los hombres aunque, en general, sean muy similares entre los géneros. Sin embargo, existen investigaciones que refieren que los hombres experimentan una mayor pérdida de masa muscular total mientras las mujeres sufren una mayor disminución de la calidad muscular¹⁰.

Para finalizar, destacamos que todos los años y, por lo menos una vez, se verifica que uno en cada tres personas mayores sufre una caída^{76, 77}. Las complicaciones de dichas caídas constituyen la sexta causa de muerte en personas mayores⁵⁸.

2.1.3. Sarcopenia

2.1.3.1. Definición

La atrofia y debilidad muscular consecuente del proceso de envejecimiento son una preocupación de la humanidad desde la historia temprana de griegos y romanos. Según Sócrates, en el libro uno de la República, el envejecimiento era

notoriamente mirado con horror y repugnancia por los griegos clásicos, una vez que representa la corrupción de su vigor juvenil ⁷⁵.

En el proceso de envejecimiento humano está bien establecido que, desde la madurez hasta la vejez, se desarrolla una disminución significativa de la función neuromuscular y del rendimiento muscular ^{69, 78}. Así, las personas mayores son más vulnerables que los adultos a distintas agresiones o sobreesfuerzos una vez que con el avanzar de la edad se disminuye la capacidad de reserva de la totalidad de los órganos y sistemas corporales ⁷⁹.

Por más de un siglo que se describe cuantitativamente la debilidad en la vejez ⁵⁷. La disminución de la masa muscular en el envejecimiento fue reconocida mucho antes de la creación del término “sarcopenia”, una vez que solo ha sido creado en 1989 por Irwin H. Rosenberg como forma de reavivar el interés de la investigación en este campo ⁹. La palabra viene del griego, donde “sarx” significa carne y “penia” significa pérdida ^{6, 9, 11, 12, 17, 58, 69, 70, 79-85}, o sea, significa literalmente la pobreza de la carne, para describir la pérdida de masa muscular asociada a la edad ⁶⁹. Curiosamente, el autor señaló, en 1996, que la investigación sobre la sarcopenia aumentó desde la aplicación del término ⁹. Originalmente la sarcopenia ha sido descrita por Evans & Campbell ⁸⁶ como la reducción de la masa muscular que ocurre normalmente con la edad ^{6, 11, 12, 14, 44, 52, 54, 69, 70, 81, 82, 84, 87-97}, siendo interpretada como la principal razón de la pérdida de la fuerza muscular relacionada con la edad ^{9-14, 39, 44, 60, 62, 63, 69, 75, 78, 81, 82, 85, 87-90, 92, 93, 95, 97-107}. Actualmente, no hay un consenso sobre su definición ^{70, 108}, una vez que son arbitrarias ¹⁰⁹ pero su concepto es utilizado a menudo en entornos de investigación y práctica clínica ¹⁰⁸.

Se piensa que la pérdida de masa y fuerza muscular se debe a la atrofia progresiva ^{58, 65, 68, 110} y a la pérdida de las fibras musculares ^{38, 49, 110-113}. Sin embargo, todavía es incierto si la pérdida de fuerza muscular en la vejez se puede únicamente atribuir a la reducción de masa muscular ^{56, 98}.

Cuando comparamos ancianos sarcopénicos con los que presentan una masa muscular normal verificamos que los primeros son más débiles. Es sabido que la presencia de sarcopenia se asocia a un riesgo 3 ó 4 veces superior de sufrir de discapacidad, independientemente de la edad, género, obesidad, raza, estatus socioeconómico y comorbilidad ⁷⁹.

La sarcopenia puede conducir a las más variadas consecuencias como: incapacidad para realizar las AVD ^{11, 14, 38, 45, 50, 62, 74, 79, 82, 83, 92, 95, 100, 106, 112, 114-122} (como levantarse de una silla, la transferencia de entrada/salida de la cama y subir/bajar escaleras) ¹²³⁻¹²⁶ y disminución de la independencia ^{6, 12, 14-16, 58, 69, 74, 82, 100, 118, 127, 128}. Además, lleva a una disminución gradual de la función muscular ^{69, 82, 100, 129} que incluye una reducción de la capacidad de producción de fuerza ^{58, 69, 72, 104, 130}, de la velocidad máxima de acortamiento y de la contracción y relajación muscular ^{14, 38, 56, 72, 129, 131-133}. También provoca fatiga ^{87, 129} y disminución del nivel de equilibrio ^{6, 77, 119, 127, 134} que aumenta el riesgo de caídas repentinas ^{6, 14, 16, 44, 45, 58, 60, 72, 79, 81, 92, 100, 109, 112, 117-119, 122, 127, 134-137} con posibilidad de fracturas ^{38, 39, 62, 79, 100, 101, 112, 115, 133}, provocando un estadio de fragilidad ^{6, 15, 45, 85, 95, 109, 122, 127, 135}, necesidad de servicios de apoyo ^{45, 74} y cuidados a largo plazo ^{45, 79, 100}, disminuyendo la CV ^{11, 12, 15, 45, 60, 103, 119, 121, 138}. Sin embargo, también está

asociada a la enfermedad degenerativa de las articulaciones^{134, 139}, osteoporosis^{6, 14, 62, 112, 140}, aterosclerosis^{6, 62}, diabetes mellitus^{6, 62, 84} y úlceras de presión⁶.

La cuestión sobre si los cambios relacionados con la edad afectan específicamente la fuerza es fundamental en la problemática sobre si hay un cambio cuantitativo o cualitativo en la función muscular⁴⁹. Aunque no exista una cantidad de actividad física que pueda detener el proceso de envejecimiento biológico, hay evidencias de que el ejercicio regular puede minimizar los efectos fisiológicos de un estilo de vida sedentario y aumentar la esperanza de vida activa solamente por limitar el desarrollo y progresión de enfermedades crónicas y/o discapacidades¹⁴¹. Sin embargo, aún no existe una definición ampliamente aceptada de lo que es la sarcopenia de forma que sea adecuada para su utilización en la práctica clínica e investigación¹². La extrema escasez de ensayos clínicos en la literatura también se debe a dificultades en diseñar un estudio hábil de aislar el proceso de envejecimiento de sus consecuencias múltiples e interconectadas⁹⁰.

La definición de sarcopenia se sigue desarrollando¹¹⁰ pasando de un fenómeno observacional para un enfoque de diagnóstico diferencial¹⁰⁵. El reconocimiento del deterioro de la fuerza muscular y del estado funcional ha llevado a la inclusión de la función en la definición de sarcopenia. Asimismo, la sarcopenia también se define como la pérdida de masa proteica muscular, además de la función y calidad muscular que acompaña el envejecimiento¹¹⁰.

2.1.3.1.1. Otras formas de clasificarla

Contrariamente a la osteoporosis y osteopenia, aún no está establecido el nivel de pérdida a partir del cual se puede considerar que una persona mayor es, o no, sarcopénica^{11, 79}.

Son varios los autores que han definido la sarcopenia más específicamente como un subgrupo de personas mayores con descenso de masa muscular⁵⁴. Otros la han definido más operacionalmente, es decir, según la división de la masa muscular del esqueleto apendicular por la altura en metros. En caso de más de dos desviaciones típicas por debajo de la media normal de los jóvenes¹¹⁰ son considerados como sarcopénicos^{54, 69, 109} y asociados a un riesgo 3 a 4 veces mayor de discapacidad^{11, 83}. Este método lo creó Baumgartner et al.⁸³ que se basaron en el Índice de Masa Corporal (IMC: kg/altura en metros²) juntamente con la metodología por detrás de la clasificación de la osteoporosis, es decir, según 2,5 desviaciones típicas por debajo del promedio normal de los jóvenes^{79, 109}.

Janssen et al.⁴⁵ también recurrieron a las desviaciones típicas para definir la sarcopenia, a qué llamaron de índice del músculo esquelético^{12, 45}, mediante la ecuación:

$$\text{Masa muscular esquelética (kg)} = [(\text{talla}^2/\text{BIA-resistance} \times 0,401) + (\text{género} \times 3,825) + (\text{edad} \times -0,071)] + 5,102$$

En la ecuación, la altura es en cm (centímetros), la *BIA-resistance* en ohmios, el género es 1 para los hombres y 0 para las mujeres y, por fin, la edad es en años. La ecuación se desarrolló y validó cruzando los datos contra las medidas de resonancia magnética (RM) de la masa muscular de cuerpo entero en una muestra de 269 hombres y mujeres, con edades entre los 18 y 86 años y adiposidad corporal, según el IMC, entre 16 y 48 kg/m². Al final se obtiene la

cifra de la masa muscular esquelética (*skeletal muscle mass*) para después se convertir en porcentaje (masa muscular/masa corporal x 100) denominándose de índice de músculo esquelético (*skeletal muscle index* o SMI) ⁴⁵.

Personas con SMI normal lo presentan más alto que una desviación típica por debajo de la media por género para adultos jóvenes (18-39 años). Los resultados sarcopenicos se han dividido en dos clases: clase I de sarcopenia, son las personas con SMI de una a dos desviaciones típicas por debajo de los valores medios de los adultos jóvenes; y clase II de sarcopenia, en los que tienen el SMI por debajo de dos desviaciones típicas de los valores de los adultos jóvenes. Con este cálculo, los autores concluyeron que la sarcopenia era un fenómeno relativamente común en las personas mayores. Además, observó que la probabilidad de deterioro funcional y discapacidad era 2 veces superior en hombres y 3 veces superior en mujeres con clase II de sarcopenia ^{12, 45}.

El desarrollo de la sarcopenia, que refleja su gravedad, es un concepto que ayuda a gestionar la evolución clínica de la enfermedad. Según el EWGSOP ¹² se debe considerar el desarrollo como: "pre-sarcopenia", "sarcopenia" y "sarcopenia severa". La primera fase caracterizase por una baja masa muscular pero sin gran impacto sobre la fuerza muscular o rendimiento físico. Se identifica con la utilización de técnicas que miden la masa muscular con precisión para comparación con una población de referencia. La segunda etapa caracterizase por una bajada en la masa muscular ya con consecuencias en la fuerza muscular o rendimiento físico. Por fin, la "sarcopenia severa" se identifica con la presencia de los tres criterios, es decir, disminución de la masa y fuerza muscular así como del rendimiento físico ¹².

2.1.3.1.2. Diferencia entre la sarcopenia, desuso y caquexia

La pérdida de masa muscular se produce durante el envejecimiento (sarcopenia), enfermedad (caquexia) o inactividad (atrofia). Sin embargo, cada una da lugar a una adaptación metabólica distinta, es decir, hay una mayor degradación de proteínas en la caquexia, hay una disminución de la tasa de síntesis de proteínas musculares en la inactividad, o hay una alteración de ambas en la sarcopenia ⁵⁴.

Aunque la sarcopenia sea principalmente una enfermedad de los mayores ^{81, 83} el desarrollo puede estar asociado a condiciones que no son exclusivas de las personas mayores, así como el desuso, la malnutrición y la caquexia. En los pacientes jóvenes con enfermedades inflamatorias, por ejemplo, también puede ocurrir la sarcopenia. Sin embargo, la pérdida de masa y fuerza muscular es, en general, funcionalmente menos relevante en los jóvenes, una vez que la masa y fuerza muscular es mayor antes de ser afectada ⁸¹.

Son varias las diferencias encontradas entre la sarcopenia y la atrofia por desuso. En la atrofia por desuso/inactividad, se reduce la masa muscular, o sea, el tamaño de las fibras musculares ⁶³. Sin embargo, no se verifican cambios en el número de fibras o en la fuerza específica aunque se cambie el tipo de fibras musculares hacia la expresión de fibras rápidas. Ya en la sarcopenia se verifica que la masa muscular, el número ^{52, 63} y tamaño de las fibras ^{2, 3, 38, 43, 52, 57, 67, 72, 75,}

^{97, 111, 122} así como la fuerza específica, sufren una reducción además de observarse un cambio hacia la expresión de fibras musculares lentas ⁵⁸.

En cuanto a la caquexia, la pérdida de masa muscular es característica a pesar de que la mayoría de los sarcopénicos no sean caquéticos ⁸¹. Aunque gran parte de las personas sarcopénicas presentan una disminución del peso corporal y un aspecto excesivamente delgado, con bajo peso y atrofia de la musculatura de las extremidades, características similares al aspecto caquético o mismo desnutrido, no parece haber una asociación entre la sarcopenia o la caquexia ⁶.

Asimismo se verifica que personas sin pérdida de peso, anorexia o respuesta sistémica inflamatoria mensurable pueden ser sarcopénicas. Se conoce que la sarcopenia se puede acelerar posteriormente a un estrés inflamatorio agudo y, en caso de personas mayores, también puede implicar una disminución del grado de respuesta inflamatoria sistémica o resistencia a la insulina ¹⁴². No obstante, ninguna de estas condiciones inflamatorias coincide con la definición de caquexia. Así, como la inflamación es característica de la condición de caquexia, se espera que un tratamiento efectivo contra la caquexia pueda, por lo menos en parte, mejorar la caquexia asociada a la sarcopenia ⁸¹. Por fin, la sarcopenia no se debe confundir con la mal nutrición o con la caquexia y su diferenciación es importante a la hora de plantear un abordaje terapéutico adecuado ⁶.

2.1.3.1.3. *Obesidad sarcopénica*

En los últimos años se publicaron varios estudios donde se diagnostica sarcopenia en personas mayores que presentan niveles de obesidad ⁶. La relación existente entre la edad y la reducción de la masa y fuerza muscular suele ser independiente de la masa corporal total ¹². Así, surgió la necesidad de definir ese cuadro clínico como obesidad sarcopénica y esta variante de sarcopenia también se relaciona con la fragilidad ⁶.

Durante mucho tiempo se pensó que la pérdida de peso junto con la pérdida de masa muscular eran los principales responsables por la debilidad muscular en los ancianos ^{12, 143}. Sin embargo, ahora está claro que los cambios en la composición muscular también son importantes, por ejemplo, la infiltración de grasa en el interior del músculo, una vez que disminuye la calidad y la función muscular ^{12, 144}.

La composición corporal de las mujeres mayores cambia considerablemente después de la transición a la menopausia ⁵⁹. Asimismo, en las extremidades inferiores la ganancia de grasas es de 7,5%/década después de los 40 años siendo más acentuada después de los 50 años de edad ⁸⁴. En estos cambios se incluye un incremento relevante, sobre la mirada clínica, de la grasa corporal (visceral e intramuscular) ^{38, 67, 72, 99, 102} pero no de toda (subcutánea) ^{12, 13}, asociado a una disminución de la masa muscular ^{6, 12, 50, 59, 145, 146}.

2.1.3.1.4. *Calidad muscular*

Sin olvidar el hecho de que la sarcopenia es un determinante importante de la debilidad muscular en la vejez ^{115, 147}, se verifica que la pérdida de fuerza muscular es superior a la del tamaño de la masa muscular. Consecuentemente, hay una disminución de la fuerza por unidad del AST ^{49, 72, 75, 87, 88, 112, 141}, ocurrencia

que provoca el deterioro de la calidad muscular ⁷⁵. Esta, también conocida como tensión específica, proporciona una estimación de la contribución de la hipertrofia y de los factores neuromusculares en los cambios de la fuerza muscular generada ¹⁰⁶.

Son varios los factores que influyen en la calidad muscular ^{16, 69, 148} y, entre ellos, destacamos: el nivel de actividad física, condiciones ambientales, síntesis proteica ⁸⁰, estado nutricional ⁵⁵ y hormonal, todos ellos conocidos por influenciaren el desarrollo y plasticidad muscular ¹⁶. Por otro lado, la reducción de la tensión específica de las fibras individuales es uno de los principales factores que contribuyen en la disminución de la fuerza muscular intrínseca. Evidencias recientes sugieren que esto está estrechamente asociado a la disminución del número de puentes cruzados de actina-miosina y no a la fuerza ejercida individualmente por cada una de ellas ⁷⁵.

Claramente que los cambios musculares asociados a la vejez, tanto en la calidad como en la cantidad, pueden contribuir para la pérdida de la función muscular ^{38, 74, 98}.

2.1.3.1.5. Sarcopenia como parte del desarrollo normal de la vejez

La pérdida de masa muscular asociada a la vejez está bien documentada pero aún hay varias cuestiones sin resolver ⁹⁶. En general, se acepta que los efectos nocivos del envejecimiento en el sistema músculo esquelético son inevitables ^{14, 84}. Afectan a todas las personas mayores y no discriminan entre ellas ³⁸ sin embargo existe un debate sobre si estos cambios intrínsecos son inmutables o reversibles ¹⁴.

La cuestión sobre si la sarcopenia puede ser considerada como "normal" en el envejecimiento o, al revés, como un estado de enfermedad, ha sido planteada por Rosenberg ¹⁷. El autor sugirió que si la discapacidad o la mortalidad es precedida por la reducción de la masa muscular, entonces es primordial proceder a su identificación antes que la pérdida funcional llegue a niveles problemáticos ^{9, 17}. Según Ávila-Funes & García-Mayo ¹¹, la pérdida progresiva de la masa y fuerza muscular forma parte del envejecimiento, a pesar de la pérdida del músculo poder ser acelerada por una enfermedad crónica ¹⁰².

La evolución de la sarcopenia a una etapa donde ya están presentes complicaciones con consecuencias clínicas significativas está directamente pendiente de factores como el nivel "basal" de la masa muscular y su velocidad de pérdida, ambos inherentes al nivel de ejercicio físico a que la persona mayor está acostumbrada ⁷⁹. Sin embargo, es complicado identificar los cambios en el estado funcional consecuencia del envejecimiento y los que están conectados a la baja actividad física ¹⁴⁹.

Aunque los mayores estén particularmente expuestos a períodos de inmovilización y desuso, por dolor en las articulaciones o hospitalización ^{72, 148, 150}, actualmente la gran mayoría de lo que se conoce sobre el efecto de la inmovilización en el músculo esquelético se basa en estudios realizados en individuos jóvenes sanos. Así, se tornan inviables las comparaciones entre jóvenes y mayores en la determinación de los efectos consecuentes de la reducción del nivel de actividad física o del proceso de envejecimiento ⁷².

Durante muchos años se pensaba que la disminución del rendimiento era una consecuencia necesaria y normal del envejecimiento. Sin embargo, varios estudios indican que la reducción se debe más a los niveles de actividad física a que han sido expuesto que a la edad avanzada ¹⁵¹. Así, la sarcopenia inherente a la vejez, como un proceso normal o como enfermedad, no explica en la totalidad la reducción de la actividad física en las personas mayores ¹⁵².

2.1.3.2. Etiología

La causa que provoca la sarcopenia sigue siendo desconocida ^{11, 38, 39, 57, 87, 99, 109, 153, 154}. Sin embargo, se considera como siendo bastante compleja y agravada por una oscura interacción de múltiples factores ^{6, 12, 54, 75, 79, 91, 94, 103, 110, 128} como: el desarrollo del envejecimiento, la influencia del desarrollo de la vida temprana, hábitos nutricionales, el reposo en cama o el sedentarismo, enfermedades crónicas y los tratamientos de ciertas medicinas ¹².

A pesar de la sarcopenia se observar mayoritariamente en personas mayores, esta no es exclusiva de ellas, una vez que también se puede desarrollar en los adultos. Se verifica que, en algunas personas, la sarcopenia se puede atribuir solamente a una causa evidente mientras, en otras, ninguna causa puede ser aislada. Asimismo, puede ser útil, en la práctica clínica, distinguir dos categorías, primaria y secundaria, de sarcopenia. Se considera primaria cuando no hay otra causa evidente que no la edad, mientras la secundaria se considera cuando una o más causas son evidentes. En el caso de las personas mayores, como la etiología de la sarcopenia es multifactorial, puede que no sea posible clasificarla en primaria o secundaria ¹².

2.1.3.3. Prevalencia

Está bien documentado que la sarcopenia es frecuente en las personas mayores ^{9, 12, 70}, desarrollándose de manera gradual y lenta a lo largo de meses o mismo años, motivo por lo cual pasa usualmente desapercibida ^{6, 70}.

Uno de los motivos porque resulta complicado aportar cifras de prevalencia de sarcopenia entre la población anciana préndese a la dificultad que es definirla e identificarla ⁷⁹. Con esto en mente, si consideramos la sarcopenia como normal en el envejecimiento, es correcto asumir que afecta al 100% de las personas mayores. No obstante, si solo consideramos sarcopenia cuando se producen síntomas significativos, se tendrá que considerar que la prevalencia es menor ⁷⁹.

A pesar del aumento del conocimiento y la mejora de la tecnología, aún no existe una definición de sarcopenia aplicable en general, es decir, compatible con distintos grupos raciales y/o étnicos. Así, la prevalencia de la sarcopenia varía según la muestra en estudio, sobre todo por la edad, además de la definición y método de evaluación/medida utilizada ⁹³. Según Abellan ⁹³, parece haber algún consenso entre las cifras del 8 al 40%, en los mayores de 60 años, mientras otros autores refieren ser entre el 5 y el 27% entre los 60 a 70 años de edad ^{83, 95, 109} variando después entre los 11 y 50% en mayores de 80 años ¹².

La prevalencia de la sarcopenia sufre incrementos significativos cuando correlacionada con la edad sin embargo, las mujeres hispanas suelen presentar cifras más elevadas (tabla 1) ⁸³.

Autores	Mujeres	Edad	Sarcopenia
Iannuzzi-Sucich et al. ⁹	Caucásicas	64-93	23%
Castillo et al. ¹⁰⁹	Caucásicas	>85	13%
Janssen et al. ⁴⁵	Caucásicas	70-79	11%
Janssen et al. ⁴⁵	Caucásicas	>80	11%
Esquirol et al. ⁶	Caucásicas	>80	42%
Baumgartner et al. ⁸³	Caucásicas	<70	23%
Baumgartner et al. ⁸³	Caucásicas	70-74	33%
Baumgartner et al. ⁸³	Caucásicas	75-80	35%
Baumgartner et al. ⁸³	Caucásicas	>80	43%
Baumgartner et al. ⁸³	Hispanas	<70	24%
Baumgartner et al. ⁸³	Hispanas	70-74	35%
Baumgartner et al. ⁸³	Hispanas	75-80	35%
Baumgartner et al. ⁸³	Hispanas	>80	60%

Tabla 1. Prevalencia de la sarcopenia en mujeres mayores. Observación: la sarcopenia ha sido mensurada según la definición propuesta por Baumgartner et al. ⁸³.

2.1.3.4. Morbilidad y mortalidad

La función y fuerza muscular están asociadas a un mayor riesgo de mortalidad y discapacidad en la tercera edad que la masa muscular ^{67, 71, 144}. La reducción de la masa muscular está más asociada al riesgo de morbilidad ^{67, 79, 81, 103}. Sin embargo, los mecanismos por los cuales esto ocurre no están aún aclarados ⁶⁷. Lo que se conoce es que, independientemente de su causa, la pérdida de masa muscular afecta la evolución de la enfermedad provocando debilidad, discapacidad, deterioro de la CV y una hospitalización más larga ⁸¹. Así, detener la progresión de esta pérdida asociada a la enfermedad es susceptible de mejorar la supervivencia y CV de la persona mayor ¹⁵⁵.

2.1.3.4.1. Debilidad general

Actualmente, hay cada vez más mayores que se cree vivir cerca del umbral de la capacidad física ¹²⁹. Se espera que el porcentaje actual de mayores con discapacidad en las AVD y/o que necesitan ser institucionalizados por su discapacidad no cambie durante 30 años ².

La fragilidad debe ser mirada como un síndrome geriátrico consecuencia de la disminución progresiva de múltiples sistemas fisiológicos asociados a la edad avanzada ¹². Por consiguiente, la persona mayor frágil tiene una menor esperanza de vida total y libre de discapacidad ⁶. Las principales consecuencias de la fragilidad son los problemas de movilidad y equilibrio además de un mayor riesgo de caídas ¹⁵⁶.

Aunque la condición de fragilidad se asocia con una serie de enfermedades, en mayores sanos, parece relacionarse sobre todo con el estilo de vida ⁸⁷. Van Heuvelen et al. ¹⁵⁷ reportaron que la resistencia a caminar, la fuerza de prensión y el equilibrio contribuyen significativamente a la predicción de la discapacidad de las personas mayores ¹⁵¹. En general, el concepto de fragilidad va

más allá de los factores físicos reclutando también aspectos psicológicos (estado cognitivo) y sociales (apoyo social y otros factores ambientales) ¹².

Han sido Baumgartner et al. ⁸³ en la *New Mexico Elder Health Survey* quien, por primera vez, describieron una correlación existente entre la masa muscular relativa y el deterioro funcional y discapacidad. En los Estados Unidos, se calcula que el costo estimado de la fragilidad física entre los mayores es de millones de dólares/año con expectativa de duplicar en los próximos 40 años. Sin embargo, no olvidando el costo cada vez más elevado y la gravedad de la problemática, pocas perspectivas han sido aportadas y escasos progresos se realizaron para la provisión de programas exitosos para solucionar las condiciones de fragilidad física ¹³⁵ o incapacidad de frenar la fragilidad ⁸⁷. Distinguimos que las condiciones de "fragilidad física" y "incapacidad de frenar la fragilidad" son las dos manifestaciones más destacadas de la persona mayor sedentaria ⁸⁷.

Cuando se habla de personas con fragilidad física la idea que se tiene es la de una persona mayor de baja estatura y con evidentes deficiencias al nivel de la fuerza, movilidad, equilibrio y resistencia causada por una musculatura débil y sin resistencia ⁸⁷. Fried et al. ¹¹⁴ desarrollaron una definición fenotípica de fragilidad, basada en los aspectos físicos fácilmente identificables, para confirmar el diagnóstico. Según ellos, hay que reunir por lo menos tres de las características: pérdida de peso involuntaria, agotamiento, debilidad, marcha lenta y disminución de la actividad física ^{9, 12}.

A pesar de logrados importantes avances científicos en la calidad de los programas de acondicionamiento físico dirigidos a mayores frágiles ¹³⁵, la condición de "incapacidad de frenar la fragilidad" espeja la inhabilidad que el mayor frágil presenta para sacarse de la espiral descendente de la fragilidad mismo cuando se les posibilita la oportunidad y condiciones de hacerlo ⁸⁷.

Se cree que la sarcopenia presenta un papel de relevo en la patogénesis de la fragilidad y deterioro funcional inherente a la vejez ^{11, 12, 15, 45, 85, 95, 109, 122, 127, 135}. No es novedad que los hombres y mujeres menos activos tienen una masa muscular esquelética reducida y una mayor prevalencia de debilidad ^{68, 69, 100, 158}. El deterioro funcional puede llegar a ser dos veces superior en hombres y tres veces en mujeres ^{45, 69} tornándolos tres a cuatro veces más propensos a la discapacidad ^{110, 144}.

Diferentes opiniones han existido con relación a los papeles que los cambios inmutables asociados a la edad tienen en la estructura y función muscular con los asociados a la vida sedentaria o estilo de vida poco activo, en lo que respecta al desarrollo de la fragilidad ^{13, 52, 87}. Evidentemente que una reducción de la masa muscular de bajo grado, consecuencia del envejecimiento, no es hábil de provocar un deterioro funcional y discapacidad significativos. Sin embargo, si la pérdida se desarrolla hasta que la proporción entre la masa muscular y el peso corporal sea de un 30% por debajo del promedio de los adultos sanos, existe una probabilidad mayor de comprometimiento de las capacidades funcionales ⁴⁵.

Es evidente la profunda necesidad que existe de crear nuevas estrategias terapéuticas con el objetivo de disminuir los efectos del envejecimiento sobre la función muscular y restaurar el tamaño y fuerza muscular en los mayores frágiles ¹⁴.

2.1.3.5. Consecuencias para la salud pública

A medida que aumenta la proporción de personas mayores en la población mundial, la sarcopenia presentará un impacto dramático en muchas vidas y, consecuentemente, exigirá cada vez más de los sistemas de salud^{38, 60, 159}. Para solucionar esta cuestión son necesarias estrategias terapéuticas para paliar los efectos del envejecimiento sobre la estructura y función muscular³⁸. Las secuelas de este fenómeno son, indubitadamente, un problema de salud pública^{132, 153}.

Futuramente tendremos un gran desafío en la prevención de una epidemia de debilidad inducida por la sarcopenia por lo que tenemos que desarrollar intervenciones de salud pública, de escala masiva, que provoquen un estímulo anabólico en la masa muscular de las personas mayores¹⁰².

A pesar de las mayores pérdidas de masa muscular ocurrieren en los hombres, ha sido sugerido que la sarcopenia se presenta como un problema mayor para la salud pública de las mujeres. Esto se basa en el hecho de que viven más años, tienen menos músculo a lo largo de la vida⁹⁹ y presentan mayores tasas de discapacidad^{10, 58, 74, 99, 110, 151, 160}.

2.1.3.6. Diagnóstico

Para el diagnóstico de la sarcopenia es fundamental la medida de la masa muscular esquelética⁸⁴. Por eso, su diagnóstico es difícil una vez que los métodos más fiables no están accesibles a la mayoría de los investigadores¹²⁸. Sin embargo y a pesar de los esfuerzos invertidos en los últimos años, aún no existen criterios estandarizados de diagnóstico de la sarcopenia. Son propuestos, en diversas publicaciones científicas, distintas metodologías para el diagnóstico pero sin haberse llegado a un consenso para la creación de criterios concretos y utilizables en la práctica clínica⁶. Sin embargo, parece haber consenso de que la utilización del IMC no se correlaciona de forma adecuada con la masa muscular, por lo que no debe utilizarse como medida para diagnosticar la sarcopenia⁶.

En epidemiología, la medida se ha realizado de distintas maneras, como la absorción de doble energía por fejes de rayo X (DEXA), RM e impedancia bioeléctrica (BIA). La gran ventaja de los métodos por imagen es la cuantificación regional de la masa muscular individual, lo que posibilita evaluar de forma personalizada la musculatura esquelética apendicular⁸⁴.

De cualquier forma, la evidencia científica no es fuerte lo suficiente en las publicaciones existentes pero sí que parece haber una tendencia en aceptar la medición de la fuerza de prensión de la mano como indicador de dependencia y mortalidad^{6, 70}. Otras medidas se han también utilizado como la fuerza de contracción isométrica de la rodilla o la circunferencia del antebrazo pero, su fiabilidad y validez, no parecen suficientes para su utilización en el diagnóstico⁶.

Se concluye que un método de consenso clínico para diagnóstico de la sarcopenia sigue siendo necesario tanto en la práctica clínica diaria como en la investigación científica⁸⁹.

2.1.3.7. Factores

La pérdida de la masa muscular relacionada con la edad refleja la remodelación muscular durante toda la vida y los factores que la pueden acelerar solo hace poco se empezaron a examinar⁹⁹. Es necesario que se hagan más investigaciones sobre los factores responsables por la patogénesis de la sarcopenia (figura 1)⁹⁵ como forma de comprender sobre todo ahora que la población está cada vez más mayor⁶⁹. Para determinar estos mecanismos y desarrollar intervenciones más eficaces para frenar los efectos del envejecimiento sobre la función muscular, se torna necesario apoyar la investigación básica en gerontología biomédica¹⁴.

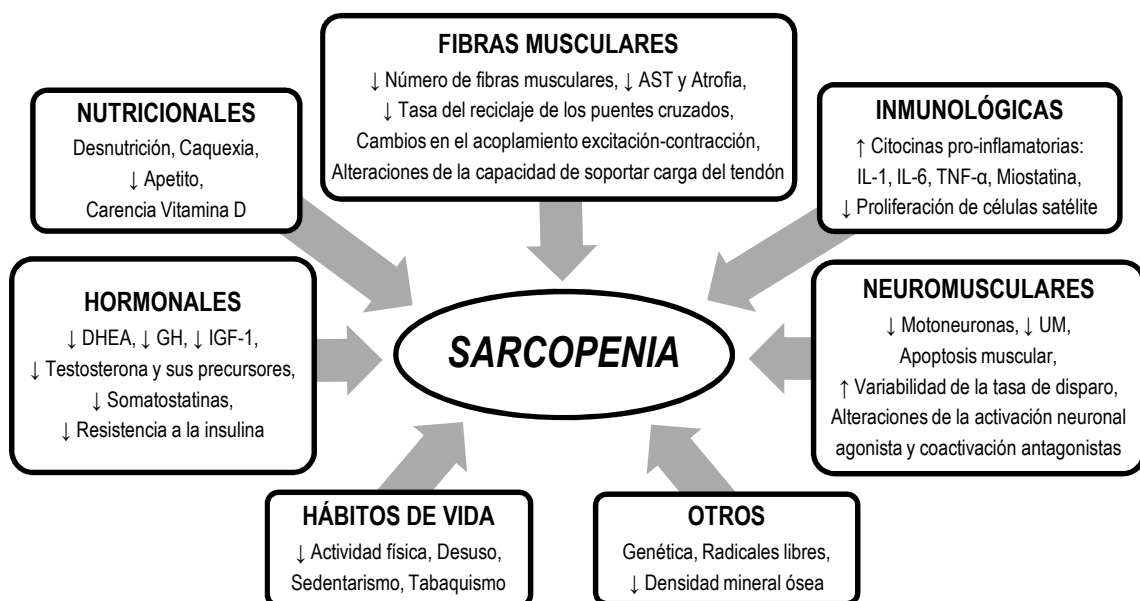


Figura 1. Factores responsables por la patogénesis de la sarcopenia.

El sistema neuromuscular es hábil de hacer adaptaciones contra el envejecimiento para aumentar su fuerza y poder a través de la hipertrofia muscular, del aumento del reclutamiento de unidades motoras (UM) y tasa de disparo y, por fin, con la reducción de la coactivación antagonista^{63, 127}.

Para que haya una mayor comprensión de los mecanismos de la sarcopenia es necesario distinguir los efectos inherentes al envejecimiento con los del desuso y de la enfermedad¹⁶¹.

2.1.3.7.1. Neuromusculares

Una disminución significativa de la función neuromuscular está asociada al envejecimiento⁷¹ y hay un consenso de que la sarcopenia es principalmente impulsada por cambios neuropáticos que, consecuentemente, llevan a la muerte de la motoneurona^{11, 39, 45, 58, 69, 78, 84, 91, 101, 102, 110, 122} y apoptosis de las células musculares^{75, 91, 101, 110}. Por consiguiente, el número de fibras musculares disminuye considerablemente en el envejecimiento^{2, 52, 57, 72, 75, 122}.

- *Activación del sistema nervioso central y periférico*

Actualmente existe un consenso en la literatura sobre los cambios musculares de los mayores sin embargo son contradictorios los resultados relacionados con la capacidad del sistema nervioso central (SNC) en activar un músculo en su totalidad durante una contracción voluntaria máxima (CVM) ^{57, 63, 113, 162}.

Las condiciones necesarias para la producción de fuerza muscular durante una CVM dependen del número de UM reclutadas y de la velocidad de descarga de su potencial de acción ¹³⁰. Es el reclutamiento el mecanismo que parece ser el predominante para el incremento de la fuerza muscular. Contrariamente, en músculos como los de la mano (pequeños), el reclutamiento parece terminar al llegar a un 50% de la CVM ²⁸.

La activación inadecuada de la musculatura voluntaria puede resultar en una reducción de la fuerza producida que es independiente de la existencia de atrofia muscular. Conjuntamente, el nivel habitual de actividad física puede influenciar la fuerza y la activación muscular, haciendo con que resulte en la disminución de la fuerza específica. Sin embargo, aún no se ha aclarado completamente en como la reducción de la masa y tamaño muscular, los cambios en la activación voluntaria y las diferencias en el nivel habitual de actividad física son responsables por la disminución de la fuerza muscular de las personas mayores ⁴⁹.

Se cree que cambios centrales y periféricos tienen un mayor efecto sobre la potencia que sobre la fuerza isométrica, siendo que la influencia de la edad en la fuerza específica puede variar entre distintos grupos musculares ⁴⁹.

- *Motoneuronas*

Se ha observado que la unión neuromuscular sufre remodelaciones a lo largo del desarrollo temprano pero también durante el envejecimiento. Tempranamente, la remodelación ocurre en la embriogénesis que es necesaria para el desarrollo exitoso pero, durante el envejecimiento, normalmente resulta en cambios perjudiciales que pueden comprometer la transmisión neuromuscular ^{38, 163}.

Los desarrollos de la investigación científica han permitido averiguar la contribución de la denervación de las fibras musculares en la pérdida de fibras musculares ^{5, 6, 11, 79, 87, 129, 161} así como en la remodelación de las UM ⁸⁷. Una motoneurona en conjunto con las fibras musculares por si inervadas han sido definidas por Sherrington, en 1929, como UM ^{63, 113}. Así, presume que el sistema nervioso y muscular no pueden ser aislados, haciendo con que sea necesario examinar las fibras musculares y las motoneuronas en su conjunto ⁶³.

Se ha demostrado que las UM disminuyen con la edad afectando la capacidad muscular de producción de fuerza ^{2, 63, 68, 113}, consecuencia de la muerte progresiva de las motoneuronas ¹¹³. El fenómeno de la pérdida de UM se ha reportado en los músculos de ratas y de los seres humanos ^{60, 87}. Sin embargo, se verifica que, tanto el tamaño de la UM como su proporción de inervación son mayores en la vejez que en los jóvenes, debido a la reinervación de algunas fibras

musculares denervadas por motoneuronas sobrevivientes (inervación colateral)^{78, 113}. Así, aunque exista una reducción en el número de UM, algunas de ellas se tornan más grandes⁷⁸. Roos et al.⁷⁸ refieren existir una denervación preferencial de las fibras de tipo II y una reinervación posterior (inervación colateral) de UM vecinas que, en general, se asocian con fibras de tipo I².

Con respecto a las tasas de disparo, Laidlaw et al.¹⁶⁴ demostraron que se alteran con el envejecimiento. El aumento de la variabilidad en las tasas de disparo puede originalizar deficiencias en el control motor y en la producción de fuerza². Muchos mayores se enteran del comprometimiento de su motilidad acuando de la fuerza de agarre excesiva durante las tareas motoras finas^{165, 166}. Se cree que el estudio de las tasas de disparo y propiedades contráctiles de las UM puede ofrecer importantes pistas sobre los mecanismos de control de la debilidad y motilidad en personas mayores⁵⁷.

- *Agonista/Antagonista*

Se ha sugerido que las diferencias en la fuerza muscular inherentes a la edad no son el único motivo que explica los cambios musculares estructurales, entre jóvenes y mayores^{52, 68, 111, 112, 167}. Asimismo, los cambios en la activación neuronal de los músculos agonistas^{61, 74, 168} y coactivación de los antagonistas^{7, 8, 61, 69, 75, 111-113, 169-171} pueden contribuir en la reducción de la fuerza máxima observada comúnmente en los mayores¹¹³.

La activación de la musculatura agonista no parece ser un factor que limite la producción de fuerza muscular sin embargo, la coactivación de los antagonistas, parece ser primordial. Así, además de su efecto directo sobre la producción de fuerza muscular agonista, el entrenamiento de resistencia puede disminuir los efectos de coactivación de la musculatura antagonista⁶¹. No obstante, resulta complicado describir hasta qué punto la reducción de la coactivación de los antagonistas es modulada por mecanismos en el SNC o periférico (SNP), sobre todo en acciones dinámicas¹¹¹.

2.1.3.7.2. *Fibras musculares*

La longitud de las fibras musculares, después de la madurez, sólo cambia en casos significativos de hipertrofia o atrofia muscular. Así, las alteraciones en la masa muscular resultan o del cambio del AST de las fibras musculares individuales o de una pérdida de su número. En general, son los dos factores que contribuyen en la reducción de la masa muscular en el envejecimiento pero la contribución de cada uno depende de la herencia y de los niveles habituales de ejercicio físico además de una serie de factores desconocidos^{52, 87}.

La forma como el envejecimiento afecta los distintos tipos de fibras musculares es, para los investigadores, la causa central de la atrofia muscular esquelética en las personas mayores^{2, 52}. No obstante, todavía no hay consenso sobre si existe o no una pérdida selectiva de determinados tipos de fibras^{11, 54}.

En general, la pérdida de tejido muscular en los mayores se ha atribuido a una reducción del número de fibras de contracción lenta (tipo I) y rápida (tipo II), además de una reducción del AST de las fibras individuales^{7, 52, 63, 87, 129} o atrofia

2, 38, 43, 52, 57, 67, 72, 75, 97, 111, 122, especialmente de las fibras tipo II^{3, 6, 7, 11, 52, 63, 74, 83, 84, 87, 97, 98, 110, 111, 129, 161} particularmente las tipo IIb^{11, 43, 60, 172}.

El número y tamaño de las fibras musculares de tipo II son extremadamente importantes para la producción de fuerza muscular, es decir, se conoce que las tipo II producen más fuerza que las tipo I^{61, 63}. Por lo tanto, un músculo con un porcentaje pequeño de fibras rápidas es susceptible de generar menos fuerza muscular que un músculo de igual área pero con un porcentaje superior de este tipo de fibras^{61, 63}. La potencia de las fibras musculares de tipo II es 4 veces superior a de las tipo I, según estudios en animales⁶³.

En los mayores parece inmutable la pérdida de fibras tipo II^{52, 97} pero el impacto que su pérdida tiene en la masa muscular depende sustancialmente de la regularidad e intensidad con que practican ejercicio físico. Su impacto es directo en el AST de las fibras que permanecen de manera a, contrariamente a atrofiarse, las fibras se pueden mantener^{87, 173} o incluso hipertrofiarse^{87, 97}.

Los cambios en el tamaño y distribución de las fibras de tipo II relacionados con la edad están asociados a la disminución de la potencia muscular^{43, 57, 63, 113}, del nivel funcional^{43, 174}, de la estabilidad postural y a una mayor incidencia de caídas en los mayores⁴³.

2.1.3.7.3. Nutricionales

Los factores nutricionales también son conocidos por contribuir para el desarrollo de la sarcopenia^{6, 45, 54, 58, 69, 75, 91, 109, 110, 153, 175}. La desnutrición en el envejecimiento es muy común y se debe a una progresiva pérdida de apetito, a una reducción de la ingestión de alimentos^{58, 81} y también a la carencia de vitamina D^{6, 39, 54, 67, 81, 102, 110, 153, 175}. Esta carencia, en gran parte, es consecuencia de la atrofia de la piel y, cuando asociada a niveles altos de hormona paratiroidea, aumenta el riesgo de pérdida de masa muscular en la vejez^{75, 175}.

También la caquexia puede contribuir para la sarcopenia siendo un síndrome metabólico complejo asociado a la enfermedad subyacente caracterizada por la pérdida de músculo con o sin pérdida de masa grasa. Sin embargo, las dos condiciones no son lo mismo, aunque la caquexia pueda ser un componente de la sarcopenia⁵⁴.

Los beneficios del entrenamiento en la masa muscular y en la función son resaltados en muchos estudios que sugieren que la respuesta anabólica consecuencia del ejercicio continúa a pesar de una menor respuesta metabólica a los nutrientes¹⁵³.

Aunque los efectos en los ensayos clínicos son reducidos, el tratamiento nutricional es prometedor¹⁰⁵. No obstante, las dietas complementadas con proteínas, aminoácidos, vitaminas, oligoelementos, etcétera, no han sido totalmente eficaces⁶. Son necesarias más investigaciones para averiguar la seguridad y eficacia de estas estrategias experimentales antes de que puedan ser recomendadas¹⁴.

2.1.3.7.4. Anabólicos vs Catabólicos

También los factores hormonales ^{6, 45, 54, 58, 69, 75, 101, 102, 110, 111} e inmunológicos ^{11, 39, 75} son conocidos por contribuir para la sarcopenia.

De particular interés para la sarcopenia es la disminución de los niveles circulantes de las hormonas anabolizantes musculares sobre todo la testosterona, la dehidroepiandrosterona (DHEA), la hormona de crecimiento (GH) y el factor de crecimiento tipo insulina 1 (IGF-1) ^{6, 11, 14, 58, 75, 79, 81, 84, 102, 110, 128, 153}. Los términos andropausia y somatopausia se refieren a la disminución de la testosterona y sus precursores, y somatostatinas, respectivamente ³⁸. Con la vejez los niveles de hormonas anabolizantes descienden provocando una reducción de su efecto trófico que a su vez produce la atrofia muscular ⁷⁹. Además de la disminución bien documentada de estas hormonas anabólicas, otros sistemas endocrinos (incluyendo los niveles circulantes de catecolaminas) así como los sistemas parácrino y autócrino, pueden desempeñar un papel importante en la sarcopenia ^{38, 95}.

La testosterona y andrógenos estimulan, en el tejido muscular, la síntesis proteica y el reclutamiento de células satélite. La testosterona también inhibe la liberación de citocinas pro-inflamatorias por los macrófagos, como el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α), la interleucina-1 (IL-1) e IL-6, además de estimular la producción de IL-10, una citocina antiinflamatoria, lo que sugiere que la disminución de estas hormonas puede tener un efecto catabólico indirecto sobre el músculo. La asociación de la disminución de los niveles de estrógeno con la menopausia en las mujeres es bien conocida y puede tener efectos anabólicos en el músculo, posiblemente como resultado de su conversión en testosterona ⁸⁴.

La GH estimula el desarrollo en la adolescencia y es necesario para el mantenimiento de músculos y huesos en la edad adulta. Su secreción se encuentra alterada en hombres y mujeres mayores, con la amplitud de los pulsos nocturnos reducidos entre un 30 y 70% ^{58, 176}. La mayor parte de sus acciones anabolizantes son a través de IGF-1, al estimular el hígado a secretar IGF-1 en la circulación y al estimular los músculos y huesos a producir IGF-1 ⁵⁸. Un componente importante de la hipertrofia muscular inducida por el ejercicio es un aumento del IGF-1 muscular que se produce de forma independiente de la GH ^{58, 69}. A pesar de sugerido por un estudio, la PM puede aumentar los niveles circulantes de IGF-1 en los participantes con bajo nivel sérico de IGF-1 aunque la gran mayoría de las investigaciones sugieren que no lo altera ^{8, 141, 177}.

Las alteraciones inmunológicas que contribuyen para la sarcopenia son representadas por un aumento de la actividad catabólica, es decir, un aumento de los niveles de citocinas pro-inflamatorias (IL-1, IL-6, TNF- α , miostatina) ^{6, 11, 39, 45, 69, 75, 79, 81, 84} y una disminución de la proliferación de células satélite ^{38, 75, 148, 161, 178, 179}. Además, con la edad avanzada es frecuente existir un estado de inflamación subclínica que provoca un aumento de los niveles de IL-1, IL-6 y TNF- α , y consecuente pérdida de aminoácidos por el músculo ⁷⁹.

Estudios hechos en animales y humanos evidencian claramente que concentraciones elevadas de IL-6 inhiben el efecto anabólico del IGF-1 en el músculo, actuando en sinergia para el desarrollo de la sarcopenia ⁸⁴.

Los procesos catabólicos, como la inflamación, están asociados a la sarcopenia y a la obesidad. Se verifica una asociación inversa entre la masa muscular y las concentraciones de IL-6 y TNF- α ^{180, 181} y una asociación directa entre los marcadores inflamatorios y el porcentaje de grasa corporal¹⁸¹. Fue Roubenoff¹⁸² quien sugirió que la acumulación de grasa y pérdida de masa muscular eran un círculo vicioso. Consecuentemente, la pérdida de masa muscular resulta de varias causas que contribuyen para el aumento de la grasa, lo que refuerza la pérdida de masa muscular⁸⁴.

La inflamación sistémica mediada por el daño celular o por la activación del sistema inmunológico provocan una respuesta inflamatoria aguda que aumenta la producción de citocinas, las cuales juegan un papel importante en la inmunomodulación además de haber sido implicadas en la etiología de la sarcopenia. El aumento de la producción de citocinas proinflamatorias es probablemente la causa más común de la destrucción de tejido muscular. Estas activan un factor de transcripción nuclear resultando en la disminución de la síntesis de proteínas musculares⁸⁴.

2.1.3.7.5. Otros

Existen varios factores que han sido estudiados en diversas investigaciones científicas como es el ejemplo de la genética^{75, 110, 183, 184}, la resistencia a la insulina^{11, 38, 110, 153}, el daño provocado por los radicales libres¹¹, la pérdida de la densidad mineral ósea^{62, 140}, siendo también evidente que la sarcopenia se agrava con el desuso o una vida sedentaria^{6, 11, 39, 45, 54, 75, 79, 102, 110, 153, 185}. Por fin, hay publicaciones sugiriendo que el tabaquismo también es un factor relevante¹⁰⁹.

2.1.3.8. Medida

Para que se pueda desarrollar una definición clínica de lo que es la sarcopenia se deben utilizar métodos de evaluación válidos, fiables, específicos para el músculo esquelético, de predicción de eventos futuros de salud, no invasivos y de bajo costo^{12, 107}. La determinación objetiva de la masa muscular ha sido determinante en la investigación del envejecimiento⁹⁸.

Son varias las técnicas disponibles para evaluar y medir la masa muscular¹² y la sarcopenia se ha demostrado mediante técnicas indirectas como: antropometría^{12, 98, 107, 186}, fuerza muscular^{10, 88, 187-193}, excreción de creatinina o potasio corporal total (*total body potassium* - TBK)^{11, 63, 96, 107} y BIA^{6, 12, 107, 194}, y por intermedio de técnicas de medida directa como: biopsia muscular o autopsia^{10, 52, 63, 69, 78, 195}, DEXA^{6, 12, 93, 96, 99, 107, 110} y los métodos de imagen como la ecografía^{10, 63, 75, 88, 171, 192} la tomografía computarizada (TC) y, más recientemente, la RM^{6, 10, 12, 49, 53, 63, 98, 107, 195-199}. Sin embargo, no existe todavía un consenso científico con respecto a las medidas o umbrales que identifiquen la sarcopenia. Casi todos los enfoques son basados en estimaciones de la masa muscular y proponer valores de corte es demasiado estricto reduciendo su uso en la práctica clínica⁹⁴.

2.1.3.8.1. Medida indirecta

- Antropometría

El uso más común, de bajo costo y fácil acceso para la evaluación de la masa muscular esquelética son las medidas antropométricas ¹⁰⁷. No obstante, los depósitos de grasa y pérdida de elasticidad de la piel son susceptibles de provocar errores de estimación en los mayores. Son pocas las investigaciones centradas en la validez de medidas antropométricas en mayores ¹⁸⁶ y es por eso que, por su vulnerabilidad al error, no se recomiendan en el uso rutinario para diagnosticar la sarcopenia ¹².

- Fuerza muscular

Son muchos los estudios que evalúan la sarcopenia según la utilización de la dinamometría isocinética ^{10, 187-191} o a través de la CVM ^{10, 88, 187, 190, 192, 193}.

Se puede medir de varias maneras la capacidad del músculo para generar fuerza siendo la extensión de la rodilla la más investigada ¹². Actualmente hay dinamómetros modernos que permiten medir tanto la fuerza isométrica como la isocinética, siendo que esta última aún puede ser distinguida entre concéntrica o excéntrica ²⁰⁰. Este tipo de aparatos es viable en la medición de personas mayores frágiles, existiendo incluso datos disponibles de referencia a esta población ^{98, 201} pero se sigue necesitando una gama más amplia de edades y etnias. Esta técnica es utilizada tanto en investigación como en la práctica clínica pero se encuentra limitada por la necesidad de un equipo especial ¹². Es importante convenir que falta aclarar la relación entre fuerza isocinética e isométrica ²⁰².

- Excreción de creatinina y TBK

En casos de sarcopenia se observó una disminución de la excreción de creatinina ^{107, 155} y de 3-metilhistidina ¹¹ en orina y en el TBK ⁹⁶. La investigación de la excreción de creatinina y TBK es uno de los métodos de evaluación de la masa muscular más comunes y de bajo costo ^{96, 107}.

Son varias las preguntas sobre la validez de estos métodos en cuantificar precisamente la masa muscular esquelética. Estudios recientes cuestionan estas preocupaciones y se inquietan con su utilización en la estimación de la pérdida muscular relacionada con la edad ⁹⁶.

- Impedancia bioeléctrica

El análisis de la BIA permite estimar el volumen de la masa corporal grasa y magra. Es una prueba barata, fácil de usar y reproducir además de adecuada para pacientes ambulatorios o encamados ^{6, 12, 107}. Esta técnica se utiliza y estudia hace más de 10 años y, sus resultados, presentan una correlación positiva con las predicciones de la RM ^{12, 194}.

La facilidad que la impedancia bioeléctrica tiene en medir la composición corporal permitió una intensa investigación sobre el papel de la masa muscular esquelética en el envejecimiento ^{110, 194}.

2.1.3.8.2. Medida directa

- Biopsia muscular y autopsia

Ya son varias las investigaciones que evalúan la morfología muscular de los tejidos según la realización de una biopsia muscular, con el objetivo de comprender la causa de la atrofia relacionada con la edad¹⁰. Desde 1977, con el estudio de Tomonaga²⁰³, han sido muchos los investigadores que han llevado a cabo un análisis histoquímico cuantitativo de muestras musculares obtenidas por biopsia¹⁶⁷ o autopsia^{3, 52}. Se concluye que existe una reducción en el número y tamaño de las fibras musculares de las personas mayores que puede justificar, microscópicamente, la pérdida de masa muscular⁶³.

Los datos provenientes de biopsias proporcionaron alguna información sobre la causa de la atrofia muscular provocada por la vejez. La gran mayoría de las biopsias se hicieron en el músculo vasto lateral del cuádriceps, presentando resultados globales bastante consistentes, o sea, el tamaño medio de la fibra tipo II se reduce (20 a 50%) mientras que lo de la fibra tipo I es menos afectado (1 a 25%)^{52, 69, 72}.

- DEXA

La reciente introducción de la DEXA, permite estudiar la masa muscular esquelética de la parte apendicular *in vivo*. Cuando comparado con otros métodos de medida muscular, la DEXA presenta una ventaja importante que es su capacidad de proporcionar estimaciones separadas de las componentes musculares apendicular de las extremidades inferior y superior⁹⁶.

Para la investigación o uso clínico, la DEXA es un método alternativo atractivo que permite la distinción entre la grasa, hueso y tejidos magros, según una exposición mínima de radiación. Sin embargo, su principal inconveniente es no ser portátil¹².

La DEXA es fundamental en la evaluación de la masa muscular, que puede ser mejor adaptada que la talla, peso de la masa grasa o IMC, para obtener un índice de sarcopenia^{6, 93, 107, 110}.

Cuando aún no se conocía la DEXA resultaba difícil cuantificar, de forma fiable, la masa magra en las investigaciones poblacionales pero, actualmente, como es susceptible de identificar y detectar la osteoporosis, se cree que es inminente que lo mismo ocurra para la sarcopenia⁹⁹.

- Ecografía

La estimación de la masa muscular es posible, de forma más directa, con la introducción de técnicas modernas de imagen radiológica como, por ejemplo, la ecografía^{63, 75}.

Dicha técnica fue utilizada por Young et al.^{88, 192} y Häkkinen & Häkkinen¹⁷¹, para comparar el AST del cuádriceps entre mayores y jóvenes. Así, Young et al.^{88, 192} compararon el AST del cuádriceps de mayores (70-81 años) y jóvenes (20-29 años) y concluyeron que es más reducida en los hombres (25%) y mujeres (33%) mayores. Ya Häkkinen & Häkkinen¹⁷¹ evidenciaron una reducción de un

27% en mujeres mayores (66-75 años) en comparación con jóvenes (26-35 años). Sin embargo, el AST muscular, particularmente en mayores, no es de todo viable una vez que la presencia de materia grasa en el vientre muscular no puede ser detectada y aislada ⁶³.

- RM y CT

La RM y la TC son consideradas como los sistemas de imágenes más precisos para la estimación de la masa muscular esquelética en investigaciones. Sin embargo, el alto costo y el acceso limitado a los equipos además de la exposición a radiaciones, limita su utilización en la totalidad del cuerpo en la práctica clínica ¹².

La RM es una tecnología reciente pero comúnmente utilizada para medir la activación muscular ^{6, 107, 197}. La TC es un método indicador válido y confiable para estimar el tamaño muscular por la determinación del AST, sobre todo de los extensores de la rodilla ^{6, 107, 198, 199}.

El uso de la TC y RM ha permitido distinguir la presencia de materia grasa en el vientre muscular ^{53, 196}, permitiendo a los investigadores no sólo demarcar el área del compartimiento muscular en diferentes niveles sino también estimar el componente contráctil muscular separando los tejidos no contráctiles intramusculares ⁶³.

La utilización de estos dos métodos de imagen permitieron probar la presencia de atrofia muscular así como un aumento significativo de grasa y tejido conectivo, muscular y corporal, en las personas mayores ^{53, 112, 196, 204}. Los resultados obtenidos por Janssen et al. ²⁰⁴ presentan valores de referencia corporales de la masa muscular esquelética de 468 individuos (18 a 88 años), evidenciando un descenso después de los 50 años en hombres (1,9 kg/década) y mujeres (1,1 kg/década), sobre todo en las extremidades inferiores ⁶³. Ya en el estudio de Mitsipoulos et al. ¹⁹⁹, el coeficiente de correlación entre las secciones de un cadáver humano y las exploraciones correspondientes de TC o RM ha evidenciado una diferencia relativa de un 1,3%.

2.1.3.9. Prevención

Después de los 70 años, las mujeres pueden alcanzar niveles de resistencia por debajo del umbral necesario para llevar a cabo las AVD, por lo que se ha sugerido que deben ser el primer grupo objeto de estudios que enfoquen la intervención y rehabilitación ^{63, 112, 116, 205}. Sin embargo, la prevención de la pérdida de masa muscular y consecuente preservación de la fuerza solo es relevante si impide una disminución del rendimiento físico y de la discapacidad ⁸⁹.

La actividad física y, más objetivamente, los ejercicios de PM, son la mejor forma de prevenir o mismo revertir la sarcopenia ^{69, 79, 89, 103, 149}. Está claramente demostrado como los ejercicios en cuestión producen un incremento de la masa y potencia muscular en personas mayores aunque menos significativos, en términos absolutos, que en los jóvenes ⁷⁹. Sin embargo, el ejercicio por sí solo no va a lograr evitar la disminución gradual de la función muscular ^{14, 38}. Las evidencias científicas corroboran que las estrategias de intervención destinadas a

preservar la masa muscular esquelética deben ser iniciadas alrededor de los 50 años de edad ⁴⁵.

Los ejercicios de PM realizados tempranamente en el proceso patológico son útiles en la promoción de la funcionalidad además de, en principio, ayudaren a prevenir la aparición de los síntomas ^{206, 207}. Así, todos los mayores deben ser advertidos a iniciar los ejercicios y seguir haciéndolos tanto tiempo cuanto posible ⁹⁴. Pueden empezar con la participación en clases de gimnasia, según recomendaciones, aumentando gradualmente la intensidad hasta llegar al punto necesario, de acuerdo con los objetivos alcanzables a corto plazo ⁶.

Diversos estudios demostraron los efectos positivos del ejercicio en poblaciones mayores ^{7, 8, 16, 44, 55, 80, 91, 92, 106, 111, 118, 133, 137, 147, 152, 193, 198, 208-232} pero el grado en que patrones de actividad de toda la vida pueden prevenir enfermedades consecuencia de la disminución de la fuerza muscular inherente a la edad no ha sido debidamente examinado ⁶⁹. También no hay consenso en cuanto a la cantidad, calidad o intensidad adecuada de los ejercicios necesarios para aportar una mejoría de la salud y función ⁴⁴. Asimismo, son necesarias directrices adecuadas para la prescripción de ejercicio en esta población ⁴⁴ así como identificar la dieta, estilo de vida y tratamientos que puedan prevenir o retrasar la aparición de la sarcopenia ¹².

Las evidencias científicas revelan que las personas que llevan a cabo una actividad física regular retrasan significativamente el surgimiento de limitaciones funcionales, la pérdida de independencia y la discapacidad ⁶.

Por fin, se concluye que la prevención de la sarcopenia es de elevado interés ¹⁰³ y son prácticamente indistinguibles los métodos de prevención de los métodos de tratamiento ⁶.

2.1.3.10. Tratamiento

En la literatura existen fuertes evidencias que corroboran que la sarcopenia es una causa reversible de discapacidad y probablemente los pacientes que más beneficiaran de las intervenciones terapéuticas son justo los que están en las etapas iniciales del desarrollo de esta enfermedad ⁶.

Han sido muchas las estrategias terapéuticas utilizadas en el combate de la pérdida de masa muscular: reemplazo de testosterona y otros andrógenos anabólicos para los hombres y estrógeno para las mujeres, el reemplazo de la GH, el tratamiento nutricional y el ejercicio físico ¹²⁸. Las evidencias científicas disponibles en la literatura solamente confieren resultados poco contestables a dos estrategias que, en general, suelen ser combinadas, es decir, el ejercicio físico y una dieta equilibrada ^{6, 128}. Así, un enfoque multimodal que combina la nutrición, ejercicio, hormonas y fármacos anabólicos específicos puede ser un tratamiento innovador para hacer frente al desarrollo de la sarcopenia ¹⁵³.

2.1.3.10.1. Rehabilitación

La rehabilitación de la sarcopenia, según entrenamientos de PM, es segura y efectiva pero aún se siente dificultad en difundir esta técnica a la población mayor ³⁹. Esto se debe, sobre todo, a la cuestión sobre cual la modalidad, duración

e intensidad de ejercicio óptima para hombres y mujeres mayores sanos que posibilite el mantenimiento de la masa muscular⁶⁹.

Es válido argumentar que el entrenamiento físico, realizado de forma continua y adecuada, es susceptible de cambiar el descondicionamiento muscular de la población mayor¹²⁹.

El tratamiento de la sarcopenia es una área de gran interés¹⁰³ pero se tiene primero que identificar los vaticinadores de la pérdida de la masa muscular⁹.

2.1.3.10.2. Farmacología y terapia hormonal

Una vez que los cambios relacionados con la edad son principalmente atribuidos a la compleja interacción de factores que influyen en la transmisión neuromuscular, la arquitectura muscular, la composición de la fibra, el acoplamiento excitación-contracción y el metabolismo, los mecanismos responsables por estos cambios nocivos representan el foco de interés de nuevas terapias farmacológicas^{131, 132}. Destacamos que han sido muy pocas, o casi ningunas, las medicinas desarrolladas particularmente para la sarcopenia sin embargo, existen medicamentos con potencial para hacer frente al desgaste muscular consecuencia de la edad, sobre todo para enfermedades neurodegenerativas¹³¹.

Hasta ahora, ningún tratamiento farmacológico evidenció ser definitivo en el tratamiento o prevención de la sarcopenia como también no se han enseñado efectivas en pacientes con enfermedades intercurrentes o sin déficits en particular⁶. La mayoría de las intervenciones farmacológicas para combatir la sarcopenia se hacen, hasta la fecha, según medicamentos con efectos anabólicos⁹⁴. Destacamos, a título de ejemplo, la administración de la GH que, en dosis farmacológicas, es susceptible de aumentar la masa muscular pero no su fuerza¹⁴. No obstante, en el contexto de la sarcopenia, el efecto de los medicamentos con efectos anabólicos es cuestionable y no existen directrices claras para su prescripción⁹⁴.

2.1.3.10.3. Nutricional

Una dieta equilibrada y saludable es imprescindible en la prevención pero también en el tratamiento de la sarcopenia. Son varias las evidencias científicas que muestran que los suplementos dietéticos (hidratos de carbono, grasas y proteínas) incrementan de manera significativa el peso corporal y, consecuentemente, ocurren cambios en el tejido adiposo y en la masa muscular. Sin embargo, resaltamos que, actualmente, tampoco hay evidencias suficientemente significativas y contrastables con el uso de dietas basadas en suplementos solo de proteínas o solo de vitaminas y minerales⁶.

2.1.3.11. Concordancias

2.1.3.11.1. Géneros

Es normal aceptarse la existencia de diferencias fisiológicas y morfológicas de género²³³ y la pérdida de fuerza muscular con el envejecimiento es aparentemente cierta para ambos^{10, 16, 56, 62, 63, 87, 141, 174} aunque parezca más grave en mujeres^{45, 69, 92}. Es evidente que, en todas las etapas de la vida, las

mujeres son más débiles que los hombres en términos de la fuerza absoluta ^{56, 62, 63}. En las últimas etapas de la vida, los valores absolutos de fuerza máxima en mujeres pueden acercarse a niveles mínimos necesarios para ejecutar las AVD, lo que sugiere que estas deben ser el primer grupo a ser estudiado en cuanto a intervenciones y a la propia rehabilitación ^{63, 112, 116, 205}. Se conoce que las mujeres viven más años sin embargo los últimos suelen vivir con un peor estado de salud. Esta longevidad de las mujeres supone un coste muy alto ya que ni siempre se traduce en una mejor CV ³⁴.

De hecho, los estudios han establecido una disminución inequívoca del 30 al 50% en la masa muscular de hombres y mujeres entre los 40 y 80 años ^{4, 52, 73, 87, 88}. Sin embargo, los efectos culturales pueden sesgar esta observación, una vez que muestras hispanas presentan tasas relativamente más altas de sarcopenia ^{9, 83, 110}. En un estudio realizado por Aniansson et al. ²³⁴ se evaluó la fuerza muscular isométrica e isocinética, de la rodilla derecha, de una muestra representativa de una población urbana de 70 años de edad. Los autores observaron que la fuerza muscular de las mujeres fue, en media, un 56% de la de los hombres ⁴⁰. Ya Frontera et al. ⁴ observaron que las mujeres tenían, en las extremidades inferiores, un 60 (velocidad lenta) y un 59% (velocidad rápida) de la fuerza isocinética de los hombres ⁶³. Sin embargo, Borges ²³⁵ encontró diferencias hasta un 66% en el torque máximo isocinético ⁶³.

La respuesta a los diferentes modos de entrenamiento de PM es bastante similar entre hombres y mujeres, donde se aportan ganancias relativas de fuerza muscular, desde que se utilice el mismo programa. No obstante, la evidencia científica sobre los cambios en la composición corporal que se producen con el entrenamiento es ambigua en este punto pero parecer haber algún consenso cuando se afirma que los hombres son más susceptibles a la hipertrofia y aumento de la fuerza muscular ²³³. Así, es posible aumentar la fuerza muscular y la CV, independientemente de la edad, aunque el género pueda influenciar las ganancias ⁹¹.

2.1.3.11.2. Edades

Cuando comparamos mayores sanos con jóvenes nos enteramos que, los primeros, presentan entre un 20 a 40% menos fuerza muscular que los segundos y se han incluso reportado pérdidas de más del 50% en mayores con 90 años ^{69, 84, 187}. Asimismo, esta disminución de la fuerza en la vejez se atribuyó, casi que exclusivamente, a la reducción de la masa muscular ⁸⁴.

Han sido varios los estudios que compararon la fuerza muscular de los extensores de la rodilla entre jóvenes y mayores (tabla 2). Según los autores ^{4, 88, 167}, la fuerza tiende a culminar en los 20 o 30 años estancando después hasta los 50 años cuando empieza a reducirse 12 a 15%/década ^{4, 88, 167} mientras Lindle et al. ⁶² refieren que la pérdida empieza a los 40 años a un ritmo de 8 a 10%/década. De hecho, el promedio reportado está en el orden del 20 al 40% ^{69, 88, 187, 190, 192}.

Autores	Muestra		Efectos observados
	Género	Edad	
Murray et al. ¹⁹⁰	V	<86	CVM↓35-55%*** + TisocC(36°/s)↓45-55%***
Young et al. ⁸⁸	V	70-79	CVM↓39%*** + AST↓25%***
Poulin et al. ¹⁸⁸	V	60-75	TisocC(90°/s)↓32%* + TisocE(90°/s)↓20%*
Lynch et al. ¹⁸⁹	V	<93	TisocC(30°/s)↓35%*** + TisocE(30°/s)↓33%***
Murray et al. ¹⁸⁷	M	<86	CVM↓32-46%*** + TisocC(36°/s)↓45-55%***
Young et al. ¹⁹²	M	70-79	CVM↓35%*** + AST↓33%***
Vandervoot et al. ¹⁹¹	M	66-89	TisocC(90°/s)↓50%***
Lynch et al. ¹⁸⁹	M	<93	TisocC(30°/s)↓31%*** + TisocE(30°/s)↓27%***
Hortobágyi et al. ¹⁹³	V+M	x72	CVM↓57%?

Tabla 2. Alteraciones musculares halladas en los extensores de la rodilla de una población mayor en comparación con jóvenes. Leyenda: V - Varón; M - Mujer; TisocC - Torque isocinético concéntrico; TisocE - Torque isocinético excéntrico; ? - significancia desconocida; *** - significativo a 0,1%; * - significativo a 5%.

En cuanto al torque máximo de extensión de las rodillas, investigadores reportaron una diferencia del 53% entre jóvenes y mayores del género femenino⁶², mientras otros refieren que las mujeres mayores fueron, en media, un 43% más débiles que las jóvenes en la extensión y un 47% en la flexión¹¹². Estas reducciones del torque máximo de las rodillas así como la reducción de la CVM de las mujeres mayores es considerado como una consecuencia de los cambios asociados a la atrofia muscular inherente a la edad avanzada y es consistente en varios estudios^{66, 88, 112, 171, 192}.

En general, entre mayores y jóvenes, la tasa máxima de desarrollo del torque durante una contracción rápida es significativamente menor al paso que el tiempo para llegar a ese punto es mayor. Así, algunos estudios evidenciaron que las mujeres mayores presentan una tensión específica más baja que las jóvenes^{63, 112}. A esto se asoció un mayor nivel de coactivación de los flexores durante la extensión de la rodilla lo que sugiere que el nivel más bajo de fuerza en mujeres mayores pueda explicarse tanto por la reducción de la masa muscular contráctil^{63, 112} como por el aumento de la coactivación de los antagonistas¹¹².

Es compleja la relación existente entre la edad y la capacidad para aumentar la fuerza muscular después de un programa de PM¹⁴¹. Han sido varios los estudios que demostraron aumentos de la fuerza muscular similares entre mayores y jóvenes^{8, 74, 127, 229} mientras que otros concluyeron que los aumentos son más reducidos para los mayores^{92, 141}.

Se concluye que la realización regular de ejercicios de PM puede tener importantes beneficios neuromusculares en las mujeres independientemente de su edad. No obstante, se observó una ausencia de cambios en la activación voluntaria a pesar del aumento en la actividad electromiográfica (EMG) lo que puede ser consecuencia del nivel de sensibilidad de las mediciones en detectar los cambios. Asimismo, no puede ser excluida la posibilidad de que la adaptación nerviosa no se produjo y que el aumento de la EMG se debe a adaptaciones periféricas⁷⁴.

2.2. REVITALIZACIÓN GERIÁTRICA

2.2.1. Conceptualización

Con el proceso involutivo de la vejez, el cuerpo humano es vulnerable a cambios morfofuncionales de órganos y aparatos que, a pesar de no presentaren ningún síntoma, pueden evolucionar de manera a provocar la aparición de una sintomatología que puede, incluso, ocasionar la producción de una reducción de la capacidad física o llegar a la invalidez. Por eso, es esencial el desarrollo de un programa de RG, o sea, la aplicación de técnicas rehabilitativas en la persona mayor aparentemente sana, sin presencia de una patología invalidante. Se considera primordial la realización de dicho programa de carácter preventivo que, aunque que pueda no evitar, por lo menos retrasa la aparición de una disminución severa en la persona mayor ¹⁹⁻²².

Los síndromes del aparato respiratorio, locomotor, vascular periférico y alteraciones estáticas son la clase de síndromes involutivos que más frecuentemente determinan el surgimiento de la invalidez, en distintos grados ¹⁹⁻²².

En el concepto de la rehabilitación, la fisioterapia se destaca como el método terapéutico adecuado para la restauración de la minusvalía hasta sus máximos límites físicos, mentales, sociales, vocacionales y económicos posibles ¹⁹⁻²².

En conclusión, la RG se define como la aplicación de técnicas fisioterápicas especializadas en una población mayor sana, en la cual se espera que el proceso involutivo inherente a la vejez desencadené enfermedades que, futuramente, provocaran una disminución de la capacidad física ¹⁹⁻²².

2.2.2. Contribución de la actividad física

Tradicionalmente un programa de entrenamiento de potenciación o resistencia muscular produce dos tipos de adaptaciones: la hipertrofia muscular y la adaptación neuronal ²³⁶. La efectividad de un programa se observa con el aumento de una repetición máxima (1RM) o mayor capacidad para desarrollar fuerza o potencia. En la hipertrofia muscular ocurre un aumento del AST de las miofibrillas y totalidad del músculo pero lo mismo no ocurre con la adaptación neuronal. Esta, que respecta los cambios en el control nervioso muscular, puede ser evaluada según la mejoría de la activación y transmisión neuronal así como por el control de las fibras musculares ^{111, 237}.

El reclutamiento de las UM se hace por los impulsos del SNC a las motoneuronas. Según Van Cutsem et al. ²³⁸, el entrenamiento de fuerza puede incrementar la frecuencia de disparo y, consecuentemente, la probabilidad de desarrollo de fuerza muscular aumenta. Sin embargo, las evidencias de la EMG han sugerido que más UM pueden ser reclutadas junto con la frecuencia de disparo después de programas de PM ^{237, 239}. No obstante, Narici et al. ²⁴⁰ obtuvieron resultados con la EMG que sugieren que programas de PM pueden no afectar la adaptación neuronal ²³⁷.

Las adaptaciones neuronales, en general, son resultado de entrenamientos de PM que utilizan cargas de 1RM superiores a 85%. Se cree que elevadas intensidades sobrecargan el umbral de las UM que activan las fibras musculares rápidas. Sin embargo, la evidencia experimental sugiere que las cargas de entrenamiento hasta un 30-40% de 1RM también pueden inducir adaptaciones neuronales^{237, 238}.

Abordando ahora más la temática de los mayores, en general, la edad avanzada se hace acompañar de una reducción progresiva de la actividad física^{89, 91, 111, 151}. Esta inactividad es un factor importante que contribuye en el desarrollo de la sarcopenia^{38, 54, 69, 95, 109, 128} y discapacidades asociadas a la vejez^{71, 109, 149, 152}. No obstante, aún no se ha aclarado si la disminución de la actividad física es una causa o un efecto de la pérdida de la función muscular relacionada con la edad⁶³. Así, los cambios en la masa muscular no son sorprendentes⁷⁴ llevando a una disminución significativa de la fuerza, potencia y activación muscular que se puede observar, por ejemplo, en mujeres mayores sedentarias cuando comparadas con sus pares físicamente activas¹²⁷. Se concluye la importancia que tiene para los fisioterapeutas investigar si los programas de RG son susceptibles de cambiar el deterioro que ocurre en el sistema músculo-esquelético consecuencia de la edad avanzada^{2, 241}.

No es novedad que el ejercicio físico regular promueve efectos benéficos en muchos sistemas fisiológicos^{134, 230, 242, 243}. Se encuentra con facilidad en la literatura estudios que ratifican la efectividad de los programas de PM en el aumento de la fuerza muscular de mayores, variando entre 10 a 12 semanas con una frecuencia de dos o tres sesiones semanales^{68, 69, 137, 208, 220, 227, 244, 245}. Una revisión sistemática de ECA²⁴⁶, que investigan los efectos del ejercicio físico en mujeres postmenopáusicas, reveló que, en casi mitad de los estudios, el ejercicio físico influye eficazmente en la composición corporal. Pero no solo en mujeres postmenopáusicas se observan incrementos significativos en la masa, fuerza, potencia y resistencia muscular, una vez que en mayores de 75 años también se han logrado estos cambios debido a la participación en programas de RG^{16, 87, 173, 247}.

Según Delitto & Rose²⁴⁵, el término de ejercicios de resistencia progresiva (ERP) fue un concepto introducido por primera vez por DeLorme en 1945. Se refiere a una forma efectiva de mejorar la fuerza muscular en mayores^{110, 248} una vez que ha demostrado aumentar la producción de fuerza y del AST de las fibras musculares^{2, 4, 20, 111, 147}. Es una intervención exitosa contra la debilidad muscular asociada con la edad, visto que hay estudios que llegaron a aumentos del torque máximo isométrico entre 10 a 40% después de programas de 10 a 24 semanas^{7, 8, 74}.

La actividad física regular es esencial para un envejecimiento saludable. Adultos con más de 65 años sufren beneficios sustanciales en su salud con la actividad física regular y estos beneficios se siguen produciendo a lo largo de sus vidas. Promover la actividad física en los mayores es especialmente importante ya que esta población es la que se presenta como menos activa¹.

Está bien documentado que programas de PM, tanto en hombres como mujeres jóvenes, conducen a incrementos de la fuerza, mejorando tanto el tamaño

como la fuerza muscular voluntaria sin embargo, este principio también es válido en personas mayores^{6-8, 16, 20, 44, 45, 55, 58, 65, 69, 80, 91, 92, 105, 106, 110, 111, 129, 133, 137, 147, 152, 154, 193, 198, 208-231, 249-251}. Actualmente, el principal medio para luchar contra la reducción de la masa y fuerza muscular, consecuencia del envejecimiento, es la PM^{61, 69, 91, 105, 110, 121, 252, 253}. Hay diversas evidencias de que el ejercicio físico puede retrasar o atenuar la sarcopenia^{2, 6, 45, 46, 55, 63, 69, 71, 83, 87, 94, 102, 109, 111, 147, 152, 205, 208, 254}. Cuando comparado con sujetos jóvenes, el entrenamiento en mayores produce aumentos de la fuerza que, aunque más pequeños en términos absolutos, son similares en términos relativos, es decir, se observan incrementos similares tanto en jóvenes como mayores^{8, 61, 74, 75, 127, 147, 224, 252}. Después de programas de PM, han sido varias las investigaciones que reportaron incrementos más sustanciales en la fuerza que en el tamaño muscular^{55, 106, 111, 137, 208, 244, 250}.

Todos los programas de PM se basan en el principio de sobrecarga, es decir, los músculos que trabajan cerca de su capacidad máxima de generación de fuerza incrementarán sus cifras⁶³. Por lo tanto, el ejercicio regular, especialmente durante un largo período de tiempo, es importante para las personas mayores con el fin de mejorar su estado funcional¹⁵¹. Sin embargo, son pocos los mayores que realizan niveles adecuados de entrenamiento⁴⁵ pero en sujetos sanos sin entrenamiento previo, la fuerza muscular máxima se puede aumentar, con relativa facilidad, según un programa de PM independientemente de la edad, género y tipo de contracción^{7, 8, 111, 137, 208, 210, 219, 220, 227, 250}.

La relación entre la masa muscular y el nivel de actividad física es compleja⁵⁴. Antiguamente, los entrenamientos de PM en mayores se basaban solamente en recomendaciones, es decir, cuidados excesivos y, por consiguiente, las prescripciones eran casi que exclusivamente dirigidas para entrenamientos con cargas de baja intensidad²⁰. Los programas de PM en personas mayores eran mirados con desconfianza y como siendo ineficaces y, cuando alguno producía incrementos de la fuerza muscular, se pensaba ser solamente consecuencia de realizar mejor el gesto/movimiento²⁰. Sin embargo, hoy se conoce que existen requisitos básicos para el desarrollo de la hipertrofia y de la fuerza muscular que respectan la intensidad y la duración del entrenamiento^{111, 137, 208, 227, 250}. Todavía, algunos médicos siguen cautelosos en recomendar la PM a personas de edad avanzada⁵⁸ a pesar de haber evidencias de que pueden ser realizados por mayores sanos con cumplimiento razonable y con seguridad^{58, 213, 227}. Asimismo, las mejorías provocadas por un programa de PM son hábiles de producir incrementos significativos en el desempeño de deportes¹⁵¹, de AVD^{6, 65, 127, 129, 151, 154}, impedir fracturas consecuencia de caídas^{103, 127, 151}, reducir la velocidad de deterioro de las fibras musculares^{127, 148}, aumentar la fuerza^{6, 94, 104, 127, 129, 154} y la potencia muscular^{7, 104, 127, 154}, mejorar el equilibrio¹²⁷, la pérdida de funcionalidad¹⁴⁸ además de mejorar la CV^{6, 103}. No obstante, es importante referir que, aunque la actividad física ayude a reducir las consecuencias de los cambios neuromusculares, debemos reconocer que mismo los mayores considerados como muy activos como, por ejemplo, antiguos atletas profesionales que entrenaban y competían con regularidad a lo largo de su vida, presentan pérdidas de masa y fuerza muscular^{6, 11, 14, 38, 39, 87}. Dichas pérdidas, empezaron a reducir el rendimiento después de los 40 años de edad, pudiendo llegar de 35 a 65%, dependiendo de la actividad/evento, a los 80 años⁸⁷. Se concluye que el ejercicio

físico, por sí solo, no es hábil en prevenir los cambios en la función músculo-esquelética desarrollados en la vejez ³⁸.

Los mecanismos neuromusculares específicos responsables por el aumento de la calidad muscular inducida por el entrenamiento de PM siguen siendo desconocidos ¹⁰⁶. No obstante, se distinguen dos factores que pueden contribuir en la ganancia de fuerza muscular en personas mayores. De hecho, son los mismos que en jóvenes o adultos, es decir, más eficiencia en el control neuronal de la actividad de las UM ^{111, 250} y la hipertrofia de las fibras musculares ^{5, 137, 255}. Estas dos adaptaciones pueden explicar el aumento de la fuerza muscular incluso en mujeres de edad avanzada ^{7, 106, 111, 256}.

De una forma más detallada podemos distinguir varias etapas que incluyen ⁶³: fase inicial del programa (1-2 semanas), ocurre una rápida mejoría de la capacidad de realizar el entrenamiento, principalmente como consecuencia de un efecto de aprendizaje. Esto, mediado por cambios en la coordinación de las habilidades motoras y nivel de motivación, llega a ser considerable, sobre todo cuando el criterio adoptado para medir la fuerza muscular exige elevados niveles de habilidad ⁶³. En la fase siguiente, que dura 3 a 4 semanas, las ganancias de la fuerza muscular son obtenidas sin que ocurra un aumento del tamaño de los músculos entrenados. Asimismo, la mejoría adviene principalmente de las adaptaciones neurales ^{7, 8, 63, 111, 147, 198, 250}, como es indicativo el aumento de la señal de la EMG de los músculos entrenados ^{8, 111, 250}. Destacamos que el término “adaptaciones neuronales” incluye elementos como: una mayor activación de los músculos motores principales (aumento de las UM reclutadas y su tasa de disparo además de la sincronización de las UM) ^{106, 111}, una mejor coordinación de los músculos sinérgicos y antagonistas ^{8, 106, 111} y un incremento de la actividad de las unidades neuronales a partir de los niveles más superiores del SNC ⁶³. Por fin, la tercera fase de adaptación al entrenamiento de fuerza (más de 4-6 semanas) se caracteriza por un aumento en el tamaño y fuerza de los músculos ejercitados ⁶³. La hipertrofia muscular, en gran medida, puede explicar el aumento de la fuerza con el entrenamiento ⁷⁵ pero, en algunas investigaciones, el aumento del AST, que puede ir de 5 a 40%, es considerado como consecuencia probable de una combinación de factores centrales (neuronales) y periféricos (masa muscular) ⁶⁹.

Por fin, destacamos que existen varias investigaciones que corroboran que la fuerza muscular, en los sujetos jóvenes, se puede mantener de 4 a 32 semanas después del entrenamiento haber terminado ^{239, 257, 258} y de 5 a 27 en personas mayores ^{92, 219, 259, 260}. Los efectos observados con el “desentrenamiento” son las reducciones en la fuerza ^{239, 257}, potencia ^{261, 262} y tamaño muscular ^{239, 263} así como del estímulo neuromuscular ²³⁹. Claramente que después de un desentrenamiento ocurre una disminución de la función muscular fisiológica ²⁶⁴.

2.2.3. Investigaciones realizadas en mayores

Antes de se empezar a exponer los estudios realizados en la población mayor con el objetivo de mejorar su acondicionamiento físico, nos parece pertinente aclarar que el concepto de “revitalización geriátrica” es muchas veces identificado en la literatura científica según otros términos. Así, en artículos científicos publicados en revistas de lengua inglesa es frecuente encontrar los

términos: *functional fitness*^{151, 265}, *physical activity*^{266, 267}, *physical performance*^{268, 269}, *exercise*^{146, 270} o *aerobic training*²⁷¹, entre otros.

A continuación exponemos resumidamente los artículos científicos que nos parecen más pertinentes, teniendo el cuidado de dividirlos entre los que utilizan programas de RG^{20, 22, 146, 151, 246, 265-272} o de PM^{7, 8, 58, 91, 106, 137, 147, 193, 210-217}.

2.2.3.1. Revitalización geriátrica

Asikainen et al.²⁴⁶ alertan que las mujeres postmenopáusicas están expuestas a riesgos que pueden provocar cambios negativos en su condición física. Los autores realizaron una revisión sistemática sobre ECA hechos en mujeres entre los 50 y 65 años. Basados en estos estudios, afirman que mujeres postmenopáusicas deben realizar, por lo menos, 30 minutos diarios de caminatas asociados a un programa de ejercicios físicos nunca inferior a dos veces a la semana.

Velthuis et al.¹⁴⁶, desarrollaron un ECA con el objetivo de observar el efecto que 12 meses de un programa de intensidad moderada a vigorosa de ejercicios aerobios asociados a la PM tiene en la composición corporal de 189 mujeres postmenopáusicas sedentarias. Al final, se observaron alteraciones significativas en las variables de la grasa corporal (peso y porcentaje) así como del perímetro abdominal de las mayores del grupo EXP. Sin embargo, no fueron observados ningunos cambios en cuanto al peso, IMC y perímetro de la cadera entre los grupos CTL y EXP. Los autores concluyeron que el programa influyó la composición corporal de las mujeres postmenopáusicas sedentarias.

Hallage et al.²⁷¹ pretendieron investigar los efectos que un programa de ejercicios aerobios tiene en la *performance* funcional de 13 mujeres mayores (promedio de 63 años) aparentemente saludables. Dicho programa se realizó a lo largo de 12 semanas, a una frecuencia de 3 veces/semana, y con la duración de 30 a 60 minutos. Las evaluaciones se hicieron al inicio, final y 1 mes después de terminar el ensayo clínico. Al final, los autores observaron que el programa ha mejorado significativamente la capacidad funcional de las mayores, exceptuando el IMC. Además, pasado 1 mes de desentrenamiento, los efectos han sido perdidos, exceptuando la fuerza de los miembros superiores. Se concluyó que el programa puede promover mejorías de la *performance* funcional y que debe ser considerado como una modalidad efectiva en la prevención de pérdidas funcionales y sus consecuencias.

Morey et al.²⁶⁹, examinaron el impacto que un programa de 2 años, realizado 3 veces/semana, de ejercicios físicos (*fitness*, flexibilidad y fuerza muscular) tiene en 36 mayores (65-74 años). A lo largo del ensayo clínico fueron observados cambios significativos del aparato cardiovascular y de la flexibilidad pero no de la fuerza muscular. Los autores concluyeron que los cambios ocurren tempranamente en el programa y pueden ser mantenidos a lo largo de, por lo menos, 2 años.

Stewart et al.²⁷⁰, averiguaron si un programa de 6 meses, que combina ejercicios aerobios con ejercicios de PM, es hábil de influenciar la *performance* funcional, en particular, la función cardiovascular. Para eso, realizaron un ECA

con la participación de 104 mayores (55-75 años), con hipertensión arterial no tratada, divididos en grupos CTL y EXP. Se observó que el programa mejoró significativamente la *performance* funcional además de aumentar la masa muscular y reducir la obesidad abdominal y la PA. Se concluyó que los mayores del grupo EXP bajaron más sus cifras de PA que los del CTL.

Similarmente, Barroso et al.²⁶⁷ valoraron la influencia de la actividad física en la PA de mayores hipertensos no medicados. Para eso, una muestra de 45 mayores fue dividida en dos grupos: CTL, con terapia no farmacológica, y EXP, con terapia no farmacológica y un programa de ejercicios físicos a lo largo de 6 meses, con una frecuencia de 3 veces/semana y 1 hora de duración. Con el término del ensayo los autores observaron que el programa de ejercicios ha sido más eficaz en el mantenimiento de la PA que la terapia no farmacológica aisladamente.

En su estudio Carvalho et al.²⁶⁵ abordaron dos temas: primero, el de programas de entrenamiento variados y, segundo, el de las consecuencias del desentrenamiento sobre la *performance* funcional. Así, elaboraron un programa para realizarse a lo largo de 8 meses y suspenderse durante 3 meses. Participaron 57 mujeres mayores, asignadas a un grupo CTL (N=25; 69,6±4,20 años) y EXP (N=32; 68,4±2,93 años), que realizaron bisemanalmente ejercicios aerobios, de PM, de equilibrio y flexibilidad. Al final del ensayo fueron observadas alteraciones significativas exceptuando en el IMC y acondicionamiento cardiovascular. Así, pruebas como el *Sit&Up*, *Sit&Reach* y *Time-up-and-Go* han tenido cambios significativos al final de los 8 meses del entrenamiento pero, 3 meses después, se han reducido significativamente. Los autores concluyeron que los efectos negativos consecuentes del desentrenamiento físico son evidentes en la *performance* funcional de los mayores.

Cao et al.²⁶⁸ hicieron una investigación con el objetivo de averiguar si un programa combinado de ejercicios físicos dirigidos a mejorar la *performance* física así como la marcha, es hábil de influenciar el riesgo de caída de las mujeres mayores institucionalizadas. Así y a lo largo de 12 semanas, 20 mujeres mayores institucionalizadas (65-79 años) realizaron ejercicios de equilibrio, PM y entrenamiento de marcha, en sesiones bisemanales de 2 horas de duración. Fueron observados cambios significativos en la fuerza muscular de los miembros inferiores (+13,5%) pero no en el equilibrio estático o en la flexibilidad. Además, a pesar de identificados algunos cambios de la cinemática del miembro inferior, estos no fueron significativamente suficientes. Se concluyó que el programa puede influenciar los factores de riesgo de las caídas promoviendo una marcha más segura en las mujeres mayores institucionalizadas.

Ourania et al.²⁶⁶ estudiaron los efectos consecuentes de un programa de ejercicios de 12 semanas, realizado por 55 mujeres mayores sedentarias (60-75 años), asignadas al azar a uno de 4 grupos: CTL, 1 sesión/semanal, 2 sesiones/semanales y 3 sesiones/semanales. La batería de test valoraba el equilibrio, coordinación, flexibilidad y resistencia muscular. Al final se observaron diferencias significativas entre los 3 grupos de ejercicios y el CTL, para todas las características evaluadas. Sin embargo, se verificó que el grupo que

realizó el programa 3 veces a la semana presentaba incrementos más sustanciales que los otros dos grupos experimentales.

Tal como los autores anteriores ²⁶⁶, también Nakamura et al. ¹⁵¹, pretendieron averiguar si la frecuencia de un programa de ejercicios de 12 semanas influencia la *performance* física de 45 mujeres mayores (promedio de 67,8±4,6 años), asignadas al azar a uno de 4 grupos. No obstante, su programa consistía en una caminata, actividades recreativas y ejercicios de resistencia y PM, en sesiones de 90 minutos. Contrariamente a los autores anteriores ²⁶⁶, al final fueron observados cambios significativos en el grupo que realizó el programa a una frecuencia de 3 veces/semana con relación a los demás grupos. Los autores concluyeron que las mayores deben ejercitarse, por lo menos, 3 veces a la semana, como forma de mejorar su *performance* funcional.

Rebelatto et al. ²⁰ realizaron un programa de RG durante 2 años en 32 mujeres mayores (60-80 años) no institucionalizadas. Dicho programa se hizo 3 veces a la semana durante casi 1 hora y ejercitaba, sobre todo, la fuerza y flexibilidad muscular. Al final del ensayo clínico no fueron observados cambios significativos en las variables valoradas: fuerza de prensión de la mano, que sufrió un incremento de un 10%, y prueba del *Sit&Reach*, que sufrió un ligero incremento de un 1,6%. Los autores concluyeron que el programa ha sido eficaz en el mantenimiento de la fuerza y flexibilidad muscular pero debería ser reprogramado para mejorar la *performance* física.

Baroni & Calvo ²⁷² examinan el efecto que un programa de RG, realizado 2 sesiones por semana a lo largo de 22 semanas, tiene sobre la densidad mineral ósea y parámetros de salud, en una muestra de 60 mujeres postmenopáusicas (48-86 años) asignadas a un grupo CTL y EXP. Al final, fueron observados incrementos significativos en la masa ósea del calcáneo pero no en la de las falanges o en la flexibilidad, IMC y variables cardiovasculares. Los autores concluyeron que, para que dichas variables enseñen cambios significativos, es necesario o más tiempo de realización del programa o mismo una reestructuración del mismo.

Por fin, Nogueras & Calvo ²², llevaron a cabo una investigación con el objetivo de crear un protocolo de tratamiento del desequilibrio postural, como forma de disminuir el riesgo de caídas de personas mayores, para poder asociarlo a un programa ya existente de RG. Para eso 302 personas mayores (60-80 años) fueron asignadas aleatoriamente a uno de 3 grupos: CTL, RG y equilibrio. Los dos grupos experimentales realizaron 3 sesiones/semanales de casi 1 hora a lo largo de 8 meses. Una vez terminado el ensayo clínico, los autores no encontraron cambios estadísticamente significativos aunque que aclaren que es clínicamente relevante que la prevalencia y riesgo de caídas de su muestra sea inferior a la divulgada en la literatura científica.

2.2.3.2. Potenciación muscular

En su revisión sistemática, Borst ⁵⁸ afirmó que la forma más eficaz para aumentar la fuerza y/o masa muscular en mayores es el entrenamiento de PM independientemente de si los mayores viven en residencias o en su propia casa.

Morganti et al.²¹⁰ investigaron si un programa de PM en mujeres postmenopáusicas aportaba algún beneficio a la fuerza muscular. Con una muestra de 39 mujeres saludables, se realizó un ensayo clínico con 1 año de duración y una frecuencia 2 sesiones/semanales. Las mayores han sido divididas en grupo CTL y EXP realizando, solamente el último grupo, un programa de ERP según un porcentaje de un 80% de la 1RM. Se evaluó mensualmente, entre otros, la fuerza de extensión de las rodillas del grupo EXP y al inicio, medio y final en el CTL. En el EXP, en general, todos los grupos musculares han sufrido incrementos significativos de la 1RM, cuando comparado con el CTL. Además, la fuerza máxima de extensión de las rodillas llegó mismo a aumentar un 74%. Curiosamente, más de 50% de las ganancias obtenidas han sido en el primer trimestre. Los autores concluyeron que la realización de un programa de ERP con 1 año de duración es adecuado en una población de mujeres postmenopáusicas.

Häkkinen et al.⁷ pretendieron estudiar el efecto que 21 semanas de un programa de fortalecimiento muscular provocan en los extensores de la rodilla de mayores. Con una muestra de 10 mujeres mayores, con promedio de 64 años, evaluaron la fuerza muscular según la CVM, la 1RM, el AST (fibras I, IIa y IIb) y EMG de los cuatro músculos del cuádriceps. Al final del ensayo clínico verificaron un aumento significativo de todas las variables estudiadas, con destaque para la CVM (+37%), la 1RM (+29%) y fibras musculares (+22-36%). Asimismo, los incrementos en la fuerza muscular fueron acompañados por un aumento del EMG de los agonistas además del aumento del AST de las fibras musculares del cuádriceps. Los autores concluyen que las ganancias observadas en las mujeres mayores se deben a una adaptación neuromuscular así como hipertrófica.

Henwood et al.²¹¹ refieren que más importante que la pérdida de masa muscular es la pérdida de potencia muscular una vez que tiene mayor impacto funcional. Con eso en mente realizaron un ensayo clínico donde utilizaron dos programas de fortalecimiento muscular distintos, uno para la potencia (PT) y otro para la fuerza (FM) además de un grupo CTL. Participaron un total de 67 mayores saludables, con edades entre los 65 y 84 años, a lo largo de 24 semanas con dos sesiones por semana. Los resultados, según la 1RM, muestran un incremento significativo en la fuerza muscular de 51,1% ($\pm 9,0$), 48,3% ($\pm 6,8$) y 1,2% ($\pm 5,1$), para los grupos PT, FM y CTL, respectivamente; por otro lado, los cambios según la CVM fueron de 29,7% ($\pm 6,9$), 23,8% ($\pm 5,5$) y 1,5% ($\pm 4,1$), para los grupos PT, FM y CTL, respectivamente. Los autores concluyeron que, independientemente del programa de ejercicios, tanto la fuerza como la potencia muscular mejoran sus cifras.

Tracy et al.¹⁰⁶ estudiaron el efecto que un programa de fortalecimiento muscular tiene en la calidad muscular, es decir, en el producto de la división entre la fuerza con el volumen muscular. Participaron 23 mayores (12 hombres de 65-75 años y 11 mujeres de 65-73 años) en un programa de potenciación unilateral del miembro inferior que se realizó a lo largo de 9 semanas, con una frecuencia de 3 veces/semana. Se utilizó el aparato Keiser K-300 para fortalecer los extensores de la rodilla que fueron evaluados, antes y después del programa, vía 1RM y RM. Al final del ensayo, se averiguó que los hombres aumentaron significativamente la 1RM de extensión de la rodilla (+27%) así como el volumen del cuádriceps

(+12%). Sin embargo, las mujeres tuvieron un incremento significativo superior al de los hombres en la 1RM, o sea, presentaron aumentos de un 30% mientras igualaron los del volumen del cuádriceps. Así, el cálculo de la calidad muscular evidencia que hubo incrementos significativos: 14% para los hombres y 16% para las mujeres. No obstante, dichas diferencias no son estadísticamente significativas entre los dos géneros. Los autores concluyeron que los dos géneros sufren cambios similares cuando realizan entrenamientos de PM por lo que se verifica que la contribución de factores neuromusculares o de hipertrofia muscular son independientes del género.

Sipilä & Suominen ²¹² estudiaron el efecto que un programa de ejercicios de PM de 18 semanas tiene en los músculos del miembro inferior de un grupo de mujeres mayores (76-78 años). Se evaluó el AST total, la masa muscular y el porcentaje de grasa intramuscular con TC. Los resultados evidenciaran incrementos significativos en las tres pruebas realizadas, siempre inferiores a un 6%, cuando comparado con el grupo CTL. Asimismo, los autores concluyeron que el programa de PM produce hipertrofia muscular además de reducir el porcentaje de grasa intramuscular de una muestra de mujeres mayores.

Häkkinen et al. ⁸ realizaron un estudio con el objetivo de incrementar la fuerza y potencia muscular de los músculos de la rodilla. Colaboraron 10 mujeres de media edad y 11 mujeres mayores que realizaron un programa de ejercicios de PM general, dos veces a la semana a lo largo de 6 meses. Las mujeres fueron evaluadas siempre en el miembro derecho (dominante) según una evaluación isométrica a 100°, la 1RM, biopsia muscular del vasto lateral y EMG (vasto medial, lateral y bíceps femoral). Se utilizó como referencia para la PM de los extensores de las rodillas una carga de 50-70% de la 1RM en la primera mitad del ensayo y 70-80% en la segunda mitad. Al final, la fuerza máxima isométrica aumentó significativamente un 27 y un 26% mientras que la 1RM aumentó un 35 y un 31%, en las mujeres de media edad y mayores, respectivamente. También se han registrado ganancias en el AST, es decir, las fibras tipo I y II han sufrido un incremento significativo en los dos grupos de mujeres. Los autores concluyeron que la distribución de las fibras musculares, en particular las tipo II, contribuyen de forma importante en el nivel de fuerza muscular de mujeres mayores; y tanto las mujeres de media edad como las mayores presentan capacidad de hipertrofia muscular.

Pyka et al. ²¹³ para estudiaren el efecto de la PM en la fuerza y tamaño muscular en mayores, realizaron un ensayo clínico de 1 año de duración con la participación de 25 mayores (promedio de 68 años). Después de divididos al azar en grupos CTL y EXP, los últimos realizaron un programa de 12 ejercicios a una intensidad de 75% (1RM) tres veces a la semana. Los resultados evidenciaron que el grupo EXP aumentó significativamente su fuerza muscular (+30-97%) siendo más evidente en los primeros 3 meses, estabilizando después. El AST sufrió incrementos significativos de un 58,5% (tipo I) y de un 66,5% (tipo II). No se observó ningún cambio significativo en el grupo CTL. Los autores concluyeron que la PM de intensidad moderada/alta puede ser realizada con seguridad por mayores y son susceptibles de aumentar su fuerza muscular.

Sullivan et al.²¹⁴ tenían el objetivo de averiguar si un programa de PM era adecuado y hábil de aumentar la fuerza muscular de personas mayores ingresados en ambiente hospitalario. Por intermedio de un ensayo clínico de 10 semanas de duración, evaluaron la fuerza muscular (1RM) de 19 mayores (promedio de $82,8 \pm 7,9$ años). Los resultados evidenciaron ganancias significativas alrededor de un 74% sin haber resultado peligroso para la situación clínica inicial responsable por el ingreso. Los autores concluyeron que la persona mayor ingresada puede realizar un programa de PM para ganar fuerza muscular sin que sufra un deterioro de su salud general.

Fiatarone et al.¹³⁷ evaluaron la flaqueza muscular y su reversibilidad en una población anciana, con promedios de 90 años. Para eso, aplicaron un programa de PM en 10 mayores institucionalizados, a lo largo de 8 semanas. Al final, observaron incrementos significativos de la fuerza muscular (+174%) y del AST (+9%). Los autores concluyeron que el programa de PM provoca ganancias de fuerza y AST en personas muy mayores.

Harridge et al.¹⁴⁷ estudiaron en una muestra de personas muy mayores (85-97 años) el nivel de fuerza y tamaño muscular al final de un programa de PM de los extensores de la rodilla de 12 semanas de duración. Verificaron que los 11 participantes han tenido aumentos significativos de la fuerza muscular alrededor de un 134% (1RM) y del AST alrededor de un 10%. Los autores observaron una correlación positiva entre la fuerza y el AST sin embargo, el programa no influyó el nivel de fuerza muscular por unidad del área del cuádriceps. Concluyeron que un aumento de la masa muscular podrá tener un gran impacto funcional en esta población.

Brandon et al.²¹⁵ realizaron un estudio para evaluar los efectos de un programa de PM de 16 semanas, con intensidades moderadas, en la fuerza muscular del tronco y extremidades. Participaron 85 mayores (promedio de 72 años) sin contraindicaciones para la práctica de ejercicio físico, divididos en grupos CTL (N=42) y EXP (N=43). Al final, el EXP aumentó significativamente su fuerza muscular, superior a un 41% de la 1RM, en todos los segmentos pero sin cambios significativos en la masa muscular. La conclusión de los autores es que mayores activos tienen masa muscular con potencial para ser fortalecida pero sin aportar cambios en su tamaño. Así, el hipertrofismo es posible pero no imprescindible para la ganancia de fuerza muscular.

Strasser et al.⁹¹ quisieron investigar cual la mejor forma de entrenamiento, si potenciación o resistencia, para incrementar la capacidad física de una población mayor. Han participado 42 mayores, mayoritariamente mujeres, distribuidos aleatoriamente en 3 grupos: resistencia (N=13), potenciación (N=15) y CTL (N=14). El ensayo duró 6 meses y se utilizó la prueba de la 1RM para evaluar la fuerza muscular. Al final, el grupo de potenciación aumentó significativamente su fuerza en un 15% mientras los otros dos no cambiaron significativamente sus cifras. La conclusión de los autores es que el programa de PM aumenta la masa y fuerza muscular de personas mayores siendo más eficaz que el entrenamiento de resistencia. Además, consideran que la intensidad más eficaz es la de 60-80% de la 1RM, en ejercicios de 3-6 series y 10-15 repeticiones/ejercicio, por lo menos 2 veces a la semana entre 30 a 60 minutos.

Hortobágyi et al.¹⁹³ hicieron un estudio a lo largo de 10 semanas, con una frecuencia de 3 veces/semana, con el objetivo de comparar el efecto de dos programas de PM (ligero e intenso) en la fuerza máxima del cuádriceps. Para eso, utilizaron una muestra con 27 mayores (promedio de 72 años) que dividieron en tres grupos equitativos: potenciación ligera, intensa y CTL. Los resultados evidencian que los dos grupos de potenciación han aumentado su fuerza máxima en más de un 29% (CVM) mientras el CTL no ha sufrido ningún cambio significativo. Los autores concluyeron que ambos los programas de potenciación son eficaces en incrementar la fuerza muscular de mayores.

En el estudio realizado por de Vos et al.²¹⁶, se evaluó la eficacia de 3 programas de PM realizados a distintas intensidades: 80% (G80), 50% (G50) o 20% (G20) de la 1RM además de un grupo CTL (sin tratamiento). Participaron 112 mayores, con promedio de 69 años, asignados aleatoriamente a uno de los cuatro grupos en estudio, realizado a lo largo de 8 a 12 semanas (dos veces/semana). Al final, fueron observados incrementos significativos en la potencia y fuerza muscular de un 14 y 20% (G80), 15 y 16% (G50) y 14 y 13% (G20), respectivamente. El grupo CTL sufrió aumentos inferiores a un 5%. Los autores concluyeron que la potencia máxima puede ser incrementada, de forma similar, con programas de PM realizados a distintas intensidades de entrenamiento pero lo mismo no pasa con la fuerza muscular, una vez que existe una relación directa entre la intensidad del programa y las ganancias logradas.

Por fin, Miszko et al.²¹⁷ asignaron aleatoriamente 39 mayores (promedio de 72 años) a uno de 3 grupos: fuerza, potencia y CTL. Los dos primeros realizaron 3 entrenamientos semanales a lo largo de 16 semanas mientras el CTL hizo su vida normal además de asistir a 3 charlas. Al final, hubo un aumento significativo en la fuerza máxima del grupo que hizo el programa de la fuerza muscular mientras el grupo de la potencia aumentó significativamente su función física, valorada según el *Continuous Scale Physical Functional Performance test*.

En la tabla 3 exhibimos algunas investigaciones, con muestras de mayores de los dos géneros, que abordan la temática de la PM de la rodilla. Verificamos que, en su gran mayoría, casi todos presentan ganancias de fuerza muscular según la 1RM, que varían entre 10⁴⁴ y 163%²¹⁹ mientras que las que han utilizado la evaluación isocinética concéntrica varían entre 10^{80,152} y 15%¹⁵².

Autores	Muestra		PM		Efectos observados
	N	Edad	t	v/s	
Vincent et al. ⁴⁴	62	60-83	6m	3	1RM↑10-15%*
Yarasheski et al. ⁸⁰	17	76-92	12s	3	1RM↑39%? + TisocC(60°/s)↑10%*
Carmeli et al. ¹⁵²	57	x82	12s	3	TisocC(60°/s)↑10-15%*
Sayers et al. ²¹⁸	33	x68	12s	3	1RM↑23-27**
Lexell et al. ²¹⁹	35	70-77	11s	3	1RM↑163%?
McCartney et al. ²²⁰	113	60-80	42s	2	1RM↑32%? + AST↑9%?
Brose et al. ²²¹	28	>65	14s	3	1RM↑49%*
Sherrington & Lord ²²²	42	64-94	4s	7	CVM↑22%*
Jubrias et al. ²²⁴	40	x69	24s	3	1RM↑64%**
Greive et al. ²²⁵	13	x82	12s	3	1RM↑29%*
Reid et al. ²²⁶	57	65-94	12s	3	1RM↑41-49%*

Tabla 3. Efectos observados en la musculatura de la rodilla en investigaciones científicas hechas en muestras de mayores según programas de potenciación muscular. Leyenda: t - tiempo; v/s - veces/semana; x - promedio; s - semanas; m - meses; TisocC - Torque isocinético concéntrico; ? - significancia desconocida; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%.

Ya en la tabla 4 son exhibidas investigaciones con muestras exclusivamente de mujeres mayores, también sobre la temática de la PM de la rodilla. Observamos que, una vez más, casi todos presentan ganancias de fuerza muscular, según la 1RM, variando entre 27²²⁹ y 115%²²⁷ al paso que la que utiliza la evaluación isocinética concéntrica a 60°/s presenta 9%¹⁹⁸.

Autores	Muestra		PM		Efectos observados
	N	Edad	t	v/s	
Trappe et al. ¹⁶	7	x74	12s	3	1RM↑56%*
Lemmer et al. ⁹²	11	x69	9s	3	1RM↑29%**
Häkkinen et al. ¹¹¹	10	x67	6m	2	CVM↑57%** + 1RM↑30%** + AST↑6%*
Hunter et al. ¹³³	11	64-79	12s	3	1RM↑39%***
Frontera et al. ¹⁹⁸	14	68-79	12s	3	1RM↑39%** + TisocC(60°/s)↑9%**
Charette et al. ²²⁷	27	x69	12s	3	1RM↑28-115%* + AST↑20%*
Taaffe et al. ²²⁸	-	65-79	52s	3	1RM↑41-59%***
Holviala et al. ²²⁹	22	x64	21s	2	1RM↑27%* + CVM↑20%*
Durmuş et al. ²³⁰	50	42-74	4s	5	1RM↑34%**
Tsourlou et al. ²³¹	22	>60	24s	3	CVM↑10-13%*

Tabla 4. Efectos observados en la musculatura de la rodilla de las mujeres mayores en investigaciones científicas según programas de potenciación muscular. Leyenda: t - tiempo; v/s - veces/semana; x - promedio; s - semanas; m - meses; TisocC - Torque isocinético concéntrico; *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%.

2.3. LA UTILIZACIÓN DE LA NMES

2.3.1. Conceptualización histórica

La estimulación eléctrica es utilizada hace miles de años²⁷³, es decir, se conoce desde épocas muy antiguas la existencia de corrientes naturales pero la electricidad solo llegó a descubrirse y denominarse así en el año 1600 por William Gilber²⁷⁴. Asimismo, en el siglo XVIII³¹ se empezó a utilizar la electroterapia como una terapia para ayudar pacientes a hacer ejercicios voluntarios, en el tratamiento de parálisis, en la prevención y/o restauración de la función muscular, etcétera.

Se considera Luigi Galvani, en el año 1791, como primer autor que aplicó una corriente eléctrica con el objetivo de provocar la contracción muscular²⁷⁴. Sin embargo, existen otras posibilidades como Jallabert (1750) que hizo la reeducación de un músculo paralizado y escribió el primer libro conocido de electroterapia. Independientemente de quién fue “el padre” de la electroterapia, no hay duda de quién fue el primer autor a utilizar la estimulación muscular según una aplicación transcutánea, es decir, con electrodos de superficie, haciendo la electroestimulación muscular sin incidir necesariamente en el músculo. El creador

de la aplicación transcutánea ha sido Duchenne de Boulogne que desarrolló el método en 1833^{24, 274}.

Desde finales del siglo XIX que los fisiologistas estudian los efectos de la aplicación de la NMES en los nervios y músculos²⁷⁵. Así, en 1858, Remak hizo la descripción de los puntos motores así como observaciones del incremento del volumen de un músculo desnervado, tal como Debedat^{31, 252} en 1894, pero también de músculos sanos, como Bordier en el inicio del siglo XX. Estos estudios sirvieron de base para el desarrollo de tratamientos específicos para la musculatura privada de su control nervioso periférico como también para aumentar la fuerza muscular de atletas profesionales²⁵².

Una década donde los avances tecnológicos se han ampliado, en el campo de la estimulación eléctrica, permitiendo su inclusión en diversas aplicaciones de Medicina Física y de Rehabilitación, ha sido la década de 60^{276, 277}. En ella, la estimulación eléctrica se veía principalmente como una terapia complementaria en la reeducación muscular siendo casi exclusiva de personas con trastornos neurológicos²⁷⁸. En la década siguiente, por culpa de la introducción de las corrientes "rusas", ocurrió un cambio hacia su uso una vez que ahora su principal utilización era para mejorar el rendimiento muscular complementando la potenciación de los regímenes utilizados en una población con afecciones músculo esqueléticas. Asimismo, este cambio permitió numerosas investigaciones científicas sobre su efecto complementario para beneficiar el rendimiento muscular de personas sanas²⁷⁸. Como consecuencia, no se necesitó esperar mucho para encontrar las primeras investigaciones, realizadas por Yakov Kots que, por primera vez, la utilizó en atletas olímpicos como Borzov, complementando con los métodos tradicionales de PM, y que se tornó campeón olímpico de 100 metros en 1972²⁷⁴. Yakov Kots ha sido el primero investigador a desarrollar un estudio en el área de la electroterapia pero, su estudio no ha sido totalmente divulgado, una vez que solo algunos fragmentos de una conferencia realizada en 1977 en *Concordia University* (Montreal, Quebec, Canada) han sido traducidos del ruso y sin haber sido evaluados por sus pares^{278, 279}. Así, Kots utilizó un programa de NMES que, según él, aumentó la CVM de atletas profesionales hasta un 40%²⁸⁰. Como consecuencia, las corrientes rusas se popularizaron aunque las evidencias fueran reducidas y muy distintas unas de las otras^{275, 279}. Así, otros investigadores han intentado duplicar su experimento y llegaron a incrementos bastante inferiores²⁸¹. Entre ellos, destacamos Selkowitz²⁸² que concluyó que aunque existan evidencias de que la corriente rusa es hábil de aumentar la fuerza muscular, son pocas las que refieren que es más efectiva que ejercicios voluntarios o que la combinación de ejercicios con corrientes. Es también importante referir que el autor comentó que los estudios a favor de la corriente rusa podrían no tener el poder estadístico adecuado para confirmar la efectividad de su utilización²⁸³. Años más tarde, Kots participó en un estudio hecho en una muestra de estudiantes universitarios atletas²⁸⁴ y, curiosamente, en dicho estudio no presentó ninguna referencia a sus trabajos anteriores publicados en ruso²⁷⁹.

2.3.2. Introducción

En las últimas décadas, la NMES ha sido utilizada como una herramienta eficaz en el incremento de la fuerza muscular voluntaria^{23-31, 160, 230, 285, 286}. Es una forma de obtener contracciones musculares máximas necesarias para mejorar la fuerza muscular después de un período de entrenamiento^{31, 252, 285, 287-289}. Además, puede ser un medio alternativo y potencialmente más eficaz que el ejercicio voluntario en aumentar la fuerza muscular³².

La efectividad de la NMES en los parámetros musculares ha sido determinada previamente en atletas²⁹⁰, adultos sanos^{23, 291} y personas mayores^{59, 160, 230, 285-287, 289, 292, 293}. Se basa en el uso de la corriente eléctrica para activar el músculo esquelético y facilitar su contracción. Se utiliza en la práctica clínica con el objetivo de imitar las contracciones voluntarias y mejorar la rehabilitación de la musculatura esquelética^{31, 197}. Sin embargo, todavía existe una controversia sobre si la estimulación eléctrica es susceptible de fortalecer los músculos esqueléticos normales o sin enfermedad aparente²⁹⁴.

El principio del uso de la estimulación eléctrica en un músculo total o parcialmente paralizado así como lesionado, es que la estimulación eléctrica se convierte en el sustituto del control voluntario normal. Esto representa una ventaja en el entrenamiento individualizado de músculos complejos como, por ejemplo, el cuádriceps. Dicho músculo tiene cuatro porciones y, en el caso de que una se lesione, se puede estimular exclusivamente esa porción. Consecuentemente, se permite un equilibrio muscular de modo que solo la porción lesionada es fortalecida, permitiendo una contracción equilibrada en la extensión de la rodilla. Contrariamente, esto no es posible en la contracción muscular voluntaria²⁷³.

Los efectos consecuentes de la aplicación de la NMES en el rendimiento físico son variados, pudiendo deberse a factores metodológicos tan distintos como: el tipo de aparato, la frecuencia, la anchura, la forma de onda y la duración de la corriente eléctrica así como la tensión muscular que provoca, la impedancia entre el electrodo, la piel y los músculos, la forma, magnitud, constitución y posición de los electrodos así como la frecuencia de las sesiones^{245, 274, 294-296}. Los investigadores se han dedicado en estudiar los distintos parámetros de la NMES para determinar las combinaciones que pueden ser más eficaces en la producción de fuerza^{295, 297, 298}, tanto en términos de fuerza de contracción^{299, 300} como conforto^{280, 296, 301}. Sin embargo, también las características de la muestra son hábiles de condicionar parcialmente los resultados por lo que resulta difícil generalizar los resultados obtenidos en una determinada muestra²⁷⁴.

Debido a las posibilidades que la NMES brinda, un creciente interés se está desarrollando en investigaciones fisiológicas, en el diagnóstico clínico, en la evaluación de la función muscular y en el control funcional de las extremidades paralizadas³⁰². Con el tiempo se desarrolló un interés sustancial con relación al uso de la estimulación eléctrica³⁰³ y, actualmente, la capacidad de sus protocolos para mejorar el rendimiento muscular es ampliamente aceptado y demostrado de forma rutinaria en investigaciones científicas así como en la práctica clínica^{32, 197, 304, 305}. Asimismo, en la literatura científica existen diversos estudios que evidencian efectos relevantes^{160, 223, 230, 241, 285-287, 289, 306} sin embargo, también hay

investigaciones que no lograron beneficios^{56, 98, 307, 308} y incluso una que relata una disminución del nivel de fuerza muscular²⁷⁴. La heterogeneidad de los resultados de la NMES obtenidos en las distintas investigaciones es, probablemente, consecuencia de los diferentes protocolos utilizados^{25, 274, 288, 298, 309, 310} y elección/selección de los participantes de la muestra²⁵. Así, resulta complicado comparar y extraer conclusiones válidas sobre la NMES debido a la estandarización inadecuada de los procedimientos experimentales^{25, 306, 310}. Se debe, principalmente, a la falta de ECA²⁵² que son los que proporcionan la metodología más válida para evaluar la eficacia de las intervenciones terapéuticas^{31, 311}.

Teniendo en cuenta la práctica clínica, es importante referir que los programas de NMES utilizados en investigaciones científicas son difíciles de reproducir debido a problemas de comorbilidad, poca motivación o interés y deterioro cognitivo. Sin embargo, la NMES puede ser viable en la prevención de la sarcopenia, sobre todo en personas mayores frágiles, pero aún son muy pocas las investigaciones científicas desarrolladas en esta población²⁵².

La electroterapia de baja frecuencia es un método barato y recomendado por evidencias clínicas^{312, 313} y la literatura científica actual privilegia su utilización como terapia complementaria y no como sustituta de las contracciones voluntarias³¹.

2.3.3. Utilidad y funcionamiento

Tanto en investigaciones científicas como en la práctica clínica, el uso de la NMES en el fortalecimiento muscular se ha popularizado cada vez más en las últimas décadas^{160, 279, 282, 296, 306, 314}, una vez que no sólo se aplica en el contexto de rehabilitación sino también en el entrenamiento de la fuerza muscular o prevención de su pérdida en poblaciones sanas^{27, 31, 314, 315}. No obstante, resaltamos que aún no ha sido ampliamente investigada en personas mayores^{32, 241, 252}.

En la literatura son identificados varios beneficios de la aplicación de la NMES siendo, los principales, al nivel del sistema músculo esquelético como el fortalecimiento muscular^{23, 27, 31, 160, 230, 252, 273, 274, 277, 281-283, 290, 291, 294-296, 298, 307, 310, 314, 316-324} y la prevención de la atrofia^{160, 230, 277, 283, 306, 310, 314, 325}. Sin embargo, también se utiliza en la reducción de la espasticidad muscular^{273, 283, 306, 310, 314}, reeducación motora^{24, 27, 160, 273, 306, 310, 322, 325}, en casos de deficiencia muscular parcial (lesión incompleta de la médula espinal, la parálisis de ACV)^{29, 30}, en la reducción de contracturas y edemas^{273, 306}, en la curación de heridas^{273, 283, 314}, recuperación de fracturas óseas²⁷³ y úlceras por presión^{273, 283, 310, 326}. Además, puede utilizarse en el aumento del flujo sanguíneo a los tejidos^{160, 230, 273, 283, 326}, en el acondicionamiento general después de cirugía cardíaca^{273, 327} o en insuficiencia cardíaca congestiva^{160, 277, 324}, ictus isquémico²⁷⁷ y enfermedad pulmonar obstructiva crónica^{160, 277}.

Es importante referir que la NMES no debe ser utilizada en exclusividad en una sesión de rehabilitación sino antes como una técnica adicional^{25, 274, 328} dependiendo de los objetivos del tratamiento^{328, 329}.

El programa de reacondicionamiento muscular según la NMES puede ser realizado en condiciones mejores y más seguras sin someter al paciente a la fatiga general consecuente de un programa de ejercicios voluntarios^{31, 252, 277}. Asimismo, la NMES es particularmente indicada en pacientes con dificultades o contraindicaciones para realizar un programa de ejercicio voluntario, por ejemplo, después de cirugías o cuando no están familiarizados con el ejercicio voluntario activo^{160, 323, 324, 330}.

La NMES produce contracciones musculares, mediante potenciales de acción en las neuronas³³¹, por estimulación transcutánea del nervio periférico. La contracción puede ser directa, a través de la despolarización de las motoneuronas, o indirecta, a través de la despolarización de las fibras aferentes sensoriales²⁵². Así, es importante referir que la estimulación eléctrica no estimula directamente el músculo esquelético, excitando antes el nervio motor que termina en el músculo²⁷³. Corrientes de baja amplitud son utilizadas para la estimulación de los nervios sensoriales, siendo percibida a través de receptores sensoriales somáticos localizados principalmente en los tejidos cutáneos y subcutáneos. Sin embargo, cuando aumentamos la amplitud de la corriente por encima del nivel sensorial, un gran número de ramas eferentes terminales del axónio, además de las fibras aferentes mielinizadas, son excitadas provocando contracciones musculares visibles³²⁹.

Son varias las investigaciones científicas que encontramos en la literatura sugiriendo que, el aumento de la fuerza muscular inducida por el entrenamiento con la NMES, se debe más a factores neuronales^{23, 24, 315, 323, 331} que a factores musculares, en particular en los programas de duración inferior a 4 semanas^{23, 290, 317, 323} una vez que entre 4 y 8 semanas los cambios son más al nivel de la masa muscular²³. Esto sugiere que primero ocurren adaptaciones en el sistema nervioso y solo después en el músculo³²³. Aunque sea un medio artificial de activación muscular que no pasa por los procesos asociados con la activación voluntaria, hay tres líneas de evidencia que sugieren que puede potenciar la fuerza muscular según adaptaciones neuronales: primero, hay ganancias de fuerza antes mismo de cambios en el volumen muscular; segundo, necesita una menor intensidad en comparación con el ejercicio voluntario; y tercero, hay un aumento de la fuerza muscular del miembro contra-lateral al que se aplica la NMES³³¹.

Suelen distinguirse dos posibles mecanismos que llevan a que la NMES produzca un incremento del rendimiento muscular que son: mecanismos idénticos a los que se encuentran en el entrenamiento físico voluntario (sobrecarga); y la contratación selectiva de fibras musculares tipo II que resultan en ganancias de fuerza muscular más eficaces^{28, 332}. En el primero mecanismo, se cree que para que el músculo aumente su capacidad de generar fuerza, hay que recurrir a cargas superiores a las que está acostumbrado, o sea, es necesario exponerlo a un estrés mayor que la tensión que se produce durante el cotidiano²⁸. Del segundo mecanismo hablaremos más al pormenor en el subapartado siguiente.

Es importante referir que la ganancia de fuerza muscular con la NMES puede no ser consecuencia directa de la sobrecarga utilizada, una vez que hay evidencias de que mismo con contracciones inferiores a un 50% del máximo, pueden existir ganancias significativas de la fuerza muscular cosa que no ocurre

con entrenamientos voluntarios hechos a igual intensidad ^{25, 28}. Sin embargo, son varios los estudios con NMES ^{282, 294, 333} en que el aumento de la carga funcional está fuertemente implicada en el mecanismo subyacente al incremento de la fuerza muscular ²⁸. Según Kots, las ganancias de los programas de NMES se operan a través de un efecto de aprendizaje de reclutamiento de UM así como por la hipertrofia muscular. Sin embargo, para el autor, el efecto de aprendizaje de reclutamiento de UM es más importante todavía, porque la fuerza muscular se puede mantener mismo después de disminuida la hipertrofia, lo que puede explicar la efectividad de la NMES mismo cuando se utilizan intensidades de contracción bajas ^{294, 333, 334}.

2.3.4. Reclutamiento de fibras musculares

Henneman et al. ³³⁵ han descrito el principio del tamaño para explicar el reclutamiento de UM durante el aumento del esfuerzo voluntario ^{30, 252, 334-336}. Asimismo, es el tamaño del cuerpo celular de la motoneurona quién va a determinar el orden de activación de las UM, es decir, las UM de contracción lenta (fibras tipo I) son las primeras a ser reclutadas y solo después se reclutan las UM de contracción rápida (fibras tipo II) dependiendo del incremento de la carga ^{273, 336}. Se destaca también que dentro de las fibras tipo II hay una contratación ordenada empezando primero las fibras tipo IIa y solo después las tipo IIb ^{336, 337}.

En el caso del esfuerzo no voluntario, como ocurre en la NMES, la contracción muscular es fisiológicamente distinta en la frecuencia de activación y despolarización y, quizás, en el orden de reclutamiento de las UM ²⁵.

2.3.4.1. Investigaciones a favor de la estimulación preferencial de las fibras tipo II

Hay evidencias en la literatura que sugieren que la NMES puede alterar tanto el orden de reclutamiento de UM como la población de UM activadas ³³¹. Por ejemplo, con la contracción muscular eléctricamente inducida son reclutadas primeramente las UM de mayores dimensiones, es decir, las que inervan las fibras musculares tipo II ^{25, 28, 32, 197, 273, 282, 331, 334, 336, 338, 339}. Esta sugerencia se basa en dos evidencias documentadas: primero, los axones de las UM más grandes presentan una menor resistencia a la corriente y llevan los potenciales de acción con mayor velocidad que los de las UM más pequeñas; y segundo, los resultados de la NMES evidencian un aumento significativo de la fatiga cuando comparado con los resultados de la contracción voluntaria ¹⁹⁷.

Se conoce que los axones eferentes de mayores dimensiones son más excitables a la estimulación eléctrica mientras que las motoneuronas con cuerpos de menor dimensión son más excitables según la excitación sináptica ^{28, 331}. Además, Garnett & Stephens ³³⁸ comentaron que el estímulo aferente de la NMES provoca, simultáneamente, una inhibición de las motoneuronas alfa tipo I y una excitación de las motoneuronas alfa tipo II de la médula espinal. Estos impulsos aferentes provocados por la NMES pueden servir para activar selectivamente las UM responsables por la contracción rápida de la médula espinal ²⁸.

Las fibras nerviosas son activadas por la NMES cerca de la placa motora o justo sobre ella. La aplicación a través de los tejidos sigue el camino de menor resistencia y recluta justamente las fibras de menor resistencia, es decir, de mayor diámetro³³⁸. A pesar de existir alguna variabilidad en este patrón, esto significa que la activación eléctrica trabaja de forma inversa al principio propuesto por Henneman et al.³³⁵.

2.3.4.2. Investigaciones en contra de la estimulación preferencial de las fibras tipo II

También hay evidencias científicas que sugieren que el patrón de reclutamiento de las UM, inducida por la NMES, no es selectivo siendo las fibras musculares reclutadas sin secuencia evidente^{197, 252, 340, 341}. Así, el patrón de reclutamiento parece depender de la ubicación, superficie, tipo de electrodos y músculo estimulado. Este patrón puede ayudar a explicar parcialmente el cansancio local asociado a la NMES^{197, 252}.

En su estudio, Delitto et al.³⁴¹ concluyeron que la activación preferencial de las fibras musculares tipo II no ocurre una vez que, en caso afirmativo, se debería observar una hipertrofia selectiva de estas fibras musculares¹⁹⁷. Por su lado, Slade et al.³⁴² estudiaron este tópico según un abordaje de la fatiga, utilizando diferentes intensidades de NMES en pacientes. Si se cree que la NMES provoca una activación preferencial de las fibras tipo II, se esperaría una reducción de la fatiga con el aumento de la intensidad de la NMES, una vez que las fibras tipo I, que son más resistentes a la fatiga, entrarían en contracción a una intensidad más elevada. Sin embargo, los autores no han encontrado ningún cambio en el nivel de la fatiga con el aumento de la intensidad¹⁹⁷. Con base en un raciocinio similar, Binder-Macleod et al.³⁴³ estudiaron la velocidad a que ocurre la contracción muscular, utilizando intensidades de 20, 50 o 80% de la CVM. En caso de activación preferencial, se esperarían tiempos de contracción más rápidos a los 20% en comparación con los 80% pero no fue el caso¹⁹⁷. También Adams et al.³⁴⁴, según la utilización de RM, observaron que mismo cuando la NMES provoca bajos niveles de fuerza del cuádriceps, pueden ser reclutadas fibras musculares ubicadas bien cerca del fémur, cuando siempre se pensó que la NMES activaba los nervios más superficiales. Sin embargo, es importante referir que los nervios motores superficiales pueden inervar fibras extendidas por todo el músculo¹⁹⁷.

Concluimos que el paradigma de las contracciones inducidas por la NMES resultaren en un patrón inverso al propuesto por Henneman et al.³³⁵ se ha sugerido desde hace muchos años. Sin embargo, la literatura científica corrobora un modelo no selectivo, en que el reclutamiento de las fibras musculares según la aplicación de la NMES es sincrónico¹⁹⁷.

2.3.5. Aparatos y electrodos

En los últimos años, se observó en el mercado una proliferación de aparatos de corrientes de electroterapia según los cuales se han hecho afirmaciones muy positivas sobre sus efectos²⁹⁴ siendo cada vez más utilizados

por personas sin cualquier tipo de lesión en particular³¹. Una vez que hay cada vez más aparatos vendidos directamente a personas comunes, es importante que los profesionales de la salud estén informados sobre su eficiencia y utilidad³¹.

Para el entrenamiento muscular, deben ser distinguidos dos tipos generales de dispositivos de corrientes de estimulación eléctrica: estimulador de clínica o de enchufe, por la necesidad de enchufar a una toma de corriente eléctrica; y estimulador portátil, que son aparatos de menores dimensiones y que funcionan con baterías³⁴⁵. Es importante conocer las diferencias que cada aparato tiene, para poderse hacer una comparación de su eficacia ya que tiene implicaciones para el uso por los fisioterapeutas²⁹⁶. En general, los dos tipos ofrecen muchas formas diferentes de corrientes, todas ellas capaces de producir contracciones a niveles terapéuticos^{280, 296, 299} pero los aparatos pueden proporcionar distintas opciones de estímulo dependiendo de los fabricantes²⁹⁶.

Es importante referir que no solo hay diferencias entre los aparatos sino también entre los electrodos^{273, 346}. Estos, son susceptibles de influenciar la eficacia de la corriente aplicada³⁴⁶. En el mercado, hay electrodos que varían en sus propiedades conductivas y su selección afecta también la impedancia de la corriente. Sin embargo, depende de otros factores como la distancia entre los electrodos y diferencias en el grosor y la textura de la piel³⁴⁶.

Inicialmente, los electrodos eran de silicona impregnada con partículas de carbón obligando la necesidad de utilizar un agente de acoplamiento (gel) y una cinta para garantizar que los electrodos no se movían de su lugar³⁴⁶. El gel debería tener un pH que evitase quemaduras²⁷³. Actualmente, la investigación desarrolló un nuevo tipo de material (polímeros) que, además de permitir un mejor medio de conducción, ya vienen envasados con materiales adhesivos e hipoalergénicos siendo menos complicados y más fáciles de utilizar. Sin embargo, hay una amplia variedad de electrodos, desde materiales reutilizables de caucho de carbono hasta electrodos adhesivos de distintos tamaños³⁴⁶ pasando por electrodos de plata pero que no deben ser usados una vez que se han vinculado al cáncer de la piel²⁷³. Claramente que los nuevos y más modernos electrodos ofrecen características que pueden afectar significativamente la efectividad del tratamiento³⁴⁶.

Con respecto a la maximización de la contracción muscular y minimización del dolor provocado, estudios recientes observaron que el parámetro más importante es justo la colocación del electrodo. Esta, debe ser preferencialmente sobre el punto motor^{347, 373}, es decir, sobre el punto de entrada de las ramas nerviosas en el músculo. En él, hay la mayor densidad de canales de sodio haciendo con que la impedancia sea más baja, facilitando la estimulación. Así, un electrodo más cercano del punto motor hace con que sea necesario menos corriente para la estimulación²⁷³. Destacamos también que hay dos técnicas de estimulación principales que dependen de las dimensiones de los electrodos utilizados: la monopolar y la bipolar. En la primera se utilizan dos electrodos de distintas dimensiones (áreas): un pequeño, o activo, aplicado sobre el punto motor o rama nerviosa, y un grande, o dispersivo, colocado en el músculo antagonista. En la estimulación bipolar, los dos electrodos son de iguales dimensiones³⁴⁷. Otro punto también importante es la distancia de separación de los electrodos. A título

de ejemplo, distancias inferiores a 10 cm permiten que la corriente sea significativamente más intensa en la línea central y actúe a un nivel más profundo³¹⁴.

Por fin, de la misma manera merece ser abordado el tema del tamaño y forma del electrodo. Se ha aclarado que cuanto mayor es el área del electrodo, mejor se tolera la estimulación³⁴⁸, una vez que baja la densidad de la corriente y, consecuentemente, la sensación dolorosa²⁷³. Sin embargo, la consecuencia de utilizar electrodos grandes es que también más fibras musculares son excitadas haciendo con que sea menos específica la contracción muscular y esto es importante si pretendemos evitar contracciones de los músculos vecinos. En este caso, debemos utilizar electrodos de menor tamaño para dar mayor especificidad²⁷³. No obstante, la forma del electrodo (cuadrada, redonda u oval) no presenta ningún efecto sobre la capacidad de estimular la contracción muscular o minimizar el dolor consecuente^{273, 310, 314}. Asimismo, la forma de los electrodos es solamente una estrategia de *marketing* de muchas empresas pero sin ninguna ventaja clínica²⁷³.

2.3.6. Características de la corriente

En el campo de la rehabilitación, la determinación de las características de la NMES es importante porque permite seleccionar los parámetros que evocan una contracción muscular fuerte³⁴⁹ y con mínimas molestias³¹⁰ y fatiga^{25, 322, 343, 349}. Sin embargo, aún no se han establecido las características óptimas a utilizar, es decir, cual la intensidad, onda, frecuencia, anchura y duración del estímulo pero, lo que sí se conoce, es que la eficacia de la estimulación está relacionada con la tolerancia a la corriente, una vez que cuanto mayor es la intensidad, mayor es también el aumento observado en la fuerza muscular^{281, 332}.

2.3.6.1. Tipo de onda

Cuando se pretende evaluar cual la mejor forma de onda a utilizar con la NMES, tanto para la práctica clínica como para la investigación, se debe llevar en consideración tres criterios: primero, la estimulación media necesaria para provocar la contracción muscular deseada; segundo, la comodidad subjetiva que la estimulación provoca; y tercero, las consecuencias fisiológicas objetivas (lesión de tejidos)³¹⁰.

En 2008, Petrofsky et al.³¹⁴ afirmaron que son pocas las investigaciones científicas que evalúan el tipo de onda óptima a utilizar en la NMES a pesar de considerarse importante para la capacidad de reclutar fibras musculares^{310, 314} así como en la producción del torque muscular y fatiga²⁹⁶. No obstante, dos ondas bastante comunes en la literatura científica son la sinusoidal (bifásica simétrica)^{282, 294, 333} y la farádica³¹⁶. Ambas, han sido exitosas en el incremento del torque de la musculatura sana y en la recuperación de la función muscular³²⁰. En general, las evidencias parecen favorecer la onda bifásica simétrica sinusoidal para aumentar la fuerza muscular^{310, 314, 350, 351}.

En su estudio de 2002, Bennie et al.³¹⁰ investigaron diferentes tipos de corrientes y concluyeron que la interferencial, mismo a plena potencia, no ha

logrado una contracción muscular a una intensidad de un 10% de la CVM, contrariamente a la sinusoidal. Otra evidencia observada es que la corriente rusa produjo un aumento significativamente mayor en la resistencia galvánica de la piel que las ondas sinusoidal o cuadrada. Según los datos, la onda sinusoidal es la mejor en la producción de la tensión muscular deseada, con una menor intensidad media de estimulación y, consecuentemente, riesgo reducido de lesión de los tejidos³¹⁰. Ya en el estudio de Delitto & Rose²⁴⁵, fue evaluada la comodidad subjetiva de tres tipos de onda y, aunque ninguna se haya evidenciado, de forma constante, como la más cómoda, se observó que, al cambiar la forma de onda, cambiamos también el conforto percibido de manera significativa. Así, se debe buscar, de forma individual, la forma de onda más cómoda ya que nos permite alcanzar una contracción más intensa²⁴⁵.

2.3.6.2. Frecuencia

Para lograr una contracción muscular intensa pero con mínima molestia, los investigadores tienen que elegir una frecuencia de estimulación específica de la NMES a utilizar^{316, 334, 352}. Su selección es particularmente importante en la toma de decisiones sobre el tratamiento porque solo se puede utilizar una frecuencia de estimulación por cada par de electrodos³³⁴. La frecuencia de la NMES se mide en hercios (Hz)³⁵³.

Cuando utilizamos la estimulación eléctrica para producir contracciones musculares, la frecuencia de estimulación fornecida a las UM activadas es siempre la misma, provocando contracciones sincrónicas. Se conoce que un importante contribuyente de la tensión muscular es la frecuencia de disparo de las UM que es controlada de forma indirecta por la frecuencia de la NMES^{334, 338}.

De hecho, los cambios en la frecuencia parecen tener un efecto sobre la producción del torque³¹⁰ ya que frecuencias altas se asocian a una mayor fuerza pero también mayor fatiga^{277, 322}. En cuanto a frecuencias más bajas, se puede reducir la tasa de fatiga pero se producen desarrollos de fuerza muscular menores^{343, 349}.

En las comparaciones entre estudios, un problema bastante común es la variedad de parámetros de la NMES y técnicas de aplicación utilizadas. Por ejemplo, según Kramer³³⁴, para la estimulación eléctrica del cuádriceps femoral, la literatura describe frecuencias que van desde 25 hasta 100 Hz. Sin embargo, hay investigadores que refieren que la frecuencia óptima puede variar entre 50 a 2000 Hz, aunque ninguna se haya evidenciado como más eficaz²⁸¹. No obstante, parece haber algún consenso de que una frecuencia de 50 Hz es hábil de crear un equilibrio entre el conforto y el incremento de la producción de fuerza muscular³³⁴ en estudios que utilizan una forma de onda cuadrada^{300, 310} o que simplemente son hechos sobre el cuádriceps^{334, 354}.

La gama de frecuencias normales de descarga de las UM, alrededor del 20 a 50 Hz, generada durante la actividad voluntaria se puede considerar como la frecuencia óptima. Por lo tanto, para obtener una contracción máxima, es necesario utilizar frecuencias superiores a lo normal, o sea, entre 50 y 80 Hz³²². Sin embargo, frecuencias superiores a 70 Hz son susceptibles de causar fallas neuromusculares acelerando el desarrollo de fatiga^{23, 273}. Asimismo, los

investigadores suelen concordar en que el aumento de la frecuencia por encima del tétanos no altera la producción de fuerza muscular³³⁴.

Otro aspecto importante lo ha revelado Petrofsky et al.³¹⁴ quién, en su estudio de 2008, concluyeron que la frecuencia no tiene relación con la profundidad de la penetración independientemente de la distancia de separación entre los electrodos, es decir, la corriente que llega al músculo no altera con el cambio de frecuencia.

En conclusión, típicamente se aplican estímulos pulsados con frecuencias hábiles de producir contracciones tetánicas (30 a 50 Hz), como forma de maximizar la tensión muscular e imitar el entrenamiento de PM voluntaria^{25, 315, 319}.

2.3.6.3. Ciclo de trabajo

El término conocido como "ciclo de trabajo" se refiere a la proporción entre el tiempo de estímulo y el tiempo de reposo y se mide en segundos (s)³⁵³. Algunos investigadores sugieren que, para evitar la fatiga, el ciclo de trabajo debe ser, por lo menos, de 1:5^{281, 352} sin embargo, otros han tenido éxito en la PM con ciclos de trabajo de 1:1^{281, 316}. Como forma de encontrar un consenso, se aconseja a empezar con un ciclo de 1:4 o 1:5 como forma de evitar la fatiga excesiva siendo que, posteriormente, se deba reducir para 1:1²⁵.

2.3.6.4. Anchura de pulso

Se mide en microsegundos (μs)³⁵³ y es importante utilizarse anchuras superiores a la cifra de cronaxia del músculo a ser estimulado por la NMES, para que se pueda aumentar la fuerza muscular. Anchos de pulso de corta duración no parecen aportar beneficios siendo necesario investigar este tema mejor para definir si una anchura de 200 μs es la mejor para maximizar el efecto de reclutamiento de las UM de los músculos o si debe ser superior a esta cifra²⁹⁵. Quizá por eso, en estudios hechos por Rich³⁰⁷ y Herrero & García-López²⁷⁴, no se han obtenido beneficios en la fuerza muscular de los flexores/extensores del codo con anchos de pulso de 100 μs cuando se conoce que sus cronaxias son alrededor de 100-150 y 200-250 μs , para los flexores y extensores, respectivamente²⁷⁴.

Gracinin & Trnkoczy³⁵⁵ y Milner et al.³⁵⁶ refieren que los anchos de pulso entre 250 y 300 μs provocan el mínimo dolor³⁵¹ siendo percibidos como más cómodos que los de 50 μs de duración^{273, 280}. Además, anchuras de 50 μs producen fuerzas un poco bajas (20%) cuando comparado con anchuras de 400 o 600 μs ²⁹⁵; ya pulsos de 200 μs producen entre 50 a 60% del torque producido por anchuras de pulso más largas²⁹⁵. Sin embargo, en la NMES, los mayores incrementos de fuerza muscular se logran con anchuras de 300 a 400 μs ²⁷⁴. Curiosamente, hay estudios que muestran que las cifras de cronaxia muscular aumentan proporcionalmente con la intensidad del esfuerzo²⁷⁴.

Según Petrofsky et al.³¹⁴, el cambio de la anchura de pulso entre el rango de 100 a 500 μs , independientemente de la forma de onda o mismo de la frecuencia utilizadas, tiene poco efecto sobre la profundidad de penetración de la

NMES. Sin embargo, el ancho de pulso es susceptible de transferir más energía a los nervios motores permitiendo una contracción muscular más fuerte.

2.3.6.5. Intensidad

Independientemente de la forma de onda, frecuencia o mismo tipo de corriente es evidente la relación existente entre la intensidad de las contracciones musculares provocadas por la NMES y los incrementos de la fuerza muscular^{245, 282, 296, 297, 322, 332}. De hecho, una intensidad más elevada provocará una mayor fuerza ejercida por el músculo pero existe un umbral a partir de lo cual no se producen más aumentos²⁷⁴. La intensidad se mide en miliamperios (mA)³⁵³. En general, cuanto más elevada es la intensidad, mayor es la contracción muscular resultante por causa del reclutamiento de más UM^{282, 310}.

Existen dos factores que pueden limitar la magnitud de las ganancias de la fuerza según contracciones musculares inducidas por la NMES: primero, la percepción de las molestias; y segundo, la fatiga muscular³²². De hecho, la excitación de los nociceptores contribuye para la limitación de la fuerza muscular producida pero su grado depende del nivel de tolerancia que los pacientes aguantan²⁹⁵. Así, es según un raciocinio de base empírica que los fisioterapeutas determinan el nivel individual de intensidad adecuada para cada paciente. Sin embargo, se conoce que los hombres suelen ser más “eléctricamente excitables” que las mujeres, porque presentan un porcentaje de masa muscular superior a la masa adiposa³²⁹. En lo que respecta a umbrales sensorio-motores, estos son más bajos en mujeres por lo que estas son capaces de percibir la corriente (sensorial) y producir una contracción (motora) con intensidades inferiores a de los hombres³²⁹.

En la gran parte de las investigaciones científicas, según ECA, se observa que se suele administrar intensidades dependiendo de la tolerancia del paciente. Así, la intensidad utilizada se refiere al nivel máximo tolerable por el individuo³⁰⁹, siendo necesario tolerar estímulos eléctricos susceptibles de provocar contracciones musculares elevadas como forma de mejorar las cifras del torque muscular^{308, 320, 333, 334}. No obstante, es importante referir que otros investigadores prefieren preseleccionar intensidades de estimulación dependiendo del nivel específico de torque que pretenden obtener con la contracción muscular³²⁰.

Todavía los investigadores no han encontrado una cifra que permita determinar la dosis mínima de corriente que es suficiente para provocar el aumento de la fuerza de contracción necesaria para potenciar exitosamente los músculos. No obstante, existen estudios que han demostrado que la NMES es hábil de aumentar la fuerza muscular con entrenamientos que utilizan porcentajes que van del 33 al 91% de la CVM^{282, 296, 320, 332, 333}. Algunos ejemplos que son pertinentes en este tema son los de Currier & Mann³³³ que mediante una intensidad del 67% lograron aumentos de un 14% del cuádriceps después de tres sesiones semanales de NMES durante un periodo de 5 semanas mientras Kubiak et al.³⁵⁰, en condiciones semejantes pero con entrenamientos a un 45% de la CVM, observaron incrementos de un 33% en la fuerza isométrica del cuádriceps. Por su lado, Selkowitz²⁸² utilizó una intensidad superior (91%) que resultó en un aumento de 44% del cuádriceps también con tres sesiones semanales pero a lo

largo de 4 semanas³⁵¹. Lai et al.³⁵⁷ concluyeron que siempre que la intensidad de la NMES es superior a un 50% de la CVM se producen ganancias de fuerza muscular. Así, la intensidad de la NMES es un parámetro que influye significativamente la magnitud del aumento de la fuerza muscular³⁵¹.

2.3.6.5.1. Grasa y profundidad

La masa muscular es el tejido que la NMES pretende estimular pero, entre la piel y el músculo, existe una capa de grasa que funciona como un aislante eléctrico^{314, 329, 358} y suele ser mayor en mujeres que en hombres^{283, 329}. Consecuentemente, esta capa representa uno de los mayores problemas de la estimulación eléctrica³¹⁴, una vez que es altamente resistente a la conducción eléctrica, contrariamente a la piel y al músculo que tienen baja resistencia³¹⁴. Obviamente que, un mayor espesor de la capa de grasa obliga a una intensidad mayor para estimular el músculo a contraer²⁸³ y, si esta corriente es demasiado intensa, las neuronas sensoriales de tipo 3 y 4 de la piel desarrollan potenciales de acción que causan molestias o mismo dolor^{314, 332}.

En el estudio de Maffiuletti et al.³²⁹, las mujeres presentaban en el muslo un espesor de la capa de grasa hasta tres veces superior a la de los hombres. Sin embargo, se verificó que presentaban umbrales sensoriales significativamente más bajos confirmando su mayor sensibilidad a estímulos eléctricos.

En conclusión, es importante referir que aún hay pocos estudios que investigan la correlación existente entre el espesor del tejido subcutáneo y la efectividad de la NMES.

2.3.6.5.2. Dolor

Las molestias asociadas a la NMES suelen ser consecuencia de la estimulación directa sobre los nervios aferentes pero, existen otros factores, como la propia contracción muscular, que pueden contribuir para la sensación molesta/dolorosa³³².

En los primeros estudios que abordaron este tema, las molestias inducidas por la NMES eran valoradas según escalas subjetivas (escala visual analógica – EVA²⁴⁵, por ejemplo) lo que suponía tres grandes limitaciones: primera, asumirse que la tolerancia a la NMES era exclusivamente dependiente de las características de la corriente o del electrodo; segundo, no se ha tenido en cuenta las diferencias individuales como responsables por el nivel de tolerancia a la NMES²⁴⁵; y tercero, el dolor ha sido valorado como una experiencia unidimensional³³².

Una forma más correcta de valorar las molestias inducidas por la NMES asume que estilos de comportamiento individuales pueden afectar la caracterización del malestar. Consecuentemente, las intervenciones adaptadas al estilo utilizado para hacer frente al dolor pueden aumentar el nivel de tolerancia a la NMES y permitir un tratamiento más exitoso³³².

En varias investigaciones científicas y aplicaciones clínicas, los intentos de aumentar la intensidad de la NMES son limitados por quejas subjetivas de molestias o dolor^{283, 295, 310} representando un problema común durante la estimulación²⁷³ y siendo clínicamente difícil de predecir³³².

Ya en 1985 Selkowitz²⁸² refería que el aumento de la intensidad de la NMES produce una contracción muscular más fuerte una vez que se reclutan más UM pero con aumento exponencial del dolor. Por otro lado, el aumento de la frecuencia de estimulación disminuye el dolor pero también reduce el desarrollo fuerza muscular^{300, 314}. Según Kots, la NMES debe producir un estímulo con un dolor bajo y, simultáneamente, provocar contracciones musculares tetánicas intensas²⁸⁰ no excediendo, en general, el 80% del máximo de fuerza muscular voluntaria^{295, 345}. En caso de superar los 90%, se pueden obtener niveles de dolor cercanos al intolerable³³².

La corriente susceptible de producir una contracción muscular fuerte y con mínimas molestias es la corriente más eficiente para el paciente³³². Obviamente que esta corriente utópica ha sido investigada por numerosos autores con el objetivo de determinar la combinación de características eléctricas óptimas^{280, 283, 310, 332, 348}. Sin embargo, estos estudios no han sido exitosos^{283, 332} y la estimulación eléctrica sigue siendo una modalidad con potencial para ser dolorosa²⁸³.

En cuanto a las características de la corriente, varios estudios han intentado identificar las características (tipo de onda, frecuencia, anchura de pulso, etcétera), o combinación de características, susceptibles de provocar el menor malestar subjetivo²⁸⁰. Curiosamente, en el estudio de Delitto & Rose²⁴⁵, no hubo una respuesta simple en cuanto al mejor tipo de onda a utilizar (sinusoidal, triangular o cuadrada) una vez que las personas de la muestra no concordaban entre sí. Sin embargo, para aplicar en el cuádriceps, la onda bifásica simétrica cuadrada ha sido elegida al paso que, para la musculatura del antebrazo, la onda bifásica asimétrica cuadrada fue preferida cuando comparada con tres ondas de media frecuencia³¹⁰. También Vodovnik et al.³⁵⁹ encontraron menos dolor con una onda sinusoidal mientras Crochetiere et al.³⁶⁰ reportaron como más cómoda la onda cuadrada²⁸⁰.

Es necesario tener presente que el cambio de factores relacionados con las características de la corriente, como la amplitud o tipo de onda aplicada (por ejemplo), pueden no ser suficientes. Es decir, cambiar las características actuales para mejorar el confort puede no afectar las molestias asociadas con las fuerzas musculares contráctiles. Este reconocimiento permite la intervención según distintas estrategias para ayudar a tolerar la NMES como, por ejemplo, proporcionar información relativa a la sensación provocada por la estimulación eléctrica³³².

Hay estudios de investigadores que se centraron en la interfaz entre el electrodo y la piel del paciente y no a las características de la corriente^{245, 332, 334, 346}. Se ha investigado una gran variedad de factores como: la forma y tamaño del electrodo, su posicionamiento, el contenido de humedad de la piel y el perfil psicológico del paciente³³⁴. Otros, reportaron reacciones adversas de la piel, consecuentes de la corriente o de los electrodos, que incluyen respuestas inflamatorias leves y pequeñas quemaduras en las zonas de alta densidad de la corriente³⁴⁶.

En conclusión, en casi todas las investigaciones científicas que estudian la NMES, hay un objetivo terapéutico y un costo, y hay cuestiones éticas que hay que respetar. Así, es necesario pensar en cómo fortalecer el músculo (objetivo

terapéutico) con un mínimo de dolor (costo) teniendo en mente que intensidades reducidas pueden no ser terapéuticamente eficaces³³².

2.3.7. Técnica superpuesta

La combinación entre la NMES y la contracción voluntaria se denomina, de entre varias otras formas, de técnica superpuesta²⁶. La superposición de la NMES con la contracción voluntaria, puede activar, en teoría, más UM que la contracción voluntaria de forma aislada. Se pueden distinguir dos técnicas superpuestas distintas: primero, la técnica de interpolación de contracción, que consiste en intercalar un estímulo eléctrico en el nervio muscular; y segundo, la técnica de estimulación eléctrica percutánea, donde se aplica la estimulación en el vientre muscular pero sobre la piel. Estas técnicas se utilizan para evaluar la capacidad de activar completamente un músculo. En general, y exceptuando las contracciones excéntricas, independientemente de la técnica empleada, no es posible reclutar más UM que en las contracciones voluntarias³³⁹.

Esta técnica ha enseñado, en poblaciones que sufren de déficits musculares, una mejoría de la cinemática, coordinación y resistencia. Curiosamente, todavía no se tiene la certeza de cómo funciona el patrón de activación de las fibras musculares, esto porque el mecanismo de activación no puede ser considerado como una simple suma de sus componentes debido a las interacciones entre ellos³⁰.

En casos deportivos o patológicos, la técnica superpuesta parece ser más eficaz, en el incremento de la fuerza muscular, que la NMES aplicada aisladamente^{26, 252, 337, 361}. Es posible que esta eficiencia se deba al hecho de que la técnica superpuesta puede facilitar el efecto acumulativo de las dos técnicas individuales, además de proporcionar una mejor ejecución de movimientos dinámicos complejos que la contracción voluntaria. Sin embargo, la NMES no puede mejorar la coordinación entre los músculos agonistas y antagonistas, es decir, no facilita el aprendizaje de la coordinación específica de movimientos complejos. Por lo tanto, la técnica superpuesta es eficaz en acelerar la recuperación de la contractilidad muscular³⁶¹.

En la literatura científica, la técnica superpuesta sólo logró mayores cifras de fuerza muscular, comparándose con condiciones de contracción voluntaria, cuando se utilizaron frecuencias muy elevadas^{274, 362}. Asimismo, cuando se aumenta la frecuencia de la estimulación, la fuerza producida es mayor³⁶³ aunque sin ser de forma lineal²⁷⁴. Sin embargo, destacamos que algunas investigaciones no obtuvieron diferencias significativas entre la técnica superpuesta, la NMES y las contracciones voluntarias^{252, 334, 339}.

No existen datos significativos que evidencien los beneficios de la técnica superpuesta en los programas de potenciación hechos en personas sanas, cuando comparado con programas de NMES o de ejercicios voluntarios aislados. Sin embargo, y en un contexto puramente terapéutico, los programas según la técnica superpuesta parecen compensar el déficit de volumen y fuerza muscular de forma más eficaz que los programas que utilizan sus componentes por separado³³⁹.

Es extremadamente difícil determinar con precisión la relación existente entre la contracción voluntaria y la eléctricamente inducida, una vez que en la literatura disponible es utilizada una gran variedad de aparatos, tipos de corrientes, técnicas de aplicación y muestras. Encima, en situaciones clínicas, es aún más complicado, ya que factores tales como el dolor y condiciones patológicas influyen en el resultado final ³³⁴.

2.3.8. Inmovilización, desuso y desentrenamiento

En la literatura se han reportado pérdidas significativas de fuerza muscular en períodos de inmovilización y/o desuso inferiores a 4 semanas ³⁶⁴⁻³⁶⁹. Se cree que el mecanismo subyacente a estas pérdidas es la atrofia muscular ³²³ pero, paradójicamente, esto no quiere decir que provoquen atrofas musculares relevantes ^{365, 368, 369}. Consecuentemente, se observa que el sistema nervioso es afectado en las primeras semanas de inmovilización ³⁶⁵, traduciéndose en una reducción de la activación muscular ^{365, 366}. Sin embargo, resulta complicado predecir la magnitud de la reducción de la fuerza muscular después de 1 a 4 semanas, por la variabilidad existente entre grupos musculares y características del desuso. No obstante, parece lógico que períodos de inmovilización o descarga de 3 a 4 semanas ³⁷⁰ resulten en pérdida de fuerza superiores a períodos de 1 a 2 semanas ^{366, 369}, pero eso no es necesariamente verdad ³⁶⁹.

En condiciones clínicas controladas, la NMES es hábil en retardar los cambios bioquímicos e histológicos desarrollados con la atrofia por desuso del cuádriceps, después de cirugías reconstructivas de la rodilla ²⁹⁴. En períodos de inmovilización, hay evidencias de que la NMES es más eficaz que entrenamientos voluntarios para reducir al mínimo la pérdida de fuerza, sobre todo cuando los pacientes usan yeso ³¹. Destacamos que hay evidencias de que la inmovilización con yeso u ortesis ³⁶⁶⁻³⁷⁰ resultan en pérdidas más pronunciadas cuando comparadas con suspensiones o cabestrillos ^{364, 365, 369}. Sin embargo, la evidencia indica que en los demás casos los ejercicios voluntarios son más eficaces ³¹.

Las adaptaciones orgánicas consecuentes a un entrenamiento no se manifiestan de inmediato sino que requieren un tiempo determinado dependiendo de las características del individuo pero también del protocolo utilizado, así como el periodo de tiempo en que perduran los beneficios adquiridos. Consecuentemente, para conocer de verdad el tipo de adaptaciones resultantes de la aplicación de la NMES es importante valorar las variables al terminar las sesiones pero también después de pasado un determinado periodo de tiempo ²⁷⁴.

Son muy pocos los estudios ^{26, 315, 323, 371, 372} que han investigado los efectos de la cesación de las sesiones de NMES, comúnmente conocido en la literatura científica como *detraining* (desentrenamiento), en la función neuromuscular y, sin embargo, sus conclusiones son contradictorias. Además, ninguno de estos estudios investigó los cambios responsables por el mantenimiento o disminución de la fuerza muscular ³²³. Asimismo, aún no se ha aclarado suficientemente si los beneficios provocados por la NMES se conservan después de la interrupción del programa, o sea, después del desentrenamiento ²⁴. Además, es importante referir que los efectos de la falta de entrenamiento pueden variar entre grupos musculares ²⁴.

Después de un corto período (4 semanas) de desentrenamiento, se puede plantear la hipótesis de que las pérdidas neuronales pueden ocurrir antes de los cambios musculares^{24, 323}. De hecho, hay un estudio, en los extensores de la rodilla, que informa que tanto la fuerza muscular voluntaria como la EMG han disminuido después de 4 semanas de desentrenamiento de un programa de 8 semanas de NMES³²³. Ya Marqueste et al.³⁷¹ observaron que las ganancias de la fuerza muscular se mantuvieron similares después de 6 semanas de desentrenamiento de un programa de NMES también de 6 semanas de duración. También Maffiuletti et al.³⁷⁵ observaron un mantenimiento de las ganancias de la CVM después de un desentrenamiento de 2 semanas, posteriores a 4 semanas de NMES asociada a ejercicios pliométricos. Hay evidencias de que el aumento de la fuerza y de la activación muscular así como de la EMG, después de programas de NMES, se mantienen después de 5 semanas de desentrenamiento lo que indica que las adaptaciones neurales inducidas por la NMES son, normalmente, duraderas²⁴. Narici et al.²³⁹ observaron una reducción del AST del cuádriceps (-4%) después de 40 días de desentrenamiento posteriores a 60 días de ejercicios de PM. También Kadi et al.³⁷⁴ encontraron una disminución significativa del tamaño de las fibras musculares después de 30 días de desentrenamiento³²³. Asimismo, la reducción de los impulsos nerviosos que ocurre en el período de desentrenamiento después de la NMES puede ser resultado de la disminución del reclutamiento de las UM y/o de la tasa de disparo al nivel del SNC³²³.

En conclusión, resulta necesario determinar si la preservación de la fuerza y masa muscular se mantiene en períodos de desentrenamiento superiores a 4 semanas posteriores a programas de NMES, siendo un tema crítico para los mayores que intentan contrarrestar los efectos nocivos, por ejemplo, de la inmovilización³²³.

2.3.9. Estudios científicos sobre la NMES en mayores

2.3.9.1. A favor de la NMES

En su estudio, Paillard et al.²⁸⁵ tenían como objetivo el análisis de los efectos fisiológicos que ocurren cuando aplicado un programa de NMES y de contracciones musculares voluntarias, utilizados en conjunto y aisladamente, en una muestra de mujeres postmenopáusicas. Así, investigaron en 32 mujeres mayores (62-75 años) sin historial clínico de patologías de miembros inferiores, el impacto de la aplicación de tres programas distintos en la fuerza muscular isocinética: 1) subir/bajar 300 escalones (SB), 2) NMES y 3) SB+NMES. Las características de la corriente elegida son: onda de tipo rectangular bifásica simétrica, con frecuencia de 20 Hz, 350 μ s de anchura, aplicada por un periodo de 15 minutos, 4 veces a la semana a lo largo de 6 semanas, según una intensidad máxima tolerada con los electrodos en los puntos motores del cuádriceps. La fuerza muscular ha sido evaluado de forma estática (100°) y dinámica (60°/s). En el nivel estático, los resultados obtenidos revelan que ha sido el grupo SB el que aumentó más su fuerza muscular, tanto para el miembro derecho (+18%) como izquierdo (+34%). El NMES ha tenido aumentos muy reducidos (+1-8%) mientras los del SB+NMES han sido un poco más sustanciales (+12-14%). Por su lado, en el nivel dinámico, los resultados muestran que el grupo NMES ha tenido un

incremento de un 17% en la fuerza isocinética de extensión de la rodilla derecha siendo superior al incremento del SB pero inferior al del SB+NMES (+25%). Curiosamente, para el miembro izquierdo, el grupo NMES ha tenido un incremento de un 19% siendo superior al grupo SB+NMES que solo llegó a un 11%. Los autores concluyeron que las adaptaciones fisiológicas inducidas por la actuación conjunta de la NMES con las contracciones musculares voluntarias pueden ser distintas de las provocadas por cada programa aplicado de forma individual.

En otro artículo de características similares a las del anterior, Paillard et al.²⁸⁹ compararon los 3 programas entre sí para examinar cual el más adecuado en el incremento de la masa y fuerza muscular. Al final, observaron que ninguno de ellos fue hábil en cambiar la masa muscular. Sin embargo, todos han logrado aumentar el torque isométrico e isocinético de extensión de la rodilla de las mayores. Concluyeron que, a pesar del incremento de la fuerza muscular, el periodo de entrenamiento fue reducido para cambiar la masa muscular.

Ya en la investigación de Talbot et al.²⁸⁶ averiguase si un programa domiciliario de NMES (tres veces/semana) es susceptible de aumentar la fuerza isométrica de extensión (120°) de las rodillas. Recorrieron a una muestra de 34 mayores de 60 años con gonartrosis bilateral, confirmada radiográficamente, y los dividieron en dos grupos: 1) Educativo (EDU), 2) NMES+EDU. El estudio se desarrolló a lo largo de 12 semanas durante las cuales los mayores tuvieron charlas sobre cuidados a tener con la artrosis además de, el grupo NMES+EDU, hacer sesiones de electroterapia con una intensidad de 30 a 40% (1RM), según la utilización de un aparato portátil. Los resultados evidenciaron una interacción tiempo vs grupo significativa, donde el grupo NMES+EDU aumentó más de un 9% mientras el EDU bajó un 7%. Sin embargo, la severidad del dolor no ha sufrido cambios en los dos grupos a lo largo del estudio. Los autores concluyeron que la aplicación de NMES en el domicilio es una terapia promisoriosa en la PM sin exacerbar el dolor provocado por la gonartrosis.

El estudio de Suetta et al.²⁸⁷ se hizo en una muestra de 36 mayores (60-86 años) con inactividad prolongada del miembro inferior y posteriormente sujetos a una cirugía de sustitución de cadera. Así, los asignaron aleatoriamente a uno de tres grupos: rehabilitación (R)+PM (3 veces/semana), R+NMES (1 hora/día) y R (1 hora/día). La NMES se aplicó a través de un aparato portátil (corriente bifásica, 40 Hz, 250 µs, ciclo de trabajo de 1:2 donde 1=10 s, intensidad máxima tolerada con los electrodos colocados 5 cm abajo del ligamento inguinal y 5 cm arriba de la rótula). El ensayo tuvo la duración de 12 semanas (post-quirúrgicas) y, al final, se observó que el grupo R+PM fue el único que logró incrementos significativos de la CVM del cuádriceps (+24%). No obstante, el R+NMES tuvo un incremento de un 6% mientras el R sufrió una disminución de un 1,5%. No fueron observados cambios en el miembro no operado.

El ensayo clínico de Durmuş et al.²³⁰ también incidió en la actuación de la NMES en el fortalecimiento muscular de las rodillas de mujeres con gonartrosis bilateral. Asimismo, su programa de NMES se basaba en una corriente rectangular bifásica asimétrica, a una frecuencia de 50 Hz, 200 µs de anchura, aplicada por 20 minutos, con un ciclo de trabajo de 1:1 (1=10 s), 5 días/semana a

lo largo de 4 semanas, según una intensidad máxima tolerada con los electrodos en los puntos motores del cuádriceps. Participaron en el estudio un total de 50 mujeres (42-74 años): 25 en el grupo NMES y 25 en el grupo de los ejercicios isométricos con *biofeedback*. La fuerza muscular ha sido evaluada según 1RM y el dolor según la escala *Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index* (WOMAC). Al final de las 4 semanas, los resultados evidenciaron que, aunque sin diferencias estadísticas entre los dos grupos, el grupo NMES aumentó su 1RM en un 35%, más 1% que el otro grupo en estudio. En cuanto al dolor, ambos los grupos han mejorado significativamente sus niveles de dolor al final pero sin diferencias entre los grupos. Los autores recomiendan la utilización de la NMES en la PM de personas con dificultad o contraindicaciones para la práctica del ejercicio físico.

Maggioni et al.¹⁶⁰ han averiguado sí, en mujeres mayores hospitalizadas, un programa de rehabilitación de miembros inferiores mejoraba la fuerza máxima de extensión de las rodillas. Con ese objetivo, dividieron una muestra de 40 mujeres con más de 75 años en 4 programas: kinesioterapia (KT), NMES, KT+NMES y CTL. El estudio se hizo en 6 semanas, con 3 sesiones a la semana. El programa de KT tenía como objetivo mejorar el trofismo/fuerza de los miembros inferiores sobre todo extensores de la rodilla. La corriente elegida de electroterapia utilizaba una onda cuadrada bifásica simétrica, con frecuencias variables (35 Hz las primeras 6 sesiones, 75 Hz las 6 sesiones siguientes y 85 Hz las últimas 6 sesiones), con una intensidad máxima tolerada y electrodos en los puntos motores del cuádriceps. Los resultados evidenciaron incrementos significativos de la fuerza máxima isométrica en el grupo NMES (+26%) siendo que el NMES+KT aumentó solamente un 16%. Los demás grupos sufrieron incrementos no significativos inferiores a un 8%. Los autores recomiendan la utilización de la NMES en este tipo de población.

En su estudio, Cheing & Hui-Chan²²³ investigaron si la agregación de la NMES a un programa de ejercicios físicos producía mejores resultados que cada uno aislado, en mayores con gonartrosis. Participaron 62 personas (50-75 años) divididas en 4 grupos (5días/4semanas): ejercicio físico (EF), NMES, EF+NMES y placebo. Al final el grupo EF+NMES aumentó significativamente un 26% su torque isométrico máximo de extensión de las rodillas. Sin embargo, los grupos EF y NMES sufrieron aumentos similares entre ellos pero no significativos mientras el placebo casi no cambió sus cifras de torque máximo. Finalmente, los autores pudieron concluir que, aunque EF o NMES aplicadas aisladamente sean susceptibles de aumentar la fuerza muscular, los resultados serán mejores sí las dos técnicas fueren utilizadas simultáneamente en mayores con artrosis en las rodillas.

También Caggiano et al.²⁴¹ hicieron una investigación con el objetivo de comparar los efectos entre las contracciones isométricas voluntarias y la aplicación de la NMES (25-50 Hz, 110 μ s, 1:5 donde 1=10 s) en el cuádriceps de una población mayor. Participaron 18 mayores, con promedio de 72 \pm 4 años, en 3 sesiones semanales a lo largo de 4 semanas. Como los dos protocolos llegaron a resultados similares, es decir, incrementos similares de la CVM (60°), los autores han concluido que la NMES presenta el mismo potencial que el entrenamiento tradicional en incrementar la fuerza muscular del cuádriceps de personas mayores.

2.3.9.2. Contra la NMES

Según Palmieri-Smith et al.³⁰⁸ aún no hay evidencias clínicas suficientes capaces de corroborar la eficacia de la NMES en personas mayores con artrosis. Así, los autores³⁰⁸ realizaron una investigación para averiguar si la NMES es susceptible de mejorar la fuerza muscular del cuádriceps de mujeres (promedio de 57 años) con gonartrosis. Recurrieron a una muestra de 30 personas con evidencias radiográficas ligeras/moderadas de gonartrosis y las dividieron en 2 grupos: CTL (sin tratamiento) y NMES (corriente alternada, 2500 Hz, 1:5 donde 1=10 s, 10 minutos, intensidad máxima tolerada) en 3 sesiones semanales a lo largo de 4 semanas. Los resultados no evidenciaron ningún cambio en la fuerza muscular (MVC), tanto entre los dos grupos como al final de las 4 semanas del ensayo o en el *follow-up* (12 semanas después). Los autores concluyeron que las 4 semanas del ensayo clínico no han sido suficientes para potenciar el cuádriceps de las mujeres con gonartrosis participantes en el estudio.

2.3.9.3. Incertidumbre de la NMES

Se verifica que varios autores tienen dudas sobre la eficacia de la NMES en el fortalecimiento muscular de la población mayor. Autores como Palmieri-Smith et al.³⁰⁸ refieren que se desconoce si la NMES es una técnica hábil de aportar mejoras en la *performance* de los miembros inferiores de una población no quirúrgica, como mujeres con gonartrosis. También Durmuş et al.²³⁰ y Dehail et al.²⁵² corroboran esta idea pero, los últimos, afirman que, a pesar de existieren pocas investigaciones que abordan el efecto que la NMES tiene en la sarcopenia en general, creen que la NMES puede ser una técnica útil para frenar el desarrollo de esta enfermedad. Los autores también afirman que, según su opinión, aún no se hicieron ensayos clínicos que estudien exclusivamente el efecto que la NMES aplicada aisladamente tiene en personas diagnosticadas con sarcopenia.

3. OBJETIVOS E HIPÓTESIS

3.1. OBJETIVOS

Objetivos del ensayo clínico:

1. Conocer la influencia que la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada tiene, a lo largo del ensayo clínico, en el acondicionamiento muscular del cuádriceps de las mujeres mayores físicamente activas.
2. Conocer la influencia que la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada tiene, a lo largo del ensayo clínico, en las características cardiovasculares de las mujeres mayores físicamente activas.
3. Conocer la influencia que la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada tiene, a lo largo del ensayo clínico, en el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores de las mujeres mayores físicamente activas.
4. Conocer la influencia que la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada tiene, a lo largo del ensayo clínico, en la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores de las mujeres mayores físicamente activas.
5. Conocer la influencia que la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada tiene, a lo largo del ensayo clínico, en la calidad de vida de las mujeres mayores físicamente activas.

Objetivos del seguimiento (*follow-up*):

1. Verificar si la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada influencia, 6 meses después del final del ensayo clínico, el acondicionamiento muscular del cuádriceps de las mujeres mayores físicamente activas.
2. Verificar si la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada influencia, 6 meses después del final del ensayo clínico, las características cardiovasculares de las mujeres mayores físicamente activas.
3. Verificar si la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada influencia, 6 meses después del final del ensayo clínico, el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores de las mujeres mayores físicamente activas.
4. Verificar si la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada influencia, 6 meses después del final del ensayo clínico, la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores de las mujeres mayores físicamente activas.

5. Verificar si la corriente de electroterapia de baja frecuencia utilizada influencia, 6 meses después del final del ensayo clínico, la calidad de vida de las mujeres mayores físicamente activas.

3.2. HIPÓTESIS

En la presente investigación identificamos la siguiente pregunta de partida: ¿El diseño elaborado de la corriente de electroterapia de baja frecuencia que hemos aplicado, influye en la fuerza muscular del cuádriceps, el equilibrio y flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, la condición cardiovascular y la calidad de vida de las mujeres mayores válidas no institucionalizadas y físicamente activas del municipio de Salamanca?

En función de los objetivos que especificamos planteamos las siguientes hipótesis.

Hipótesis del ensayo clínico:

H₁1: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia condiciona la fuerza muscular del cuádriceps, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀1: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no condiciona la fuerza muscular del cuádriceps, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁2: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia normaliza las características cardiovasculares, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀2: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no normaliza las características cardiovasculares, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁3: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia influye el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀3: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no influye el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁4: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia influye la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀4: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no influye la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁5: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia influye la calidad de vida, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀5: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no influencia la calidad de vida, a lo largo del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

Hipótesis del seguimiento (*follow-up*):

H₁6: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia condiciona la fuerza muscular del cuádriceps, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀6: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no condiciona la fuerza muscular del cuádriceps, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁7: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia normaliza las características cardiovasculares, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀7: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no normaliza las características cardiovasculares, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁8: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia influencia el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀8: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no influencia el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁9: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia influencia la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀9: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no influencia la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₁10: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia influencia la calidad de vida, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

H₀10: La aplicación de la corriente de electroterapia de baja frecuencia no influencia la calidad de vida, 6 meses después del final del ensayo clínico, de las mujeres mayores físicamente activas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS

4.1. TIPO DE DISEÑO

El diseño de una investigación científica respecta todos los procedimientos y métodos además de las técnicas utilizadas para seleccionar los constituyentes de la muestra y sus criterios de elegibilidad, así como la recoja, análisis y posterior interpretación de los resultados obtenidos³⁷⁵.

La presente investigación es basada en un estudio experimental, con todas sus características clásicas, como la selección de los participantes e instrumentos para la valoración y coleta de los datos resultantes de la aplicación de una intervención bajo estudio (variable independiente) en un grupo EXP y comparación de sus resultados con los de otro grupo que sirve como CTL. Este último, debe ser constituido por participantes con características homogéneas a las del EXP, como forma de garantizar una comparación no sesgada de los efectos del tratamiento³⁷⁶.

Debido a la gran variedad de planteamientos posibles dentro de lo que es una investigación científica, clasificamos nuestro estudio como siendo experimental, con un carácter longitudinal, analítico y prospectivo, según la clasificación definida por los autores Argimon & Jimenez³⁷⁵. Así, en lo que respecta al control de la asignación de los factores en estudio, se considera experimental una vez que se manipula la variable independiente del estudio, es decir, la realización de electroterapia. El carácter longitudinal proviene de la secuencia temporal existente en el ensayo clínico, o sea, corresponde a la existencia de un lapso temporal entre los diversos momentos evaluativos. En cuanto a su finalidad, se considera un estudio analítico porque es nuestro objetivo establecer una relación causa-efecto y, finalmente, en cuanto a la cronología de los eventos, es prospectivo porque analizamos datos que han sido cogidos después de empezar el experimento³⁷⁵.

Elaboramos un ECA, más comúnmente conocido en la literatura científica como *randomized controlled trial* o RCT, basado en el estudio de dos grupos en paralelo³⁷⁵⁻³⁷⁷. Un ECA es considerado como el diseño de investigación más potente para evaluar los efectos de las intervenciones de salud^{375, 377-379}. El principal objetivo de un ensayo clínico es, según condiciones experimentales controladas y con la participación de voluntarios, evaluar la influencia que determinada variable (tratamiento o intervención) tiene en otra variable (enfermedad o problema de salud)³⁷⁶. Para eso, es necesario definir una pregunta de investigación, un protocolo que permita influenciarlo e identificar una población elegible que, en caso de investigarse el desarrollo de una enfermedad en particular, debe ser constituida por personas que se encuentren en una fase temprana de la patología bajo estudio³⁷⁶.

Es pertinente referir que existen criterios que permiten la evaluación de la validez de los ECA y, de entre ellos, destacamos: la aleatorización, la ocultación de la aleatorización y el enmascaramiento³⁷⁵⁻³⁸⁵.

La aleatorización (*randomization*), es el método que permite generar una secuencia de asignación aleatoria. En términos prácticos, se refiere a la asignación al azar de las constituyentes de la muestra a uno de dos o más grupos en estudio.

En general, la aleatorización crea una tendencia a producir grupos con características similares, lo que es positivo una vez que minimiza el riesgo de confusión (*confounding*) que no es más que un sesgo caracterizado por la presencia, en un grupo en particular, de una característica en mayor cantidad, que es susceptible de afectar el resultado final. El principal objetivo de la aleatorización es solamente garantizar que la posible inferencia causal observada en el final del ensayo no proviene de otros factores que no los estudiados^{375-377, 380, 381}. En nuestro estudio utilizamos la técnica de aleatorización simple, la más sencilla de todas las técnicas de aleatorización conocidas, descrita al pormenor en el subapartado “4.3. Muestra en estudio”, siendo la técnica utilizada en la primera aleatorización hecha en la presente investigación y cuya función es la de seleccionar las participantes de la muestra.

La ocultación de la aleatorización (*allocation concealment*), hace parte del proceso de aleatorización y es responsable por su éxito. Básicamente, es la responsable por mantener en secreto, antes del ensayo clínico empezar, el procedimiento de aleatorización que va a ser utilizado para asignar los participantes de la muestra a un grupo específico. En la eventualidad de conocerse el procedimiento de asignación de los participantes, es posible que este procedimiento pueda ser influenciado (sesgo de selección) lo que, por sí solo, cambiaría la naturaleza del ensayo clínico para no aleatorio, perdiendo toda la validez que la aleatorización proporciona^{375-377, 380-382}. En nuestro estudio utilizamos la técnica de ocultación de la aleatorización a través de un sistema de numeración posicional (sistema binario o de base 2), también descrita al pormenor en el subapartado “4.3. Muestra en estudio”, utilizada en la segunda aleatorización hecha en la presente investigación y cuya función es asignar cada participante de la muestra a uno de dos grupos bajo estudio.

Por fin, el enmascaramiento o ciego (*masking/blinding*), es el procedimiento responsable por mantener en secreto el grupo a que pertenecen los constituyentes de la muestra, a lo largo del ensayo clínico. Sin embargo, existen distintos grados de enmascaramiento: el simple ciego, que respecta solamente los participantes; el doble ciego, que respecta, además de los participantes, los propios investigadores o analistas de los datos; y el triple ciego, que respecta los participantes, los investigadores y los analistas de los datos. Una de las ventajas del enmascaramiento, sobre todo de los investigadores responsables por la colecta de los datos o de los propios analistas, es fortalecer su objetividad. En el nivel de los participantes de la muestra, el ciego es susceptible de aumentar su interés en adherir al protocolo estipulado una vez que la evidencia científica muestra que es menos probable que abandonen el ensayo^{375, 377, 378, 380, 381, 383-385}. En nuestro estudio utilizamos la técnica de enmascaramiento de simple ciego.

En conclusión, hemos elegido un diseño experimental basado en el estudio paralelo de dos grupos donde las mayores voluntarias, según una asignación aleatoria, son asignadas al azar a un único grupo en el cual quedan a lo largo de todo el estudio y, debido a la técnica de enmascaramiento de simple ciego, se supone que las participantes no conocen el grupo de que hacen parte ni tampoco que hay más que su grupo en estudio³⁷⁶. Dichos grupos son: el EXP, que además del programa de RG realizará también sesiones de electroterapia a lo largo de 8 semanas a una frecuencia de 3 sesiones/semana (total de 24 sesiones); y el CTL

que realizará solamente el programa de RG 3 veces a la semana. En común, las mayores de cada grupo tienen la realización de 5 evaluaciones (batería de test)^{7, 111}, una a cada dos semanas²¹³. Todas, independientemente del grupo, serán evaluadas por el mismo fisioterapeuta⁷⁴, garantizando una correcta comparación de los efectos consecuentes de la aplicación de una corriente de NMES.

4.2. SECUENCIA DE LAS ETAPAS

En cuanto a la secuencia lógica de la parte empírica de la investigación, procedemos a su división en distintas etapas representadas en la figura 2, según un diagrama de flujo para comunicar un ECA³⁷⁶.

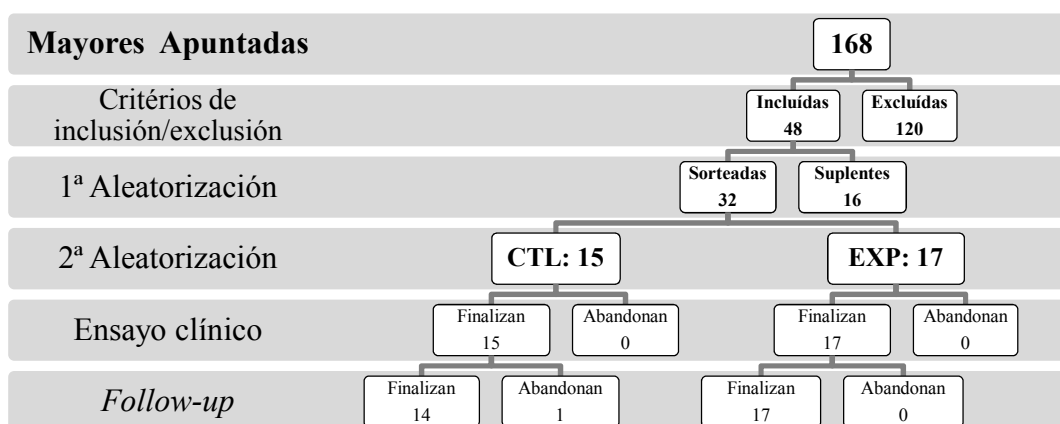


Figura 2. Diagrama de flujo de la investigación.

1ª Etapa: Divulgación del estudio (Enero de 2010):

Visita a las diversas Asociaciones de Mayores del Municipio de Salamanca que realizan el programa de RG con el objetivo de divulgar el propósito de la presente investigación, buscando voluntarias para colaborar en el estudio.

2ª Etapa: Pre-selección de la muestra (Enero 2010):

Consultamos las fichas de evaluación de las mayores apuntadas como voluntarias, recogidas en Septiembre de 2009 por motivo de la primera evaluación del programa de RG. El objetivo era comparar con los criterios de elegibilidad estipulados en nuestro estudio. Sin embargo, no hemos tenido en cuenta datos antropométricos como el peso, por ejemplo. Posteriormente, hicimos una entrevista telefónica a las pre-seleccionadas con el objetivo de eliminar otros criterios de inclusión/exclusión^{211, 226}.

3ª Etapa: Adaptación y aprendizaje (Febrero 2010):

A las mayores que respetaron los criterios de elección y volvieron a confirmar, por teléfono, su interés en participar, hicimos en la Residencia Asistida Provincial (Calle de García Tejado, n. 3, 37007 Salamanca, España), local de realización del ensayo clínico, una pequeña charla informativa sobre el estudio y sus objetivos además de enseñar un video de presentación de la evaluación

isocinética creado por la empresa responsable por el aparato (*Easytech*, Italia). Después de un período de cuestiones y esclarecimiento de dudas, hicimos una evaluación isocinética a dos velocidades (60 y 120°/s) a cada mayor voluntaria, para qué se enterasen de lo que significa hacer una evaluación isocinética y se acostumbrasen a ella, como forma de evitar el sesgo de aprendizaje^{5, 7, 8, 44, 92, 211, 281, 386, 387}.

4ª Etapa: Selección de la muestra (Marzo 2010):

Una vez confirmada la intención de colaborar en el estudio, se hizo la primera aleatorización como forma a seleccionar las 32 mayores a participar en el ensayo clínico. A cada una de las seleccionadas se les ha pedido para firmar el consentimiento informado (impreso CBE-A3: anexo I) elaborado por el Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca (USAL) e instruido para no cambiaren significativamente su dieta⁷⁴ o empezaren otra actividad hasta el término del ensayo clínico.

5ª Etapa: Primera evaluación, intervenciones y reevaluaciones (Marzo a Junio 2010):

Se hizo la segunda aleatorización para dividir las mayores seleccionadas en los dos grupos en estudio: EXP y CTL. Posteriormente, se realizó la primera evaluación (batería de test) y, en seguida, las mayores del grupo EXP empezaron las sesiones de electroterapia. A lo largo de las 8 semanas del ensayo clínico, el grupo EXP hizo sesiones de electroterapia además de las clases de RG mientras el grupo CTL hizo solamente la RG. A cada dos semanas, cada mayor hizo una reevaluación (batería de test) de su condición física.

6ª Etapa: *Follow-up* (Noviembre 2010):

Las mayores de los dos grupos en estudio hicieron una nueva reevaluación realizada 6 meses después del final del ensayo clínico.

La figura 3 presenta pormenorizadamente la cronología de las dos últimas etapas de la investigación empírica, es decir, respecta solamente el desarrollo del ensayo clínico y posterior *follow-up*.

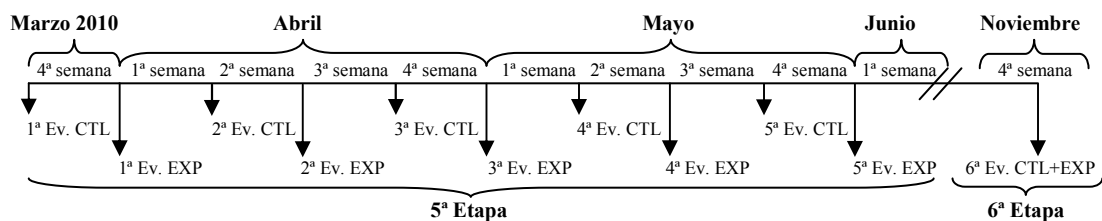


Figura 3. Cronología de las dos últimas etapas de la investigación empírica. Leyenda. Ev. - Evaluación.

Las mayores participantes en el ensayo clínico han tenido su primera evaluación o en la última semana del mes de marzo (CTL) o en la primera de abril (EXP). Posteriormente, el grupo EXP empezó con las sesiones de electroterapia

además de continuar con el programa de RG; el CTL, siguió haciendo su vida normal, es decir, continuó exclusivamente a hacer el programa de RG. Sin embargo, en común los grupos tenían la obligatoriedad de hacer reevaluaciones a cada 15 días ²¹³. Así, como evidenciado en la figura 3, verificamos que las mayores del grupo CTL han sido evaluadas en la primera semana del experimento (su primera semana del ensayo clínico) mientras las del EXP han sido evaluadas en la segunda semana del experimento (su primera semana del ensayo clínico). Aunque para cada mayor el ensayo clínico ha tardado 8 semanas, por cuestiones de organización del experimento, el ensayo clínico se ha desarrollado a lo largo de 10 semanas.

La media de tiempo invertido en la evaluación inicial, final y *follow-up*, fue de 45 minutos mientras que las tres evaluaciones hechas a lo largo del ensayo clínico han tardado, en media, 30 minutos. La diferencia de tiempo se debe a la realización del cuestionario de la CV SF-36. Cada mayor ha dedicado unas 3 horas y 45 minutos para todas las evaluaciones además de las 4 horas que las mayores del grupo EXP han dedicado a las sesiones de electroterapia. En total han sido necesarias 120 horas para las evaluaciones y 68 horas para las sesiones de electroterapia. Encima, durante las 8 semanas de realización del ensayo clínico, cada mayor ha tenido también un tiempo de RG en el rango de las 16 a 20 horas, lo que corresponde a un 80 o 100% de participación, respectivamente.

4.3. MUESTRA EN ESTUDIO

La población diana del estudio es constituida por mayores del género femenino, válidas, no institucionalizadas y físicamente activas, del municipio de Salamanca.

En cuanto a la muestra, seleccionamos las mayores en función de los objetivos planteados, intentando conciliar el tamaño de muestra ideal con la posible de acuerdo con dificultades de origen económica y temporal. Las mayores sometidas a nuestra investigación proceden de los distintos centros de mayores u hogares de jubilados del municipio de Salamanca, que participan en el programa de RG de la responsabilidad del Departamento de Fisioterapia de la Universidad de Salamanca así como del Municipio de dicha ciudad. Obviamente que, para participaren en el programa de RG, las mayores han tenido que pasar por un examen médico realizado en septiembre de 2009 para certificar que reunían condiciones adecuadas para la práctica de actividad física. Este examen físico ha sido realizado por el componente médico del equipo del programa ^{20, 147}.

Con el recurso a criterios bien definidos de inclusión y exclusión se posibilita crear una muestra homogénea, teniendo como principal ventaja el aumento de la validez interna de la investigación. Sin embargo, la principal desventaja es que limita su capacidad de extrapolación, una vez que se aleja de la mayoría de la población diana bajo estudio. Contrariamente, en caso de utilizarse criterios poco definidos o muy amplios, obtenemos una muestra más heterogénea, que tiene la ventaja de posibilitar una mejor extrapolación pero, no obstante, la detección de resultados del tratamiento es más complicada además de ser necesaria una muestra más significativa de la población diana ³⁷⁵.

En la presente investigación hemos definido los siguientes criterios de inclusión de la muestra: género femenino^{7, 8, 16, 35, 36, 74, 85, 112, 119, 121, 127, 151, 160, 187, 192, 198, 210, 231, 232, 246, 266, 268, 271, 285, 289, 293, 388-397.}; raza caucásica^{9, 398.}; no institucionalizadas^{22, 130.}; edad entre 70 y 79 años; talla entre 145 y 165 cm; peso entre 55 y 75 kg; IMC entre 25,0 y 34,9 kg/m²^{399.}; porcentaje de masa grasa (BIA) entre 35 y 50%; saber leer y escribir en castellano; tener residencia en la ciudad de Salamanca^{20.}; con marcha autónoma sin auxiliares^{115, 130, 160, 268, 399.}; miembro inferior derecho como el dominante^{36, 329.}; ausencia de dolor (EVA=0) al movimiento de los miembros inferiores^{36, 98, 388.}; sin gonartrosis o con gonartrosis asintomática^{207, 243, 400.}; rango de movimiento de las rodillas disponible de 0° (extensión) a 120° (flexión)^{147.}; test muscular manual de nivel 5⁺ de los extensores y flexores de las rodillas; ausencia de enfermedades cognitivas graves^{147, 160, 268.}; no tener ninguna patología dermatológica^{310, 313, 400.}; Mini Examen del Estado Mental de acuerdo con la edad y escolaridad^{35, 85, 160, 399.}; puntuación en el Índice de *Barthel* ≥ 91 puntos^{160, 399.}; puntuación máxima en la Escala de *Tinetti* (16 puntos)^{156, 160.}; y presentar una participación $\geq 80\%$ del curso 2009/2010 del programa de RG del Municipio de Salamanca^{20, 44.}

Serán excluidos del estudio las mayores que presenten uno o más de los siguientes criterios: episodio de accidente cerebro vascular (ACV) o enfermedades neurológicas en los miembros inferiores^{35, 36, 98, 160, 206, 268, 322, 388, 399, 401.}; hipertensión severa o enfermedades cardíacas^{36, 98, 147, 149, 160, 206, 211, 226, 267, 324, 388, 399, 401.}; cirugía reciente de cataratas (≥ 6 meses)^{206.}; diabetes Mellitus^{147, 160, 399.}; hemorragias y/o tumores en los miembros inferiores; con patologías en las rodillas (anatómicas o funcionales)^{35, 36, 211, 388, 399, 400, 402, 403.}; con prótesis de rodilla y/o de cadera^{98, 399.}; con amputación en el miembro inferior^{226.}; que realicen o inicien otra actividad física durante las semanas del experimento^{22, 213, 271.}; que estén haciendo rehabilitación o que empiecen a hacerla durante el ensayo^{403.}; que tomen medicación que pueda influenciar el acondicionamiento muscular^{7, 8, 36, 74, 226, 388, 399, 404.}; que no realicen todas las sesiones de electroterapia; que no realicen todas las evaluaciones del ensayo clínico; imposibilidad de realizar alguno de los exámenes de la batería de test; presencia de marcapaso^{147, 322, 324, 399-401, 405.}; mayores con patologías en que sea contraindicado el procedimiento a utilizar en el presente estudio^{160, 322, 400.}; y rechazo a participar en el estudio.

Una vez sometidas a los distintos criterios de inclusión y exclusión, solamente 48 de las 168 mayores voluntarias reunían las condiciones definidas para participar en el ensayo clínico. De estas, 32 fueron sorteadas (primera aleatorización), formando la muestra en estudio. La primera aleatorización se hizo según dos etapas: primera, colocamos los nombres de las 48 mayores interesadas, aparentemente saludables, en papeles individuales de iguales características que fueron guardados en una bolsa negra opaca para posteriormente retirarse, uno a uno, 32 papeles que apuntamos en una lista por orden de retirada; y segunda, llamamos a cada una de las sorteadas para obtener la confirmación final de participación en el ensayo clínico. En cuanto a las 16 mayores no seleccionadas, estas pasaron a la categoría de suplentes y su participación está pendiente del abandono, anterior a la realización de la 1ª reevaluación, de una mayor seleccionada en la 1ª aleatorización.

Para la distribución de las mayores seleccionadas en los dos grupos en estudio recurrimos a una 2ª aleatorización, según un sistema de numeración posicional (sistema binario o de base 2) y transformamos el acrónimo NMES para el sistema binario en que, básicamente, solo existe el 0 (cero) y el 1 (uno), y obtuvimos una secuencia de 32 números que utilizamos para asignar cada mayor a un grupo específico (EXP o CTL) basándose la asignación en el orden de la lista creada a cuando de la 1ª aleatorización (tabla 5).

Binario	0	1	0	0	1	1	1	0	0	1	0	0	1	1	0	1
Lista	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Grupo	E	C	E	E	C	C	C	E	E	C	E	E	C	C	E	C
Binario	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1	0	0	1	1
Lista	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Grupo	E	C	E	E	E	C	E	C	E	C	E	C	E	E	C	C

Tabla 5. Secuencia binaria de los 32 números del acrónimo NMES. Leyenda. E - experimental; C - control.

Así, a la primera de la lista le corresponde el primero número de la secuencia binaria, a la segunda de la lista le corresponde el segundo número de la secuencia binaria, etcétera. Una vez que la secuencia obtenida presenta 17 ceros y 15 unos, verificamos que las mayores serían divididas de forma asimétrica, siendo el primero número de la secuencia el que identificaría el grupo que realizará la NMES, es decir, el número 0. Así, las 17 mayores a quien corresponde el número 0 (cero) pertenecen al grupo EXP mientras las 15 mayores a quien corresponde el número 1 (uno) pertenecen al grupo CTL. No obstante, es importante aclarar dos aspectos referentes a esta 2ª aleatorización: primero, no se ha comunicado a las mayores que había más que un grupo en estudio, como forma de crear un carácter de simple ciego, por lo que, consecuentemente, no hacía sentido decirles cuál era su grupo; y segundo, se ha tenido el cuidado de pedir a todas las mayores para que nunca hablasen sobre su participación en el ensayo clínico hasta el final del mismo, el objetivo era evitar que se enterasen que existían distintos protocolos en desarrollo.

Las características iniciales de la muestra y comparación entre grupos será abordado al pormenor más adelante en el apartado de los resultados.

4.4. ASPECTOS ÉTICOS

Fue pedido al Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca (USAL), en España, el visto bueno de aprobación del protocolo diseñado, que está de acuerdo con los principios éticos promulgados en la Declaración de Helsinki^{7, 8, 20, 24, 74, 111, 160, 376}, a ejecutar en esta tesis doctoral. Destacamos que anteriormente ya había sido aprobado por el mismo comité el programa de RG a utilizar. Posteriormente, después de aplicados los distintos criterios de inclusión y exclusión, las 48 mayores en condiciones de participar en el estudio fueron informadas, de forma verbal, sobre el objetivo del trabajo así como los posibles beneficios y efectos secundarios que podrán ocurrir. A todas, se les ha explicado

las distintas etapas del ensayo clínico y las pruebas de la batería de test y, incluso, enseñado un video ⁴⁰⁶ sobre el procedimiento de evaluación isocinética, elaborado por la propia empresa del aparato. Nos hemos enseñado siempre disponibles para cualquier cuestión. Sin embargo, hemos tenido el cuidado de no revelar demasiados pormenores que puedan influenciar los resultados finales, como por ejemplo, la existencia de más de un grupo en estudio. Después de la primera aleatorización, en que seleccionamos las 32 mayores participantes, se les ha sido pedido, de forma individual, que firmasen un documento de consentimiento informado (impreso CBE-A3: anexo I) ^{20, 36, 44, 92, 111, 211, 332, 376, 387, 406} para poder formalizar su participación en el ensayo clínico. En el mencionado documento se explicita: que han leído y concordado con el procedimiento a utilizar, que han podido hacer preguntas sobre el estudio, que han sido debidamente informadas, que comprenden que su participación es voluntaria y que lo pueden abandonar cuando quieran sin necesidad de dar explicaciones. Aclaremos también que, en ningún momento, se revelará la identidad (junto con sus datos personales) de los participantes a personas externas al estudio, enfatizando que la participación es anónima aunque los datos recogidos estén registrados y con el investigador principal que los utilizará únicamente para hacer el debido abordaje estadístico.

4.5. VARIABLES EN ESTUDIO

La organización de la descripción y posterior análisis de las distintas variables en estudio (tabla 6) se hizo según una división en dos grupos: variables no experimentales, que solamente van a ser evaluadas antes del inicio del ensayo clínico y respectan los datos relativos a la historia clínica y antecedentes patológicos; y las variables experimentales, que son las que van a ser constantemente reevaluadas y están divididas en 5 grandes parámetros.

VARIABLE	TIPO	IDENTIFICACIÓN	INSTRUMENTO
NO EXPERIMENTALES			
Edad	Cuantitativa	Años	Historial clínico
Estado civil	Cualitativa nominal	Casada o Viuda	Historial clínico
Escolaridad	Cuantitativa	Años	Historial clínico
Nº Pastillas/día	Cuantitativa	Nº pastillas/día	Historial clínico
Medicación Cardiocirculatorio	Cualitativa nominal	Sí o No	Historial clínico
Medicación Psicotrópicos	Cualitativa nominal	Sí o No	Historial clínico
Medicación AINE's y Analgésicos	Cualitativa nominal	Sí o No	Historial clínico
Medicación Antiostoporóticos	Cualitativa nominal	Sí o No	Historial clínico
Medicación Metabolismo	Cualitativa nominal	Sí o No	Historial clínico
EXPERIMENTALES			
Antropométricas			
Talla	Cuantitativa	Centímetros	Tallímetro SECA 713
Peso	Cuantitativa	Kilogramos	Báscula SECA 713
IMC	Cuantitativa	Kg/m ²	Ecuación matemática
Clasificación del IMC	Cualitativa ordinal	Sobrepeso u Obesidad	Cifra referencia
BIA % grasa	Cuantitativa	Porcentaje	<i>Onrom BF 300</i>
BIA kg grasa	Cuantitativa	Kilogramos	<i>Onrom BF 300</i>
Perímetro abdominal	Cuantitativa	Centímetros	Cinta métrica
Clasificación perímetro abdominal	Cualitativa ordinal	Con o sin riesgo	Cifra referencia
Perimetría miembros inferiores	Cuantitativa	Centímetros	Cinta métrica
Cardiovasculares			
Frecuencia cardiaca	Cuantitativa	Pulsaciones/minuto	<i>ITOH F700</i>
Frecuencia respiratoria	Cuantitativa	Respiraciones/minuto	<i>ITOH F700</i>
Presión arterial sistólica	Cuantitativa	Milímetros de mercurio	<i>ITOH F700</i>
Presión arterial diastólica	Cuantitativa	Milímetros de mercurio	<i>ITOH F700</i>

Equilibrio y Flexibilidad			
<i>Sit&Up</i>	Cuantitativa	Elevaciones/30s	Cronometro
<i>Sit&Reach</i>	Cuantitativa	Centímetros	Banco de <i>Wells</i>
Fuerza Isocinética			
Torque máximo	Cuantitativa	Newton.Metro	<i>Easytech Prima Doc</i>
Torque medio	Cuantitativa	Newton.Metro	<i>Easytech Prima Doc</i>
Potencia máxima	Cuantitativa	Vátios	<i>Easytech Prima Doc</i>
% Flexión/Extensión	Cuantitativa	Porcentaje	<i>Easytech Prima Doc</i>
Calidad de Vida			
Función física	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Rol físico	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Dolor corporal	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Salud general	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Vitalidad	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Función social	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Rol emocional	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Salud mental	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Evolución declarada de la salud	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Componente sumario físico	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36
Componente sumario mental	Cuantitativa	Porcentaje	SF-36

Tabla 6. Identificación de las distintas variables en estudio y su clasificación cuanto al tipo, unidad e instrumento.

4.6. INSTRUMENTOS DE RECOGIDA DE DATOS

En el presente apartado describimos detalladamente los instrumentos que han permitido la coleta de los datos empíricos así como el cuestionario que permitió recoger los datos referentes al historial clínico y antecedentes patológicos de cada mayor.

4.6.1. Variables no experimentales

Recurrimos a un cuestionario (anexo II) para obtener los datos referentes a la historia clínica actual y antecedentes patológicos. En el historial clínico hemos recogido datos relativos a la identificación de la mayor (nombre y apellidos, fecha de nacimiento, estado civil, años de escolaridad, años jubilada, teléfono y móvil), a su centro de mayores (nombre, hora de la gimnasia, años que hace gimnasia y becario responsable), y a sus antecedentes clínicos (déficits visuales/auditivos, cirugías, enfermedades actuales y pasadas relevantes y medicación).

4.6.2. Variables experimentales

Ahora expondremos los 5 parámetros (figura 4) que hemos planteado estudiar según los datos cogidos a lo largo del ensayo clínico por intermedio de una ficha de evaluación de elaboración propia basada en los distintos exámenes utilizados en la batería de test (anexo III). Sin embargo, la forma como los aplicamos empíricamente en la presente investigación será presentado, al pormenor, en un subapartado más adelante (4.9. Realización de las evaluaciones).

Así, empezaremos con los parámetros antropométrico y cardiovascular, pasando después al del equilibrio y flexibilidad, de la fuerza isocinética para terminar en lo que respecta a la CV. Sin embargo, es importante referir que,

exceptuando la CV, todos los parámetros han sido evaluados en los 5 distintos momentos evaluativos, uno a cada 15 días ²¹³, del ensayo clínico además del *follow-up*; asimismo, resaltamos que la CV ha sido evaluada al inicio y final del ensayo clínico así como en el *follow-up*, es decir, evaluamos este parámetro solamente 3 veces mientras los demás han sido evaluados 6 veces, en total.

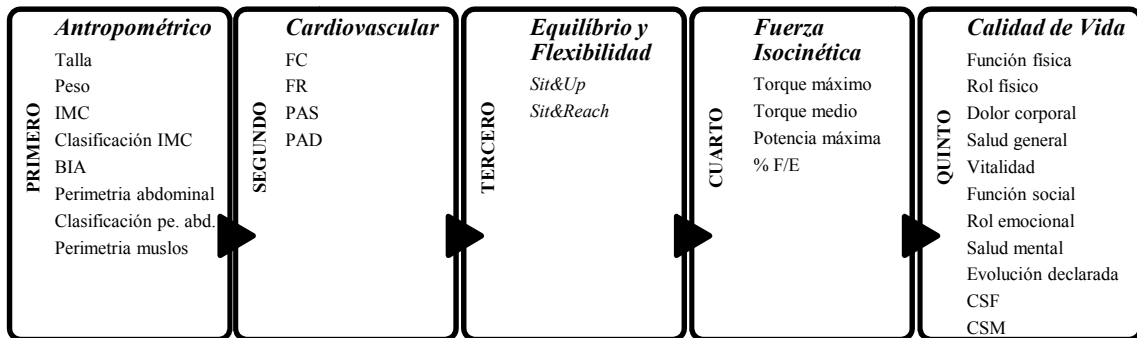


Figura 4. Secuencia de recogida de datos empíricos. Leyenda. pe. - perímetro; abd. - abdominal.

4.6.2.1. Parámetro antropométrico

En cuanto al parámetro antropométrico, decidimos estudiar características que son investigados en casi todos los ensayos clínicos de los estudios científicos citados en nuestra bibliografía, es decir, la talla, peso, IMC y su respectiva clasificación, impedancia bioeléctrica (porcentaje y peso de masa grasa) y, finalmente, la perimetría, tanto de la circunferencia abdominal y su respectiva clasificación, como de los muslos.

La talla y peso fueron valorados a través de la báscula con tallímetro SECA modelo 713 (máx: 130 kg / 200 cm y precisión de 0,1 kg / 1 mm; figura 5) de la empresa SECA (Hamburgo, Alemania), y medidas en cm y en kg, respectivamente ⁹¹. Posteriormente, con estas dos cifras procedemos al cálculo del IMC y su posterior clasificación en sobrepeso ($IMC \geq 25,0$ y $< 30,0$) u obesidad ($IMC \geq 30,0$) ⁴⁰⁷, según los criterios definidos por la OMS ⁴⁰⁸.



Figura 5. Báscula con tallímetro SECA modelo 713. Fuente. Elaboración propia.

La BIA es un método basado en la premisa de que la masa grasa no es un buen conductor de la corriente eléctrica cuando comparada con la masa muscular magra^{109, 194, 409} y hasta poco resultaba complicado su mensuración en investigaciones científicas de larga escala⁴⁵. La BIA es una forma sencilla y barata, además de portátil y no invasiva, de obtener estimativas viables de la masa grasa corporal^{45, 155, 195, 409, 410}. La prueba de la impedancia bioeléctrica, según el aparato *Omron BF 300* (*Omron Healthcare, Kyoto, Japan*; figura 6), nos permite evaluar el porcentaje (%) y peso (kg) de masa grasa corporal⁴¹⁰. Según el fabricante, cifras de porcentaje de masa grasa superiores a un 35% clasifican la persona como obesa y, caso estas ultrapasen los 50%, el aparato no es hábil de evaluarlo correctamente identificando la cifra como error.



Figura 6. Omron BF 300. Fuente. Elaboración propia.

Finalmente, las perimetrías se han realizado con auxilio de una cinta métrica que tiene la precisión de un milímetro y la medida máxima de 2 metros. Así, inicialmente medimos el perímetro abdominal y posteriormente procedemos a su clasificación según el nivel de riesgo cardiovascular^{146, 397, 407, 408, 411-415}, donde dividimos las mayores según presentan (≥ 88 cm) o no (< 88 cm) riesgo cardiovascular como propuesto por Lean et al.⁴¹¹. La grasa ubicada en la zona abdominal ha sido asociada a un gran abanico de patologías del foro metabólico (resistencia a la insulina, hiperinsulinemia, triglicéridos elevados) además de hipertensión y Diabetes Mellitus^{397, 411, 415}. En cuanto a los distintos perímetros obtenidos al nivel de los muslos^{49, 155, 404, 405, 416}, medimos 5 zonas diferentes^{404, 405}: polo superior de la rótula (PSR) y 5, 10, 15 y 20 cm arriba del PSR, teniendo el cm como unidad de medida^{155, 404}.

4.6.2.2. Parámetro cardiovascular

En el parámetro cardiovascular evaluamos la FC y FR así como la presión arterial sistólica (PAS) y diastólica (PAD), de una forma sencilla, objetiva y no invasiva, a través del esfigmomanómetro automático digital de muñeca *ITOH F700* (*Corysan, Barcelona*; figura 7). Se conoce que las cifras de PA difieren entre personas que realizan o no ejercicio físico¹⁴⁹ siendo que, las que lo realizan, presentan menos factores de riesgo cardiovascular¹⁵¹. Según la OMS, las cifras normales para la FC están entre 60 y 80 pulsaciones por minuto (ppm) mientras

las de la FR están entre 12 a 20 respiraciones por minuto (rpm) en adultos ⁴¹⁷⁻⁴¹⁹. En cuanto a las cifras de la PA, el valor de referencia es de 120/80 milímetros de mercurio (mmHg), pero sigue siendo considerada normal cuando la PAS llega a 139 mmHg y la PAD a 89 mmHg ⁴²⁰⁻⁴²². Sin embargo, es importante referir que, sobre todo en las cifras de la PA, pueden surgir casos de falsos positivos de hipertensión provocados por la ansiedad de hacer la prueba o por la simple presencia del profesional de salud. En casos de investigación clínica, varios autores solo excluyen mayores con cifras de hipertensión sistólica superiores a 160 mmHg ^{206, 267, 270, 423, 424}, siendo que los que presentan entre 140 y 160 mmHg denominados de hipertensión ligera ⁴²⁰.



Figura 7. ITOHO F700. Fuente. Elaboración propia.

4.6.2.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad

Con la prueba *Sit&Up* (sentar y levantar), igualmente conocida por *sit-and-stand* o *sit-to-stand*, evaluamos el equilibrio y la fuerza muscular de los miembros inferiores, siendo utilizada con frecuencia por su bajo costo y efectividad ^{126, 149, 151, 265, 268, 271, 425-432}. La prueba se basa en observar cuantas veces, en 30 s, consigue la mayor levantarse y sentarse de una silla (figura 8) cuyas medidas corresponden con las estipuladas para la prueba ^{174, 430, 431, 433, 434}. Su valoración está pendiente del número de veces que se levanta la mayor de la silla en el tiempo estipulado siendo que, cuantas más, mejor.

La flexibilidad del tronco y musculatura posterior de las extremidades inferiores fue evaluada por medio de la prueba *Sit&Reach* (sentar y alcanzar), también conocida como *chair sit-and-reach test*, siendo una prueba que se presenta válida y fiable, de bajo costo y utilizada en varias investigaciones con personas mayores ^{20, 149, 151, 231, 265, 266, 268, 271, 395, 396, 425, 431, 435}, en la que se utiliza el banco de *Wells* ⁴³⁶ (*Eveque Leisure Equipment Limited*, Inglaterra; figura 9). Su valoración depende siempre de cuan largo consigue la mayor llegar en el banco ²⁷¹, obviamente que cuanto más lejos llegue, más flexibilidad tiene.

Figura 8. Silla para el *Sit&Up*.

Fuente. Elaboración propia.

Figura 9. Banco de *Wells* para el *Sit&Reach*.

Fuente. Elaboración propia.

4.6.2.4. Parámetro de la fuerza isocinética

La evaluación isocinética es considerada como la más viable en la valoración de la fuerza muscular³⁸⁸. Permite el estudio objetivo y aislado de un determinado movimiento en una articulación en particular³⁸⁸ además de posibilitar la comparación de resultados entre varias personas⁴³⁷. El examen del acondicionamiento muscular según la evaluación isocinética es muy importante para el diagnóstico, corrección de asimetrías musculares, evaluación de resultados de un tratamiento y ayudar a decidir si un atleta está en condiciones de volver a la práctica deportiva^{402, 438-444}.

El término “isocinético” determina que un segmento corporal se mueva a una velocidad angular constante^{36, 63, 443-446} y la articulación más veces evaluada de esta forma es, sin duda, la rodilla^{402, 443, 447}. Sin embargo, existen momentos de aceleración (inicio) y desaceleración (final) en que la velocidad angular no puede ser mantenida constante^{437, 446, 448}. Así, con la contracción isocinética es posible que el músculo haga el máximo de fuerza en cada punto de la amplitud de movimiento, algo que puede no ocurrir en contracciones isotónicas^{438, 444}. La evaluación isocinética se hace con una silla (dinamómetro) que es un instrumento electromecánico controlado por un ordenador y su principal ventaja es la posibilidad de objetivamente y cuantitativamente medir características de la función muscular como la fuerza, la potencia, la resistencia y el trabajo a distintas velocidades angulares^{35, 36, 388, 440, 441, 443, 449, 450}. La evaluación de la articulación de la rodilla se hace en cadena cinética abierta^{442, 443}. Su principal desventaja es el precio elevado y el hecho de no evaluar el gesto o movimiento deportivo específico por lo que no es hábil en evaluar varias articulaciones en simultáneo^{388, 443, 450, 451}.

De todas las características que evalúa, el torque máximo (pico de torque) es la que más veces es citada en la literatura^{112, 388, 438, 451}. El torque representa el momento de la fuerza aplicado en un punto de la palanca durante el movimiento rotacional^{112, 438} por lo que el torque máximo representa el valor de torque más elevado obtenido en el rango del movimiento evaluado^{440, 451} y es medido en newton.metro (Nm)^{438, 443, 452}. En la presente investigación también registramos los datos de la potencia, que es el resultado del trabajo hecho dividido por el

tiempo, y se expresa en vátios (V) o *Watts*^{438, 443, 444}, y el porcentaje de flexión/extensión, que es la división entre el torque máximo de flexión (numerador) y de extensión (denominador), se expresa en %^{5, 35, 36, 443, 453-456} y, en la rodilla, suele tener como referencia los 60% pero puede variar entre 55% y 77%⁴⁴³. Otro parámetro que también es importante referir cuando se habla de evaluación isocinética es la velocidad angular. Estas, se consideran como lentas ($\leq 90^\circ/\text{s}$), medias ($]90;180[^\circ/\text{s}$) y rápidas ($\geq 180^\circ/\text{s}$). Sin embargo, algunos autores solo las dividen en lentas ($<180^\circ/\text{s}$) y rápidas ($\geq 180^\circ/\text{s}$)⁴⁴³. En general, el torque máximo se evalúa a velocidades angulares lentas mientras la potencia se evalúa a velocidades angulares rápidas^{201, 443}.

En nuestra evaluación isocinética recurrimos al dinamómetro isocinético *Prima Doc* (*Easytech, Italia*; figura 10) y examinamos 4 variables distintas en las rodillas de las mayores: torque máximo, torque medio, potencia máxima y porcentaje de flexión/extensión³⁸⁸. Sin embargo, cada una de las 3 primeras variables ha sido evaluada por varias veces: una para cada miembro (derecho e izquierdo), una para cada velocidad (60 y 120°/s) y una para cada movimiento (extensión y flexión). Para el porcentaje de flexión/extensión⁴⁵⁵, evaluamos solamente para cada miembro (derecho e izquierdo) y cada velocidad (60 y 120°/s). Las evaluaciones se hicieron bilateralmente empezando siempre por evaluar primero el miembro inferior dominante (derecho)^{35, 36, 92, 402}.



Figura 10. Dinamómetro isocinético *Prima Doc*. Fuente. Elaboración propia.

Antes de abordar el tema de la evaluación isocinética, es importante referir que 6 meses antes del inicio del ensayo clínico, 3 representantes de la empresa Helios Electromedicina (Calle Alfonso Gómez, 38, 2ºB, 28037 Madrid), responsable por la venta del dinamómetro a la residencia, han venido montar, programar, probar y calibrar el dinamómetro para que esté completamente operacional. Han también enseñado como funciona su *software* y como debe ser utilizado. Como ningún de los representantes era fisioterapeuta o de otra área de la salud, hemos tenido la necesidad de hablar con alguien que trabajase diariamente con el dinamómetro en cuestión por lo que los representantes han marcado una cita con un fisioterapeuta que trabaja frecuentemente en evaluaciones isocinéticas para redacción de informes para Mutuas. Así, participamos en un curso de formación ministrado por el Fisioterapeuta David Baus en la clínica Mevital D'H

(Calle Duque de Sesto, 31 Bajo C, 28009 Madrid), a 23 de diciembre de 2009. En el curso, se nos han enseñado a realizar correctamente la evaluación isocinética según la utilización del dinamómetro *Prima Doc*.

4.6.2.5. Parámetro de la calidad de vida

El cuestionario SF-36 mide la CV relacionada con la salud y fue desarrollado por Ware & Sherbourne⁴⁵⁷ en 1992 en Estados Unidos y ha sido traducido y adaptado internacionalmente por intermedio del proyecto *International Quality of Life Assessment (IQOLA, Evaluación internacional de la calidad de vida)*⁴⁵⁷⁻⁴⁷². Se utilizó en más de 400 artículos científicos^{460, 473} y es altamente recomendado para la mensuración del estado de salud, tanto en jóvenes^{465, 466} como en mayores^{461, 467}. Se puede definir como una escala genérica que facilita la identificación de un perfil del estado de salud no siendo exclusiva de una población enferma⁴⁶⁰. Sin embargo, resulta complicado definir con precisión la CV, en su globalidad, ya que depende de una escala individual de valores además de una fuerte componente social, cultural, emocional, económica y que ni siempre es igual a lo largo de la vida de la persona⁴⁶². Cuatro años más tarde se desarrolló una segunda versión del cuestionario SF-36, con el objetivo de mejorar las características métricas del rol emocional y físico. Así, se mejoró las instrucciones y enunciados tornándolos más sencillos; mejoró su presentación y opciones de respuesta; mejoró la comparación entre las distintas traducciones y adaptaciones culturales; se cambió las respuesta dicotómicas por 5 opciones distintas tipo *Likert*; y se eliminó la respuesta “muchas veces” para los ítems de la salud mental y vitalidad⁴⁶⁰. Es también importante referir que la aplicación de este cuestionario ha confirmado empíricamente la existencia de 2 componentes sumarios de salud: el físico (CSF) y el mental (CSM)⁴⁷⁴.

En España existe una versión traducida y validada del SF-36, adaptada por Alonso et al.⁴⁶⁴, siendo uno de los instrumentos genéricos más utilizados en territorio nacional^{460, 463, 464, 468-470, 474} especialmente cuando estudiamos la población mayor de 60 años⁴⁶³. En ellos, el cuestionario evidenció una buena discriminación, además de fiabilidad, validez y sensibilidad, y con resultados consistentes con el cuestionario original⁴⁶⁰. Sin embargo, el estudio de los valores de referencia españoles para el cálculo de los componentes sumarios solo se han logrado más tarde⁴⁷⁴. De cualquier forma, este cuestionario también se demostró útil en estudios realizados en el extranjero^{463, 471, 472}. Así, la literatura científica recomienda su utilización en la práctica clínica así como en investigaciones científicas⁴⁶⁰.

Es un cuestionario que puede ser autoadministrado o administrado (entrevista personal o telefónica) por el encuestador, que no tarda más de 15 minutos en rellenar³⁸⁷. Se divide en 8 escalas que representan los conceptos de salud más frecuentemente utilizados en otros cuestionarios de salud, que incluían hasta 40 conceptos inherentes a la salud⁴⁶⁰, reflejando tanto el estado de salud física como mental, además de los aspectos más relacionados con enfermedades y tratamientos^{387, 400, 404, 460}. Las 8 escalas del SF-36 contienen 36 ítems que evalúan: 1) función física (10 ítems), evalúa el grado en que las actividades físicas (cuidado personal, andar, subir escaleras, inclinarse, coger o cargar peso y los esfuerzos moderados e intensos) son limitados por la salud; 2) rol físico (4 ítems),

evalúa el grado en que el trabajo y otras actividades diarias sufren interferencias causadas por el estado de salud física; 3) dolor corporal (2 ítems), evalúa la intensidad del dolor y sus efectos en el trabajo; 4) salud general (5 ítems), evalúa la valoración personal de la salud incluyendo la salud actual, perspectivas futuras y resistencia a la enfermedad; 5) vitalidad (4 ítems), evalúa el sentimiento de energía y vitalidad cuando comparado con el sentimiento de cansancio y agotamiento; 6) función social (2 ítems), evalúa el grado en que problemas físicos o emocionales interfieren en la vida social habitual; 7) rol emocional (3 ítems), evalúa el grado en que el trabajo u otras actividades diarias son interferidas por los problemas emocionales; y 8) salud mental (5 ítems), evalúa la salud mental general (depresión, ansiedad, control de la conducta o bienestar general) ^{460, 475}. Sin embargo, destacamos que existe un ítem de transición, que no se utiliza para el cálculo de ninguna de las escalas, que evalúa el cambio en el estado de salud general cuando comparado con hace 1 año. El objetivo es proporcionar información útil sobre la percepción del cambio del estado de salud durante el año previo ⁴⁶⁰.

El cuestionario es puntuable en porcentaje de forma a que una puntuación mayor indica un mejor estado de salud, es decir, el 0% respecta el peor estado de salud y el 100% el mejor, siendo que cada escala presenta su propia puntuación ^{37, 400, 404, 460, 475}. Así, para hacer el cálculo de las puntuaciones tenemos que respetar tres pasos: 1) homogeneizar la dirección de las respuestas con la recodificación de los ítems que lo requieren (10 en total); 2) calcular el sumatorio de los valores codificados de los ítems de la escala, o sea, la puntuación cruda; y 3) transformar las puntuaciones crudas de cada escala para llegar a una puntuación final entre 0 y 100% ⁴⁶⁰. Sin embargo, en la eventualidad de solo se haber contestado, por lo menos, 50% de las cuestiones de una escala, los autores recomiendan sustituir las cuestiones no contestadas por el promedio de las contestadas; caso no se contesten más del 50%, no se debe calcular los resultados. Es también importante añadir que el cuestionario permite el cálculo del CSF y CSM, según la combinación de las puntuaciones de cada escala ^{37, 460}. Para su cálculo se debe hacer una estandarización de las distintas escalas utilizando las medias y desviaciones típicas de la población española de referencia ^{474, 476}; según ellas, se puede verificar el mejor o peor estado de salud, dependiendo de si su puntuación es superior o inferior a 50% ⁴⁶⁰. El objetivo de los componentes sumarios es simplificar y focalizar la CV, reduciendo de 8 para 2 escalas sin que se pierda la potencia psicométrica de la evaluación de la CV física y mental ⁴⁷⁷.

4.7. PROGRAMA DE REVITALIZACIÓN GERIÁTRICA

El programa de RG del municipio de Salamanca respecta un conjunto de ejercicios físicos con una duración de casi 1 hora/sesión durante un curso lectivo (octubre a mayo). Cada sesión es controlada y supervisada por fisioterapeutas becarios de la Universidad de Salamanca, España. El programa ha sido creado y elaborado por el Prof. Dr. Calvo Arenillas, actualmente Catedrático de la Escuela de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca, y sus colaboradores, con inicio en el año 1992 en el Municipio de Salamanca. Desde ese año que el programa ha cambiado, fruto de nuevos desarrollos e

investigaciones en el campo de la RG, siempre con el objetivo de mejorarlo y tornarlo más adecuado a la población mayor²⁰⁻²².

Las sesiones de RG se hacen en los distintos centros y hogares de mayores del Municipio de Salamanca, ministradas por 5 fisioterapeutas becarios de la Universidad a cargo del proyecto de investigación titulado “Evaluación, indicación y seguimiento de programas de actividad física en personas mayores y realización de programas de revitalización” financiado por el Excmo. Ayuntamiento de Salamanca²⁰. En cada sesión, son realizados una serie de ejercicios, de forma secuencial, que incluyen: estiramientos miofasciales hechos pasivamente y sin rebote de la musculatura del muslo, posterior de la pierna y anterior de la pelvis así como vertebral y paravertebral, entre otros grandes grupos musculares (8-10 minutos); activación cardiocirculatoria aeróbica según desplazamientos bipodales y cardiorespiratoria (± 9 minutos); ejercicios de fuerza, potencia y resistencia muscular de las extremidades superior e inferior (7-10 minutos); y actividades de coordinación, equilibrio y agilidad según actividades individuales y/o en grupo (14-16 minutos). Destacamos también dos puntos importantes a que los mayores son estimulados: primero, a descansar un poco en el intervalo que se hace a la mitad de la sesión y, segundo, aprovechar para hidratarse también en el intervalo^{20-22, 272, 478, 479}.

4.8. PROTOCOLO DE LA NMES

La corriente de electroterapia utilizada presenta las siguientes características: onda cuadrada bifásica simétrica pulsada^{23, 25, 160, 230, 292, 310, 315, 322, 324, 337, 358, 363, 400} con una frecuencia de 50 Hz^{230, 274, 296, 322, 324, 328, 400, 401, 404, 480-482} y una anchura de pulso de 300 μ s^{274, 292, 328, 481}, con un ciclo de trabajo de 1:1 (1=10 s)^{230, 281, 294, 400, 404, 481} y rampa de subida de 2 s^{23, 281, 308, 322, 323, 481} aplicada en sesiones de 10 minutos a una intensidad máxima tolerada^{23, 26, 230, 288, 296, 306, 308, 322, 323, 401, 481, 483} a lo largo de 8 semanas^{323, 403} y a una frecuencia de 3 sesiones/semana^{308, 406} (total de 24 sesiones) aplicada en el cuádriceps derecho (dominante)^{274, 281, 296, 301, 308, 310, 315, 320, 324, 401}. El aparato de electroterapia utilizado es portátil^{160, 286, 313, 405, 484, 485}, el modelo Digi-Combo (*Apex Medical Corp.*, Taiwan; figura 11) de la casa comercial Ortopinos (Paseo de San Vicente, 48, 37007 Salamanca, España) que permite intensidades que varían entre 1 y 40 mA y que funciona a pilas de 9 voltios, que hemos tenido el cuidado de cambiar por nuevas en el momento que el aparato señalizaba estar a 25% de su capacidad⁴⁰⁵. La confirmación de las características de la corriente utilizada, suministrada con el aparato Digi-Combo, han sido investigadas a través de un Osciloscopio digital modelo *Tds 2014 Color Con Interface 232* (*Tektronix, inc.*, Estados Unidos; figura 12)²⁹⁴. La técnica de estimulación utilizada es la bipolar³⁴⁷ en que los electrodos (figura 11) presentan 2 milímetros de espesura, dimensiones de 5x5 cm (25 cm²), una forma cuadrada, autoadhesivos y constituidos por un hidrogel con película de carbono interna^{23, 26, 323} (*Verity Medical Skin Electrodes, United Kingdom*) teniendo cada mayor su *pack* de 4 electrodos personales. La programación y colocación de los electrodos, en todas las sesiones de electroterapia, han sido de la responsabilidad del mismo fisioterapeuta^{160, 308, 315}.



Figura 11. Digi-Combo y electrodos.

Fuente. Elaboración propia.

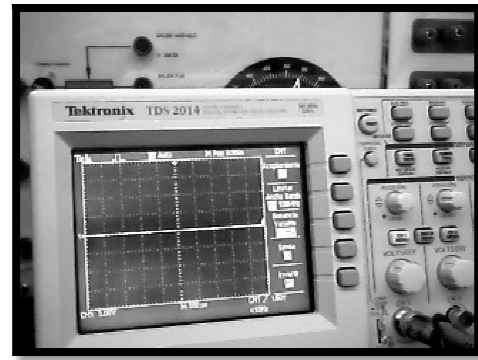


Figura 12. Osciloscopio Tds 2014.

Fuente. Elaboración propia.

Para la correcta aplicación de la corriente, inicialmente cada mayor del grupo EXP ha tenido una pequeña charla informativa individual donde se les ha explicado cómo funciona el aparato, lo que es o no normal sentir y lo que puede ocurrir después de la aplicación de la corriente. Posteriormente al esclarecimiento de sus dudas, hemos buscado los puntos motores^{23, 26, 160, 273, 283, 296, 310, 323, 327, 328, 347, 404, 445, 481} (figura 13) del recto femoral, vasto lateral y vasto interno así como el punto más excitable del nervio femoral^{25, 230, 309, 328, 347}. En esta búsqueda, hecha con la paciente sentada con la rodilla a 90° de flexión³⁴⁷, hemos enchufado al aparato Digi-Combo unos electrodos de características similares a los utilizados en las sesiones de electroterapia pero con área y forma distinta, o sea, electrodos circulares de 3 cm de diámetro (*Verity Medical Skin Electrodes, United Kingdom*; figura 11) y empezamos a aumentar gradualmente la intensidad hasta ser posible identificar el inicio de la contracción muscular inducida por la electroestimulación³⁴⁷. Curiosamente, verificamos que las mayores no lograban tolerar el impacto inicial de la corriente, quejándose de dolor mismo cuando la electroestimulación poca contracción muscular provocaba. Después de algunos intentos decidimos añadir una rampa de subida de 3 s para verificar se tornaría la corriente más tolerable. De hecho funcionó y nos permitió utilizar intensidades más elevadas y, por consiguiente, provocar contracciones musculares más potentes. Posteriormente procedemos a la eliminación de la rampa de subida pero volvieron los dolores e intolerancia por lo que abandonamos la opción de no utilizar una rampa de subida. Sin embargo, logramos disminuirla para solamente 2 s. Así, continuamos la búsqueda de los puntos motores, aumentando un poco la intensidad, dentro de la tolerancia de la mayor, y movemos los electrodos para verificar cuales los 4 puntos que producían una contracción más fuerte y, simultáneamente, más cómoda. Una vez definidos estos 4 puntos cambiamos por los electrodos cuadrados a utilizar en las sesiones y procedemos a rayar con un marcador permanente la piel alrededor del electrodo (figura 14) y, al final de cada sesión, hemos vuelto a rayar la piel con el objetivo de estimular siempre los mismos puntos^{296, 310}.



Figura 13. Búsqueda de los puntos motores.

Fuente. Elaboración propia.

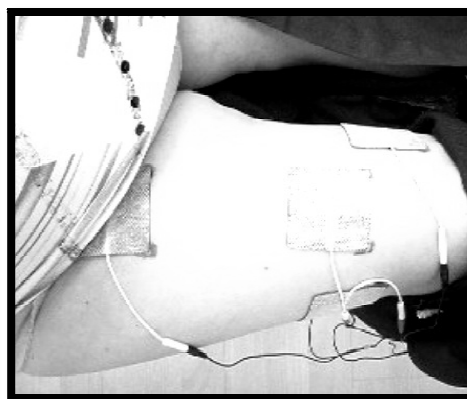


Figura 14. Colocación de los electrodos.

Fuente. Elaboración propia.

Para seguridad de las mayores, se les ha enseñado lo que deberían hacer en el caso de que empiecen a sentir dolor provocado por la corriente, sea en el punto de la interface electrodo-piel o en cualquier otra parte del muslo. Sin embargo, nunca ninguna mayor ha sentido la necesidad de utilizar este conocimiento.

Las sesiones de electroterapia han sido hechas en la sala de Electroterapia de la Residencia Asistida Provincial de Salamanca. Es una sala particular donde solo entraban las mayores del grupo EXP y solamente por el tiempo necesario a aplicar la corriente; asimismo, las mayores del CTL nunca han entrado en dicha sala ni siquiera han visualizado ninguna aplicación de la corriente.

En cada sesión de electroterapia del ensayo clínico, las mayores se posicionaron sentadas con los pies apoyados, de forma a mantener el miembro inferior con una flexión de 90° de la cadera y completa extensión de la rodilla ^{160, 328}. En seguida, sus electrodos han sido colocados en las 4 zonas del muslo derecho (dominante) delimitadas por las rayas y enchufados al aparato Digi-Combo; una vez encendido y programado, empezamos a aumentar la intensidad de la corriente hasta se poder visualizar una ligera contracción muscular y, poco a poco, continuamos aumentando la intensidad hasta el máximo tolerado por la mayor ^{296, 329}. Posteriormente, incentivamos la mayor a relajar y a no mover o contraer la extremidad inferior derecha hasta el final de la sesión ^{306, 308, 315, 322, 329}, es decir, hasta que terminen los 10 minutos señalizados por un sonido hecho por el aparato. Una vez terminado el tiempo, el investigador procedió a rayar el muslo alrededor de los electrodos, a retirar y guardar los electrodos así como el aparato hasta la próxima sesión ²⁹⁶. Se ha tenido el cuidado de realizar la siguiente sesión de NMES siempre después de pasadas, por lo menos, 24 horas como forma de no sobrecargar el cuádriceps a un esfuerzo exagerado o aumentar la probabilidad de fatiga ^{296, 310}.

4.9. REALIZACIÓN DE LAS EVALUACIONES

Las distintas evaluaciones de esta investigación se hicieron en la Residencia Asistida Provincial de Salamanca, en particular, en la sala de rehabilitación. Dicha sala tenía la temperatura y humedad controladas y han sido mantenidas constante a lo largo de todo el ensayo ⁴⁰⁶. La luz era mayoritariamente artificial una vez que la ubicación de la sala en el edificio no permitía la entrada de mucha luz solar; de hecho, también el grado de alumbramiento ha sido constante y adecuado a lo largo del ensayo.

Las evaluaciones se hicieron invariablemente por la mañana del lunes o del martes de la semana a que corresponde al grupo en cuestión, siempre antes de la primera sesión semanal de RG o de NMES y aproximadamente a la misma hora ¹⁶⁰. Así, independientemente del grupo, las que tenían en el lunes la sesión de RG eran evaluadas, para efectos de la presente investigación, en ese mismo día; lo mismo pasaba con las que tenían la primera sesión el martes. Dichas evaluaciones han sido hechas individualmente, siempre por el mismo fisioterapeuta ^{450, 486}, que ha sido el responsable por la colecta de todos los datos de los 4 primeros parámetros, siendo solamente el cuestionario de CV el único autoadministrado. También se ha tenido el cuidado de que ninguna mayor observase la evaluación de otra, para evitar poder ser influenciada de cualquier forma.

El orden con que se examinaban los distintos parámetros que constituyen las evaluaciones (figura 4) ha sido siempre igual, independientemente del grupo en estudio o del momento de la evaluación. Antes de empezar la evaluación, hemos pedido a las mayores para descansaren 10 minutos sentadas con el objetivo de no falsear los resultados de las pruebas cardiovasculares.

El orden de evaluación utilizado ha sido:

Primero: el **parámetro antropométrico**, empezamos por tallar y pesar las mayores en la báscula y tallímetro SECA, con la mayor con ropa ligera, en bipedestación y descalza según su postura habitual a pesar de incentivada a mantenerse derecha ^{411, 412}. En seguida nos servimos de estos datos para programar el *Onrom BF 300* ⁴¹⁰ y poder evaluar correctamente la impedancia bioeléctrica. La mensuración se hizo respetando las recomendaciones del fabricante, es decir, con la mayor en bipedestación y con los pies ligeramente alejados, usando ropa ligera, con los hombros a 90°, los codos en extensión y con las dos manos agarrando los sensores laterales del aparato ⁴¹⁰. El examen tarda aproximadamente 20 s durante los cuales la persona no se puede mover ⁴¹⁰. Por fin, evaluamos el perímetro de la cintura abdominal así como los 5 perímetros de los muslos, ambos a través de una cinta métrica, con las zonas desnudas. Para el perímetro abdominal, colocamos la cinta métrica perpendicularmente al eje longitudinal del cuerpo, en la zona entre la cresta iliaca y el borde abdominal con menor perímetro ^{271, 272, 411, 412}; la medición se hizo por 2 veces, ambas al final de una expiración normal, y registramos la que presentó menor perímetro. En cuanto a los distintos perímetros obtenidos al nivel de los muslos, mensuramos 5 zonas diferentes, con la musculatura relajada ^{49, 329}, teniendo como punto de partida el PSR que también corresponde al primero perímetro registrado; de ese punto rayamos el muslo en dirección a la espina iliaca antero-superior, con intervalos de

5 cm de distancia, hasta llegar a 20 cm. Posteriormente, medimos el perímetro del muslo a 5, 10, 15 y 20 cm arriba del PSR, con una precisión de 1 mm^{329, 404, 416}. En total, la evaluación de este parámetro tarda aproximadamente 12 minutos. Es importante referir que las variables de la clasificación del IMC y del perímetro abdominal han sido obtenidas por el *software* estadístico posteriormente a la realización de las evaluaciones, con base en los datos de las variables cuantitativas IMC y perímetro abdominal apuntados en la ficha de evaluación.

Segundo: el **parámetro cardiovascular**, hemos examinado seguidamente la FC y PA simultáneamente, a través del aparato *ITOH F700* al mismo tiempo que observábamos la FR de la mayor por un periodo de 1 minuto, evitando que la mayor se enteré de la medición. Seguimos las recomendaciones del fabricante y sentamos la mayor en una silla con apoyo para los brazos y colocamos el aparato en la muñeca derecha, con el codo ligeramente flexionado de forma a colocar el aparato al nivel del corazón¹⁴⁹; posteriormente sujetamos el aparato mientras la mayor relajaba la extremidad superior. Caso el aparato no enseñase error o no presentase cifras de hipo- o hipertensión consideramos la medición válida y no procedemos a ninguna repetición. En total, la evaluación de este parámetro tarda aproximadamente 2 minutos.

Tercero: el **parámetro del equilibrio y flexibilidad**, lo realizamos después de apuntados los valores del parámetro cardiovascular y retirado el aparato *ITOH F700*. Como la mayor se encontraba sentada en una silla que cumplía con los requerimientos exigidos por la prueba de *Sit&Up*, le hemos pedido que se levantara, en un periodo de 30 s, el máximo de veces posible de la silla, respetando siempre el protocolo definido por los creadores⁴³³. De entre ellos, destacamos: pies ligeramente alejados y siempre en contacto con el suelo, evitando cualquier movimiento de estos; las rodillas deben llegar a la extensión máxima y solo después puede la persona empezar a bajar hasta sentarse por completo⁴³⁰; y en ningún momento se permite el apoyo o contacto de las extremidades superiores en la silla o en sus apoyos. El resultado registrado ha sido el obtenido en los primeros 30 s ya que no repetimos esta prueba por motivos de fatiga. Una vez terminada la prueba, y a través del banco de *Wells*, procedemos a la evaluación de la prueba *Sit&Reach*. Sin embargo, hemos permitido que se hicieran algunos ejercicios de flexibilidad y alongamiento de la musculatura de las extremidades inferiores primero⁹². Posteriormente procedemos a la ejecución de la prueba que realizamos por 3 veces, registrando solamente el valor más elevado logrado según la correcta realización de la prueba teniendo por base las recomendaciones de los creadores de la prueba⁴³⁶. Para la correcta ejecución de esta prueba el banco debe colocarse al final de una camilla estando en contacto con la pared de forma a no permitir que el banco se mueva; la mayor debe estar descalza, con contacto completo de la planta de sus pies en el banco y mantener las rodillas en máxima extensión durante toda la prueba; después, respirando normalmente, la mayor debe mover una pequeña regla sobre la superficie del banco de forma a alejarla lo máximo posible recorriendo a la flexión de las caderas y de la columna vertebral además de la flexión de los hombros y extensión de los codos; se incentiva a que mantenga las muñecas en posición neutra y los dedos en extensión como forma de “ganar” el máximo de centímetros²⁰. En total, la evaluación de este parámetro tarda aproximadamente 3 minutos.

Cuarto: el **parámetro de la fuerza isocinética**, lo realizamos justo después de la prueba *Sit&Reach* y empezamos por la colocación de la mayor en el dinamómetro isocinético *Prima Doc*, según las recomendaciones del fabricante. Así, empezamos por ajustar el dinamómetro a las distintas características antropométricas de cada mayor. El dinamómetro isocinético en cuestión nos posibilita ajustar 4 parámetros⁴⁸⁷ según una identificación numérica: inclinación del respaldo, largura del acento, posicionamiento del eje mecánico y de la palanca. De estos parámetros solamente uno es siempre igual a lo largo del experimento independientemente de la mayor, es decir, la inclinación de la silla es siempre de 85°^{35, 62, 206, 243, 308, 487, 488}. Con respecto a los demás parámetros, en la largura del acento de la silla hemos tenido en cuenta la largura del muslo para adaptar correctamente la silla a cada mayor, teniendo como referencia las recomendaciones del fabricante: primero, dejar la rodilla cerca de 3 cm fuera de la silla para permitir el movimiento de flexión hasta 90° y, segundo, el contacto de la espalda en la silla^{36, 388, 486}. En cuanto al posicionamiento del eje mecánico de la palanca, se tuvo el cuidado de alinearlo con el eje biomecánico de la rodilla, utilizando el cóndilo femoral externo como referencia^{5, 35, 62, 98, 296, 315, 323, 402, 440, 441, 487}. Por fin, el apoyo de la palanca sobre la cara anterior de la pierna se hizo a, aproximadamente, 3 cm arriba del maléolo externo^{35, 62, 296, 323, 329, 402, 440, 488}. Estos 3 parámetros han sido registrados en la ficha de evaluación (anexo III) para ser posible volver a repetir las condiciones experimentales como forma a evitar potenciales errores sistemáticos que perjudiquen la validez de futuras comparaciones^{296, 487}. Posteriormente colocamos las cintas estabilizadoras de la zona abdominal, torácica y extremidades inferiores: la del miembro a evaluar se colocaba cerca del tercio distal del muslo mientras la del miembro en reposo quedaba en el tercio distal de la pierna para evitar cualquier movimiento^{5, 35, 36, 62, 296, 308, 315, 329, 388, 402, 440, 441, 445, 447, 486-488}. Aconsejamos que agarrasen las barras laterales del dinamómetro para sujetarse mejor y estabilizar el tronco durante la evaluación^{36, 447}. Posteriormente abrimos el *software* del dinamómetro en el ordenador y procedemos a la identificación de la mayor, una vez que cada una tenía su ficha propia registrada con todos sus datos personales y antropométricos además de las distintas evaluaciones pasadas, y corregimos el valor del peso corporal una vez que era una variable mutable y que influye en el resultado de la evaluación isocinética^{438, 489}. Así, con todos los datos actualizados, procedemos después a la calibración del dinamómetro con la corrección del efecto de la gravedad^{5, 35, 36, 62, 243, 296, 323, 329, 388, 438, 440, 486-488} como se especifica en el manual del fabricante. Posteriormente programamos el *software* de forma a que la velocidad de la palanca fuera elevada (provocando poca resistencia) y permitimos a la mayor que hiciera algunos movimientos como forma de calentamiento. En seguida, hemos vuelto a programar el *software* teniendo en cuenta dos parámetros: amplitud de movimiento y velocidad angular. En la primera, utilizamos siempre un rango de 90° que empieza a los 0° (completa extensión de la rodilla) y termina a los 90° de flexión de la rodilla^{5, 264, 296, 440, 482, 488}, en la segunda utilizamos dos velocidades angulares, es decir, a 60^{35, 36, 43, 80, 98, 115, 152, 201, 206, 232, 285, 289, 388, 391-393, 404, 490} y 120°/s^{35, 43, 392, 403}. En este momento ya estaban reunidas las condiciones para poderse empezar con la evaluación isocinética (figura 15). Así, empezamos con la velocidad angular de 60°/s y pedimos a la mayor que hiciera 3 contracciones submáximas de la rodilla como forma de adaptación al

procedimiento^{7, 8, 35, 98, 111, 206, 386, 440, 441, 446, 486}. Después permitimos 1 minuto de reposo⁴⁰³ mientras recordábamos a la mayor el procedimiento de evaluación: hacer por 5 veces^{35, 243, 443, 447} el movimiento de extensión y flexión concéntrica de la rodilla derecha, recorriendo siempre al máximo de fuerza posible y sin nunca parar para reposar, primero a la velocidad angular de 60°/s y, después de 1 minuto de reposo^{296, 324, 393, 440, 442, 443, 445, 491}, tendría que hacer todo otra vez pero ahora a la velocidad angular de 120°/s; terminado este procedimiento repetiríamos todo otra vez pero ahora para el miembro izquierdo. Es importante referir que durante la realización de la prueba isocinética en ningún momento hemos permitido a la mayor visualizar el monitor del ordenador, no existiendo ningún *biofeedback* o comunicación de resultados^{296, 322}. Sin embargo, utilizamos comandos verbales como: “fuerte hacia arriba”, “fuerte hacia abajo”, “aún más fuerte”, “arriba” y “abajo” para estimular e incentivar la mayor a utilizar el máximo de fuerza y a no pensar en la fatiga o en desistir^{35, 115, 404, 440, 481, 486}.

También en este parámetro no hemos permitido una segunda evaluación por motivos de cansancio y consecuente disminución de las cifras del torque o de la potencia. En total, la evaluación de este parámetro tarda aproximadamente 20 minutos.



Figura 15. Posicionamiento inicial en el dinamómetro. Fuente. Elaboración propia.

Quinto: el **parámetro de la calidad de vida**, que examinamos según la aplicación directa del cuestionario SF-36 después de realizados los primeros 4 parámetros. Así, la mayor ha estado sentada, sin nadie a su alrededor a presionarla o vigiarla, y le hemos permitido que tardase el tiempo necesario a rellenarlo⁴⁶¹. En general, las mayores tardaron menos de 15 minutos. Una vez entregue el cuestionario, pedimos que verificase si había contestado a todas las cuestiones y, en caso negativo, preguntamos si quería aprovechar para contestar o si era su opción dejarla en blanco. Al final, ninguna cuestión quedó por contestar.

Es importante referir que en ningún parámetro o evaluación hemos comentado a la mayor sus resultados, así como no contestamos a ninguna cuestión que pudiera aclarar algunos pormenores esenciales sobre el diseño del ensayo clínico, como forma de proteger, sobre todo, su carácter de simple ciego⁴⁸³. Sin embargo, desde el día de la charla inicial, en febrero de 2010, que nos comprometemos a facultar, después del *follow-up*, un informe individual sobre la

participación de cada mayor en el estudio donde identificaríamos las alteraciones más relevantes de los parámetros evaluados además de aclarar cualquier duda.

4.10. ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Para la investigación de los datos empíricos creamos una matriz de variables para permitir el análisis estadístico según los programas *SPSS for Windows* versión 17,0 y 18,0 (*IBM Corporation, Estados Unidos*) e *InfoStat* versión 2,0 (*Facultad de Agricultura de la Universidad Nacional de Córdoba, Argentina*). Empezaremos por hacer un análisis descriptivo de las principales características de la muestra así como de las variables no experimentales y experimentales; en seguida, haremos un análisis inferencial para verificar las hipótesis planteadas y la consecución, o no, de los distintos objetivos propuesto en esta investigación.

4.10.1. Organización y presentación de los datos

En la estadística descriptiva la representación de los datos de las variables cuantitativas se realizó bajo la utilización de medidas de tendencia central, como la media aritmética, el mínimo y máximo; y medidas de dispersión o variabilidad, como la desviación típica. En el caso de las variables cualitativas nominales u ordinales, recorrimos solamente a evidenciar sus frecuencias relativas y absolutas. Por otro lado, para la visualización gráfica, recorreremos a gráficos de líneas, análisis de correspondencias múltiples y biplots. En cuanto a la estadística inferencial, empezaremos siempre por el estudio de la normalidad con la prueba de ajustamiento más potente para muestras inferiores a 30 personas, o sea, la prueba de *Shapiro-Wilk*³⁷⁶.

Para el estudio de las características experimentales iniciales de la muestra, caso se verifique que la distribución de la muestra es normal, utilizaremos una prueba paramétrica pero primero se verificará la homogeneidad de las varianzas (prueba de *Levene*) y posteriormente, para verificar si las medias de las dos muestras son o no significativamente independientes, el test de *Independent Sample T test*. En el caso de verificarse que la distribución de la muestra no es normal será utilizado una prueba no paramétrica, es decir, la prueba de *Mann-Whitney* que es una prueba alternativa al *Independent Sample T test*.

Para el estudio de la evolución y *follow-up* de las características experimentales de la muestra utilizaremos mayoritariamente dos pruebas: la paramétrica ANOVA de medidas repetidas (ANOVA MR) y la *Friedman two-way ANOVA* (prueba no paramétrica), para nos ayudar a comprender como han evolucionado los dos grupos en estudio a lo largo del tiempo, o sea, como forma de averiguar si el programa de electroterapia ha tenido algún impacto significativo o no. Sin embargo, para la correcta aplicación de la ANOVA MR, es necesario estudiar primero sus presupuestos de aplicación, es decir, la normalidad de la variable (prueba de *Shapiro-Wilk*), la homogeneidad de las varianzas (prueba de *Levene*), la homocedasticidad de la matriz de la covarianza (prueba *M de Box*) y la esfericidad de la matriz de covarianza (*Mauchly's Test of Sphericity*). En el caso

de no ser posible asumir la esfericidad ($p \leq 0,05$) se utilizará el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* de la ANOVA MR por ser el más adecuado para muestras pequeñas y que habitualmente proporciona valores menos extremos. En la eventualidad de no ser observada una distribución normal de la muestra, principal presupuesto para la utilización de la ANOVA MR, se utilizará el estadístico *Friedman two-way ANOVA* o, en el caso del estudio de la evolución del parámetro de la CV, será utilizada la prueba *Wilcoxon*. Su justificación es que este parámetro solo presenta 2 momentos evaluativos, es decir, fue evaluado al inicio y final del ensayo. Otro aspecto que es importante aclarar es el caso de las variables cualitativas ordinales, como la clasificación del IMC o del perímetro abdominal. En estos casos, utilizaremos siempre la prueba no paramétrica *Friedman two-way ANOVA* sin necesidad de averiguar ningún presupuesto primero.

Destacamos también la realización del análisis *post-hoc*, es decir, “después de”, utilizada siempre en resultados significativamente estadísticos de la prueba ANOVA MR. Así, recurrimos a la prueba de *Bonferroni* una vez que es la más robusta cuando tenemos una muestra pequeña. Sin embargo, en el caso de resultados significativamente estadísticos en la prueba *Friedman two-way ANOVA* (no paramétrica) no realizaremos ningún análisis *post-hoc* ya que no hay una prueba específica y sería erróneo recurrir a sucesivas pruebas *Wilcoxon* una vez que la probabilidad asociada a cada prueba asume la existencia de un solo análisis, es decir, aumenta la probabilidad de encontrar algo significativo que no lo es en realidad.

En cada parámetro investigado también hicimos el estudio de correlación, según las pruebas de *Pearson* (paramétrica) o de *Spearman* (no paramétrica), entre el porcentaje y el peso de masa grasa, entre todos los perímetros del muslo derecho e izquierdo, entre la FC y FR así como entre la PAS y PAD, entre el *Sit&Reach* y el *Sit&Up*, entre el torque máximo y potencia máxima y, por fin, entre las distintas escalas del cuestionario SF-36. Su valor varía entre el -1 y 1 donde resultados negativos identifican una relación proporcionalmente inversa y resultados positivos una proporcionalmente directa. Así, los extremos representan una relación inversa perfecta ($r=-1$) o positiva perfecta ($r=1$). Una relación superior a 0,8, por ejemplo, se considera como alta positiva.

En el estudio de la CV, utilizamos también el *Alfa de Cronbach* (α)^{460, 464, 471} que es un coeficiente que sirve para medir la fiabilidad de la escala en su totalidad y es una importante medida de evaluación de la consistencia interna. Según él, se evalúa el grado en como todos los ítems de determinada escala están examinando el mismo concepto, basando-se en la correlación media individual de los ítems con la totalidad de la escala así como con la cantidad de ítems que agrupa. Su valor queda entre el 0 y 1 pero es necesario que sea superior a 0,5 o 0,7, dependiendo del autor, para que se pueda asegurar con seguridad la presencia de consistencia interna de la escala siempre que queremos hacer una comparación entre grupos^{464, 471}.

El nivel de significación utilizado en el presente estudio es el habitual en investigaciones biosanitarias, es decir, el $p \leq 0,05$. En todos los resultados se ha tenido el cuidado de presentar los valores del estadístico empleado, sus grados de libertad (g.l.) y el valor de la significación (p).

A continuación, empezaremos la exposición de los resultados alcanzados con las pruebas previamente identificadas dejando la presentación de las pruebas más pertinentes en el anexo IV para una mejor organización de los datos. Es importante aclarar que, en el ensayo clínico, se han recogido los datos de todas las variables estudiadas, en las distintas evaluaciones, y para todas las mayores. De esta forma, los datos han sido tratados según un método estándar estadístico designado de “intención de tratar”^{376, 492}. No obstante, en el *follow-up*, no se ha evaluado una mayor del grupo CTL por lo que los datos han sido tratados según otro método estadístico designado de “análisis por protocolo”^{376, 492}.

5. RESULTADOS

Los resultados que exponemos a continuación se agrupan en tres grandes bloques según se ha desarrollado el estudio empírico. Así, en el primero enseñamos las características experimentales iniciales de los dos grupos en estudio e hicimos la comparación entre ellos, para investigar la homogeneidad de las muestras en el inicio del ensayo clínico; en el segundo, abordamos la evolución de las características experimentales a lo largo de las 5 evaluaciones del ensayo clínico; y, en el tercero, investigamos los efectos que un periodo de desentrenamiento de 6 meses tiene en las distintas características experimentales en estudio, por medio de un *follow-up*.

Cada uno de los tres bloques se encuentra dividido en 5 parámetros: 1) parámetro antropométrico, 2) parámetro cardiovascular, 3) parámetro del equilibrio y flexibilidad, 4) parámetro de la fuerza isocinética y 5) parámetro de la calidad de vida. La utilización de este abanico de parámetros cumple dos objetivos en el estudio: el principal, que es averiguar si el programa de NMES elaborado funciona como una terapia eficaz en el acondicionamiento de la fuerza muscular del cuádriceps de las mayores y, el secundario, que es observar si el mismo programa es susceptible de influenciar sistemas corporales distintos que están indirectamente conectados a la dimensión de la fuerza muscular.

5.1. CARACTERÍSTICAS NO EXPERIMENTALES DE LA MUESTRA

5.1.1. Grupos en estudio

Han cooperado, en la presente investigación, un total de 32 mujeres mayores que hemos dividido en dos grupos: el EXP (53,1%), formado por 17 mujeres, y el CTL (46,9%), formado por 15 mujeres.

5.1.2. Edad

Las 32 mujeres mayores, con edades comprendidas entre 70 y 79 años, presentaban una cifra media total de 74,5 años y desviación típica de 2,90 años. Según el grupo, las 17 mujeres mayores del EXP presentan una edad media de $74,9 \pm 2,84$ años, y las del CTL $74,1 \pm 2,99$ años. En lo que respecta a la distribución de la edad según el grupo, los dos grupos fueron evaluados con la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,919$; $p=0,140$; $SW(15)_{CTL}=0,881$; $p=0,049$) y averiguamos que la distribución de la edad no es significativamente normal. Se torna necesario utilizar la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* ($U=107,0$; $W=260,0$; $Z=-0,783$; $p=0,455$) para examinar que la edad del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL.

5.1.3. Estado civil

En lo que respecta al estado civil, las personas mayores del estudio son, mayoritariamente, viudas (CTL: 66,7%; EXP: 58,8%). Las demás son todas casadas y la prueba del Ji-Cuadrado de *Pearson* (Ji-Cuadrado=0,008; g.l.=1; $p=0,726$) permite

aceptar la hipótesis nula y concluir que la distribución del estado civil por grupos es homogénea.

5.1.4. Escolaridad

Verificamos que las muestras presentan un nivel de escolaridad muy similar, con medias que rondan los 6,5 años (CTL: 5-9 años; EXP: 5-7 años). La prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,560$; $p=0,000$; $SW(15)_{CTL}=0,817$; $p=0,006$) verificó que la distribución de la escolaridad no es significativamente normal. Sin embargo, la prueba de *Mann-Whitney* ($U=106,0$; $W=226,0$; $Z=-0,922$; $p=0,433$) nos lleva a concluir que el nivel de escolaridad del grupo EXP es significativamente igual a lo del grupo CTL.

5.1.5. Medicación

En cuanto a la comparación de la medicación, comentamos que, como moda, el grupo CTL presenta simultáneamente 2 y 3 pastillas diarias mientras el EXP tiene 2 pastillas/día. El número medio de pastillas/día del grupo CTL (3,6 pastillas/día) es ligeramente superior al del EXP (3,4 pastillas/día), siendo que también la desviación típica presenta una diferencia mínima entre los dos grupos (0,11 pastillas/día superior en el CTL). En cuanto a la distribución de la cantidad de medicación según el grupo, la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,648$; $p=0,000$; $SW(15)_{CTL}=0,878$; $p=0,045$) verificó que la distribución de la cantidad de medicación no es significativamente normal. Sin embargo, la prueba de *Mann-Whitney* ($U=120,5$; $W=237,5$; $Z=-0,269$; $p=0,788$) nos lleva a concluir que la cantidad de medicación del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL (tabla 7).

	Prueba de <i>Mann-Whitney</i>
Nº Pastillas	$U=120,5$; $W=237,5$; $Z=-0,269$; $p=0,788ns$
Cardiocirculatorio	$U=126,5$; $W=279,0$; $Z=-0,067$; $p=0,947ns$
Psicotrópicos	$U=104,5$; $W=257,5$; $Z=-1,010$; $p=0,312ns$
AINE's y analgésicos	$U=98,5$; $W=218,5$; $Z=-1,619$; $p=0,105ns$
Antiestoporóticos	$U=116,0$; $W=269,0$; $Z=-0,606$; $p=0,544ns$
Metabolismo	$U=120,5$; $W=273,5$; $Z=-0,307$; $p=0,758ns$
Otros	$U=101,5$; $W=221,5$; $Z=-1,170$; $p=0,331ns$

Tabla 7. Prueba de *Mann-Whitney* para el estudio de la medicación antes del ensayo clínico. Leyenda: ns - no significativo.

Más de la mitad de las mayores, de los dos grupos, están tomando diariamente pastillas para el aparato cardiocirculatorio. También más de la mitad del grupo CTL está tomando psicotrópicos; menos de 30% de las mayores están tomando AINE's y analgésicos y antiestoporóticos; y más de un 40% toma pastillas para el metabolismo, casi siempre para situaciones de hipercolesteremia. Asimismo (tabla 7), utilizamos la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* (100% $p>0,05$) para examinar que las distintas clases de medicación ingeridas por el grupo

EXP es significativamente igual a las del grupo CTL, en todas las categorías investigadas.

5.1.6. Análisis de correspondencias múltiples de las variables no experimentales

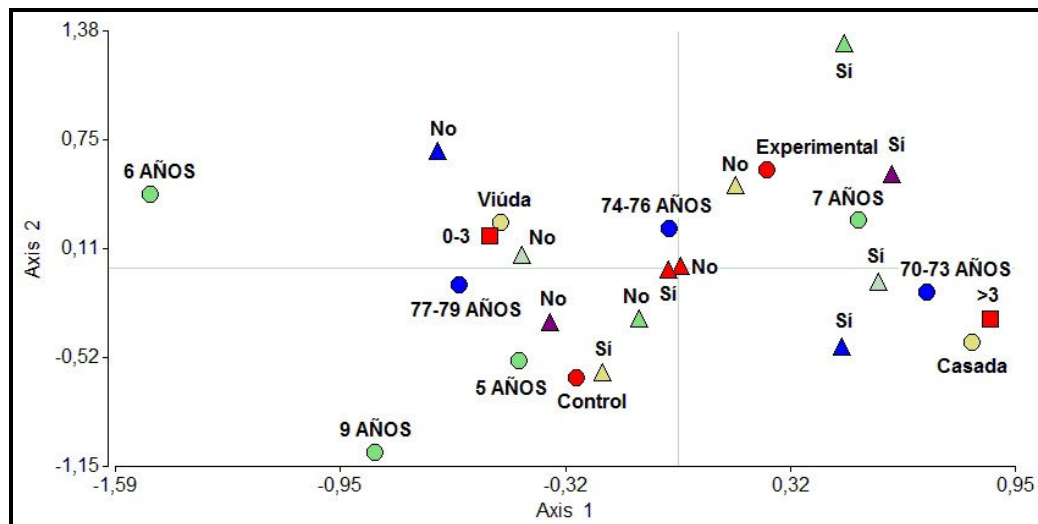


Gráfico 1. Análisis de correspondencias múltiples de las variables no experimentales. Leyenda: ● Grupo en estudio; ● Faja etaria; ● Estado civil; ● Escolaridad; ■ Cantidad de pastillas; ▲ Pastillas cardiovasculares; ▲ Pastillas psicotrópicas; ▲ Pastillas AINE's; ▲ Pastillas antiosteoporóticas; ▲ Pastillas metabolismo; ▲ Pastillas otros.

Según el gráfico de análisis de correspondencias múltiples (gráfico 1), verificamos que las características no experimentales que se asocian, mayoritariamente, al grupo CTL son: edades entre los 74 y 79 años, viudas, con 5 y 9 años de escolaridad y que no toman o toman menos de 3 pastillas/diarias destacando-se las psicotrópicas y/o antiosteoporóticas. Con respecto a las mayores del grupo EXP tienen, mayoritariamente, 70 a 76 años, son viudas, con 7 años de escolaridad y que no toman o toman menos de 3 pastillas/diarias destacando-se los AINE's y/o antiosteoporóticos.

5.1.7. Resumen de las características no experimentales

Anteriormente han sido expuestos los datos recogidos que consideramos como características no experimentales de las personas mayores que participan en la presente investigación. En suma, hicimos una comparación, entre el grupo CTL y EXP, de un total de 10 variables y concluimos que, al inicio del ensayo clínico, los dos grupos son homogéneos en lo que respecta a las distintas características no experimentales investigadas (tabla 8).

CARACTERÍSTICAS NO EXPERIMENTALES	
Edad	p=0,455ns [~]
Estado civil	p=0,726ns [^]
Escolaridad	p=0,433ns [~]
N ^a pastillas diarias	p=0,788ns [~]
Cardiocirculatorio	p=0,947ns [~]
Psicotrópicos	p=0,312ns [~]
AINE's y analgésicos	p=0,105ns [~]
Antiestroporóticos	p=0,544ns [~]
Metabolismo	p=0,758ns [~]
Otros	p=0,331ns [~]

Tabla 8. Nivel de significación de las características no experimentales en estudio antes del ensayo clínico. Leyenda: [~] - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; [^] - prueba Ji-Cuadrado de *Pearson*; ns - no significativo.

5.2. CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES INICIALES

5.2.1. Parámetro antropométrico

	CTL			EXP			p
	χ	DP	Min-Máx.	χ	DP	Min-Máx.	
Talla (cm)	150,3	3,61	145,0-156,0	151,7	4,85	146,0-162,0	p=0,516ns [~]
Peso (kg)	64,8	7,20	55,0-75,0	66,9	3,69	58,0-75,0	p=0,327ns [~]
IMC (kg/m ²)	28,7	2,55	25,0-31,9	29,0	1,57	25,1-31,1	p=0,985ns [~]
BIA (% grasa)	43,5	2,90	38,3-48,6	44,3	2,35	40,3-47,9	p=0,390ns [~]
BIA (kg grasa)	28,3	4,32	21,8-35,2	29,7	2,50	25,2-35,9	p=0,289ns [~]
Perímetro abdominal (cm)	89,0	9,12	73,0-106,0	91,3	6,49	81,0-102,0	p=0,403ns [~]
MID: 20 cm del PSR (cm)	54,8	3,85	48,5-61,4	54,6	2,75	50,3-61,2	p=0,855ns [~]
MID: 15 cm del PSR (cm)	50,8	3,20	44,0-56,4	50,8	2,95	45,9-57,9	p=0,975ns [~]
MID: 10 cm del PSR (cm)	46,1	2,44	41,2-49,5	46,6	3,08	42,6-55,5	p=0,567ns [~]
MID: 5 cm del PSR (cm)	42,0	2,84	36,2-46,6	41,8	3,28	36,6-48,4	p=0,821ns [~]
MID: PSR (cm)	40,1	2,66	35,9-44,4	39,5	2,95	35,9-47,2	p=0,546ns [~]
MII: 20 cm del PSR (cm)	54,6	3,38	48,6-59,1	54,3	3,14	49,3-61,1	p=0,778ns [~]
MII: 15 cm del PSR (cm)	50,9	3,55	44,2-55,4	50,3	3,59	45,6-59,5	p=0,621ns [~]
MII: 10 cm del PSR (cm)	46,3	2,71	40,9-51,1	45,8	4,33	38,3-55,8	p=0,677ns [~]
MII: 5 cm del PSR (cm)	42,0	3,01	36,5-47,9	41,6	3,00	36,6-46,9	p=0,672ns [~]
MII: PSR (cm)	40,1	2,64	35,9-44,4	39,4	3,02	34,6-47,2	p=0,478ns [~]

Tabla 9. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro antropométrico antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: [~] - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; [~] - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

5.2.1.1. Comparación de la talla

Observando la tabla 9 verificamos que, en el inicio del ensayo clínico, el grupo EXP presenta, en media, una talla ligeramente superior al del grupo CTL (151,7 vs 150,3 cm). En media, la talla del grupo EXP es 1,4 cm superior a la del CTL.

Con los resultados de la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,843$; $p=0,008$; $SW(15)_{CTL}=0,948$; $p=0,488$), nos enteramos que la distribución de la talla antes del ensayo clínico de los dos grupos no es significativamente normal. Volvemos a utilizar la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* ($U=110,5$; $W=230,5$; $Z=-0,650$; $p=0,516$) y con su aplicación confirmamos que la talla antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL.

5.2.1.2. Comparación del peso

La tabla 9 muestra que el grupo EXP presenta, en media, 2 kg más que el grupo CTL. En cuanto a las desviaciones típicas, el grupo CTL presenta el doble del EXP.

Los datos de la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,918$; $p=0,135$; $SW(15)_{CTL}=0,908$; $p=0,126$) revelan que la distribución del peso de los grupos antes del ensayo clínico es significativamente normal. Así verificamos primero la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=11,215$; $p=0,002$) y el *Independent Sample T test* ($d=-2,074$; $t=-1,004$; $g.l.=20,301$; $p=0,327$) confirma que el peso antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL.

5.2.1.3. Comparación del IMC

Por la observación de la tabla 9 queda claro que el grupo EXP presenta una media del IMC ligeramente superior al grupo CTL, es decir, presenta una media solamente $0,03 \text{ kg/m}^2$ superior.

Nos enteramos con los resultados del *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,896$; $p=0,057$; $SW(15)_{CTL}=0,880$; $p=0,048$) que la distribución del IMC de los dos grupos antes del inicio del ensayo clínico no es significativamente normal. Así utilizamos la prueba de *Mann-Whitney* ($U=127,0$; $W=280,0$; $Z=-0,019$; $p=0,985$) y como el $p>0,05$ se concluye que el IMC antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a lo del grupo CTL.

En cuanto a la distribución de la clasificación del IMC en los grupos CTL y EXP, verificamos que no hay ninguna persona mayor que presente cifras del IMC inferiores a $24,9 \text{ kg/m}^2$ y, por consecuencia, nadie presenta una clasificación de delgadez o normal. La prueba del Ji-Cuadrado de *Pearson* ($Ji\text{-Cuadrado}=0,410$; $g.l.=1$; $p=0,467$) permite aceptar la hipótesis nula y se concluye que la clasificación del IMC antes del ensayo clínico es independiente del grupo.

5.2.1.4. Comparación de la impedancia bioeléctrica

En la tabla 9 nos enteramos que el porcentaje de masa grasa del grupo EXP presenta valores medios superiores al del grupo CTL. Sin embargo, observamos que, con respecto al peso de la masa grasa, el grupo CTL presenta una media con casi 1,5 kg menos que el EXP. Las medias indican que es el grupo CTL lo que presenta un porcentaje ($43,5$ vs $44,3\%$) y peso ($28,3$ vs $29,7 \text{ kg}$) de masa grasa más bajo. Por fin, referimos que, como los valores mínimos de los dos grupos son superiores a 35%, se considera que la totalidad de la muestra se presenta con niveles de obesidad, segundo las cifras propuestas por el fabricante del aparato de impedancia bioeléctrica.

La distribución del porcentaje y peso de masa grasa de los dos grupos antes del ensayo clínico ha sido evaluada con la prueba *Shapiro-Wilk* (Porcentaje: $SW(17)_{EXP}=0,952$; $p=0,496$; $SW(15)_{CTL}=0,975$; $p=0,925$; Peso: $SW(17)_{EXP}=0,968$; $p=0,790$; $SW(15)_{CTL}=0,940$; $p=0,379$) y ambos se presentan significativamente normales. La homogeneidad de las varianzas (Levene: $p>0,05$) nos indica que se debe utilizar el test paramétrico *Independent Sample T test* (Porcentaje: $d=-0,812$; $t=-0,873$; g.l.=30; $p=0,390$; Peso: $d=-1,379$; $t=-1,086$; g.l.=21,829; $p=0,289$) y concluimos que tanto el porcentaje como el peso de masa grasa antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a lo del grupo CTL.

5.2.1.5. Comparación del perímetro abdominal

Se verifica en la tabla 9 que el grupo CTL presenta un perímetro abdominal 2,3 cm inferior al EXP, pero tiene una desviación típica más elevada. Como mínimos, el CTL presenta 73 cm mientras el EXP presenta 81 cm.

La distribución del perímetro abdominal de los dos grupos antes del ensayo clínico se evaluó con el *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,935$; $p=0,266$; $SW(15)_{CTL}=0,949$; $p=0,504$) y se presenta significativamente normal. La homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=1,572$; $p=0,220$) nos permite identificar los resultados de la prueba paramétrica *Independent Sample T test* ($d=-2,352$; $t=-0,848$; g.l.=30; $p=0,403$). Como el valor $p>0,05$ se puede concluir que el perímetro abdominal antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a lo del grupo CTL.

Con relación a la distribución de la clasificación del perímetro abdominal en los dos grupos, observamos que el grupo CTL presenta mayoritariamente la ausencia de riesgo mientras lo mismo no pasa en el EXP. La prueba del Ji-Cuadrado de *Pearson* (Ji-Cuadrado=1,087; g.l.=1; $p=0,287$) permite aceptar la hipótesis nula y concluir que la clasificación del perímetro abdominal antes del ensayo clínico es independiente del grupo.

5.2.1.6. Comparación de la perimetría de los miembros inferiores

La tabla 9 evidencia que, a 20 y 15 cm arriba del PSR, el perímetro medio de los dos muslos es casi idéntico entre los grupos CTL y EXP, y con desviaciones típicas siempre inferiores a 4 cm. A 10 cm arriba del PSR el perímetro medio sigue muy similar pero las desviaciones típicas suben a un máximo de 4,33 cm. Sin embargo, a 5 cm arriba del PSR, el perímetro medio es superior en el grupo CTL, pero por menos de 0,2 cm de diferencia, y con las desviaciones típicas alrededor de 3 cm. Por fin, en el PSR, el perímetro medio de los muslos es, una vez más, superior en el grupo CTL con cifras inferiores a 1 cm de diferencia; las desviaciones típicas tienen ahora cifras inferiores a 3 cm. Con la correlación de *Pearson* constatamos la existencia de correlaciones positivas altas o muy altas significativas ($p\leq 0,05$) entre los cinco perímetros del muslo derecho, izquierdo y entre los dos miembros, para cada grupo.

	MID	MII
20 cm del PSR (cm)	p=0,855ns	p=0,778ns
15 cm del PSR (cm)	p=0,975ns	p=0,621ns
10 cm del PSR (cm)	p=0,567ns	p=0,677ns
5 cm del PSR (cm)	p=0,821ns	p=0,672ns
PSR (cm)	p=0,546ns	p=0,478ns

Tabla 10. Prueba paramétrica de *Independent Sample T test* para el estudio de la normalidad de la perimetría de los miembros inferiores antes del ensayo clínico según el miembro inferior. Leyenda: ns - no significativo.

La distribución de los distintos perímetros mensurados en los muslos antes del ensayo clínico se evaluó con el *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=100\%$ $p>0,05$; $SW(15)_{CTL}=100\%$ $p>0,05$) y se presentan significativamente normales. Las posiciones medias revelan que nunca encontramos diferencias, entre el grupo CTL y EXP, superiores a 1 cm entre los miembros inferiores derecho e izquierdo. La homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p>0,05$) nos permite identificar los resultados de la prueba paramétrica *Independent Sample T test* (100% $p>0,05$) y se puede concluir que los distintos perímetros mensurados en los muslos antes del ensayo clínico del grupo EXP son significativamente iguales a los del grupo CTL, para cada uno de los dos miembros en estudio (tabla 10).

	CTL	EXP
20 cm del PSR (cm)	p=0,877ns	p=0,756ns
15 cm del PSR (cm)	p=0,953ns	p=0,602ns
10 cm del PSR (cm)	p=0,764ns	p=0,522ns
5 cm del PSR (cm)	p=0,951ns	p=0,847ns
PSR (cm)	p=1,000ns	p=0,937ns

Tabla 11. Prueba paramétrica de *Independent Sample T test* para el estudio de la diferencia de perímetro entre el miembro dominante y no dominante antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ns - no significativo.

Finalmente, creemos que es interesante examinar la comparación de los distintos perímetros mensurados entre los miembros inferiores dominante y no dominante (tabla 11). Con la prueba *Shapiro-Wilk* (100% $p>0,05$) verificamos que los dos grupos presentan una distribución significativamente normal. La homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p>0,05$) nos permite identificar los resultados de la prueba paramétrica *Independent Sample T test* (100% $p>0,05$) y concluimos que los distintos perímetros mensurados, antes del ensayo clínico, del miembro inferior derecho (dominante) son significativamente iguales a los del miembro inferior izquierdo (no dominante), para cada uno de los dos grupos en estudio.

5.2.2. Parámetro cardiovascular

	CTL			EXP			p
	χ	DP	Min-Máx.	χ	DP	Min-Máx.	
FC (ppm)	77,2	10,27	62,0-96,0	69,3	11,75	53,0-89,0	p=0,055ns~
FR (rpm)	17,2	2,81	12,0-20,0	17,4	1,97	16,0-20,0	p=0,852ns [~]
PAS (mmHg)	128,9	13,01	113,0-155,0	124,3	14,32	100,0-160,0	p=0,354ns~
PAD (mmHg)	68,0	10,38	52,0-86,0	62,7	9,64	50,0-88,0	p=0,202ns [~]

Tabla 12. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro cardiovascular antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; [~] - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

5.2.2.1. Comparación de la frecuencia cardiaca y respiratoria

Observando la tabla 12 se observa que los valores medios de la FC son superiores en el grupo CTL (77,2 vs 69,3 ppm) sin embargo las desviaciones típicas son inferiores (10,27 vs 11,75 ppm). Con respecto a la FR, los valores medios son imperceptiblemente superiores en el EXP (17,4 vs 17,2 rpm).

Con la correlación de *Spearman* constatamos la existencia de dos correlaciones positivas, una moderada (CTL: rho=0,521) y otra alta (EXP: rho=0,768), pero ambas significativas ($p \leq 0,05$), para las FC y FR, en los dos grupos.

La distribución de la FC ($SW(17)_{EXP}=0,932$; $p=0,235$; $SW(15)_{CTL}=0,963$; $p=0,746$) de los grupos antes del ensayo clínico es significativamente normal mientras que la distribución de la FR ($SW(17)_{EXP}=0,611$; $p=0,000$; $SW(15)_{CTL}=0,798$; $p=0,003$) no lo es. Para la FC verificamos la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=1,053$; $p=0,313$) y utilizamos el *Independent Sample T test* ($d=7,847$; $t=1,998$; $g.l.=30$; $p=0,055$) al paso que en la FR recurrimos al test no paramétrico de *Mann-Whitney* ($U=122,5$; $W=242,5$; $Z=-0,215$; $p=0,852$). Sus resultados permiten concluir que la FC y FR antes del ensayo clínico del grupo EXP son significativamente iguales a las del CTL.

5.2.2.2. Comparación de la presión arterial

La tabla 12 evidencia que los valores medios de PAS del grupo CTL son 4 mmHg superiores al del EXP con cifras de desviación típica entre 13,0 y 14,4 mmHg, siendo superiores en el EXP. Sin embargo, la PAD media del CTL es 5,3 mmHg superior al del EXP.

Con la correlación de *Pearson* constatamos la existencia de dos correlaciones positivas moderadas no significativas ($p > 0,05$) de la PA en el grupo CTL ($r=0,485$) y EXP ($r=0,467$).

La distribución de la PA de los dos grupos antes del ensayo clínico se presenta significativamente normal en el caso de la PAS ($SW(17)_{EXP}=0,950$; $p=0,455$; $SW(15)_{CTL}=0,914$; $p=0,156$) pero no lo es en la PAD ($SW(17)_{EXP}=0,854$; $p=0,012$; $SW(15)_{CTL}=0,897$; $p=0,087$). Con el valor de la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=0,052$; $p=0,821$) verificamos los datos del *Independent Sample T test* ($d=4,580$; $t=0,942$; $g.l.=30$; $p=0,354$) de la PAS mientras la prueba de *Mann-Whitney* ($U=93,5$; $W=246,5$; $Z=-1,286$; $p=0,202$) nos indica los datos de la PAD. Asimismo, concluimos que la PA antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL.

5.2.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad

	CTL			EXP			p
	χ	DP	Min-Máx.	χ	DP	Min-Máx.	
<i>Sit&Up</i> (elevaciones)	14,6	2,41	11,0-19,0	13,1	2,74	9,0-21,0	p=0,082ns [~]
<i>Sit&Reach</i> (cm)	17,6	7,05	0,0-28,0	17,5	7,51	7,0-32,0	p=0,978ns [~]

Tabla 13. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro del equilibrio y flexibilidad antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; [~] - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

La tabla 13 nos muestra que, en media, las mayores del grupo CTL presentan valores de *Sit&Up* superiores a las del EXP (14,6 vs 13,1) al paso que en el *Sit&Reach* la diferencia media es casi mínima, cerca de 0,1 cm más en el CTL, y con desviaciones típicas también reducidas, alrededor de 0,5 cm.

Con la correlación de *Pearson* constatamos la existencia de dos correlaciones positivas, una nula (CTL: $r=0,053$) y otra baja (EXP: $r=0,265$), ambas no significativas ($p>0,05$) entre el equilibrio (*Sit&Up*) y flexibilidad (*Sit&Reach*) en los dos grupos.

La distribución del *Sit&Up* de los dos grupos antes del ensayo clínico se evaluó con el *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,889$; $p=0,045$; $SW(15)_{CTL}=0,964$; $p=0,768$) no se presentando significativamente normal mientras que la del *Sit&Reach* ($SW(17)_{EXP}=0,952$; $p=0,495$; $SW(15)_{CTL}=0,941$; $p=0,389$) si es significativamente normal. Con la prueba de *Mann-Whitney* ($U=81,0$; $W=234,0$; $Z=-1,771$; $p=0,082$) para el *Sit&Up* y con, primero, el valor de la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=0,519$; $p=0,477$) y, segundo, los datos del *Independent Sample T test* ($d=0,070$; $t=0,027$; g.l.=30; $p=0,978$) para el *Sit&Reach*, concluimos que las dos pruebas, antes del ensayo clínico, del grupo EXP son significativamente iguales a las del CTL.

5.2.4. Parámetro de la fuerza isocinética

5.2.4.1. Comparación de la fuerza isocinética de las rodillas a 60 y 120°/s

5.2.4.1.1. Comparación del torque máximo

		M.I. Derecho				M.I. Izquierdo			
		Extensión		Flexión		Extensión		Flexión	
		CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP
Velocidad angular de 60°/s	Mínimo	65,0	54,0	26,0	23,0	62,0	57,0	30,0	25,0
	Máximo	90,0	98,0	43,0	58,0	94,0	99,0	48,0	48,0
	Media	75,7	76,5	33,4	36,8	77,5	76,7	36,7	36,9
	D. Típica	8,39	14,74	5,23	9,61	10,16	11,72	6,16	7,84
	p	p=0,851ns~		p=0,208ns~		p=0,859ns~		p=0,882ns~	
Velocidad angular de 120°/s	Mínimo	61,0	39,0	26,0	18,0	49,0	51,0	24,0	24,0
	Máximo	90,0	104,0	47,0	59,0	82,0	95,0	48,0	48,0
	Media	71,5	70,0	33,9	34,4	69,6	70,5	34,8	34,5
	D. Típica	8,34	16,04	6,32	11,97	9,21	12,69	6,08	7,04
	p	p=0,743ns~		p=0,871ns~		p=0,828ns~		p=0,889ns~	

Tabla 14. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del torque máximo antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; " - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

Observando la tabla 14 verificamos, en las dos rodillas, que para extensión o flexión: los valores medios son siempre superiores a 60°/s; el valor máximo de la extensión es casi el doble de lo de la flexión; el valor medio es muy similar entre los dos grupos en estudio, independientemente de la velocidad o movimiento. Verificamos que los valores medios de extensión son alrededor de 75 Nm a 60°/s y 70 Nm a 120°/s mientras los de flexión son alrededor de 36 Nm a 60°/s y 33 Nm a 120°/s.

Verificamos que la distribución del torque máximo a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP=100\%} p>0,05$; $SW(15)_{CTL=100\%} p>0,05$) es significativamente normal. Con las $p>0,05$ en todas las pruebas de la homogeneidad de las varianzas (Levene: $p>0,05$) y con los resultados alcanzados con las pruebas *Independent Sample T test* (100% $p>0,05$) y *Mann-Whitney* ($U=123,5$; $W=243,5$; $Z=-0,151$; $p=0,882$), concluimos que el torque máximo a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual al del CTL.

5.2.4.1.2. Comparación del torque medio

		M.I. Derecho				M.I. Izquierdo			
		Extensión		Flexión		Extensión		Flexión	
		CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP
Velocidad angular de 60°/s	Mínimo	58,0	50,0	24,0	20,0	57,0	53,0	24,0	21,0
	Máximo	87,0	90,0	41,0	48,0	87,0	87,0	43,0	39,0
	Media	69,7	69,3	29,6	32,8	72,1	69,5	32,8	30,9
	D. Típica	8,25	12,91	4,51	7,90	8,94	8,94	5,58	5,22
	p	p=0,921ns~		p=0,156ns~		p=0,418ns~		p=0,339ns~	
Velocidad angular de 120°/s	Mínimo	51,0	34,0	21,0	16,0	42,0	42,0	17,0	16,0
	Máximo	78,0	85,0	38,0	43,0	70,0	77,0	39,0	35,0
	Media	59,4	60,3	26,3	26,9	60,2	60,1	27,7	26,5
	D. Típica	7,18	14,62	4,97	8,19	8,78	10,64	4,98	4,87
	p	p=0,827ns~		p=0,784ns~		p=0,882ns"		p=0,498ns~	

Tabla 15. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del torque medio antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; " - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

La tabla 15 nos muestra que en las dos rodillas: los valores máximos y medios del torque medio son siempre superiores a 60°/s; el torque medio máximo de la extensión es casi el doble de lo de la flexión; el valor medio es muy similar entre los dos grupos en estudio, independientemente de la velocidad o movimiento. Los valores medios de extensión son alrededor de 69 Nm a 60°/s y 59 Nm a 120°/s mientras los de flexión son alrededor de 31 Nm a 60°/s y 26 Nm a 120°/s; y los valores de las desviaciones típicas quedan entre los 4 y 12 Nm a 60°/s y entre los 4 y 14 Nm a 120°/s.

Comprobamos que la distribución del torque medio a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP=100\%} p > 0,05$; $SW(15)_{CTL=100\%} p > 0,05$) presenta una normalidad entre los dos grupos en estudio. Con las $p > 0,05$ en todas las pruebas de la homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p > 0,05$) y con los resultados alcanzados con las pruebas *Independent Sample T test* (100% $p > 0,05$) y *Mann-Whitney* ($U=123,0$; $W=276,0$; $Z=-0,170$; $p=0,882$), concluimos que el torque medio a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual al del CTL.

5.2.4.1.3. Comparación de la potencia máxima

		M.I. Derecho				M.I. Izquierdo			
		Extensión		Flexión		Extensión		Flexión	
		CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP
Velocidad angular de 60°/s	Mínimo	43,0	32,0	12,0	20,0	38,0	40,0	15,0	10,0
	Máximo	97,0	99,0	32,0	38,0	90,0	89,0	32,0	34,0
	Media	59,3	62,4	19,6	21,1	60,8	61,0	21,6	21,7
	D. Típica	13,13	19,04	5,36	9,28	12,20	13,36	5,36	6,97
	p	p=0,478ns [*]		p=0,551ns [*]		p=0,955ns [~]		p=0,962ns [~]	
Velocidad angular de 120°/s	Mínimo	68,0	43,0	22,0	15,0	50,0	50,0	16,0	18,0
	Máximo	145,0	172,0	59,0	61,0	134,0	149,0	51,0	56,0
	Media	91,9	98,4	32,2	34,6	95,0	97,4	36,1	35,2
	D. Típica	17,32	34,61	10,06	13,89	21,38	25,91	9,14	10,69
	p	p=0,331ns ^{**}		p=0,682ns ^{**}		p=0,784ns [~]		p=0,802ns [~]	

Tabla 16. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio de la potencia máxima antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; * - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

Observando la tabla 16 nos enteramos que en las dos rodillas: los valores máximos de la potencia máxima de extensión, a 60°/s, casi llegan a 100 Vatios mientras que pasan los 130 Vatios a 120°/s; los valores máximos de flexión a 60°/s corresponden a poco más de mitad de los de 120°/s. Los valores medios de extensión son alrededor de 60 Vatios a 60°/s y 95 Vatios a 120°/s mientras los de flexión son alrededor de 20 Vatios a 60°/s y 33 Vatios 120°/s.

Hicimos la correlación de *Pearson* o *Spearman* entre el torque máximo y la potencia máxima y las principales constataciones son la existencia de: 1) una correlación positiva muy alta significativa ($p=0,004$) para la extensión y flexión del miembro derecho a las dos velocidades, para los dos grupos; 2) una correlación positiva muy alta significativa ($p=0,000$) para la extensión y alta o muy alta significativa ($p=0,011$) para la flexión del miembro izquierdo a las dos velocidades, para los dos grupos;

Comprobamos que la distribución de la potencia máxima a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP=100\%} p>0,05$; $SW(15)_{CTL=50\%} p>0,05$) se presenta normal entre los dos grupos en estudio. Con las $p>0,05$ en todas las pruebas de la homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p>0,05$) y con los resultados alcanzados con las pruebas *Independent Sample T test* (100% $p>0,05$) y *Mann-Whitney* (100% $p>0,05$), se aclara que la potencia máxima a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual al del CTL.

5.2.4.1.4. Comparación del porcentaje de flexión/extensión

		M.I. Derecho		M.I. Izquierdo	
		CTL	EXP	CTL	EXP
Velocidad angular de 60°/s	Mínimo	30,0	28,5	36,5	31,6
	Máximo	63,9	61,4	54,8	61,0
	Media	43,2	48,5	47,4	49,0
	D. Típica	8,33	9,46	5,64	8,45
	p	p=0,107ns~		p=0,539ns~	
Velocidad angular de 120°/s	Mínimo	36,1	26,9	38,8	33,3
	Máximo	62,5	65,4	64,0	64,5
	Media	47,3	48,8	50,3	49,5
	D. Típica	6,91	10,04	7,56	9,05
	p	p=0,632ns~		p=0,793ns~	

Tabla 17. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del porcentaje de flexión/extensión antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; ns - no significativo.

Prestando atención a la tabla 17 nos damos cuenta que, en las dos rodillas, los valores medios del porcentaje de flexión/extensión son superiores en el grupo EXP a 60 y 120°/s con la excepción del miembro inferior izquierdo a 120°/s.

Comprobamos que la distribución del porcentaje de flexión/extensión a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=100\%$ $p>0,05$; $SW(15)_{CTL}=100\%$ $p>0,05$) es normal. Con las pruebas de la homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p>0,05$) y los resultados de *Independent Sample T test* (100% $p>0,05$), concluimos que el porcentaje de flexión/extensión a 60 y 120°/s de las rodillas antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual al del CTL.

5.2.4.1.5. Comparación entre miembro dominante y no dominante

	CTL	EXP
Torque máximo 60°/s E	p=0,615ns~	p=0,959ns~
Torque máximo 120°/s E	p=0,552ns~	p=0,812ns~
Torque medio 60°/s E	p=0,451ns~	p=0,985ns~
Torque medio 120°/s E	p=0,461ns~	p=0,820ns~
Potencia máxima 60°/s E	p=0,595ns~	p=0,958ns~
Potencia máxima 120°/s E	p=0,345ns~	p=0,849ns~
Torque máximo 60°/s F	p=0,174ns~	p=0,963ns~
Torque máximo 120°/s F	p=0,684ns~	p=0,865ns~
Torque medio 60°/s F	p=0,095ns~	p=0,405ns~
Torque medio 120°/s F	p=0,448ns~	p=0,934ns~
Potencia máxima 60°/s F	p=0,436ns~	p=0,929ns~
Potencia máxima 120°/s F	p=0,137ns~	p=0,986ns~
% F/E 60°/s	p=0,117ns~	p=0,840ns~
% F/E 120°/s	p=0,280ns~	p=0,891ns~

Tabla 18. Estudio de la diferencia de las variables isocinéticas entre el miembro dominante y no dominante antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; ~ - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

Por fin, queremos hacer referencia a la comparación entre los miembros inferiores dominante y no dominante en las distintas variables isocinéticas evaluadas. Con la prueba *Shapiro-Wilk* (78,5% $p > 0,05$) verificamos que los dos grupos presentan, en la gran mayoría de las variables, una distribución significativamente normal. La homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p > 0,05$) nos permiten identificar los resultados de la prueba paramétrica *Independent Sample T test* (100% $p > 0,05$) y *Mann-Whitney* (100% $p > 0,05$) y concluir que las distintas variables isocinéticas evaluadas, antes del ensayo clínico, del miembro inferior derecho (dominante) son significativamente iguales a las del miembro inferior izquierdo (no dominante), para cada uno de los grupos en estudio (tabla 18).

5.2.5. Parámetro de la calidad de vida

	CTL			EXP			p
	χ	DP	Min-Máx.	χ	DP	Min-Máx.	
Función física	56,6	27,10	10,0-100,0	60,0	19,20	20,0-90,0	p=0,688ns~
Rol físico	78,3	28,13	25,0-100,0	55,8	38,04	0,0-100,0	p=0,097ns"
Dolor corporal	83,5	14,18	58,5-100,0	73,5	15,18	46,0-94,0	p=0,064ns~
Salud general	63,5	9,19	50,0-70,0	57,3	13,42	32,0-77,0	p=0,216ns"
Vitalidad	60,0	20,78	15,0-90,0	52,3	14,15	30,0-85,0	p=0,229ns~
Función social	86,6	17,97	50,0-100,0	72,7	24,30	25,0-100,0	p=0,123ns"
Rol emocional	82,2	33,01	0,0-100,0	74,5	40,01	0,0-100,0	p=0,655ns"
Salud mental	65,8	20,33	12,0-92,0	61,4	12,95	40,0-88,0	p=0,246ns"
Evolución declarada	58,6	14,07	20,0-80,0	67,0	12,12	60,0-100,0	p=0,216ns"
CSF	45,9	6,44	36,3-57,7	43,0	6,03	32,9-53,0	p=0,196ns~
CSM	48,5	11,86	19,6-65,5	44,9	8,78	25,5-58,0	p=0,337ns~

Tabla 19. Estadísticas descriptivas y pruebas estadísticas para el estudio del parámetro de la calidad de vida (SF-36) antes del ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; " - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; ns - no significativo.

5.2.5.1. Función física

En la tabla 19 se expone que, en esta escala, el grupo EXP presenta un porcentaje de CV casi 4% superior que el CTL además de una desviación típica más reducida. Verificamos que la distribución de la escala de la función física de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico, evaluado con el *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,970$; $p=0,814$; $SW(15)_{CTL}=0,958$; $p=0,653$), es significativamente normal. Con el valor de la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=1,465$; $p=0,236$) juntamente con el *Independent Sample T test* ($d=-3,333$; $t=-0,405$; $g.l.=30$; $p=0,688$) concluimos que la escala de la función física de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL.

5.2.5.2. Rol físico

La tabla 19 muestra que el grupo CTL presenta una media superior al del EXP con valores de 78,3 y 55,8%, respectivamente. Verificamos que la distribución de la escala del rol físico de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=0,875$; $p=0,027$; $SW(15)_{CTL}=0,763$; $p=0,001$) y el resultado esclarece que no es normal. Con la prueba de *Mann-Whitney* ($U=83,5$; $W=236,5$; $Z=-1,733$; $p=0,097$)

verificamos que la escala del rol físico de la CV (SF-36) es significativamente igual entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.3. Dolor corporal

La tabla 19 nos lleva a enterar que, a pesar de desviaciones típicas muy similares, la media del CTL es 10% superior al del grupo EXP. La distribución de la escala del dolor corporal de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=0,920$; $p=0,148$; $SW(15)_{CTL}=0,898$; $p=0,089$) es significativamente normal. Con el valor de la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=0,188$; $p=0,668$) juntamente con el *Independent Sample T test* ($d=10,033$; $t=1,924$; $g.l.=30$; $p=0,064$) concluimos que la escala del dolor corporal de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL.

5.2.5.4. Salud general

En la tabla 19 se verifica, una vez más, el grupo CTL presenta una media superior al del EXP, 63,5 y 57,3%, respectivamente. Verificamos que la distribución de la escala de la salud general de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=0,951$; $p=0,466$; $SW(15)_{CTL}=0,874$; $p=0,039$) no representa una situación en que es normal. Sin embargo, utilizando la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* ($U=94,5$; $W=247,5$; $Z=-1,258$; $p=0,216$), como el valor de $p>0,05$, se concluye que la escala de la salud general de la CV (SF-36) es significativamente igual entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.5. Vitalidad

Verificamos en la tabla 19 que la media y la desviación típica es superior en el CTL cuando comparado con el grupo EXP. Los datos de la distribución de la escala de la vitalidad de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=0,919$; $p=0,144$; $SW(15)_{CTL}=0,943$; $p=0,422$) es normal. El valor de la homogeneidad de las varianzas (Levene: $F(1,30)=2,239$; $p=0,145$) y el *Independent Sample T test* ($d=7,647$; $t=1,229$; $g.l.=30$; $p=0,229$) nos revelan que la escala de la vitalidad de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL.

5.2.5.6. Función social

Constatamos en la tabla 19, que el grupo CTL presenta una media superior al del EXP, 86,6 y 72,7%, respectivamente. Verificamos que la distribución de la escala de la función social de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=0,888$; $p=0,042$; $SW(15)_{CTL}=0,751$; $p=0,001$) revela la ausencia de normalidad. Con la prueba de *Mann-Whitney* ($U=86,5$; $W=239,5$; $Z=-1,626$; $p=0,123$), como el valor de $p>0,05$, concluimos que la escala de la función social de la CV (SF-36) es significativamente igual entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.7. Rol emocional

Según el resultado de la tabla 19, nos enteramos que el grupo CTL tiene una media un poco superior al del EXP. Verificamos que la distribución de la escala del rol emocional de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico

($SW(17)_{EXP}=0,658$; $p=0,000$; $SW(15)_{CTL}=0,609$; $p=0,000$) no es normal. La prueba de *Mann-Whitney* ($U=115,0$; $W=268,0$; $Z=-0,576$; $p=0,655$) expone un valor de $p>0,05$ por lo que concluimos que la escala del rol emocional de la CV (SF-36) es significativamente igual entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.8. Salud mental

La tabla 19 los resultados refieren que el grupo CTL tiene una media un poco superior al del EXP, una vez más. La distribución de la escala de la salud mental de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico ($SW(17)_{EXP}=0,959$; $p=0,619$; $SW(15)_{CTL}=0,871$; $p=0,035$) no es normal. Por su lado, la prueba de *Mann-Whitney* ($U=96,0$; $W=249,0$; $Z=-1,198$; $p=0,246$) muestra un valor de $p>0,05$ por lo que concluimos que la escala de la salud mental de la CV (SF-36) es significativamente igual entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.9. Evolución declarada de la salud

Observando ahora la tabla 19, verificamos que es el grupo EXP el que tiene una media superior de la percepción de su salud. La distribución de la evolución declarada de la salud de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico, evaluada con la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(17)_{EXP}=0,963$; $p=0,000$; $SW(15)_{CTL}=0,702$; $p=0,000$), expone un resultado que exprime que no existe normalidad. Con la prueba no paramétrica de *Mann-Whitney* ($U=94,0$; $W=214,0$; $Z=-1,603$; $p=0,216$) concluimos que la evolución declarada de la salud de la CV (SF-36) es significativamente igual entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.10. Componente sumario físico y mental del SF-36

Por fin, la tabla 19 muestra que el grupo CTL presenta, en ambos los componentes sumarios, una media superior que el EXP, aunque pequeña. Observamos que la distribución de los dos componentes sumarios de la CV (SF-36) antes del ensayo clínico empezamos y según la prueba *Shapiro-Wilk* (CSF: $SW(17)_{EXP}=0,954$; $p=0,524$; $SW(15)_{CTL}=0,950$; $p=0,520$; CSM: $SW(17)_{EXP}=0,945$; $p=0,388$; $SW(15)_{CTL}=0,898$; $p=0,090$), nos muestran que existe normalidad para los dos componentes. El valor de la homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p>0,05$) y de la prueba paramétrica de *Independent Sample T test* (CSF: $d=2,934$; $t=1,325$; $g.l.=28,915$; $p=0,196$; CSM: $d=3,567$; $t=0,975$; $g.l.=30$; $p=0,337$) concluye que los CSF y CSM de la CV (SF-36) son significativamente iguales entre el grupo EXP y CTL antes del ensayo clínico.

5.2.5.11. Correlaciones y Alfa de Cronbach del SF-36

Hicimos la correlación de *Pearson* para la función física y vitalidad y verificamos la existencia de una correlación positiva baja, no significativa, para cada grupo. Para las otras escalas hicimos una correlación de *Spearman* y solamente se encontraron dos correlaciones positivas moderadas significativas ($p\leq 0,05$): entre la evolución declarada de la salud y el rol emocional y, la otra, entre la función social y la salud mental. Las demás escalas no presentan más que correlaciones bajas no significativas.

Por fin, las informaciones recogidas del SF-36 fueron utilizadas para evaluar la consistencia interna según el *Alfa de Cronbach*, o sea, el grado en que las escalas se correlacionan entre sí. Asimismo, obtuvimos un *Alfa de Cronbach* ($\alpha=0,764$) que revela una consistencia interna elevada.

5.2.6. Análisis gráfico de la matriz de datos multivariantes de las variables experimentales iniciales

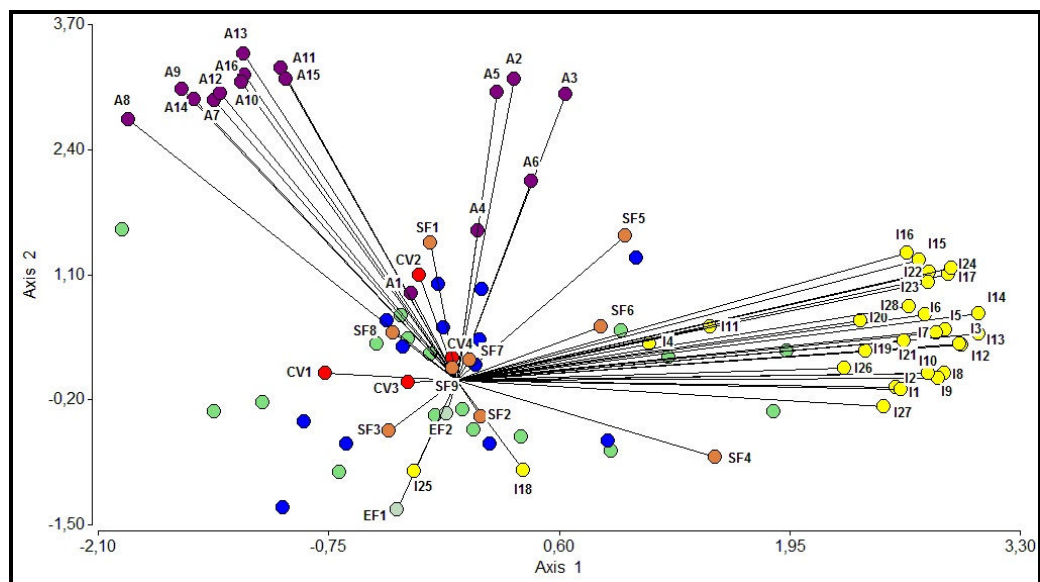


Gráfico 2. Biplot de las variables experimentales al inicio del ensayo clínico. Leyenda: ● Mayores del grupo CTL; ● Mayores del grupo EXP; ● A1-A16: Antropométricas: A1 - Talla; A2 - Peso; A3 - IMC; A4 - BIA (% grasa); A5 - BIA (kg grasa); A6 - Perímetro abdominal; A7 - MID: 20 cm del PSR; A8 - MID: 15 cm del PSR; A9 - MID: 10 cm del PSR; A10 - MID: 5 cm del PSR; A11 - MID: PSR; A12 - MII: 20 cm del PSR; A13 - MII: 15 cm del PSR; A14 - MII: 10 cm del PSR; A15 - MII: 5 cm del PSR; A16 - MII: PSR; ● CV1-CV4: Cardiovasculares: CV1 - FC; CV2 - FR; CV3 - PAS; CV4 - PAD; ● EF1-EF2: Equilibrio y flexibilidad: EF1 - *Sit&Up*; EF2 - *Sit&Reach*; ● I1-I28: Fuerza isocinética: I1 - Torque máximo 60°/s E MID; I2 - Torque medio 60°/s E MID; I3 - Potencia máxima 60°/s E MID; I4 - %F/E 60°/s MID; I5 - Torque máximo 60°/s F MID; I6 - Torque medio 60°/s F MID; I7 - Potencia máxima 60°/s F MID; I8 - Torque máximo 120°/s E MID; I9 - Torque medio 120°/s E MID; I10 - Potencia máxima 120°/s E MID; I11 - %F/E 120°/s MID; I12 - Torque máximo 120°/s F MID; I13 - Torque medio 120°/s F MID; I14 - Potencia máxima 120°/s F MID; I15 - Torque máximo 60°/s E MII; I16 - Torque medio 60°/s E MII; I17 - Potencia máxima 60°/s E MII; I18 - %F/E 60°/s MII; I19 - Torque máximo 60°/s F MII; I20 - Torque medio 60°/s F MII; I21 - Potencia máxima 60°/s F MII; I22 - Torque máximo 120°/s E MII; I23 - Torque medio 120°/s E MII; I24 - Potencia máxima 120°/s E MII; I25 - %F/E 120°/s MII; I26 - Torque máximo 120°/s F MII; I27 - Torque medio 120°/s F MII; I28 - Potencia máxima 120°/s F MII; ● SF1-SF9: Calidad de vida: SF1 - Función física; SF2 - Rol físico; SF3 - Dolor corporal; SF4 - Salud general; SF5 - Vitalidad; SF6 - Función social; SF7 - Rol emocional; SF8 - Salud mental; SF9 - Evolución declarada de la salud.

Observando el biplot (gráfico 2), referente a las variables experimentales iniciales de la muestra, verificamos que las mayores de los dos grupos están mezcladas y distribuidas alrededor del centro de los dos ejes, lo que significa haber semejanza entre los dos grupos. En cuanto a las variables del parámetro antropométrico, verificamos que se dividen en dos grupos correlacionados,

cercanos uno del otro, divididas entre las primeras 6 variables (talla, peso, IMC, porcentaje y peso de la impedancia bioeléctrica, y perímetro abdominal) y las restantes, que respectan todas las de la perimetría de los miembros inferiores. En cuanto a las variables del parámetro cardiovascular observamos que la FC y FR están relacionadas pero no tanto con las variables de la PA, una vez que están muy cercanas entre sí además de ubicarse casi en el centro de los ejes. Con relación al parámetro del equilibrio y flexibilidad, observamos que se encuentran cerca una de la otra, comprobando correlación entre las dos. En cuanto a las características del parámetro de la fuerza isocinética, verificamos una vez más que, mayoritariamente, se distribuyen sobre el lado derecho del gráfico exceptuando dos variables: I18 y I25, que respectan el porcentaje de flexión/extensión tanto a 60 como a 120°/s del miembro inferior izquierdo; sin embargo, esta variable para el miembro derecho se asocia más a las restantes variables isocinéticas investigadas. Por fin, observamos que la distribución de las variables del parámetro de la CV (SF-36), que es la más errática ya que las 9 variables se encuentran dispersas por el gráfico, aunque el rol emocional y la evolución declarada de la salud estén muy cercanas.

En general, el biplot puede ser dividido en 5 grandes zonas: la primera, en la esquina superior izquierda, respecta solamente los distintos perímetros mensurados en los muslos de las mayores; la segunda zona, centro superior, engloba las restantes características antropométricas además de la FR y PAD y las escalas del SF-36: función física, vitalidad, salud mental, rol emocional y evolución declarada de la salud; la tercera zona, a la derecha, respecta casi todas las variables isocinéticas exceptuando las de los porcentajes de flexión/extensión una vez que estas se encuentran en otra zona, la cuarta, junto con las escalas de la salud general y función social; por fin, la quinta zona, centro inferior, asocia la FC a la PAS así como a las dos variables del parámetro del equilibrio y flexibilidad y las escalas del rol físico y dolor corporal.

En conclusión, el gráfico muestra dos aspectos importantes: primero, que las mayores de los dos grupos se distribuyen de igual forma no existiendo discriminación de mayores de un grupo en particular frente al otro, lo que revela que los dos grupos son homogéneos; segundo, que los varios parámetros evaluados se encuentran ubicados en zonas específicas del gráfico, aunque las variables de la CV estén más alejadas unas de las otras pero alrededor del centro de los ejes.

5.2.7. Resumen de las características experimentales iniciales

Hemos terminado de divulgar las distintas variables de las características experimentales que pretendemos volver a evaluar a lo largo del ensayo clínico para examinar hasta que punto un programa de electroterapia de baja frecuencia es susceptible de influenciar. Resumidamente (tabla 20), hemos comparado, entre el grupo CTL y EXP, un total de 63 variables experimentales divididas en 5 parámetros: antropométrico (18 variables), cardiovascular (4 variables), equilibrio y flexibilidad (2 variables), fuerza isocinética (28 variables) y de calidad de vida (11 variables). En suma, todas las 63 variables estudiadas presentan una relación significativamente igual entre el grupo CTL y EXP. Además, destacamos que

hemos examinado también las relaciones entre los miembros inferiores dominante y no dominante, para cada grupo, en las varias variables de la perimetría de los muslos y de la evaluación isocinética y, una vez más, de un total de 38 pruebas estadísticas, volvemos a verificar la existencia de una relación significativamente igual entre el miembro dominante y no dominante, tanto para el grupo CTL como EXP. Asimismo concluimos que, al inicio del ensayo clínico, los dos grupos en estudio son homogéneos con respecto a todas las características experimentales evaluadas.

CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES			
	CTL	EXP	p
Antropométricas			
Talla ^ˆ	150,3±3,61	151,7±4,85	p=0,516ns
Peso~	64,8±7,20	66,9±3,69	p=0,327ns
IMC ^ˆ	28,7±2,55	29,0±1,57	p=0,985ns
Clasificación IMC [^]	-	-	p=0,467ns
BIA (% grasa)~	43,5±2,90	44,3±2,35	p=0,390ns
BIA (kg grasa)~	28,3±4,32	29,7±2,50	p=0,289ns
Perimetro abdominal~	89,0±9,12	91,3±6,49	p=0,403ns
Clasificación perimetro abdominal [^]	-	-	p=0,287ns
MID: 20 cm del PSR~	54,8±3,85	54,6±2,75	p=0,855ns
MID: 15 cm del PSR~	50,8±3,20	50,8±2,95	p=0,975ns
MID: 10 cm del PSR~	46,1±2,44	46,6±3,08	p=0,567ns
MID: 5 cm del PSR~	42,0±2,84	41,8±3,28	p=0,821ns
MID: PSR~	40,1±2,66	39,5±2,95	p=0,546ns
MII: 20 cm del PSR~	54,6±3,38	54,3±3,14	p=0,778ns
MII: 15 cm del PSR~	50,9±3,55	50,3±3,59	p=0,621ns
MII: 10 cm del PSR~	46,3±2,71	45,8±4,33	p=0,677ns
MII: 5 cm del PSR ^ˆ	42,0±3,01	41,6±3,00	p=0,672ns
MII: PSR~	40,1±2,64	39,4±3,02	p=0,478ns
Cardiovasculares			
Frecuencia cardiaca~	77,2±10,27	69,3±11,75	p=0,055ns
Frecuencia respiratoria ^ˆ	17,2±2,81	17,4±1,97	p=0,852ns
Presión arterial sistólica~	128,9±13,01	124,3±14,32	p=0,354ns
Presión arterial diastólica ^ˆ	68,0±10,38	62,7±9,64	p=0,202ns
Equilibrio y Flexibilidad			
Sit&Up ^ˆ	14,6±2,41	13,1±2,74	p=0,082ns
Sit&Reach~	17,6±7,05	17,5±7,51	p=0,978ns
Fuerza Isocinética			
Torque máximo 60°/s E MID~	75,7±8,39	76,5±14,74	p=0,851ns
Torque máximo 60°/s E MII~	77,5±10,16	76,7±11,72	p=0,859ns
Torque máximo 120°/s E MID~	71,5±8,34	70,0±16,04	p=0,743ns
Torque máximo 120°/s E MII~	69,6±9,21	70,5±12,69	p=0,828ns
Torque medio 60°/s E MID~	69,7±8,25	69,3±12,91	p=0,921ns
Torque medio 60°/s E MII~	72,1±8,94	69,5±8,94	p=0,418ns
Torque medio 120°/s E MID~	59,4±7,18	60,3±14,62	p=0,827ns
Torque medio 120°/s E MII ^ˆ	60,2±8,78	60,1±10,64	p=0,882ns
Potencia máxima 60°/s E MID ^ˆ	59,3±13,13	62,4±19,04	p=0,478ns
Potencia máxima 60°/s E MII~	60,8±12,20	61,0±13,36	p=0,955ns
Potencia máxima 120°/s E MID ^ˆ	91,9±17,32	98,4±34,61	p=0,331ns
Potencia máxima 120°/s E MII~	95,0±21,38	97,4±25,91	p=0,784ns

Torque máximo 60°/s F MID~	33,4±5,23	36,8±9,61	p=0,208ns
Torque máximo 60°/s F MII [^]	36,7±6,16	36,9±7,84	p=0,882ns
Torque máximo 120°/s F MID~	33,9±6,32	34,4±11,97	p=0,871ns
Torque máximo 120°/s F MII~	34,8±6,08	34,5±7,04	p=0,889ns
Torque medio 60°/s F MID~	29,6±4,51	32,8±7,90	p=0,156ns
Torque medio 60°/s F MII~	32,8±5,58	30,9±5,22	p=0,339ns
Torque medio 120°/s F MID~	26,3±4,97	26,9±8,19	p=0,784ns
Torque medio 120°/s F MII~	27,7±4,98	26,5±4,87	p=0,498ns
Potencia máxima 60°/s F MID [^]	19,6±5,36	21,1±9,28	p=0,551ns
Potencia máxima 60°/s F MII~	21,6±5,36	21,7±6,97	p=0,962ns
Potencia máxima 120°/s F MID [^]	32,2±10,06	34,6±13,89	p=0,682ns
Potencia máxima 120°/s F MII~	36,1±9,14	35,2±10,69	p=0,802ns
% F/E 60°/s MID~	43,2±8,33	48,5±9,46	p=0,107ns
% F/E 60°/s MII~	47,4±5,64	49,0±8,45	p=0,539ns
% F/E 120°/s MID~	47,3±6,91	48,8±10,04	p=0,632ns
% F/E 120°/s MII~	50,3±7,56	49,5±9,05	p=0,793ns
Calidad de Vida			
Función física~	56,6±27,10	60,0±19,20	p=0,688ns
Rol físico [^]	78,3±28,13	55,8±38,04	p=0,097ns
Dolor corporal~	83,5±14,18	73,5±15,18	p=0,064ns
Salud general [^]	63,5±9,19	57,3±13,42	p=0,216ns
Vitalidad~	60,0±20,78	52,3±14,15	p=0,229ns
Función social [^]	86,6±17,97	72,7±24,30	p=0,123ns
Rol emocional [^]	82,2±33,01	74,5±40,01	p=0,655ns
Salud mental [^]	65,8±20,33	61,4±12,95	p=0,246ns
Evolución declarada de la salud [^]	58,6±14,07	67,0±12,12	p=0,216ns
Componente sumario físico~	45,9±6,44	43,0±6,03	p=0,196ns
Componente sumario mental~	48,5±11,86	44,9±8,78	p=0,337ns

Tabla 20. Media, desviación típica y nivel de significación de las características experimentales en estudio antes del ensayo clínico. Leyenda: ~ - prueba paramétrica *Independent Sample T test*; [^] - prueba no paramétrica *Mann-Whitney*; ^ - prueba Ji-Cuadrado de *Pearson*; ns - no significativo.

5.3. EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES

5.3.1. Parámetro antropométrico

5.3.1.1. Comparación de la talla

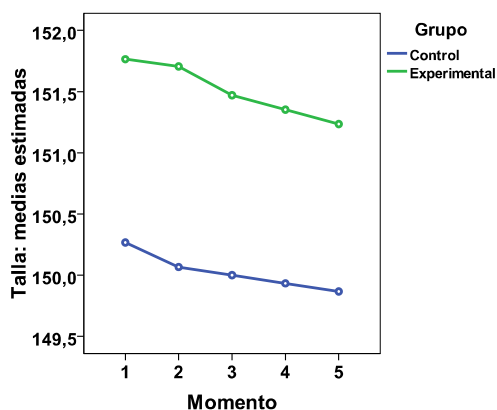


Gráfico 3. Gráfico de líneas de la evolución de la talla en el ensayo clínico según el grupo.

El gráfico 3 nos indica que la talla ha disminuido progresivamente en los dos grupos en estudio. Sin embargo, la disminución no es idéntica una vez que el grupo CTL ha disminuido, en media, 4 mm (0,3%) y el EXP 6 mm (0,4%).

Con respecto a la talla y su evolución a lo largo del ensayo clínico, verificamos ($SW(32)_{Total}=80\%$ $p>0,05$) que la distribución de su muestra no es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad por lo que se debe utilizar la prueba no paramétrica de *Friedman two-way ANOVA* para la investigación de la influencia del programa de electroterapia sobre la talla de las mayores en estudio.

Con relación a la evolución de la talla en los cinco momentos de evaluación e investigando separadamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=15,143$; g.l.=4; $p=0,004$; $\chi^2(17)_{EXP}=22,148$; g.l.=4; $p=0,000$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula para cada grupo, permitiendo concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución de la talla es significativamente diferente de los demás momentos en cada uno de los grupos en estudio. Es nuestro interés ahora comparar la evolución entre los distintos momentos de la muestra total y, para eso, utilizamos la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=36,022$; g.l.=4; $p=0,000$) y rechazamos la hipótesis nula, concluyendo que existe por lo menos un momento en que la evolución la talla es significativamente diferente de los demás momentos.

5.3.1.2. Comparación del peso

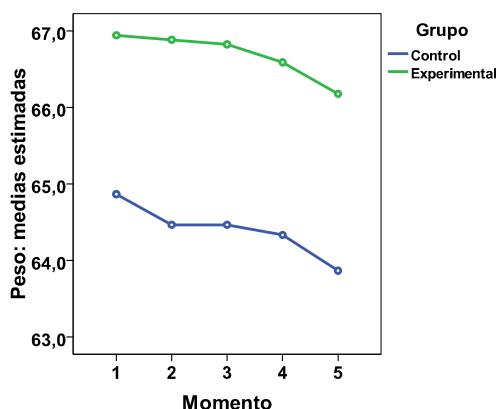


Gráfico 4. Gráfico de líneas de la evolución del peso en el ensayo clínico según el grupo.

El gráfico 4 nos indica que el peso ha disminuido progresivamente en los dos grupos en estudio. Sin embargo, la disminución no es idéntica una vez que el grupo CTL ha disminuido, en media, 0,9 kg (1,4%) mientras el EXP bajó 0,7 kg (1,0%) entre el primero y último momentos.

La distribución de la muestra en cuanto a la variable peso y su evolución en el ensayo clínico ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal y, consecuentemente, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica mientras la tabla 21 (anexo IV) confirma lo mismo para la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,364$) pero no para la esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,000$). Es por eso adecuado utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR pero según el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* para la correcta investigación de la influencia del programa de electroterapia sobre el peso de las mayores en estudio.

Verificamos que el promedio del peso del grupo EXP de los cinco momentos (66,7 kg) es superior al del grupo CTL (64,4 kg), lo que corresponde a una diferencia de 2,3 kg. Con base en la prueba ANOVA MR ($F(1)=1,116$; $p=0,299$; $Power=0,176$) se acepta la hipótesis nula, por lo que podemos concluir que la evolución del peso del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Comparando la evolución entre los cinco momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, nos enteramos que la variación del peso ha sido negativa, o sea, se ha perdido 0,9 kg entre la primera y la quinta evaluación (1,4%). Con base en la prueba ANOVA MR ($F(2,279)=7,198$; $p=0,001$; $Power=0,946$) se rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existe por lo menos un momento en que la evolución del peso es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el peso de cada uno de los 4 primeros momentos es significativamente diferente del peso del último momento ($p\leq 0,05$), es decir, cuando comparado con el peso final, el inicial tiene 0,88 kg más, el segundo momento tiene 0,65 kg más, el tercero 0,62 kg más y el cuarto momento tiene 0,43 kg más que el último momento. Ahora es nuestro objetivo verificar si existe un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento y la ANOVA MR ($F(2,279)=0,280$; $p=0,784$; $Power=0,095$) permite aceptar la

hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del peso no es dependiente del grupo.

5.3.1.3. Comparación del IMC y su clasificación

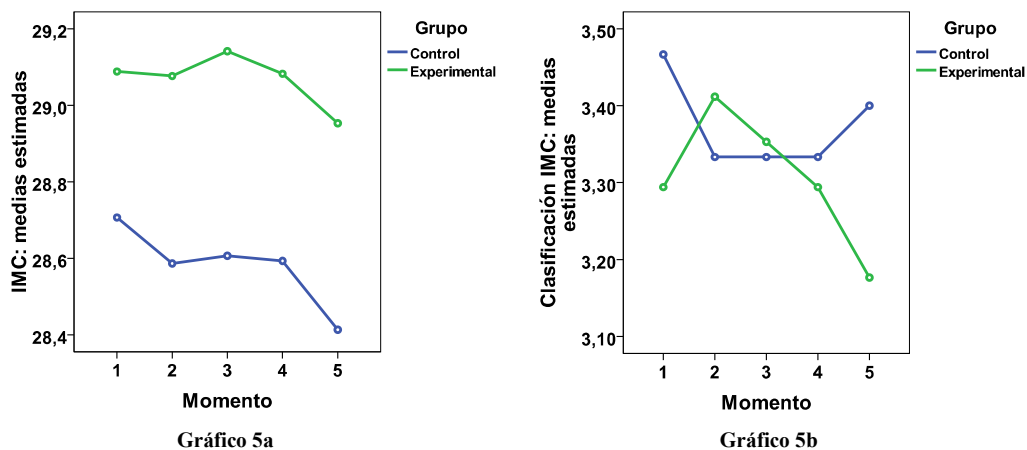


Gráfico 5. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del IMC en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 5a y 5b nos indican que el IMC ha disminuido entre el primero y el último momento en ambos los grupos. Sin embargo, el grupo EXP ha tenido, en el tercero momento, el promedio más alto en todo el ensayo clínico. Se verifica también en el gráfico que las mayores de los dos grupos presentan siempre cifras medias de sobrepeso (3) a lo largo del ensayo clínico.

Con relación a los datos del IMC y su evolución a lo largo del ensayo clínico, verificamos que la distribución de la muestra ($SW(32)_{Total}=60\%$ $p>0,05$) no es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que utilizaremos la prueba *Friedman two-way* ANOVA para la investigación de la influencia del programa de electroterapia sobre el IMC.

Así, en los cinco momentos de evaluación e investigando separadamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way* ANOVA ($\chi^2(15)_{CTL}=6,748$; g.l.=4; $p=0,150$; $\chi^2(17)_{EXP}=8,967$; g.l.=4; $p=0,062$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para cada grupo, o sea, concluimos que la evolución del IMC es significativamente igual entre los distintos momentos de cada grupo. Sin embargo, cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way* ANOVA ($\chi^2(32)_{Total}=15,374$; g.l.=4; $p=0,004$) rechaza la hipótesis nula, llevándonos a concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución del IMC es significativamente diferente de los demás momentos.

En cuanto a la evolución de la clasificación del IMC en los cinco momentos y estudiando cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way* ANOVA ($\chi^2(15)_{CTL}=5,433$; g.l.=4; $p=0,255$; $\chi^2(17)_{EXP}=8,800$; g.l.=4; $p=0,066$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para cada uno de los dos grupos y concluimos que la evolución de la clasificación del IMC es significativamente igual entre los distintos momentos de cada grupo. Pretendemos ahora comparar la evolución entre los cinco momentos de la muestra total, utilizando la prueba *Friedman two-*

way ANOVA ($\chi^2(32)_{\text{Total}}=4,250$; g.l.=4; $p=0,373$) y se vuelve a aceptar la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de la clasificación del IMC es significativamente igual en los distintos momentos.

5.3.1.4. Comparación de la impedancia bioeléctrica

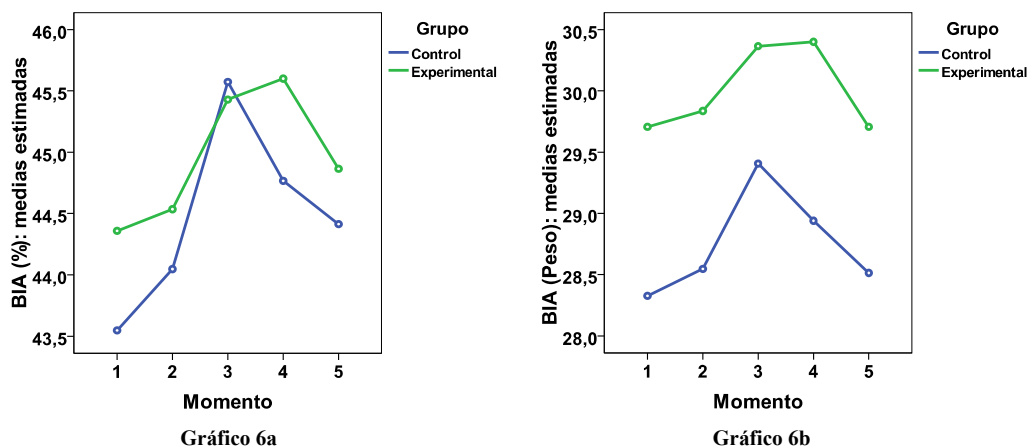


Gráfico 6. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje (a) y peso (b) de la masa grasa en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 6a y 6b nos dicen que la impedancia bioeléctrica, tanto el porcentaje como el peso, ha aumentado entre el primero y último momento, para ambos los grupos. Sin embargo, verificamos que el valor medio más alto se encuentra en el tercero o cuarto momento bajando siempre en el último momento pero para cifras superiores a las del primero momento.

La distribución de la muestra en las dos variables de la impedancia bioeléctrica y su evolución en el ensayo clínico ($SW(32)_{\text{Porcentaje}}=100\%$ $p>0,05$; $SW(32)_{\text{Peso}}=100\%$ $p>0,05$) revela que es significativamente normal para ambas. Así, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica y la tabla 21 (anexo IV) confirma lo mismo para la homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$) pero lo mismo no pasa para la esfericidad (*Mauchly's*: $p\leq 0,05$). Podemos utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR pero con el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* para su correcta aplicación en la investigación.

Verificamos que el porcentaje de la masa grasa media del grupo EXP (45,0%) es superior al del CTL (44,5%) lo que corresponde a una diferencia de 0,5%. Con base en la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,320$; $p=0,576$; $\text{Power}=0,085$) aceptamos la hipótesis nula y podemos concluir que la evolución del porcentaje de la masa grasa del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. De igual forma, verificamos que el peso de la masa grasa media del grupo EXP (30,0 kg) es, una vez más, superior al del CTL (28,7 kg) lo que corresponde a una diferencia de 1,3 kg. Con los datos de la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,891$; $p=0,353$; $\text{Power}=0,150$) se acepta la hipótesis nula y podemos también concluir que la evolución del peso de la masa grasa del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los distintos momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, nos enteramos que la variación del porcentaje así como del peso de la masa grasa ha aumentado hasta el tercer

momento y después ha bajado aún que al final presenta cifras superiores a las que tenía en el inicio del ensayo clínico. Con base en la prueba ANOVA MR ($F_{\text{Porcentaje}}(1,967)=6,974$; $p=0,002$; Power=0,910; $F_{\text{Peso}}(2,625)=5,521$; $p=0,003$; Power=0,904) se rechaza la hipótesis nula, pudiendo así concluirse que existe por lo menos un momento en que la impedancia bioeléctrica es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el porcentaje de la masa grasa inicial es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) del porcentaje del tercero (1,5% inferior) y cuarto momento (1,2% inferior). También verificamos que el porcentaje del segundo momento es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) del porcentaje del cuarto momento (0,8% inferior). En cuanto al peso de la masa grasa verificamos que las cifras iniciales son también significativamente diferentes ($p \leq 0,05$) de las cifras del tercero (0,86 kg menos) y cuarto momento (0,65 kg menos). Una vez más, también el peso del segundo momento es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) del peso del cuarto momento (0,47 kg menos). Por fin, pretendemos verificar si existe un efecto de interacción entre los factores grupo y momento. El efecto simultáneo nos permite observar que, entre el primero y último momento, los dos grupos han tenido un incremento del porcentaje y peso de la masa grasa, exceptuando el peso del EXP que se ha mantenido. La prueba ANOVA MR ($F_{\text{Porcentaje}}(1,967)=0,679$; $p=0,509$; Power=0,158; $F_{\text{Peso}}(2,625)=0,358$; $p=0,757$; Power=0,113) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la impedancia bioeléctrica no es dependiente del grupo.

5.3.1.5. Comparación del perímetro abdominal

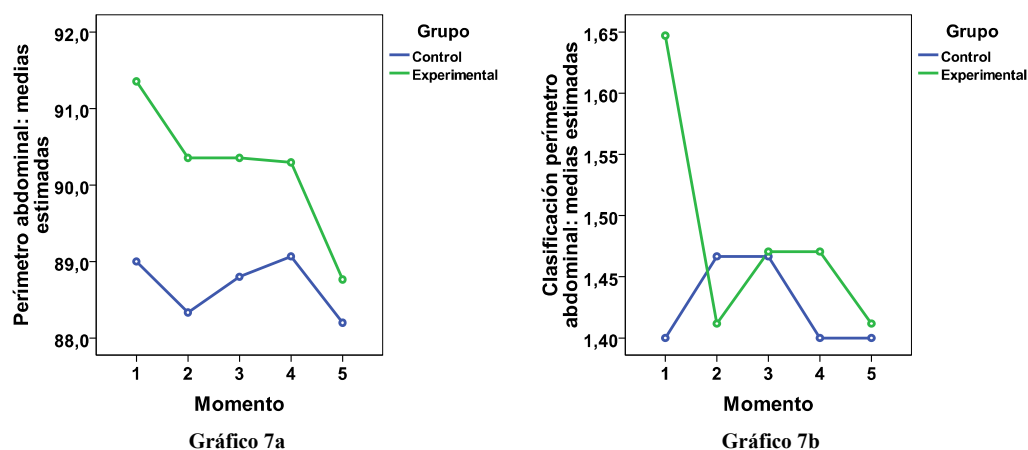


Gráfico 7. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del perímetro abdominal en el ensayo clínico según el grupo.

El gráfico 7a nos indica que el perímetro abdominal ha disminuido progresivamente en el grupo EXP y bajado en el CTL del primero al segundo momento y del cuarto al último momento. Sin embargo, la disminución es más marcada en el grupo EXP donde ha bajado 2,6 cm (2,8%) mientras en el CTL ha bajado 0,8 cm (0,9%). Se verifica también en el gráfico 7b que el grupo CTL ha mantenido, en media, sus cifras (con tendencia al sin riesgo) mientras el EXP ha bajado su nivel de riesgo a lo largo del ensayo.

La distribución de la muestra en cuanto al perímetro abdominal y su evolución en el estudio ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal. Así, verificamos el presupuesto de la normalidad de la muestra, de la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,245$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,176$) como nos confirma la tabla 21 (anexo IV). Es por eso adecuado utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR para investigar si el perímetro abdominal es influenciado por el programa de electroterapia.

Verificamos que el perímetro abdominal medio del grupo EXP (90,3 cm) es superior al del grupo CTL (88,7 cm) lo que corresponde a una diferencia de 1,6 cm. Con base en la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,384$; $p=0,540$; $Power=0,092$) aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que la evolución del perímetro abdominal del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los cinco momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, se torna claro que el perímetro abdominal medio ha bajado 1,8 cm entre la primera y la última evaluación (2,0%). Con base en la prueba ANOVA MR ($F(4)=4,179$; $p=0,003$; $Power=0,913$) se rechaza la hipótesis nula, es decir, podemos concluir que existe por lo menos un momento en que el perímetro abdominal es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el perímetro del primero (1,69 cm más) y del cuarto (1,19 cm más) momentos son significativamente diferentes ($p\leq 0,05$) del perímetro del último momento. Ahora pretendemos verificar si hay un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento. La ANOVA MR ($F(4)=1,312$; $p=0,269$; $Power=0,400$) permite aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del perímetro abdominal no es dependiente del grupo.

Con respecto a la evolución de la clasificación del perímetro abdominal en los varios momentos de evaluación e investigando separadamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=1,200$; g.l.=4; $p=0,878$; $\chi^2(17)_{EXP}=6,353$; g.l.=4; $p=0,174$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para cada grupo, es decir, se concluye que la evolución de la clasificación del perímetro abdominal es significativamente igual entre los distintos momentos de cada grupo. En cuanto a la comparación de la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=3,407$; g.l.=4; $p=0,492$) vuelve a aceptar la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de la clasificación del perímetro abdominal es significativamente igual en los distintos momentos.

5.3.1.6. Comparación de la perimetría de los miembros inferiores

5.3.1.6.1. Comparación de la perimetría del miembro inferior derecho

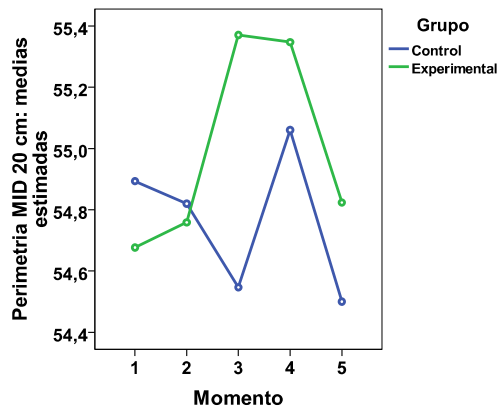


Gráfico 8a

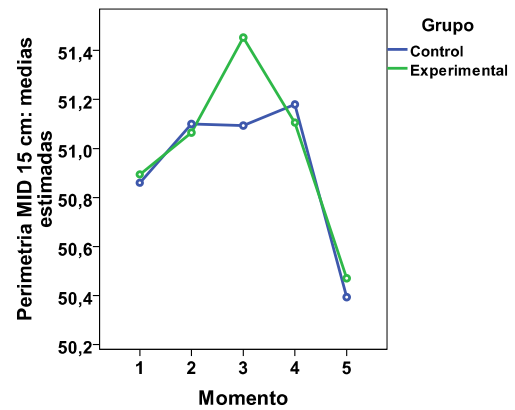


Gráfico 8b

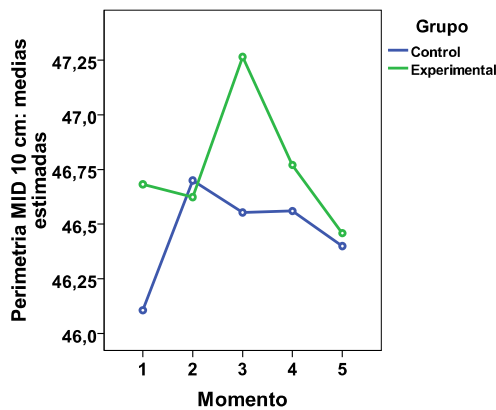


Gráfico 8c

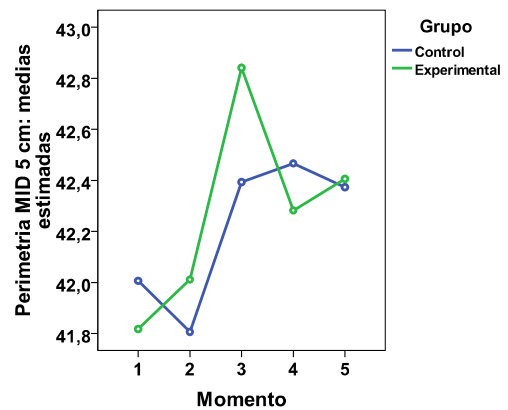


Gráfico 8d

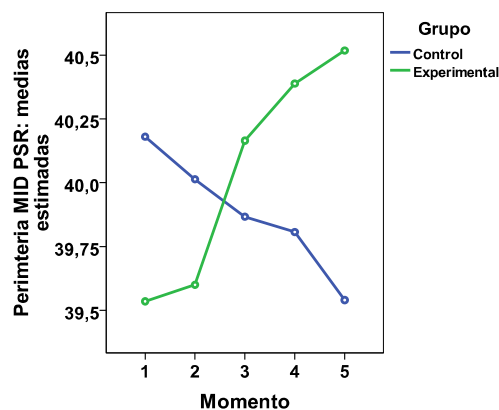


Gráfico 8e

Gráfico 8. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior derecho en el ensayo clínico según el grupo.

En los gráficos 8a a 8e se evidencia que la perimetría del miembro inferior derecho sufre variaciones muy similares entre el grupo CTL y el EXP exceptuando en la medida del PSR donde claramente el EXP ha ganado y el CTL

ha perdido centímetros. Así, verificamos que el EXP ha tenido un incremento de 2,5% mientras el CTL ha perdido 1,7% de perímetro en el miembro inferior derecho.

Con relación a la distribución de la muestra en los cinco perímetros medidos del miembro inferior derecho y su evolución en el estudio ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) se verifica que es significativamente normal para cada uno de los perímetros. Así, y para todos los perímetros medidos, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica así como lo de la homocedasticidad (*M de Box*: 80% $p>0,05$) pero nunca lo de la esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p\leq 0,05$) como observado en la tabla 21 (anexo IV). Por eso, utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR con el *Epsilon de Greenhouse-Geisser*.

Comprobamos que el promedio de la perimetría del miembro inferior derecho del grupo EXP es muchas veces superior al del CTL aún que sea casi irrelevante, una vez que nunca ultrapasa los 0,3 cm. La tabla 22 (anexo IV) nos regala las informaciones necesarias para averiguar los resultados de los estadísticos utilizados en las variables perímetro de los muslos. Es en ella, por ejemplo, que verificamos los resultados de la prueba ANOVA MR (100% $p>0,05$), que permite aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de los distintos perímetros medidos del miembro inferior derecho del grupo EXP es significativamente igual a los del CTL. Con respecto a los datos de la comparación de la evolución entre los distintos momentos, olvidando el factor grupo, nos enteramos que los distintos perímetros sufren variaciones de pequeña amplitud, sobre todo cuando comparamos el primero con el último momento. La prueba ANOVA MR (60% $p>0,05$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, permitiendo concluir que los distintos perímetros son significativamente iguales a lo largo del ensayo exceptuando a 15 y 5 cm arriba del PSR, una vez que la ANOVA MR ($p=0,026$ en ambos) permite rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que existe por lo menos un momento en que estás dos perímetros son significativamente diferentes de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el perímetro de 15 cm del tercero (0,84 cm menos) y cuarto (0,71 cm menos) momentos son significativamente diferentes ($p\leq 0,05$) del perímetro del último momento. Con respecto al perímetro a 5 cm, se observa una diferencia marginalmente significativa ($p=0,06$) entre el segundo y tercero momento, es decir, el perímetro del segundo es 0,70 cm menor que del tercero momento. Es nuestro objetivo verificar si existe un efecto de interacción entre los factores grupo y momento. Este efecto simultáneo nos permite observar que, entre el primero y último momento, apenas el grupo EXP y solo en la medida del PSR, se han registrado cambios de 1 cm. En media, los cambios están alrededor de amplitudes inferiores a 0,5 cm. Los resultados de la prueba ANOVA MR (80% $p>0,05$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula y podemos concluir que la evolución de los distintos perímetros no es dependiente del grupo exceptuando sobre el PSR una vez que la ANOVA MR ($F(2,690)=5,141$; $p=0,004$; $Power=0,887$) permite rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de ese perímetro en particular es dependiente del grupo.

5.3.1.6.2. Comparación de la perimetría del miembro inferior izquierdo

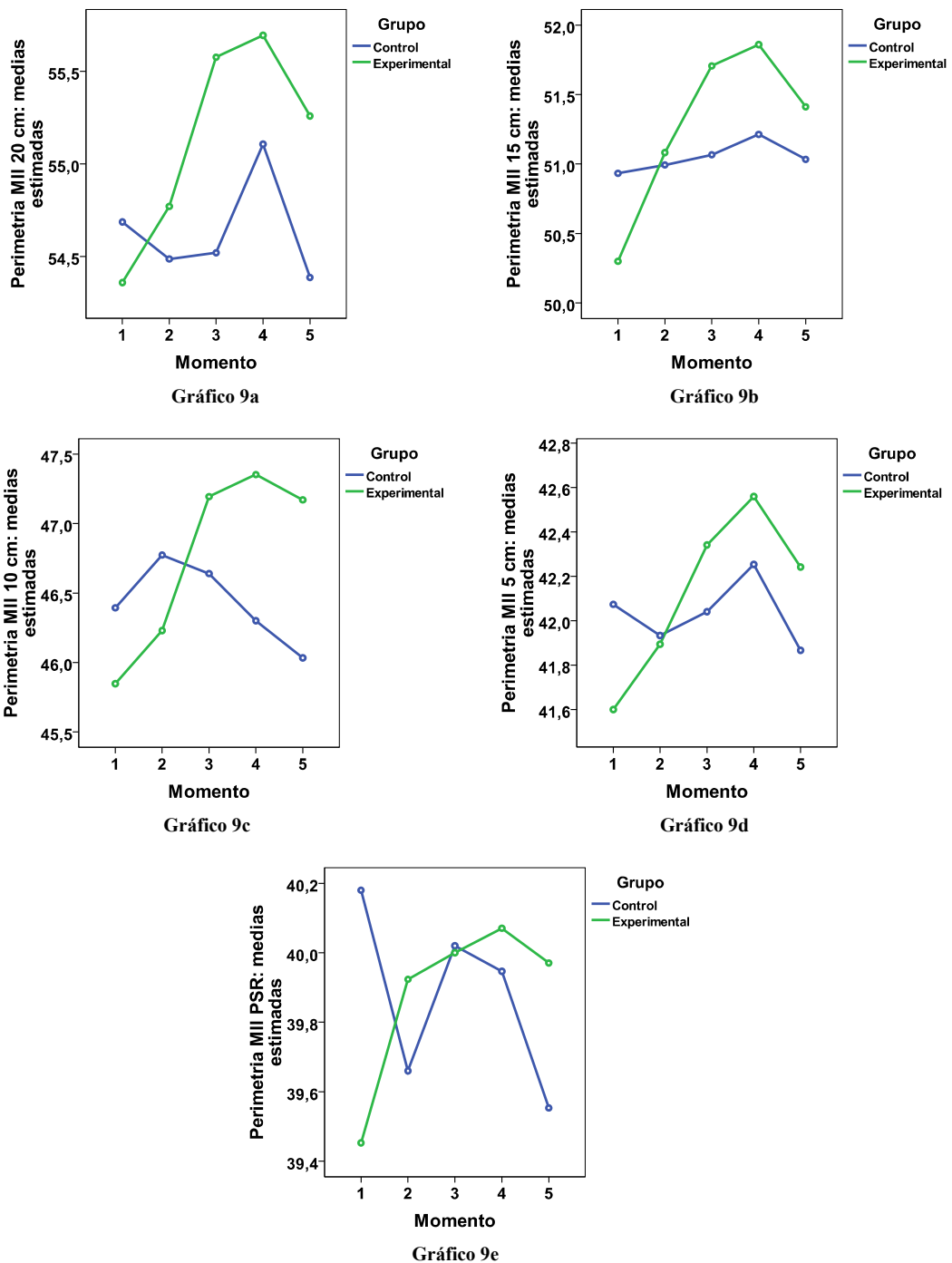


Gráfico 9. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior izquierdo en el ensayo clínico según el grupo.

En los gráficos 9a a 9e se puede verificar que la perimetría del miembro inferior izquierdo también sufre variaciones similares entre el grupo CTL y el EXP exceptuando en la medida a 10 cm arriba y sobre el PSR donde la variación del EXP es contraria al del CTL.

Los perímetros medidos en el miembro inferior izquierdo y su evolución en el estudio ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) revelan que la distribución es significativamente normal para cada uno de ellos. Así, y para todos los perímetros medidos, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica así como la mayoría de la homocedasticidad (*M de Box*: 40% $p>0,05$) y, para una medida, lo de la esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$), confirmado en la tabla 21 (anexo IV). Por eso, utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR, en que se asume la presencia de esfericidad (5 cm arriba del PSR) o según el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* para los demás perímetros medidos.

El promedio de la perimetría del miembro inferior izquierdo del grupo EXP es casi siempre superior al del CTL aún que, una vez más, sea casi irrelevante. Basados en los datos de la tabla 22 (anexo IV) la prueba ANOVA MR (100% $p>0,05$) acepta la hipótesis nula y se concluye que la evolución de los distintos perímetros del miembro izquierdo del grupo EXP son significativamente iguales a los del CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los distintos momentos, dejando de lado el factor grupo, nos damos cuenta que las variaciones vuelven a ser de pequeña amplitud. La prueba ANOVA MR ($p\leq 0,05$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula de los perímetros a 20 y 15 cm arriba del PSR, pudiendo así concluirse que existe por lo menos un momento en que los dos perímetros son significativamente diferentes de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el perímetro de 20 cm inicial es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) del perímetro del cuarto momento (0,87 cm más). En cuanto al perímetro de 15 cm, observamos una diferencia significativa ($p\leq 0,05$) entre el primero momento y el tercero (0,77 cm más) y cuarto momento (0,91 cm más). Con respecto a los otros tres perímetros, la ANOVA MR ($p>0,05$) permite aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de esos perímetros es significativamente igual en los distintos momentos. Queremos en este momento verificar si hay un efecto de interacción entre los factores grupo y momento y, su simultaneidad, permite observar que, entre el primero y último momento, el grupo EXP sufre siempre incrementos mientras eso solo ocurre en el CTL a 15 cm arriba del PSR. La prueba ANOVA MR (80% $p>0,05$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, o sea, podemos concluir que la evolución de los distintos perímetros no es dependiente del grupo exceptuando a 10 cm arriba del PSR una vez que su ANOVA MR ($F(2,109)=4,925$; $p=0,009$; $Power=0,804$) permite rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de ese perímetro está dependiente del grupo.

5.3.2. Parámetro cardiovascular

5.3.2.1. Comparación de la frecuencia cardiaca y respiratoria

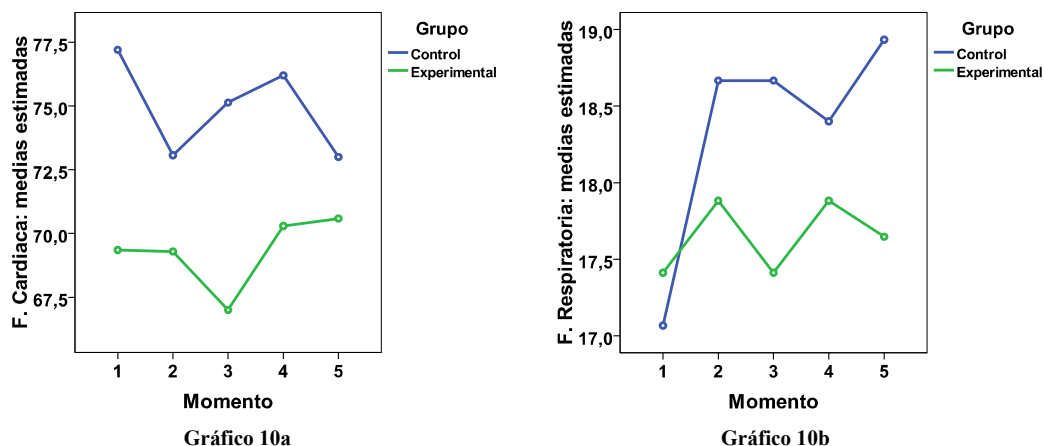


Gráfico 10. Gráficos de líneas de la evolución de la frecuencia cardiaca (a) y respiratoria (b) en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 10a y 10b muestran que la FC ha bajado en el grupo CTL y subido ligeramente en el EXP. Por su lado, la FR ha aumentado en ambos los grupos pero el CTL ha tenido un incremento más sustancial.

Con relación a la distribución de la muestra en la variable de la FC y su evolución en el ensayo clínico ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) se observa que es significativamente normal. Con esto, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica y la tabla 23 (anexo IV) confirma lo mismo para la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,900$) y esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,227$). Es por eso adecuado utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR. Sin embargo, la distribución de la muestra de la FR ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p\leq 0,05$) no es significativamente normal. Así, se debe utilizar la prueba no paramétrica de *Friedman two-way ANOVA*.

Verificamos que el promedio de la FC del grupo CTL (74,9 ppm) es superior al del grupo EXP (69,3 ppm) lo que corresponde a una diferencia de 5,6 ppm. Con base en la prueba ANOVA MR ($F(1)=3,067$; $p=0,090$; $Power=0,396$) se acepta la hipótesis nula y concluimos que la evolución de la FC del grupo EXP es significativamente igual a la del CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los cinco momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, nos enteramos que la variación de la FC ha sido negativa, o sea, se ha perdido 1,3 ppm entre la primera y la última evaluación (1,8%). La prueba ANOVA MR ($F(4)=1,347$; $p=0,257$; $Power=0,410$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de la FC es significativamente igual en los distintos momentos. Para terminar, el efecto simultáneo del grupo y del momento nos permite observar que la FC del EXP ha aumentado 1,2 ppm (1,7%) mientras el CTL ha bajado 4,2 ppm (5,4%). La prueba ANOVA MR ($F(4)=1,793$; $p=0,135$; $Power=0,533$) permite aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la FC no es dependiente del grupo.

Con relación a la evolución de la FR en los cinco momentos de evaluación e investigando desunidamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=7,780$; g.l.=4; $p=0,100$; $\chi^2(17)_{EXP}=1,250$; g.l.=4; $p=0,870$) acepta la hipótesis nula para cada grupo y nos posibilita concluir que la evolución de la FR es significativamente igual entre los distintos momentos de cada grupo. Es nuestro interés ahora comparar la evolución entre los distintos momentos de la muestra total y, para eso, utilizamos la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=5,975$; g.l.=4; $p=0,201$) que nos permite aceptar la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de la FR es significativamente igual en los distintos momentos de evaluación.

5.3.2.2. Comparación de la presión arterial

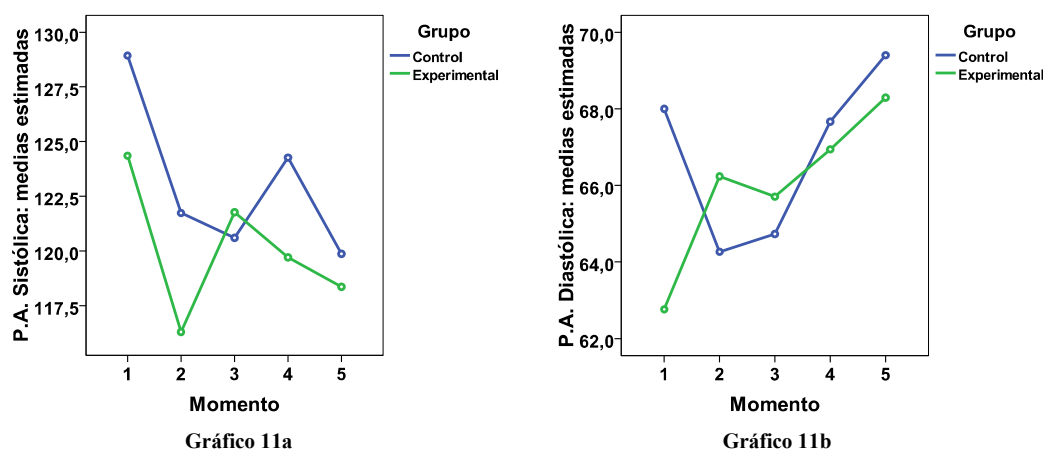


Gráfico 11. Gráficos de líneas de la evolución de la presión arterial sistólica (a) y diastólica (b) en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 11a y 11b nos indican que la PAS y PAD tienen una evolución distinta, es decir, la PAS disminuye mientras la PAD sufre un incremento, en ambos los grupos. Asimismo, la PAS ha bajado progresivamente en el grupo CTL (7,0%) y EXP (4,8%) entre el primero y el último momento. Ya la PAD ha sufrido un incremento en el grupo CTL (2,1%) y EXP (8,8%) entre el inicio y final del ensayo clínico.

Los datos relativos a la PA y su evolución a lo largo del ensayo clínico, nos revelan que la distribución de la muestra ($SW(32)_{Total}=50\%$ $p \leq 0,05$) no es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que utilizaremos la prueba *Friedman two-way ANOVA* para la investigación de la influencia del programa de electroterapia sobre la PA.

Con relación a la evolución de la PAS en los cinco momentos de evaluación e investigando separadamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=7,798$; g.l.=4; $p=0,099$; $\chi^2(17)_{EXP}=5,101$; g.l.=4; $p=0,277$) permite aceptar la hipótesis nula para cada grupo y, por eso, concluir que la evolución de la PAS es significativamente igual entre los varios momentos de cada grupo. Sin embargo, cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, el resultado de la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=10,635$; g.l.=4; $p=0,031$) rechaza la hipótesis nula y se concluye que existe

por lo menos un momento en que la PAS es significativamente diferente de los demás momentos.

Con relación a la evolución de la PAD en los varios momentos de evaluación y examinando cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=4,246$; g.l.=4; $p=0,374$; $\chi^2(17)_{EXP}=10,985$; g.l.=4; $p=0,027$) concluye que la evolución de la PAD es significativamente igual en los distintos momentos para el grupo CTL pero existe por lo menos un momento en que es significativamente diferente para el EXP. Sin embargo, cuando comparada la evolución entre los varios momentos de la muestra total, la misma prueba ($\chi^2(32)_{Total}=5,237$; g.l.=4; $p=0,264$) acepta la hipótesis nula y nos ayuda a concluir que la evolución de la PAD es significativamente igual en los distintos momentos evaluados.

5.3.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad

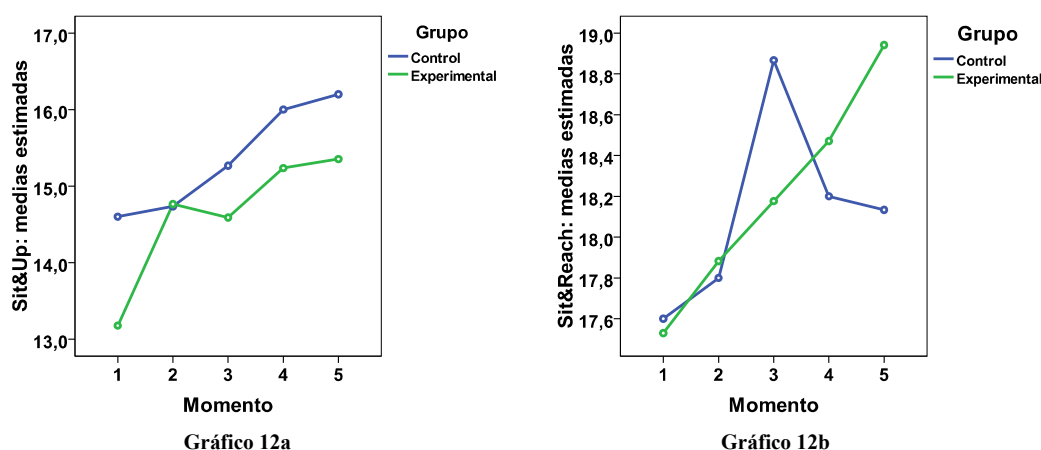


Gráfico 12. Gráficos de líneas de la evolución del *Sit&Up* (a) y *Sit&Reach* (b) en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 12a y 12b exponen que, tanto el *Sit&Up* como el *Sit&Reach* han sufrido un incremento a lo largo del tiempo. En el *Sit&Up*, el grupo CTL presenta siempre cifras superiores al del EXP, empezando con 14,6 veces en 30 s y terminó con 16,2 (+10,9%) al paso que el EXP empezó con 13,2 y terminó con 15,4 veces (+16,6%). En respecto al *Sit&Reach* nos enteramos que los dos grupos empiezan con cifras muy similares (17,6 y 17,5) pero al final presentan cifras muy distintas (18,1 y 18,9), una diferencia que hace con que el EXP hay sufrido un incremento de 8% mientras en CTL solo ha incrementado 2,8%.

Los datos del *Sit&Up* y su evolución a lo largo del ensayo clínico, nos revelan que la distribución de la muestra ($SW(32)_{Total}=80\%$ $p\leq 0,05$) no es significativamente normal. Así, no podemos verificar el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que utilizaremos la prueba *Friedman two-way ANOVA*. Sin embargo, para el *Sit&Reach* y su evolución, la distribución de la muestra ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal y el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica además de la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,893$) pero no lo de la esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,002$), como podemos concluir en la tabla 24 (anexo IV). Con esto, se permite utilizar la prueba paramétrica

ANOVA MR pero con el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* para su correcta aplicación en el estudio.

Verificamos que el promedio de la distancia del *Sit&Reach* del grupo EXP (18,1 cm) es casi igual al del CTL (18,2 cm). Así, la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,001$; $p=0,974$; $Power=0,050$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, lo que permite concluir que la evolución del *Sit&Reach* del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los distintos momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, verificamos que la variación del *Sit&Reach* ha aumentado progresivamente hasta llegar a 1 cm en el final del ensayo clínico. La ANOVA MR ($F(2,806)=3,590$; $p=0,019$; $Power=0,754$) permite rechazar la hipótesis nula y, consecuentemente, podemos concluir que existe por lo menos un momento en que el *Sit&Reach* es significativamente diferente de los demás momentos. No obstante, destacamos que la prueba *Bonferroni* del análisis *post-hoc* no identificó ninguna relación significativa entre los distintos pares de momentos. Es ahora nuestro interés verificar si se halla un efecto de interacción entre los factores grupo y momento. Dicho efecto permite observar que, entre el primero y último momento, ambos los grupos han tenido un incremento en la distancia del *Sit&Reach*. La prueba ANOVA MR ($F(2,806)=1,396$; $p=0,251$; $Power=0,346$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del *Sit&Reach* no es dependiente del grupo.

Volviendo ahora a la evolución del *Sit&Up* en los varios momentos de evaluación e investigando cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way* ANOVA ($\chi^2(15)_{CTL}=9,804$; g.l.=4; $p=0,044$; $\chi^2(17)_{EXP}=15,782$; g.l.=4; $p=0,003$) rechaza la hipótesis nula para cada grupo y se concluye que existe por lo menos un momento en que la evolución del *Sit&Up* es significativamente diferente de los demás momentos en cada grupo en estudio. También cuando comparada la evolución entre los cinco momentos de la muestra total, la misma prueba ($\chi^2(32)_{Total}=23,275$; g.l.=4; $p=0,000$) rechaza la hipótesis nula y nos ayuda a concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución del *Sit&Up* es significativamente diferente de los demás momentos evaluados.

5.3.4. Parámetro de la fuerza isocinética

5.3.4.1. Comparación de la fuerza isocinética de extensión de las rodillas a 60 y 120°/s

5.3.4.1.1. Comparación del torque máximo

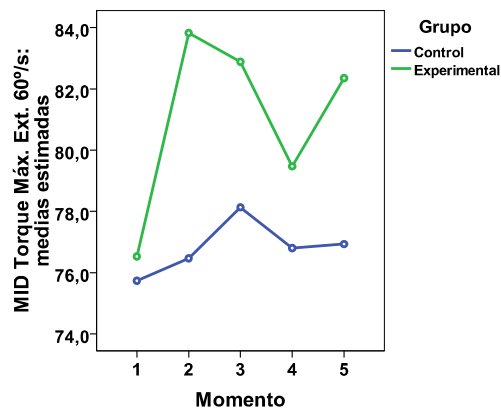


Gráfico 13a

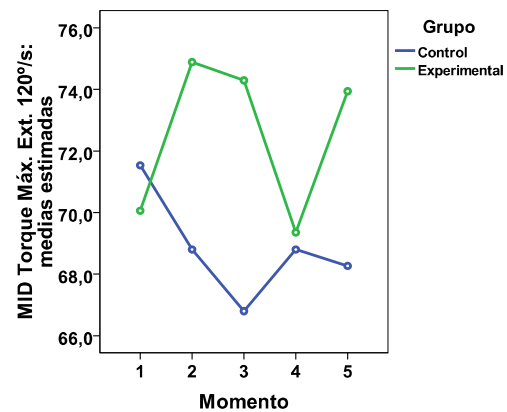


Gráfico 13b

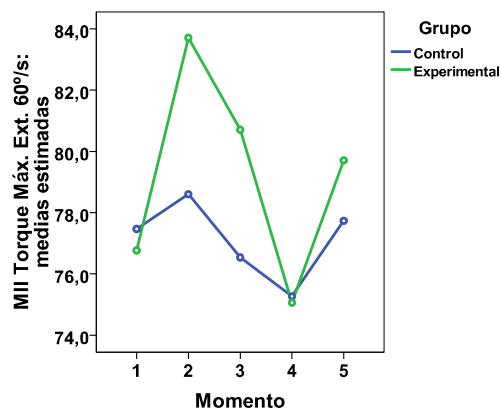


Gráfico 13c

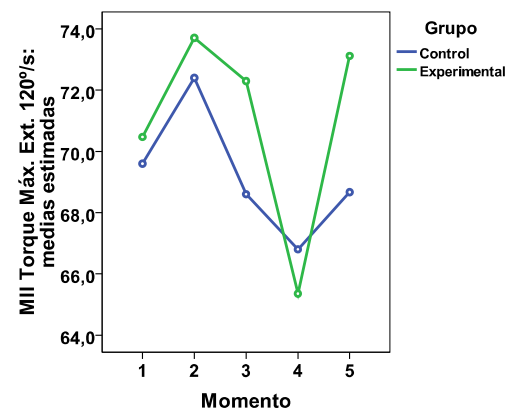


Gráfico 13d

Gráfico 13. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 13a a 13d nos indican que, tanto el miembro inferior derecho como el izquierdo, empezaron el ensayo clínico siempre con cifras del torque máximo de extensión muy similares entre los dos grupos en estudio y para las dos velocidades angulares estudiadas. Al final del ensayo verificamos que la diferencia entre los grupos había aumentado y que el grupo EXP presenta siempre cifras superiores al CTL. Observamos también que la cifra más elevada del grupo EXP es en el segundo momento mientras la más baja en el cuarto; lo mismo pasa en el grupo CTL pero solo en el miembro izquierdo. Por fin, identificamos siempre cifras de torque máximo superiores a la velocidad angular de 60°/s, independientemente del miembro inferior. Verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 7,7% a 60°/s y un 5,4% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado solamente un 1,6% a 60°/s y disminuido un 4,5% a 120°/s; por su lado, en el miembro izquierdo, el EXP ha incrementado un 3,8% a

60°/s y un 3,7% a 120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 0,3% a 60°/s y, una vez más, bajado a 120°/s un 1,3%.

Con relación a la distribución de la muestra en el torque máximo de extensión y su evolución a lo largo del ensayo clínico, verificamos que (SW(32)_{Total}=80% **p>0,05**) no es significativamente normal en el miembro inferior derecho pero, en el izquierdo, la distribución (SW(32)_{Total}=100% **p>0,05**) es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra en el miembro derecho por lo que utilizaremos la prueba *Friedman two-way* ANOVA. No obstante, en el miembro izquierdo, una vez el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica comprobamos, en la tabla 25 (anexo IV), que la homocedasticidad (*M de Box*: **p>0,05**) y la esfericidad (*Mauchly's*: **p>0,05**) se verifican a 60°/s pero, a 120, no existe esfericidad (*Mauchly's*: **p≤0,05**). Consecuentemente, usaremos la prueba ANOVA MR con esfericidad asumida (60°/s) y con el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* (120°/s).

Con respecto al miembro inferior derecho, la evolución de su torque máximo de extensión en los varios momentos y examinando cada grupo aisladamente con la prueba *Friedman two-way* ANOVA (60°/s: $\chi^2(15)_{CTL}=1,839$; g.l.=4; **p=0,765**; $\chi^2(17)_{EXP}=8,422$; g.l.=4; **p=0,077**; 120°/s: $\chi^2(15)_{CTL}=5,375$; g.l.=4; **p=0,251**; $\chi^2(17)_{EXP}=3,766$; g.l.=4; **p=0,439**), nos lleva a concluir que la evolución del torque máximo de extensión es significativamente igual entre los distintos momentos de cada grupo y para las dos velocidades angulares evaluadas. Igualmente, cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way* ANOVA (60°/s: $\chi^2(32)_{Total}=6,491$; g.l.=4; **p=0,165**; 120°/s: $\chi^2(32)_{Total}=1,045$; g.l.=4; **p=0,903**), acepta la hipótesis nula, llevándonos a concluir que la evolución del torque máximo de extensión es significativamente igual en los distintos momentos (tabla 26 del anexo IV).

En cuanto al miembro inferior izquierdo, con la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=0,333$; **p=0,568**; Power=0,086; $F_{120°/s}(1)=0,264$; **p=0,611**; Power=0,079) se acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, ayudándonos a concluir que la evolución del torque máximo de extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Ahora, teniendo el factor momento en mente, la ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=4,350$; **p=0,003**; Power=0,925; $F_{120°/s}(2,603)=5,887$; **p=0,002**; Power=0,921) rechaza la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, por lo que se concluye que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de extensión es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que, a la velocidad de 60°/s, el torque máximo de extensión del miembro izquierdo es significativamente diferente (**p≤0,05**) entre el primero y el segundo momento (4,0 Nm más) y entre este y el cuarto momento (6,0 Nm menos). Ahora a la velocidad angular de 120°/s, se observa, con la prueba *Bonferroni*, que el torque máximo de extensión es significativamente diferente (**p≤0,05**) entre el segundo y el cuarto momento (7,0 Nm menos), entre el tercero y el cuarto momento (4,3 Nm menos) y entre el cuarto y el quinto momento (4,5 Nm más). Por fin, verificando la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, observamos con la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=1,475$; **p=0,214**; Power=0,446; $F_{120°/s}(2,603)=1,277$; **p=0,288**; Power=0,306) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades

angulares, concluyéndose que la evolución del torque máximo de extensión no es dependiente del grupo (tabla 26 del anexo IV).

5.3.4.1.2. Comparación del torque medio

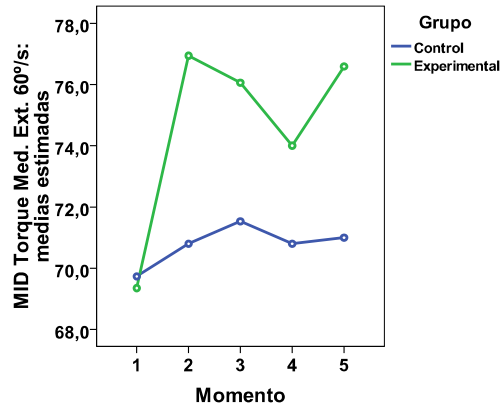


Gráfico 14a

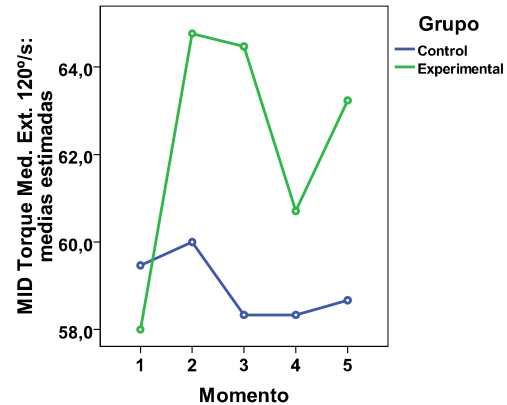


Gráfico 14b

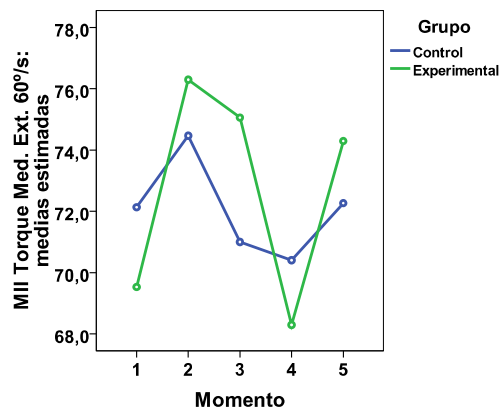


Gráfico 14c

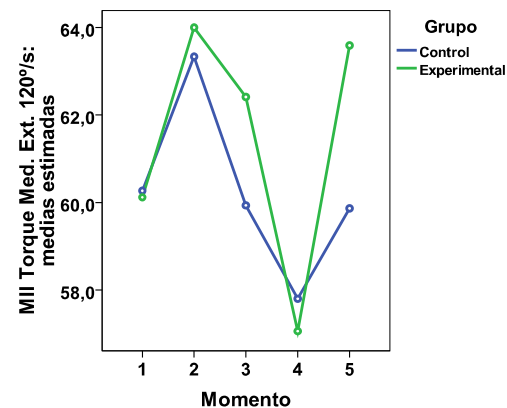


Gráfico 14d

Gráfico 14. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 14a a 14d exponen que, en los dos miembros inferiores, el grupo CTL presenta siempre cifras de torque medio de extensión superiores al del EXP independientemente de la velocidad angular utilizada. Sin embargo, al final del ensayo verificamos un cambio, o sea, es el grupo EXP el que presentan siempre cifras más elevadas. Tal como en el torque máximo, identificamos siempre cifras de torque medio superiores a la velocidad angular de 60°/s, independientemente del miembro inferior. En el inicio, el torque medio de extensión entre los dos grupos es siempre superior en el CTL pero, al final, es siempre superior en el EXP. En general, el grupo EXP ha incrementado un porcentaje siempre superior a 5,8% y el CTL nunca ha llegado siquiera a los 2,0%. Así, verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 10,4% a 60°/s y un 9,0% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado solamente 1,9% a 60°/s y disminuido un 1,3% a 120°/s; por su lado, en el miembro izquierdo, el EXP ha incrementado un 6,9% a 60°/s y un 5,8% a

120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 0,3% a 60°/s y, una vez más, bajado a 120°/s un 0,7%.

En cuanto a la distribución de la muestra en el torque medio de extensión y su evolución a lo largo del ensayo clínico, se observó que $(SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal en los dos miembros inferiores. Así, se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra y, según la tabla 25 (anexo IV), en solamente el miembro izquierdo, el presupuesto de la homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$). No obstante, el presupuesto de la esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$) solo se verifica a la velocidad de 120°/s y para el miembro izquierdo, por lo que utilizaremos la prueba ANOVA MR con esfericidad asumida mientras que para la velocidad de 60°/s y para el miembro derecho se utilizará la misma prueba pero según el *Epsilon de Greenhouse-Geisser*.

Con respecto a la evolución del torque medio de extensión del miembro inferior derecho, la tabla 27 (anexo IV) expone el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=1,440$; $p=0,239$; $Power=0,213$; $F_{120°/s}(1)=1,169$; $p=0,288$; $Power=0,182$) y acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, lo que nos permite concluir que la evolución del torque medio de extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con el estudio del factor momento nos enteramos, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60°/s}(2,883)=3,878$; $p=0,013$; $Power=0,797$; $F_{120°/s}(2,397)=1,692$; $p=0,186$; $Power=0,378$) que la evolución del torque medio de extensión es significativamente igual en los distintos momentos a la velocidad angular de 120°/s pero lo mismo no pasa a 60°/s, donde existe por lo menos un momento en que el torque medio de extensión es significativamente diferente. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque medio de extensión del miembro derecho es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) entre el primero y el segundo (4,33 Nm más) y el tercero momento (4,25 Nm más). Finalmente, confrontando la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(2,883)=1,896$; $p=0,138$; $Power=0,465$; $F_{120°/s}(2,397)=1,741$; $p=0,176$; $Power=0,388$) nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de extensión no es dependiente del grupo.

Estudiando ahora la evolución del torque medio de extensión pero del miembro izquierdo, la tabla 27 (anexo IV) muestra el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=0,037$; $p=0,848$; $Power=0,054$; $F_{120°/s}(1)=0,146$; $p=0,705$; $Power=0,066$) y nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyendo que la evolución del torque medio de extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Estudiando solamente el factor momento admitimos, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60°/s}(2,856)=5,875$; $p=0,001$; $Power=0,938$; $F_{120°/s}(4)=6,568$; $p=0,000$; $Power=0,990$) rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, o sea, existe por lo menos un momento en que el torque medio de extensión es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que a 60°/s el torque medio de extensión del miembro izquierdo es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) entre el primero y el segundo momento (aumentó 4,5 Nm) y entre este y el cuarto momento (disminuyó 6,0 Nm) para logo después aumentar 3,9 Nm en el último momento. A la velocidad angular de 120°/s, verificamos que entre el segundo y el cuarto momento disminuyó 6,2 Nm pero después volvió a aumentar 4,2 Nm en el

último momento. Por fin, nos deparamos con la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo qué, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2,856)=2,226$; $p=0,094$; Power=0,532; $F_{120^\circ/s}(4)=1,087$; $p=0,366$; Power=0,334) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de extensión no es dependiente del grupo.

5.3.4.1.3. Comparación de la potencia máxima

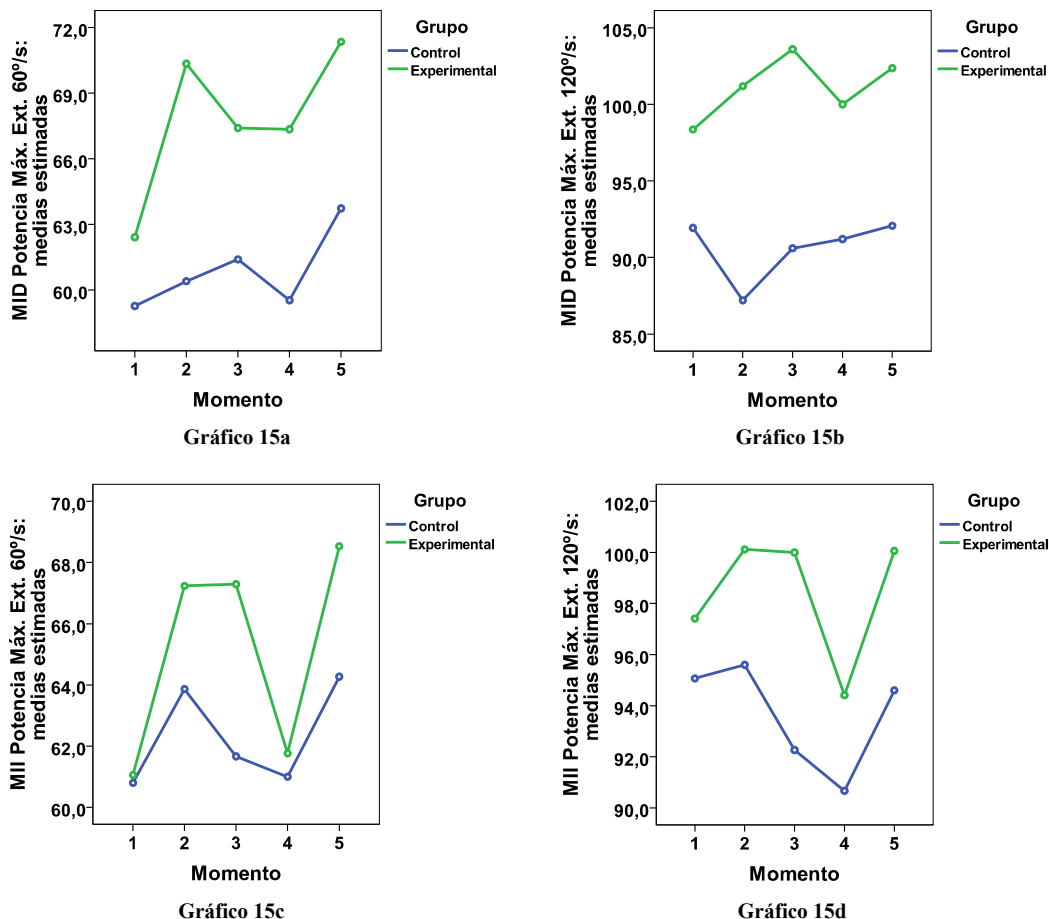


Gráfico 15. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 15a a 15d exponen que ambos los miembros inferiores presentan siempre cifras de potencia máxima de extensión superiores en el grupo EXP, a las dos velocidades angulares estudiadas, una vez que las líneas en ningún momento se tocan. En esta variable en particular, y al contrario de las relativas al torque, observamos que el grupo EXP presenta, a lo largo de todo el ensayo clínico, cifras de potencia siempre superiores al del CTL. Ahora y al contrario de lo que pasa con las cifras del torque máximo o medio, se presentan, a la velocidad angular de 120°/s, cifras más elevadas que a 60°/s. A lo largo de todo el ensayo clínico, el grupo CTL nunca presenta cifras de potencia máxima de extensión superiores a las del EXP. Verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 14,4% a 60°/s y un 4,1% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado solamente un 7,4% a 60°/s y un 0,2% a 120°/s; por su lado,

en el miembro izquierdo, el EXP ha incrementado un 12,1% a 60°/s y un 2,8% a 120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 5,8% a 60°/s y bajado a 120°/s un 0,5%.

Los datos sobre la potencia máxima de extensión y su evolución a lo largo del estudio, nos indica que, exceptuando en el miembro derecho a 60°/s, la distribución de la muestra ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal. Así, el miembro derecho a 60°/s no presenta el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que se utilizará la prueba no paramétrica de *Friedman two-way ANOVA*. No obstante, el presupuesto de la normalidad de la muestra, de la homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$) se verifica a la velocidad de 120°/s del derecho y en las dos velocidades para el miembro izquierdo, por lo que será utilizada la prueba ANOVA MR con esfericidad asumida (tabla 25 del anexo IV).

En el miembro inferior derecho a 60°/s, la investigación de la evolución de la potencia máxima de extensión en los varios momentos y para cada grupo aisladamente, según la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=6,875$; g.l.=4; $p=0,143$; $\chi^2(17)_{EXP}=9,940$; g.l.=4; $p=0,041$) nos posibilita concluir que es significativamente igual para los distintos momentos del grupo CTL pero, en el EXP, existe por lo menos un momento en que la evolución de la potencia máxima de extensión es significativamente diferente de los demás. Cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la misma prueba ($\chi^2(32)_{Total}=14,739$; g.l.=4; $p=0,005$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula, o sea, concluye que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de extensión es significativamente diferente de los demás momentos (tabla 28 del anexo IV).

Siguiendo con el miembro inferior derecho, pero ahora a la velocidad de 120°/s, la prueba ANOVA MR ($F_{120°/s}(1)=2,017$; $p=0,166$; Power=0,280) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, ayudando a concluir que la evolución de la potencia máxima de extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Ahora, teniendo el factor momento en mente, la ANOVA MR ($F_{120°/s}(4)=0,323$; $p=0,862$; Power=0,121) acepta la hipótesis nula, por lo que se concluye que la evolución de la potencia máxima de extensión es significativamente igual en los distintos momentos. Por fin, en cuanto a la existencia de una interacción entre los factores grupo y momento, la prueba ANOVA MR ($F_{120°/s}(4)=0,455$; $p=0,769$; Power=0,154) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la potencia máxima de extensión no es dependiente del grupo (tabla 28 del anexo IV).

Empezaremos el estudio de la evolución de la potencia máxima de extensión del miembro izquierdo basados en los resultados expuestos en la tabla 28 (anexo IV), donde el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=0,335$; $p=0,567$; Power=0,087; $F_{120°/s}(1)=0,431$; $p=0,516$; Power=0,097) lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, conviniendo concluir que la evolución de la potencia máxima de extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto al estudio aislado del factor momento, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=3,323$; $p=0,013$; Power=0,830; $F_{120°/s}(4)=1,552$; $p=0,192$; Power=0,468) concluimos que existe por lo menos un momento en que a potencia

máxima de extensión es significativamente diferente a 60°/s pero es siempre significativamente igual a 120°/s. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que la potencia máxima de extensión del miembro izquierdo es marginalmente diferente ($p \leq 0,06$) entre el primero y el segundo (aumentó 4,6 V) y el último momento (aumentó 5,4 V). Finalmente, verificamos la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo que utilizamos la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=0,718$; $p=0,581$; Power=0,226; $F_{120^\circ/s}(4)=0,365$; $p=0,833$; Power=0,131) que nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución de la potencia máxima de extensión no es dependiente del grupo.

5.3.4.2. Comparación de la fuerza isocinética de flexión de las rodillas a 60 y 120°/s

5.3.4.2.1. Comparación del torque máximo

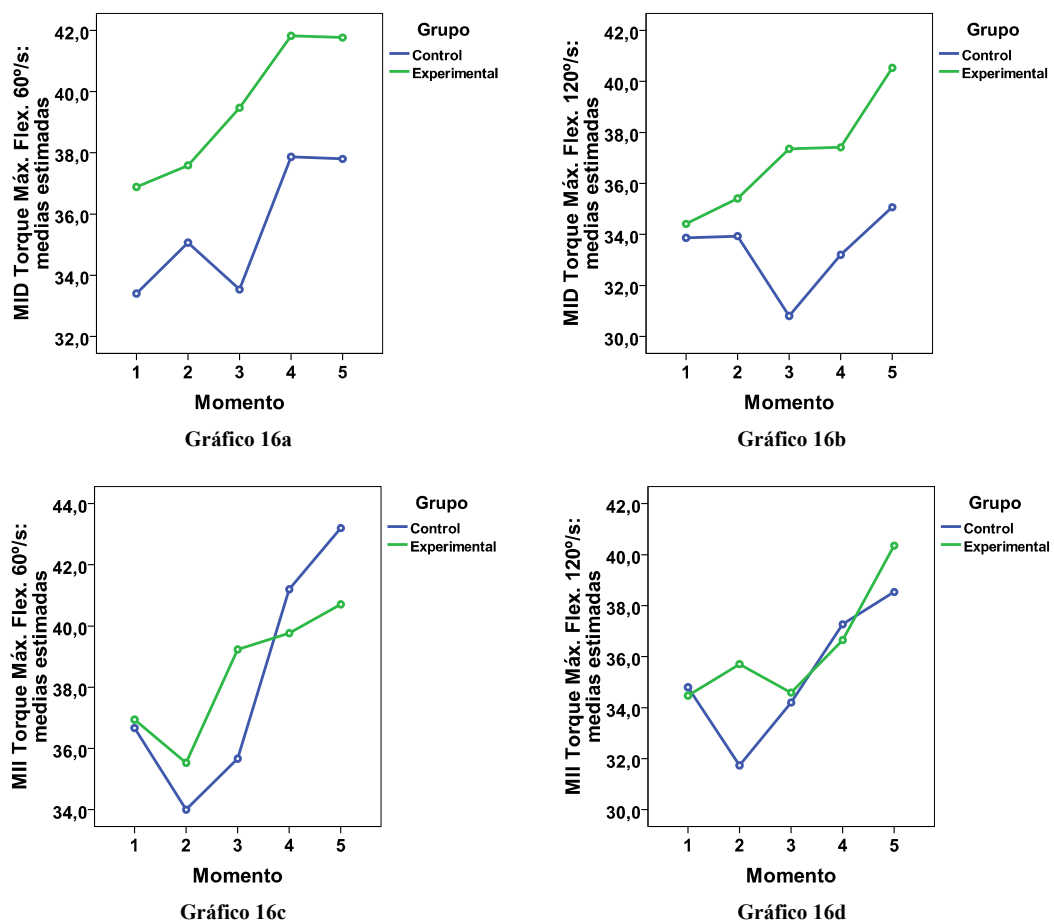


Gráfico 16. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 16a a 16d nos indican que los miembros inferiores empezaron el ensayo clínico casi siempre con cifras idénticas ($\leq 0,5$ Nm) de torque máximo de flexión, exceptuando en el derecho a 60°/s, con una diferencia de 3,5 Nm. Cuando el ensayo clínico terminó, verificamos que la diferencia entre los grupos

había aumentado y que el EXP presenta casi siempre cifras superiores al CTL, exceptuando en el izquierdo a 60°/s. Finalmente, identificamos siempre cifras de torque máximo superiores a la velocidad angular de 60°/s, independientemente del miembro inferior. En el miembro derecho, el torque máximo de flexión es bien distinto entre los dos grupos; pero en el izquierdo lo mismo no pasa, observándose un cruce de líneas, lo que significa un cambio del grupo más fuerte. En general, se verifica un incremento no muy distinto entre el grupo EXP, en el miembro derecho, un 13,3% a 60°/s y un 17,7% a 120°/s; y el CTL con un 13,2% a 60°/s y un 3,5% a 120°/s; por su lado, en el miembro izquierdo, el EXP ha incrementado un 10,3% a 60°/s y un 17,1% a 120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 17,7% a 60°/s y a 120°/s un 10,6%.

Con relación a la distribución del torque máximo de flexión y su evolución en el ensayo clínico, la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) revelan que, en el miembro izquierdo es significativamente normal así como en el derecho a 120°/s mientras a 60°/s ($SW(32)_{Total}=80\%$ $p>0,05$) la distribución no es significativamente normal. En este caso, no se verifica el supuesto de la normalidad de la muestra por lo que utilizaremos la prueba *Friedman two-way ANOVA*. No obstante, en el otro caso, los datos de la tabla 25 (anexo IV) revelan el supuesto de normalidad de la muestra, de homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$) y de esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$) permitiendo la utilización de la prueba ANOVA MR con esfericidad asumida.

Estudiando la evolución del torque máximo de flexión de cada grupo aisladamente en los varios momentos de evaluación, y solo para el miembro inferior derecho a 60°/s, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=17,310$; g.l.=4; $p=0,002$; $\chi^2(17)_{EXP}=16,420$; g.l.=4; $p=0,003$) rechaza la hipótesis nula para cada grupo, lo que lleva a concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución del torque máximo de flexión es significativamente diferente de los demás momentos en cada grupo en estudio. Cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos en la muestra total, la misma prueba ($\chi^2(32)_{Total}=31,174$; g.l.=4; $p=0,000$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula, o sea, se concluye que existe por lo menos un momento en que la evolución del torque máximo de flexión es significativamente diferente de los demás momentos (tabla 29 del anexo IV).

Continuando con el miembro derecho pero cambiando la velocidad angular para 120°/s, la prueba ANOVA MR ($F_{120°/s}(1)=1,636$; $p=0,211$; Power=0,236) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del torque máximo de flexión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Ahora, teniendo el factor momento en observación, la ANOVA MR ($F_{120°/s}(4)=4,026$; $p=0,004$; Power=0,902) rechaza la hipótesis nula, por lo que se puede concluir que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de flexión es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque máximo de flexión del miembro derecho a 120°/s es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) entre el segundo y el quinto momento (aumentó 3,1 Nm) y entre el tercero y el quinto momento (aumentó 3,7 Nm). Por fin, en cuanto a la existencia de una interacción entre los factores grupo y momento, la prueba ANOVA MR ($F_{120°/s}(4)=2,817$; $p=0,028$; Power=0,755) nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del torque máximo de flexión es dependiente del grupo (tabla 29 del anexo IV).

Abordaremos en este momento el estudio de la evolución del torque máximo de flexión del miembro izquierdo, donde el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,014$; $p=0,905$; Power=0,052; $F_{120^\circ/s}(1)=0,178$; $p=0,676$; Power=0,069) lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, conviniendo concluir que la evolución del torque máximo de flexión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto al estudio aislado del factor momento, por los datos expresos en la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=15,851$; $p=0,000$; Power=1,000; $F_{120^\circ/s}(4)=8,693$; $p=0,000$; Power=0,999) se admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y se concluye que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de flexión es significativamente diferente. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque máximo de flexión del miembro izquierdo a $60^\circ/s$ es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el cuarto (aumentó 3,6 Nm) y quinto momento (aumentó 5,1 Nm); entre el segundo y el cuarto (aumentó 5,7 Nm) y quinto momento (aumentó 7,1 Nm) y entre el tercero y el cuarto (aumentó 3,0 Nm) y quinto momento (aumentó 4,5 Nm). Ya a $120^\circ/s$ se verifica que el torque máximo de flexión es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el quinto momento (aumentó 4,8 Nm); entre el segundo y el quinto momento (aumentó 5,7 Nm) y entre el tercero y el último momento (aumentó 5,0 Nm). Finalmente, verificamos la posibilidad de existir un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo que utilizamos la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=2,717$; $p=0,033$; Power=0,737; $F_{120^\circ/s}(4)=1,392$; $p=0,241$; Power=0,423) que nos lleva a concluir que la evolución del torque máximo de flexión es dependiente del grupo a $60^\circ/s$ pero no a $120^\circ/s$ (tabla 29 del anexo IV).

5.3.4.2.2. Comparación del torque medio

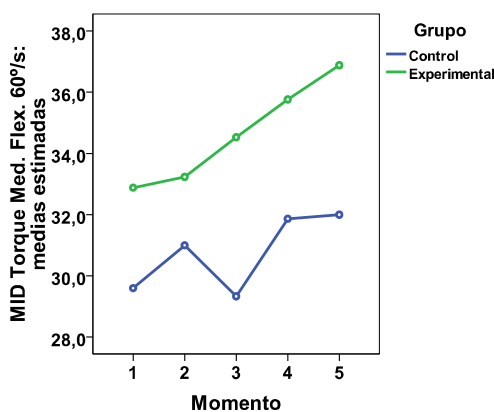


Gráfico 17a

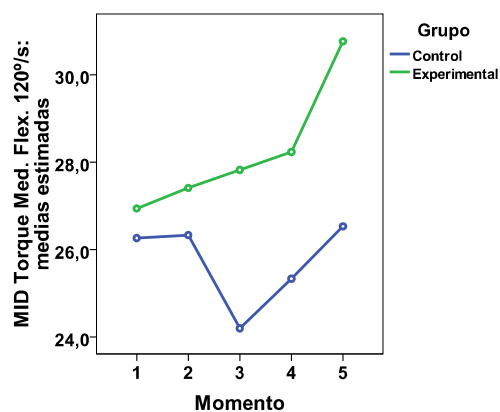


Gráfico 17b

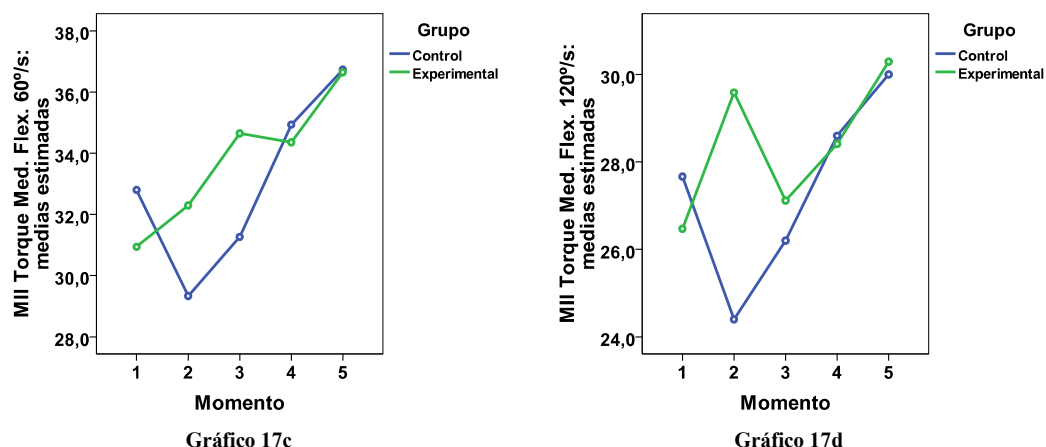


Gráfico 17. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico según el grupo.

En los gráficos 17a a 17d se expone que, en el miembro inferior derecho, el grupo CTL presenta siempre cifras de torque medio de flexión inferiores al del EXP, a las dos velocidades angulares utilizadas. Sin embargo, en el izquierdo, verificamos la existencia de cruces de los grupos. Tal como en el torque máximo, identificamos siempre cifras de torque medio superiores a la velocidad angular de 60°/s, en los dos miembros inferiores. Al inicio, el torque medio de flexión del miembro derecho es siempre superior en el EXP mientras, en el izquierdo, es siempre superior en el CTL. En general, el grupo EXP ha incrementado un porcentaje siempre superior a 12% mientras el CTL nunca llegó a este porcentaje. Así, verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 12,2% a 60°/s y un 14,5% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 8,1% a 60°/s y un 0,8% a 120°/s; por su lado, en el izquierdo, el EXP ha incrementado un 18,4 % a 60°/s y un 14,3% a 120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 11,9% a 60°/s y a 120°/s un 8,3%.

Los datos de la distribución de la muestra cuanto al torque medio de flexión y su evolución a lo largo del estudio, permite identificar la presencia de una distribución de la muestra ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) significativamente normal en los dos miembros inferiores y para las dos velocidades angulares. Así, verificamos el presupuesto de la normalidad de la muestra pero también el de la homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$) y esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$), exceptuando para el miembro izquierdo y a la velocidad de 120°/s (tabla 25 del anexo IV). Consecuentemente, se utilizará la prueba ANOVA MR según el *Epsilon de Greenhouse-Geisser* mientras para las otras 3 variables se recorrerá a la ANOVA con esfericidad asumida.

En cuanto a la evolución del torque medio de flexión del miembro inferior derecho, verificamos en la tabla 30 (anexo IV) que el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=3,431$; $p=0,074$; $Power=0,434$; $F_{120°/s}(1)=1,370$; $p=0,251$; $Power=0,205$) acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, por lo que concluimos que la evolución del torque medio de flexión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con el estudio del factor momento nos enteramos, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=5,035$; $p=0,001$; $Power=0,958$;

$F_{120^\circ/s}(4)=3,150$; $p=0,017$; Power=0,807) que debemos rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, es decir, que existe por lo menos un momento en que el torque medio de flexión es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que, a $60^\circ/s$, el torque medio es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el segundo y el quinto momento (aumentó 3,2 Nm) y entre el tercero y el quinto momento (aumentó 2,5 Nm). Sin embargo, a $120^\circ/s$, el torque medio es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) solamente entre el tercero y el quinto momento (aumentó 2,6 Nm). Finalmente, confrontando la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=0,995$; $p=0,413$; Power=0,307; $F_{120^\circ/s}(4)=1,967$; $p=0,104$; Power=0,577) nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de flexión no es dependiente del grupo.

Estudiando ahora la evolución del torque medio de flexión pero del miembro izquierdo, el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,141$; $p=0,710$; Power=0,065; $F_{120^\circ/s}(1)=0,251$; $p=0,620$; Power=0,077) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de flexión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Cuando estudiamos solamente el factor momento rechazamos, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=13,308$; $p=0,000$; Power=1,000; $F_{120^\circ/s}(2,492)=2,937$; $p=0,048$; Power=0,620) la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, o sea, existe por lo menos un momento en que el torque medio de flexión es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que, a $60^\circ/s$, el torque medio es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el cuarto momento (aumentó 2,7 Nm) y el quinto momento (aumentó 4,8 Nm); entre el segundo y el cuarto momento (aumentó 3,8 Nm) y el quinto momento (aumentó 5,8 Nm) y entre el tercero y el quinto momento (aumentó 3,7 Nm). Ahora a $120^\circ/s$, el torque medio es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el quinto momento (aumentó 3,0 Nm) y entre el tercero y el quinto momento (aumentó 3,5 Nm). Por fin, nos deparamos con la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo qué, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=3,248$; $p=0,014$; Power=0,820; $F_{120^\circ/s}(2,492)=2,106$; $p=0,117$; Power=0,470) concluye que la evolución del torque medio de flexión no es dependiente del grupo a $120^\circ/s$ pero sí es a $60^\circ/s$ (tabla 30 del anexo IV).

5.3.4.2.3. Comparación de la potencia máxima

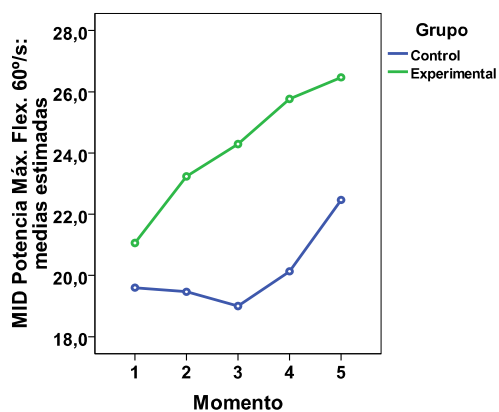


Gráfico 18a

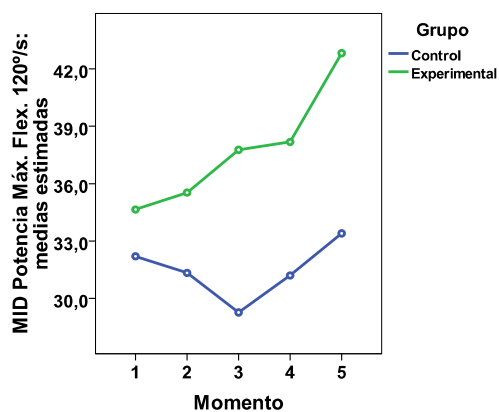


Gráfico 18b

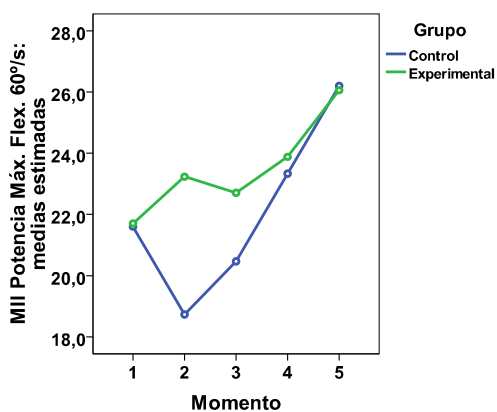


Gráfico 18c

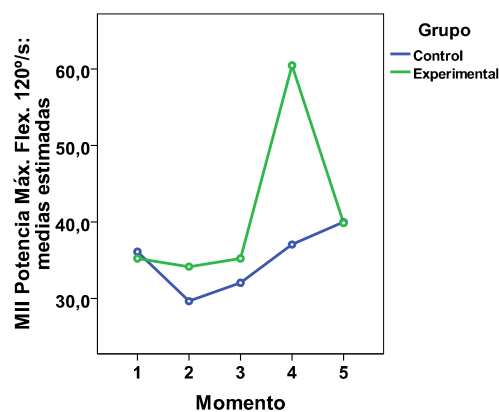


Gráfico 18d

Gráfico 18. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico según el grupo.

En los gráficos 18a a 18d observamos que, en el miembro inferior derecho, el grupo EXP presenta siempre cifras de potencia máxima de flexión superiores al del CTL, a las velocidades angulares estudiadas. No obstante, en el izquierdo, se verifica la existencia de cruces de los grupos llevando a que, el grupo que empieza con cifras más altas termine con cifras más bajas. Contrariamente a lo que ocurre en el torque, se identifican siempre cifras de potencia máxima de flexión superiores a la velocidad angular de 120°/s, en los dos miembros inferiores. A lo largo del ensayo clínico, el grupo CTL nunca presenta cifras de potencia máxima de flexión superiores a las del EXP en el miembro derecho, cambiando esta regla en el izquierdo. Verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 25,6% a 60°/s y un 23,7% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 14,8% a 60°/s y un 3,7% a 120°/s; por su lado, en el miembro izquierdo, el EXP ha incrementado un 20,3% a 60°/s y un 13,4% a 120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 21,3% a 60°/s y 120°/s un 10,8%.

Con relación a la potencia máxima de flexión y su evolución a lo largo del estudio, la distribución de la muestra, exceptuando en el miembro derecho a 120°/s, no es significativamente normal (*Shapiro-Wilk* 80% $p > 0,05$). Así, la tabla 25

(anexo IV) muestra que, en el miembro derecho a 120°/s, se asume el presupuesto de la normalidad de la muestra y de la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,586$) pero no lo de la esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,027$) y, por consecuencia, se utilizará la prueba ANOVA MR con el *Epsilon de Greenhouse-Geisser*. Con relación a las demás variables, por la ausencia del presupuesto de la normalidad de la muestra, se utilizará la prueba no paramétrica de *Friedman two-way ANOVA*.

La tabla 31 (anexo IV) nos permite estudiar la evolución de la potencia máxima de flexión en los cinco momentos de evaluación de cada grupo separadamente y, examinando solamente el miembro inferior derecho a 60°/s, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=11,560$; g.l.=4; $p=0,021$; $\chi^2(17)_{EXP}=15,200$; g.l.=4; $p=0,004$) rechaza la hipótesis nula para cada grupo, lo que posibilita concluir que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos en cada uno de los grupos. Cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=25,832$; g.l.=4; $p=0,000$) nos lleva a rechazar, otra vez, la hipótesis nula, o sea, se concluye que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos.

Siguiendo con el mismo miembro pero cambiando la velocidad para 120°/s, la prueba ANOVA MR ($F_{120°/s}(1)=3,050$; $p=0,091$; Power=0,394) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, ayudando a concluir que la evolución de la potencia máxima de flexión del grupo EXP es significativamente igual a la del CTL. Ahora, teniendo el factor momento en mente, la ANOVA MR ($F_{120°/s}(4)=5,028$; $p=0,001$; Power=0,958) rechaza la hipótesis nula, por lo que se concluye que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el quinto momento (aumentó 4,6 V); entre el segundo y el quinto momento (aumentó 4,6 V) y entre el tercero y el quinto momento (aumentó 4,5 V). Por fin, en cuanto a la existencia de una interacción entre los factores grupo y momento, la prueba ANOVA MR ($F_{120°/s}(4)=2,653$; $p=0,036$; Power=0,726) nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la potencia máxima de flexión es dependiente del grupo (tabla 31 del anexo IV).

Con respecto al miembro inferior izquierdo a 60°/s y evolución de su potencia máxima de flexión en los varios momentos y examinando cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=22,899$; g.l.=4; $p=0,000$; $\chi^2(17)_{EXP}=7,340$; g.l.=4; $p=0,119$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula en el grupo CTL y concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución de la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos mientras que, para el grupo EXP, se acepta la hipótesis nula y se concluye que la evolución de la potencia máxima de flexión es significativamente igual entre los distintos momentos evaluados. Ahora, con relación a la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=26,908$; g.l.=4; $p=0,000$) rechaza la hipótesis nula, llevándonos a concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución de la potencia

máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos (tabla 31 del anexo IV).

Ya a la velocidad angular de 120°/s, la evolución de la potencia máxima de flexión del miembro izquierdo, en los varios momentos y examinando cada grupo aisladamente, según la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(15)_{CTL}=24,681$; g.l.=4; $p=0,000$; $\chi^2(17)_{EXP}=10,400$; g.l.=4; $p=0,034$), se rechaza la hipótesis nula en los dos grupos, lo que nos lleva a concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución de la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos en cada uno de los dos grupos. Por fin, cuando hacemos la comparación de la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(32)_{Total}=31,634$; g.l.=4; $p=0,000$) nos lleva a rechazar la hipótesis nula y a concluir que existe por lo menos un momento en que la evolución de la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás momentos (tabla 31 del anexo IV).

5.3.4.3. Comparación del porcentaje de flexión/extensión de la fuerza isocinética de las rodillas a 60 y 120°/s

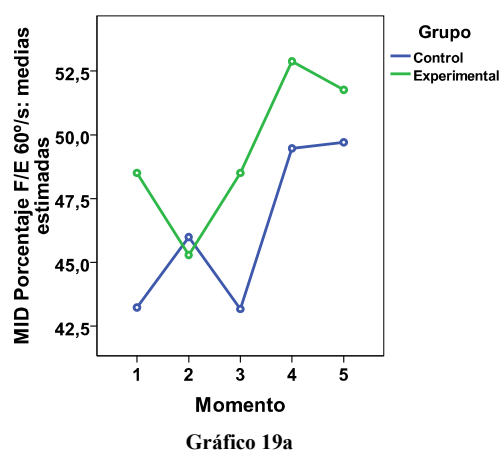


Gráfico 19a

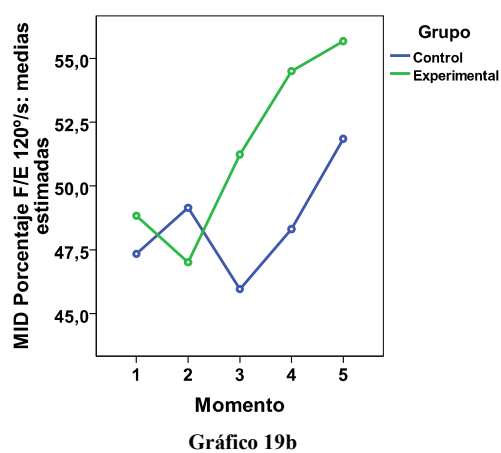


Gráfico 19b

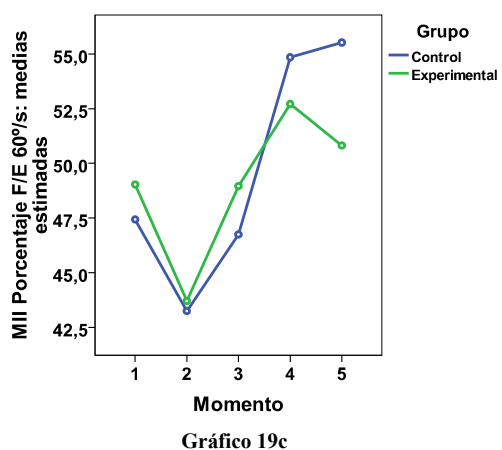


Gráfico 19c

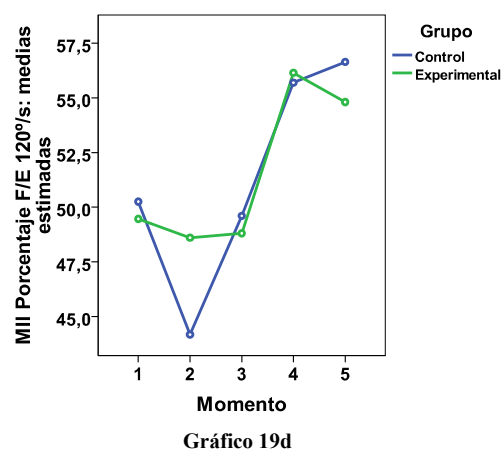


Gráfico 19d

Gráfico 19. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico según el grupo.

En los gráficos 19a a 19d se muestra que, en el miembro inferior derecho, el grupo CTL solo presenta cifras de un porcentaje de flexión/extensión superiores al EXP, a las dos velocidades angulares, en el segundo momento de evaluación. Sin embargo, en el izquierdo, verificamos la existencia de cruces de los grupos terminando el CTL siempre con cifras superiores. Verificamos que, en general, el grupo EXP ha incrementado, en media, porcentajes inferiores al grupo CTL. Consecuentemente, verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 6,8% a 60°/s y un 14,1% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 15,0% a 60°/s y un 9,5% a 120°/s; por su lado, en el izquierdo, el EXP ha incrementado un 3,7% a 60°/s y un 10,7% a 120°/s al paso que el CTL ha aumentado un 17,1% a 60°/s y a 120°/s un 12,5%.

Con relación al porcentaje de flexión/extensión y su evolución en el estudio, la distribución de la muestra permite identificar la presencia de una distribución ($SW(32)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) significativamente normal en los dos miembros inferiores y para las dos velocidades angulares. Así, se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra, de la homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$) por lo que se utilizará la prueba ANOVA MR con esfericidad asumida (tabla 25 del anexo IV).

La tabla 32 (anexo IV) evidencia el estudio de la evolución del porcentaje de flexión/extensión del miembro inferior derecho y, según la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=1,233$; $p=0,276$; Power=0,189; $F_{120°/s}(1)=0,850$; $p=0,364$; Power=0,145), se acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, por lo que concluimos que la evolución del porcentaje de flexión/extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto al factor momento nos enteramos, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=9,316$; $p=0,000$; Power=0,999; $F_{120°/s}(4)=4,718$; $p=0,001$; Power=0,945) que debemos rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y concluir que existe por lo menos un momento en que el porcentaje de flexión/extensión del miembro derecho es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que, a 60°/s, es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) entre el primero y el cuarto (aumentó 5,3%) y el quinto momento (aumentó 4,8%); entre el segundo y el cuarto (aumentó 5,5%) y el quinto momento (aumentó 5,0%) y entre el tercero y el cuarto (aumentó 5,3%) y el quinto momento (aumentó 4,8%). Por su lado, a 120°/s, se verifica que es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) solamente entre el segundo y el quinto momento (aumentó 5,6%). Finalmente, confrontando la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=1,833$; $p=0,127$; Power=0,543; $F_{120°/s}(4)=2,070$; $p=0,089$; Power=0,602) nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del porcentaje de flexión/extensión no es dependiente del grupo.

En cuanto a la evolución del porcentaje de flexión/extensión pero del miembro izquierdo, la tabla 32 (anexo IV) expone el resultado de la prueba ANOVA MR ($F_{60°/s}(1)=0,062$; $p=0,805$; Power=0,057; $F_{120°/s}(1)=0,015$; $p=0,905$; Power=0,052) y aceptamos la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del porcentaje de flexión/extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Cuando estudiamos solamente el factor momento rechazamos, por los datos de la ANOVA MR ($F_{60°/s}(4)=19,589$;

$p=0,000$; Power=1,000; $F_{120^\circ/s}(4)=13,617$; $p=0,000$; Power=1,000) la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, o sea, existe por lo menos un momento en que el porcentaje de flexión/extensión del miembro izquierdo es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que, a la velocidad angular de $60^\circ/s$, es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el segundo (disminuyó 4,7%), cuarto (aumentó 5,5%) y el quinto momento (aumentó 4,9%); entre el segundo y el tercero (aumentó 4,3%), cuarto (aumentó 10,3%) y el quinto momento (aumentó 9,6%) y entre el tercero y el cuarto (aumentó 5,9%) y el quinto momento (aumentó 5,3%). Por su lado, a $120^\circ/s$, se verifica que es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el primero y el cuarto (aumentó 6,0%) y el quinto momento (aumentó 5,8%); entre el segundo y el cuarto (aumentó 9,5%) y el quinto momento (aumentó 9,3%) y entre el tercero y el cuarto (aumentó 6,7%) y el quinto momento (aumentó 6,5%). Por fin, nos deparamos con la posible existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo que, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(4)=2,244$; $p=0,068$; Power=0,643; $F_{120^\circ/s}(4)=1,145$; $p=0,339$; Power=0,351) permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y, consecuentemente, se concluye que la evolución del porcentaje de flexión/extensión no es dependiente del grupo.

5.3.4.4. Comparación entre el miembro dominante y no dominante

Para finalizar, pretendemos, para cada variable isocinética examinada, hacer una comparación entre el miembro dominante y no dominante, con el objetivo de verificar si se desarrollaron diferencias significativas en cada momento (tabla 33 del anexo IV). Así, la prueba *Shapiro-Wilk* muestra que los dos grupos presentan, en casi todas las variables, una distribución significativamente normal. Con la homogeneidad de las varianzas (Levene: 100% $p > 0,05$) identificamos los resultados del *Independent Sample T test* y *Mann-Whitney* concluyendo que solo en el grupo CTL encontramos que, en las variables potencia máxima de flexión ($p=0,043$) y porcentaje de flexión/extensión ($p=0,012$), ambas a $120^\circ/s$, del cuarto momento y en el torque máximo de flexión a $60^\circ/s$ ($p=0,048$) del quinto momento, el miembro dominante es significativamente diferente del miembro no dominante. No obstante, todas las variables del grupo EXP son, en los distintos momentos, significativamente iguales entre los miembros dominante y no dominante.

5.3.5. Parámetro de la calidad de vida

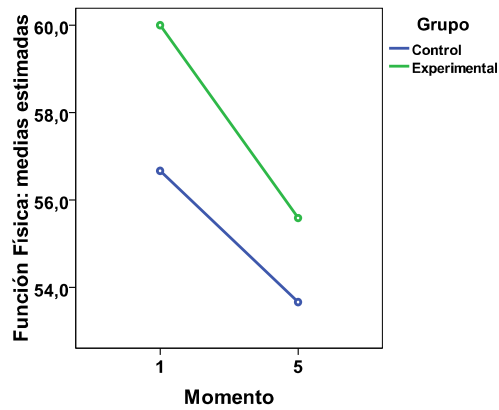


Gráfico 20a

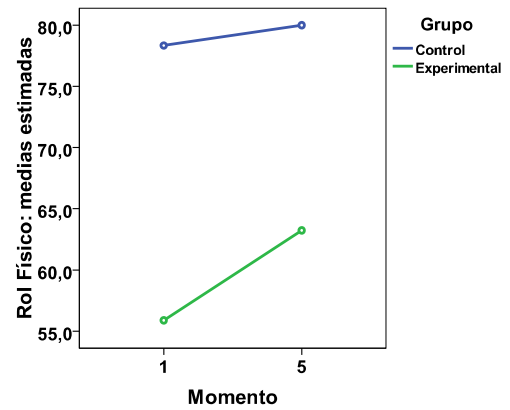


Gráfico 20b

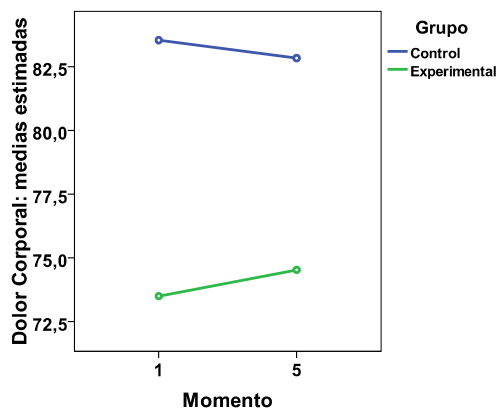


Gráfico 20c

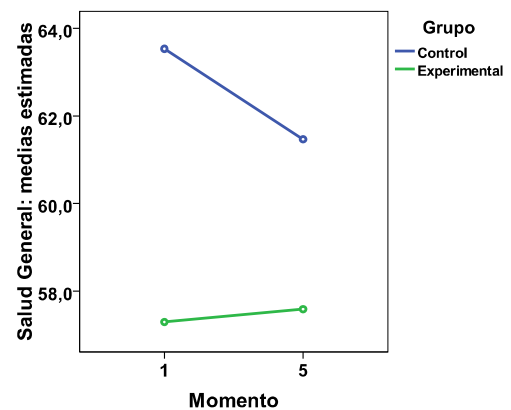


Gráfico 20d

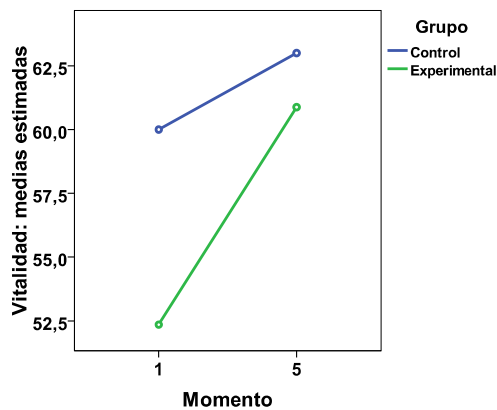


Gráfico 20e

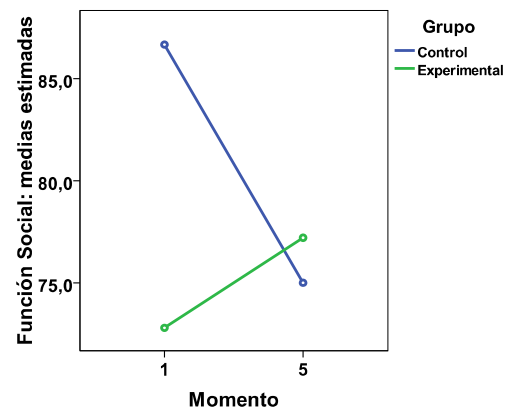


Gráfico 20f

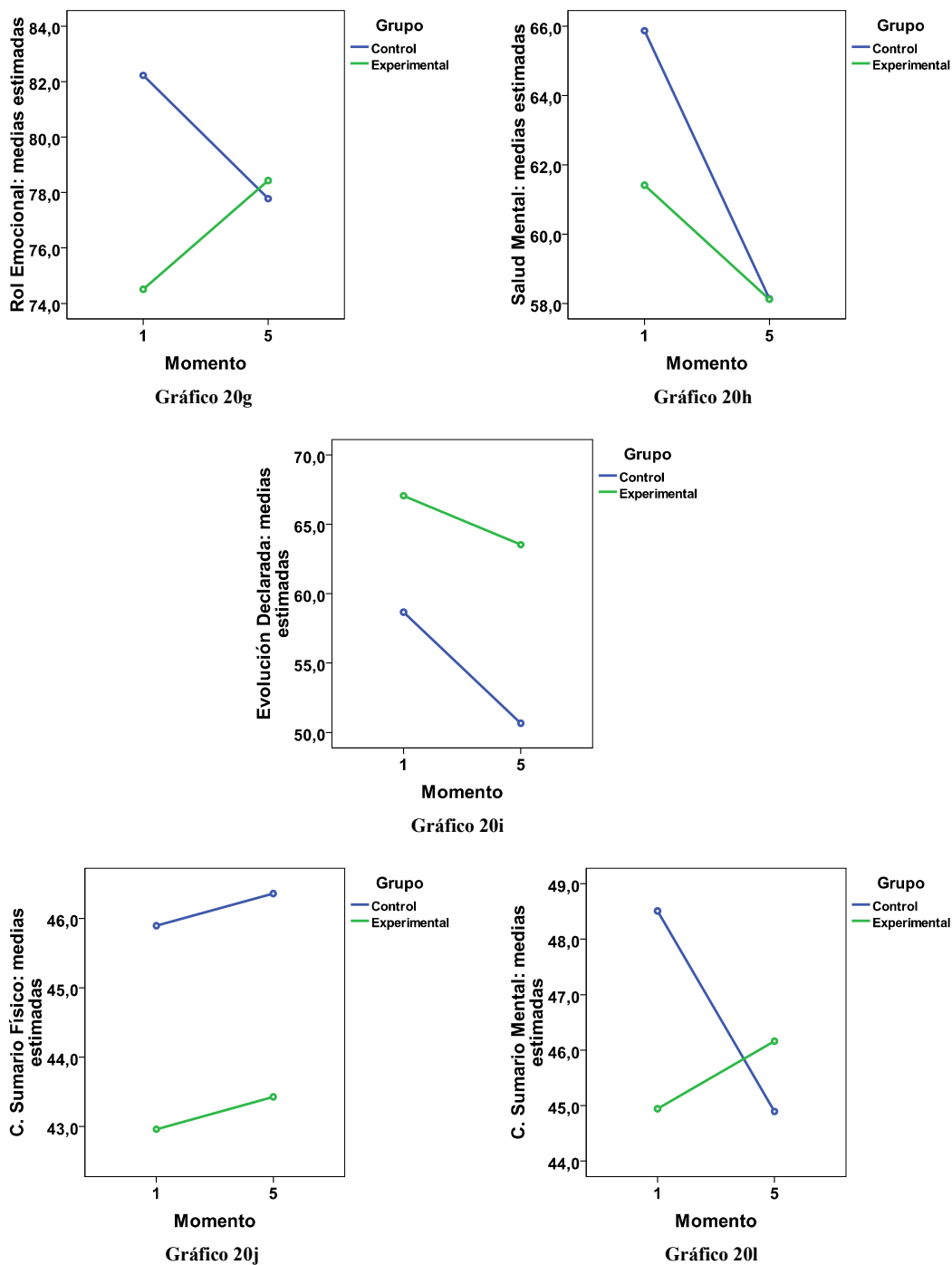


Gráfico 20. Gráficos de líneas de la evolución de las escalas y componentes sumarios de la calidad de vida (SF-36) en el ensayo clínico según el grupo.

En los distintos gráficos 20 (a a l) se expone que la evolución de las escalas de la CV (SF-36) ha sufrido variaciones a lo largo del ensayo clínico. Verificamos, por ejemplo, que para la función física, la salud mental y la evolución declarada del estado de salud los dos grupos han bajado su porcentaje de CV; en las escalas del rol físico y de la vitalidad ambos los grupos han incrementado su CV; en las escalas del dolor corporal, salud general, función

social y rol emocional el grupo EXP ha aumentado su CV mientras el CTL la ha bajado; y en ninguna escala estudiada observamos el grupo EXP bajar su CV mientras el CTL sufre un aumento. Por fin, en los componentes sumarios observamos que el CSF aumenta en los dos grupos pero lo mismo no pasa en el CSM una vez que solamente el EXP sufre un incremento.

Los datos de la distribución de la muestra de las distintas escalas de la CV y su evolución en el estudio, revelan que solamente en la función social y vitalidad es $(SW(32)_{Total}=100\% \text{ } p>0,05)$ significativamente normal. Así, y para estas dos escalas, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica así como lo de la homocedasticidad (*M de Box*: $100\% \text{ } p>0,05$) como expuesto en la tabla 34 (anexo IV). En estas variables no es necesario hacer la prueba de la esfericidad (*Mauchly's*) por solo haber dos momentos de evaluación, por lo que utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR asumiendo siempre la presencia de esfericidad. Sin embargo, con respecto a las otras escalas, los datos instruyen que existe $(SW(32)_{Total}=80\% \text{ } p\leq 0,05)$ una distribución de la muestra que no es significativamente normal. Así, no se puede verificar el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que se utilizará la prueba no paramétrica *Wilcoxon* para su investigación.

Comprobamos que la evolución de la función física del grupo EXP es superior al del CTL pero solo 4%. Sin embargo, en la escala de la vitalidad, es el CTL el que presenta un porcentaje más elevado (8,0%). Teniendo por base la ANOVA MR ($F_{funciónFísica(1)}=0,201$; $p=0,657$; $Power=0,072$; $F_{vitalidad(1)}=1,217$; $p=0,279$; $Power=0,187$) se admite la hipótesis nula y podemos concluir que la evolución de la CV evaluada en las dos escalas es significativamente igual entre los dos grupos. En cuanto a la comparación de la evolución entre los dos momentos, olvidando el factor grupo, nos enteramos que, la función física, sufre una disminución de su CV (6,3%) al paso que la vitalidad sufre un incremento (11%). Con base en la prueba ANOVA MR ($F_{funciónFísica(1)}=0,411$; $p=0,526$; $Power=0,095$; $F_{vitalidad(1)}=2,948$; $p=0,096$; $Power=0,383$) se admite la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la CV de las dos escalas después de las sesiones de electroterapia es significativamente igual a la de antes de las mismas sesiones. Por fin, queremos verificar si existe un efecto de interacción entre el factor grupo y momento. Esta interacción nos ayuda a observar que, en la función física, el grupo CTL bajó un 5,3% mientras el EXP bajó un 8,2%. Con relación a la vitalidad, el CTL ha subido un 5,0% y el EXP un 11,7%. El resultado de la ANOVA MR ($F_{funciónFísica(1)}=0,015$; $p=0,904$; $Power=0,052$; $F_{vitalidad(1)}=0,678$; $p=0,417$; $Power=0,125$) permite aceptar la hipótesis nula para ambas las variables, concluyéndose que la evolución de la función física y vitalidad no es dependiente del grupo (tabla 35 del anexo IV).

Los datos recogidos exponen que el rol físico ha sufrido un incremento en los dos grupos pero más acentuado en el EXP (9,1%) que en el CTL (2,2%). Los datos de la tabla 36 (anexo IV) evidencian que, en los dos momentos de evaluación e investigando los grupo en separado, la prueba *Wilcoxon* ($Z_{CTL}=-0,892$; $p=0,372$; $Z_{EXP}=-0,322$; $p=0,748$) admite la hipótesis nula para cada grupo y concluye que la evolución del rol físico es significativamente igual para los distintos momentos de los dos grupos en estudio. Lo mismo ocurre cuando comparamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, una vez que la prueba

Wilcoxon ($Z_{\text{Total}}=-0,906$; $p=0,365$) admite la hipótesis nula, lo que nos lleva a concluir que la evolución del rol físico es significativamente igual en los dos momentos.

En la misma tabla se permite observar la evolución de las escalas del dolor corporal, de la salud general, de la función social y del rol emocional. En todas estas escalas observamos que la CV del grupo EXP aumenta y la del grupo CTL disminuye. Así, verificamos que, para el dolor corporal, el EXP sufre un incremento de 1,2% y el CTL baja 0,8%; en la salud general el EXP aumenta 0,3% y el CTL baja 2,0%; en la función social el EXP aumenta 5,9% y el CTL baja 13,5%; y, por fin, en el rol emocional, el EXP sufre un incremento de 5,0% y el CTL disminuye 5,4%.

Con relación a la evolución del dolor corporal, de la salud general y del rol emocional, en los dos momentos e investigando los grupos en separado, la prueba *Wilcoxon* ($Z_{\text{CTL}=100\%} p>0,05$; $Z_{\text{EXP}=100\%} p>0,05$) admite la hipótesis nula para cada grupo y en cada escala, lo que lleva a concluir que la evolución de dichas escalas es significativamente igual para los distintos momentos de los dos grupos en estudio y para cada una de las 3 escalas. También cuando comparamos la evolución entre los dos momentos de la muestra total, la prueba *Wilcoxon* ($Z_{\text{Total}=100\%} p>0,05$) permite aceptar la hipótesis nula y, así, concluimos que la evolución de las mismas escalas es significativamente igual entre los dos momentos (tabla 36 del anexo IV).

No obstante, verificamos que la escala de la función social, en los dos momentos e investigando los grupos en separado, con la prueba *Wilcoxon* ($Z_{\text{CTL}}=-2,372$; $p=0,018$; $Z_{\text{EXP}}=-0,845$; $p=0,398$) muestra que, aún que el grupo EXP tenga una evolución significativamente igual en los dos momentos, el CTL tiene una evolución significativamente diferente. Ahora, cuando evaluamos la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, el *Wilcoxon* ($Z_{\text{Total}}=-0,835$; $p=0,404$) acepta la hipótesis nula, lo que revela la conclusión de que la evolución de la función social es significativamente igual entre los dos momentos (tabla 36 del anexo IV).

Destacamos que la salud mental y la evolución declarada del estado de salud de los dos grupos han bajado su porcentaje de CV: un 11,8 y un 13,6% en el CTL y un 5,7 y un 7,1% en el EXP, respectivamente. Así, la evolución de estas escalas en los dos momentos e investigando los grupos en separado con la prueba *Wilcoxon* ($Z_{\text{CTL}=100\%} p>0,05$; $Z_{\text{EXP}=100\%} p>0,05$) admite la hipótesis nula para cada grupo y en cada escala permitiendo concluir que la evolución de las escalas es significativamente igual para los distintos momentos de los dos grupos en cada una de las 2 escalas. También cuando se compara la evolución entre los dos momentos de la muestra total se verifica, con la prueba *Wilcoxon* ($Z_{\text{Total}=100\%} p>0,05$), que se vuelve a aceptar la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de las dos escalas es significativamente igual entre los dos momentos (tabla 36 del anexo IV).

Por fin, comentamos los resultados relativos a los dos componentes sumarios de la CV y su evolución en el ensayo, revelando una distribución de la muestra ($SW(32)=100\% p>0,05$) significativamente normal para el CSF y CSM. Asimismo, la tabla 34 (anexo IV) muestra para estos dos componentes, que se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra además de la

homocedasticidad (*M de Box*: 100% $p > 0,05$). Una vez más, volvemos a no necesitar hacer la prueba de la esfericidad (*Mauchly's*).

La tabla 35 (anexo IV) evidencia que la evolución del CSF ha sufrido un incremento ligero para los dos grupos sin embargo, el CSM, muestra que solamente el EXP ha aumentado. Basados en los resultados de la ANOVA MR (CSF: $F=2,641$; g.l.=1; $p=0,115$; Power=0,350; CSM: $F=0,200$; g.l.=1; $p=0,658$; Power=0,072) se admite la hipótesis nula para los dos componentes sumarios y podemos concluir que su evolución es significativamente igual entre los dos grupos. Respectando la comparación de la evolución entre los dos momentos y olvidando el factor grupo, verificamos que, el CSF aumenta y el CSM disminuye. Con base en la prueba ANOVA MR (CSF: $F=0,146$; g.l.=1; $p=0,705$; Power=0,066; CSM: $F=0,358$; g.l.=1; $p=0,554$; Power=0,089) se vuelve a admitir la hipótesis nula para los dos componentes sumarios, concluyéndose que la evolución de ambos los componentes sumarios de la CV, después de las sesiones de electroterapia, es significativamente igual a la de antes de las mismas sesiones. Finalmente, para verificar si existe un efecto de interacción entre el factor grupo y momento, la ANOVA MR (CSF: $F=0,000$; g.l.=1; $p=1,000$; Power=0,050; CSM: $F=1,458$; g.l.=1; $p=0,237$; Power=0,215) permite aceptar la hipótesis nula para ambos los componentes, concluyéndose que su evolución no es dependiente del grupo.

Por fin, con respecto al *Alfa de Cronbach* hemos vuelto a obtener cifras que revelan una consistencia interna elevada ($\alpha=0,715$).

5.3.6. Análisis gráfico de la matriz de datos multivariantes de las variables experimentales y su evolución

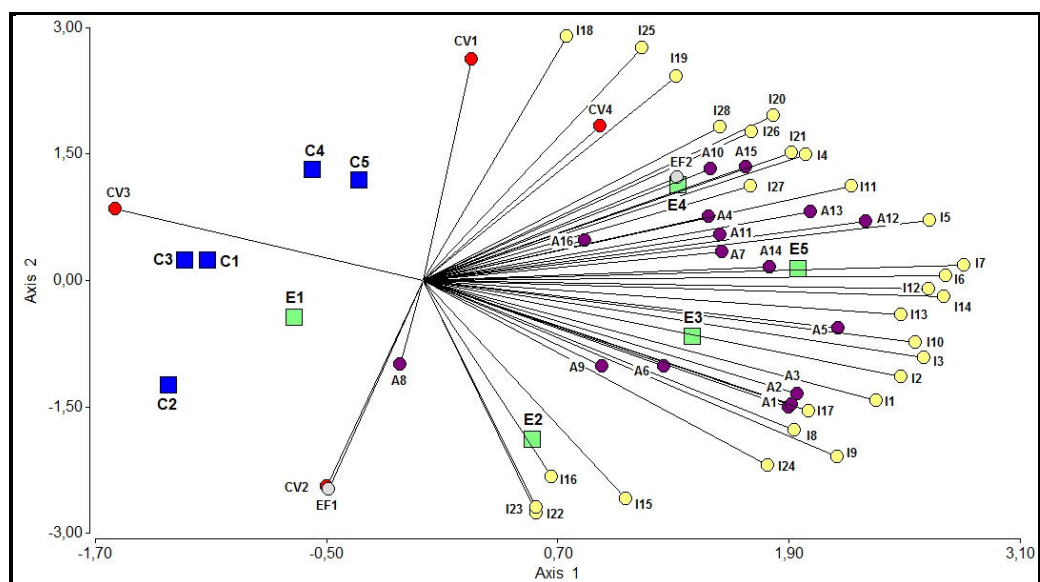


Gráfico 21. Biplot de la evolución de las variables experimentales en el ensayo clínico según el grupo y el momento. Leyenda: ■ C1-C5: Grupo CTL en los distintos momentos; ■ E1-E5: Grupo EXP en los distintos momentos; ● A1-A16: Antropométricas: A1 - Talla; A2 - Peso; A3 - IMC; A4 - BIA (% grasa); A5 - BIA (kg grasa); A6 - Perímetro abdominal; A7 - MID: 20 cm del PSR; A8 - MID: 15 cm del PSR; A9 - MID: 10 cm del PSR; A10 - MID: 5 cm del PSR; A11 - MID: PSR; A12 - MII: 20 cm del PSR; A13 - MII: 15 cm del PSR; A14 - MII: 10 cm del PSR; A15 - MII: 5 cm del PSR; A16 - MII: PSR; ● CV1-CV4: Cardiovasculares: CV1 - FC; CV2 - FR; CV3 -

PAS; CV4 - PAD; ● EF1-EF2: Equilibrio y flexibilidad: EF1 - *Sit&Up*; EF2 - *Sit&Reach*; ● I1-I28: Fuerza isocinética: I1 - Torque máximo 60°/s E MID; I2 - Torque medio 60°/s E MID; I3 - Potencia máxima 60°/s E MID; I4 - %F/E 60°/s MID; I5 - Torque máximo 60°/s F MID; I6 - Torque medio 60°/s F MID; I7 - Potencia máxima 60°/s F MID; I8 - Torque máximo 120°/s E MID; I9 - Torque medio 120°/s E MID; I10 - Potencia máxima 120°/s E MID; I11 - %F/E 120°/s MID; I12 - Torque máximo 120°/s F MID; I13 - Torque medio 120°/s F MID; I14 - Potencia máxima 120°/s F MID; I15 - Torque máximo 60°/s E MII; I16 - Torque medio 60°/s E MII; I17 - Potencia máxima 60°/s E MII; I18 - %F/E 60°/s MII; I19 - Torque máximo 60°/s F MII; I20 - Torque medio 60°/s F MII; I21 - Potencia máxima 60°/s F MII; I22 - Torque máximo 120°/s E MII; I23 - Torque medio 120°/s E MII; I24 - Potencia máxima 120°/s E MII; I25 - %F/E 120°/s MII; I26 - Torque máximo 120°/s F MII; I27 - Torque medio 120°/s F MII; I28 - Potencia máxima 120°/s F MII.

Verificamos en el biplot (gráfico 21) que los cuadrados referentes a los momentos iniciales de los dos grupos (C1 y E1) se encuentran muy cercanos uno del otro, lo que significa que empezaron el ensayo clínico con características casi idénticas. Sin embargo, verificamos que en la última revisión del ensayo (C5 y E5) los dos grupos se encuentran en lados opuestos del gráfico lo que evidencia la presencia de características inversas, influenciadas por la realización de la NMES. En cuanto al grupo CTL, se verifica que no ha cambiado mucho a lo largo del estudio, una vez que todas las 5 representaciones de cada momento están muy cercanas entre sí. Curiosamente, las características iniciales son casi idénticas a las del tercer momento mientras las del cuarto son bastante similares a las del quinto momento y destacamos un pequeño incremento entre C1/C2/C3 y C4/C5. Con respecto al grupo EXP, observamos que sus características iniciales (E1) tienen más en común con las características del grupo CTL, en cualquier momento (C1 a C5), que con sus propias características en los demás momentos del ensayo clínico (E2 a E5); lo que significa que hubo alteraciones continuas en gran parte de las variables experimentales entre el E1 y E5. Verificamos que las variables talla, peso e IMC del parámetro antropométrico tienen una evolución paralela algo que no es tan claro con respecto a las mensuraciones de la perimetría del muslo sin embargo, observamos que el miembro izquierdo parece ser más influenciado en el último momento. En cuanto a las características del parámetro cardiovascular, se observa que la FC (CV1) y la FR (CV2) asumen una evolución contraria a lo largo de ensayo para los dos grupos, así como las variables de la PAS (CV3) y PAD (CV4). Sin embargo, observamos que la FC presenta una evolución paralela a de la PAD. En cuanto al parámetro del equilibrio y flexibilidad verificamos también que a lo largo del estudio sus cifras aumentan a cada momento hasta llegar al valor más elevado en el final del ensayo clínico, aunque esta evolución sea más evidente en el *Sit&Up* que en el *Sit&Reach*. Por fin, en cuanto al parámetro de la fuerza isocinética, observamos que casi todas las variables presentan sus cifras más elevadas en el último momento y las más bajas están todas circunscritas al primer momento lo que evidencia que, a lo largo del ensayo clínico, hubo un desarrollo de la fuerza muscular en el EXP. Por ejemplo, en el torque máximo, se verifica que los 4 evaluados (60 y 120°/s y de flexión y extensión) del miembro derecho presentan una evolución bastante similar entre ellos; sin embargo, en el miembro izquierdo, verificamos una división entre la evolución del torque de flexión (arriba: I19 y I26) y de extensión (abajo: I15 y I22).

5.3.7. Resumen de la evolución de las características experimentales

Con los distintos resultados de las características experimentales obtenidos durante el desarrollo del ensayo clínico, resumidos en la tabla 37, verificamos que casi todas las variables antropométricas han sufrido una reducción de sus cifras a lo largo del ensayo clínico. En cuanto a las cardiovasculares, observamos que la FC y FR no han sufrido cualquier cambio significativo. Sin embargo, la PAS ha bajado significativamente en los 5 momentos y la PAD ha aumentado significativamente para el grupo EXP. Con respecto al equilibrio y flexibilidad observamos aumentos significativos a lo largo del ensayo clínico. En el parámetro de la fuerza isocinética de los miembros inferiores destacamos que el grupo EXP ha sufrido casi siempre incrementos superiores. Finalmente, en las variables de la CV solamente se ha verificado un cambio significativo en la escala de la función social y exclusivamente para el grupo CTL.

	1	2	3
Antropométricas			
Talla~	p=0,004**	p=0,000***	p=0,000***
Peso~	p=0,299ns	p=0,001**	p=0,784ns
IMC~	p=0,150ns	p=0,062ns	p=0,004**
Clasificación IMC~	p=0,255ns	p=0,066ns	p=0,373ns
BIA (% grasa)~	p=0,576ns	p=0,002**	p=0,509ns
BIA (kg grasa)~	p=0,353ns	p=0,003**	p=0,757ns
Perímetro abdominal~	p=0,540ns	p=0,003**	p=0,269ns
Clasificación perímetro abdominal~	p=0,878ns	p=0,174ns	p=0,492ns
MID: 20 cm del PSR~	p=0,843ns	p=0,131ns	p=0,158ns
MID: 15 cm del PSR~	p=0,947ns	p=0,026*	p=0,834ns
MID: 10 cm del PSR~	p=0,775ns	p=0,293ns	p=0,460ns
MID: 5 cm del PSR~	p=0,952ns	p=0,026*	p=0,586ns
MID: PSR~	p=0,878ns	p=0,553ns	p=0,004**
MII: 20 cm del PSR~	p=0,666ns	p=0,009**	p=0,068ns
MII: 15 cm del PSR~	p=0,847ns	p=0,004**	p=0,057ns
MII: 10 cm del PSR~	p=0,770ns	p=0,066ns	p=0,009**
MII: 5 cm del PSR~	p=0,930ns	p=0,077ns	p=0,263ns
MII: PSR~	p=0,991ns	p=0,559ns	p=0,089ns
Cardiovasculares			
Frecuencia cardiaca~	p=0,090ns	p=0,257ns	p=0,135ns
Frecuencia respiratoria~	p=0,100ns	p=0,870ns	p=0,201ns
Presión arterial sistólica~	p=0,099ns	p=0,277ns	p=0,031*
Presión arterial diastólica~	p=0,374ns	p=0,027*	p=0,264ns
Equilibrio y Flexibilidad			
Sit&Up~	p=0,044*	p=0,003**	p=0,000***
Sit&Reach~	p=0,974ns	p=0,019*	p=0,251ns
Fuerza Isocinética			
Torque máximo 60°/s E MID~	p=0,765ns	p=0,077ns	p=0,165ns
Torque máximo 60°/s E MII~	p=0,568ns	p=0,003**	p=0,214ns
Torque máximo 120°/s E MID~	p=0,251ns	p=0,439ns	p=0,903ns
Torque máximo 120°/s E MII~	p=0,611ns	p=0,002**	p=0,288ns
Torque medio 60°/s E MID~	p=0,239ns	p=0,013*	p=0,138ns
Torque medio 60°/s E MII~	p=0,848ns	p=0,001**	p=0,094ns
Torque medio 120°/s E MID~	p=0,288ns	p=0,186ns	p=0,176ns
Torque medio 120°/s E MII~	p=0,705ns	p=0,000***	p=0,366ns

Potencia máxima 60°/s E MID [~]	p=0,143ns	p=0,041*	p=0,005**
Potencia máxima 60°/s E MII [~]	p=0,567ns	p=0,013*	p=0,581ns
Potencia máxima 120°/s E MID [~]	p=0,166ns	p=0,862ns	p=0,769ns
Potencia máxima 120°/s E MII [~]	p=0,516ns	p=0,192ns	p=0,833ns
Torque máximo 60°/s F MID [~]	p=0,002**	p=0,003**	p=0,000***
Torque máximo 60°/s F MII [~]	p=0,905ns	p=0,000***	p=0,033*
Torque máximo 120°/s F MID [~]	p=0,211ns	p=0,004**	p=0,028*
Torque máximo 120°/s F MII [~]	p=0,676ns	p=0,000***	p=0,241ns
Torque medio 60°/s F MID [~]	p=0,074ns	p=0,001**	p=0,413ns
Torque medio 60°/s F MII [~]	p=0,710ns	p=0,000***	p=0,014*
Torque medio 120°/s F MID [~]	p=0,251ns	p=0,017*	p=0,104ns
Torque medio 120°/s F MII [~]	p=0,620ns	p=0,048*	p=0,117ns
Potencia máxima 60°/s F MID [~]	p=0,021*	p=0,004**	p=0,000***
Potencia máxima 60°/s F MII [~]	p=0,000***	p=0,119ns	p=0,000***
Potencia máxima 120°/s F MID [~]	p=0,091ns	p=0,001**	p=0,036*
Potencia máxima 120°/s F MII [~]	p=0,000***	p=0,034*	p=0,000***
% F/E 60°/s MID [~]	p=0,276ns	p=0,000***	p=0,127ns
% F/E 60°/s MII [~]	p=0,805ns	p=0,000***	p=0,068ns
% F/E 120°/s MID [~]	p=0,364ns	p=0,001**	p=0,089ns
% F/E 120°/s MII [~]	p=0,905ns	p=0,000***	p=0,339ns
Calidad de Vida			
Función física [~]	p=0,657ns	p=0,526ns	p=0,904ns
Rol físico [^]	p=0,372ns	p=0,748ns	p=0,365ns
Dolor corporal [^]	p=0,944ns	p=0,750ns	p=0,822ns
Salud general [^]	p=0,699ns	p=0,570ns	p=0,800ns
Vitalidad [~]	p=0,279ns	p=0,096ns	p=0,417ns
Función social [^]	p=0,018*	p=0,398ns	p=0,404ns
Rol emocional [^]	p=0,589ns	p=0,719ns	p=0,977ns
Salud mental [^]	p=0,095ns	p=0,504ns	p=0,079ns
Evolución declarada de la salud [^]	p=0,119ns	p=0,334ns	p=0,063ns
Componente sumario físico [~]	p=0,115ns	p=0,705ns	p=1,000ns
Componente sumario mental [~]	p=0,658ns	p=0,554ns	p=0,237ns

Tabla 37. Nivel de significación de la evolución de las variables experimentales en el ensayo clínico. Leyenda: ~ - prueba paramétrica ANOVA MR (1-CTL vs EXP; 2-Momento; 3-Grupo vs Momento); [~] - prueba no paramétrica *Friedman two-way* ANOVA (1-CTL; 2-EXP; 3-Momento); [^] - prueba no paramétrica *Wilcoxon* (1-CTL; 2-EXP; 3-Momento); *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

5.4. FOLLOW-UP DE LAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES

En este apartado es nuestro objetivo investigar si existe un mantenimiento de las aportaciones consecuentes del programa de electroterapia, sobre las distintas características experimentales investigadas, 6 meses después del ensayo clínico terminar (*follow-up*). Así, empezaremos la exposición de los datos de las características experimentales retiradas en tres momentos distintos: al inicio y final del ensayo clínico y 6 meses después de este haber terminado. Sin embargo, referimos que una de las personas mayores no ha sido evaluada en el *follow-up*, lo que representa un porcentaje de abandono de un 3,1%.

5.4.1. Parámetro antropométrico

5.4.1.1. Comparación de la talla

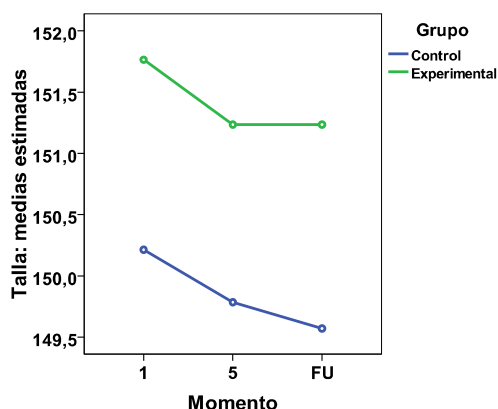


Gráfico 22. Gráfico de líneas de la evolución de la talla en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

El gráfico 22 nos indica que la talla ha disminuido la misma cifra en los dos grupos, o sea, 0,6 cm entre el inicio del ensayo clínico y el *follow-up*. Asimismo, observamos que los dos grupos, a lo largo del ensayo así como del *follow-up*, han bajado sus tallas en cifras inferiores a 1 cm.

Los datos referentes a la evolución de la talla en el ensayo clínico y su *follow-up* pasados 6 meses, evidencian que la distribución de la muestra ($(SW(31)_{Total}=60\% \text{ } p>0,05)$) no es significativamente normal. Con esto, no es posible verificar el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo se utilizará la prueba no paramétrica de *Friedman two-way ANOVA* para la investigación de la influencia del programa de electroterapia sobre la talla de las mayores en estudio.

Con relación a la evolución de la talla y su *follow-up* e investigando separadamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(14)_{CTL}=13,000$; g.l.=2; $p=0,002$; $\chi^2(17)_{EXP}=16,000$; g.l.=2; $p=0,000$) nos permite rechazar la hipótesis nula para cada grupo, concluyéndose que existe por lo menos un momento en que la evolución de la talla es significativamente diferente de los demás momentos para cada grupo. Pretendemos ahora comparar la evolución entre los distintos

momentos de la muestra total y, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(31)_{\text{Total}}=28,500$; g.l.=2; $p=0,000$) admite rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe por lo menos un momento en que la evolución de la talla es significativamente diferente de los demás momentos.

5.4.1.2. Comparación del peso

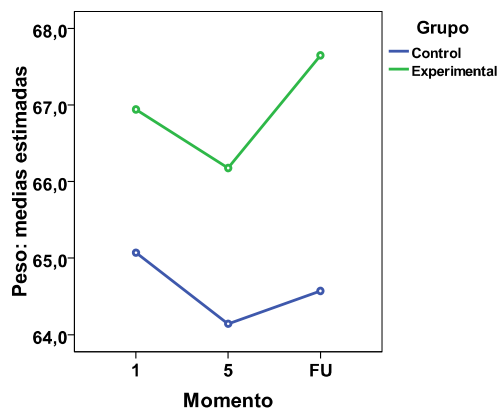


Gráfico 23. Gráfico de líneas de la evolución del peso en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

El gráfico 23 expone que el peso ha disminuido progresivamente en ambos los grupos a lo largo del ensayo clínico pero los resultados del *follow-up* evidencian que ambos han cogido peso otra vez. Sin embargo, la diferencia es que el grupo CTL, aún que haya ganado peso, se presenta con 0,5 kg (0,8%) menos que cuando empezó el ensayo clínico mientras el EXP se presenta, en el *follow-up*, con 0,7 kg (1,0%) más que al inicio del ensayo.

Los datos del peso, referentes a su evolución en el ensayo y *follow-up*, revelan que la distribución de la muestra ($SW(31)_{\text{Total}}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal. Con esto, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica pero no lo de la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,015$) no obstante, se verifica también lo de la esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,241$), como observamos en la tabla 38 (anexo IV). Es por eso adecuado utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida.

Con respecto a la prueba ANOVA MR ($F(1)=1,117$; $p=0,299$; $\text{Power}=0,176$) acepta la hipótesis nula, por lo que podemos concluir que la evolución del peso del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, la ANOVA MR ($F(2)=8,601$; $p=0,001$; $\text{Power}=0,960$) rechaza la hipótesis nula, concluyendo que existe por lo menos un momento en que el peso es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) entre el inicio y el final del ensayo (disminuyó 0,84 kg) así como entre el final y el *follow-up* (disminuyó 0,95 kg). Ahora es nuestro objetivo verificar la existencia de un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento. El efecto simultáneo del grupo y momento nos permite observar que el grupo CTL ha perdido peso (0,5 kg) mientras el EXP ha ganado (0,7 kg), lo que corresponde a

0,8% y 1,0%, respectivamente. La prueba ANOVA MR ($F(2)=3,388$; $p=0,041$; $\text{Power}=0,616$) permite rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del peso es dependiente del grupo.

5.4.1.3. Comparación del IMC y su clasificación

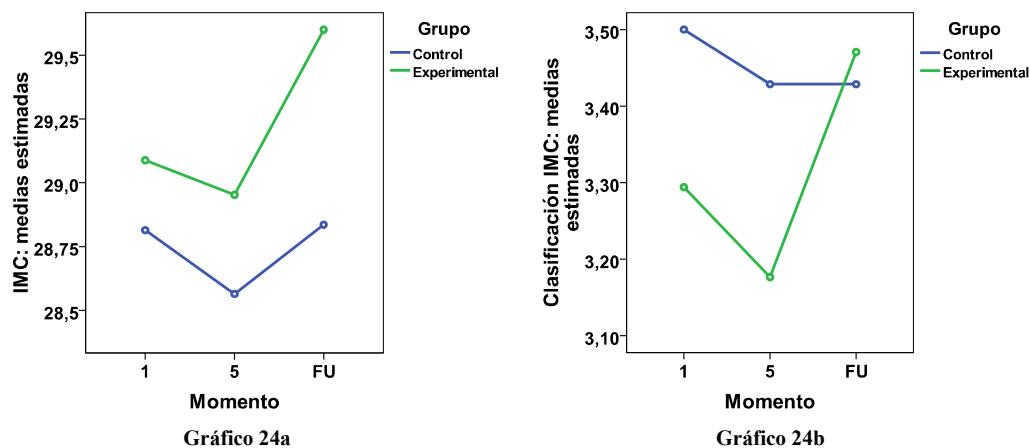


Gráfico 24. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del IMC en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

El gráfico 24a indica que el IMC ha aumentado entre el final del ensayo clínico y el *follow-up*, en los dos grupos. Sin embargo, el grupo EXP sufrió un incremento de 1,7%, entre el inicio del ensayo y el *follow-up* mientras el promedio del IMC del CTL quedó igual. Verificamos también en el gráfico 24b que ambos los grupos han bajado sus clasificaciones del IMC a lo largo del estudio pero en la revisión del *follow-up* el EXP ha aumentado bastante más que el CTL.

Los datos de la distribución de la muestra relativos al IMC, su evolución y *follow-up*, evidencian que ($(SW(31)_{\text{Total}}=100\%$ $p \leq 0,05$) no es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que utilizaremos la prueba *Friedman two-way ANOVA* en la investigación de esta variable.

La evolución y *follow-up* del IMC e investigando separadamente cada grupo, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(14)_{\text{CTL}}=5,450$; g.l.=2; $p=0,066$; $\chi^2(17)_{\text{EXP}}=13,236$; g.l.=2; $p=0,001$) nos lleva a concluir que la evolución del IMC es significativamente igual en los distintos momentos para el grupo CTL pero existe por lo menos un momento en que es significativamente diferente para el EXP. Sin embargo, cuando comparamos la evolución de los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(31)_{\text{Total}}=16,316$; g.l.=2; $p=0,000$) nos permite rechazar la hipótesis nula, llevándonos a concluir que existe por lo menos un momento en la evolución del IMC es significativamente diferente de los demás momentos.

Con relación a la evolución y *follow-up* de la clasificación del IMC y examinando cada grupo de forma aislada, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(14)_{\text{CTL}}=0,667$; g.l.=2; $p=0,717$; $\chi^2(17)_{\text{EXP}}=5,429$; g.l.=2; $p=0,066$) nos lleva a aceptar la

hipótesis nula para cada grupo y concluimos que la evolución de la clasificación del IMC es significativamente igual en los varios momentos para los dos grupos. Queremos ahora comparar la evolución de la clasificación del IMC entre los distintos momentos de la muestra total y, utilizando la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(31)_{\text{Total}}=3,800$; g.l.=2; $p=0,150$) aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que la clasificación del IMC es significativamente igual en los varios momentos.

5.4.1.4. Comparación de la impedancia bioeléctrica

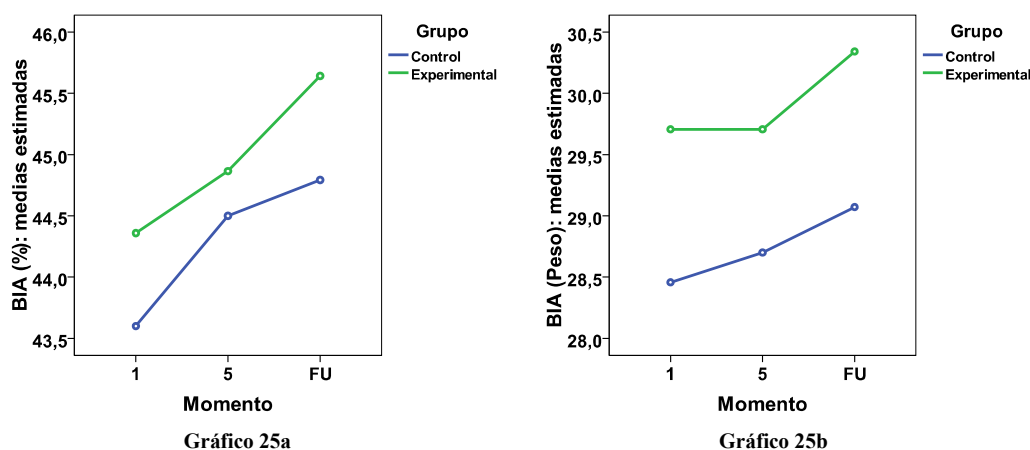


Gráfico 25. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje (a) y peso (b) de la masa grasa en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los gráficos 25a y 25b nos indican que la impedancia bioeléctrica, tanto del porcentaje como del peso, ha aumentado entre el primero y último momento del ensayo, para ambos los grupos, así como en el *follow-up*. Sin embargo, verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento mayor que el CTL en el *follow-up*.

Con relación a la evolución y *follow-up* de la impedancia bioeléctrica, revelamos que la distribución de la muestra ($SW(31)_{\text{Porcentaje}}=100\%$ $p>0,05$; $SW(31)_{\text{Peso}}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal. Así, y para ambas las variables de la impedancia bioeléctrica, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica. También el presupuesto de la homocedasticidad (*M de Box*: $p>0,05$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: $p>0,05$) se verifican pero solamente para el porcentaje y nunca para el peso, como evidencia la tabla 38 (anexo IV). Es correcto utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR para las dos variables de la impedancia bioeléctrica.

Verificamos que el porcentaje de la masa grasa media del grupo EXP (45,0%) es superior al del CTL (44,3%) lo que corresponde a una diferencia de 0,7%. Basados en la ANOVA MR ($F(1)=0,491$; $p=0,489$; $\text{Power}=0,104$) aceptamos la hipótesis nula y podemos concluir que la evolución del porcentaje de la masa grasa del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL. En cuanto al peso de la masa grasa media del grupo EXP (29,9 kg) es, una vez más, superior al del CTL (28,8 kg) lo que corresponde a una diferencia de 1,1 kg. Con los datos de la ANOVA MR ($F(1)=1,117$; $p=0,299$; $\text{Power}=0,176$) se acepta la hipótesis nula y por eso concluimos que la evolución del peso de la masa grasa del grupo EXP es

significativamente igual al del grupo CTL. En cuanto a la comparación entre los distintos momentos con el *follow-up*, sin tener en cuenta el factor grupo, observamos que la variación del porcentaje y peso de la masa grasa ha aumentado progresivamente. La prueba ANOVA MR ($F_{\text{Porcentaje}(2)}=11,663$; $p=0,000$; Power=0,992; $F_{\text{Peso}(1,437)}=2,172$; $p=0,140$; Power=0,357) concluye que, aunque existe por lo menos un momento en que el porcentaje de la masa grasa es significativamente diferente de los demás, el peso de la masa grasa es significativamente igual en los distintos momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el porcentaje de la masa grasa es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el inicio y el final del ensayo (disminuyó 0,7%) y continuó a disminuir (1,2%) en el *follow-up*. Por fin, pretendemos verificar si existe un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento. El efecto simultáneo del grupo y del momento nos permite observar que, entre las tres revisiones, los dos grupos han tenido un incremento del porcentaje y peso de la masa grasa. La prueba ANOVA MR ($F_{\text{Porcentaje}(2)}=0,501$; $p=0,608$; Power=0,128; $F_{\text{Peso}(1,437)}=0,106$; $p=0,834$; Power=0,063) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la impedancia bioeléctrica no es dependiente del grupo.

5.4.1.5. Comparación del perímetro abdominal

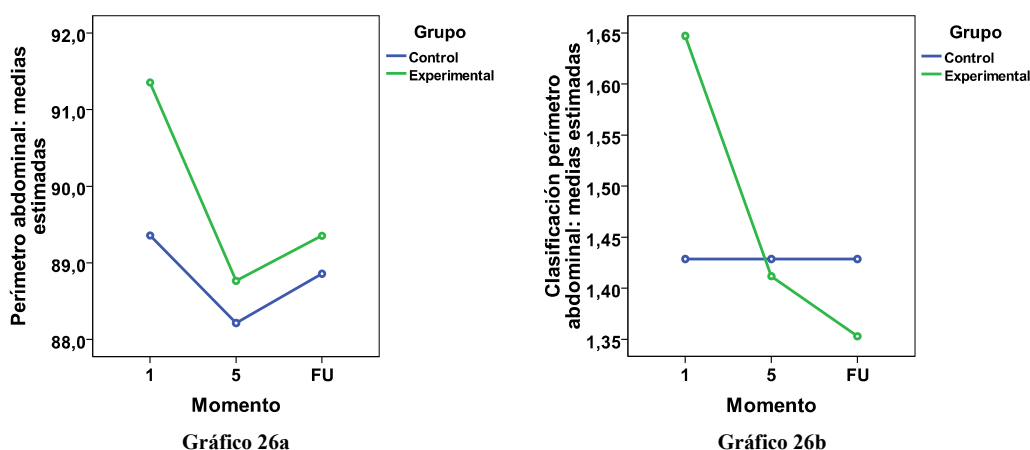


Gráfico 26. Gráficos de líneas de la evolución (a) y clasificación (b) del perímetro abdominal en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los gráficos 26a y 26b exponen que el perímetro abdominal ha disminuido a lo largo del ensayo clínico en los dos grupos pero los datos del *follow-up* nos evidencian que ambos han sufrido un incremento. Verificamos que el promedio del perímetro abdominal del grupo EXP (89,8 cm) es 1 cm superior al del grupo CTL (88,8 cm). En cuanto al gráfico 26b, ambos los grupos han tenido su cifra más alta de la clasificación en el primero momento de evaluación y la más baja en el *follow-up*, pero el EXP ha bajado sustancialmente más que el CTL.

Con relación a la distribución de la muestra del perímetro abdominal ($(SW(31))_{\text{Total}}=100\%$ $p>0,05$) verificamos que es significativamente normal y, por eso, verificamos el presupuesto de la normalidad de la muestra pero no lo de la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,000$) a pesar de verificarse la esfericidad

(*Mauchly's*: $p=0,610$). Así, es adecuado utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida (tabla 38 del anexo IV).

Con base en la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,152$; $p=0,700$; $Power=0,066$) aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que la evolución del perímetro abdominal del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con respecto a la comparación de los tres momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, observamos que el perímetro abdominal medio ha bajado 1,4 cm entre la primera evaluación y el *follow-up* (1,5%). Con la prueba ANOVA MR ($F(2)=7,286$; $p=0,002$; $Power=0,925$) se rechaza la hipótesis nula y concluimos que existe por lo menos un momento en que el perímetro abdominal es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el perímetro abdominal es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el inicio y el final del ensayo (disminuyó 1,8 cm). Ahora intentamos comprobar si existe un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento. La simultaneidad de este efecto nos lleva a observar que los dos grupos han bajado el perímetro abdominal pero el EXP ha disminuido 4 veces más que el CTL. La ANOVA MR ($F(2)=1,459$; $p=0,241$; $Power=0,300$) permite aceptar la hipótesis nula y así se concluye que la evolución del perímetro abdominal no es dependiente del grupo.

Con relación a la evolución y *follow-up* de la clasificación del perímetro abdominal en las tres revisiones y examinando cada grupo en separado, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(14)_{CTL}=0,000$; g.l.=2; $p=1,000$; $\chi^2(17)_{EXP}=7,000$; g.l.=2; $p=0,030$) nos lleva a concluir que la evolución de la clasificación del perímetro abdominal es significativamente igual en los distintos momentos para el grupo CTL pero existe por lo menos un momento en que es significativamente diferente de los demás para el EXP. Pretendemos ahora comparar la evolución entre los varios momentos de la muestra total, utilizando la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(31)_{Total}=4,667$; g.l.=2; $p=0,097$) aceptamos la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de la clasificación del perímetro abdominal es significativamente igual en los distintos momentos.

5.4.1.6. Comparación de la perimetría de los miembros inferiores

5.4.1.6.1. Comparación de la perimetría del miembro inferior derecho

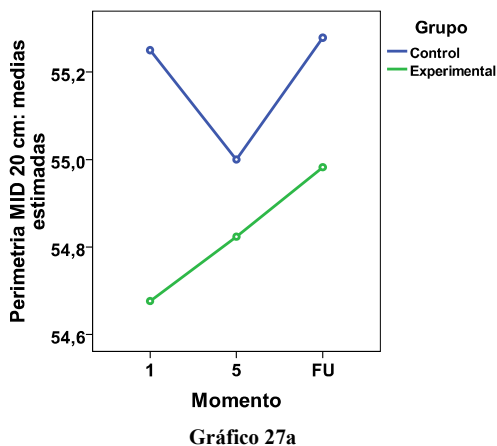


Gráfico 27a

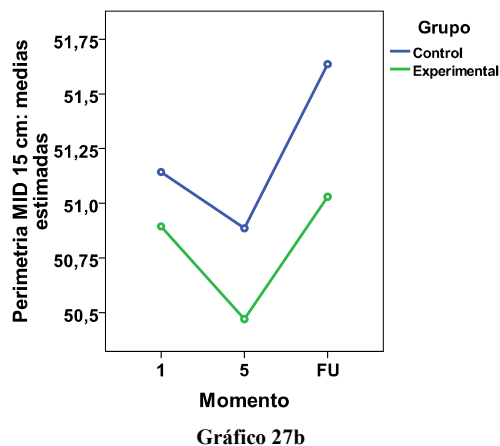


Gráfico 27b

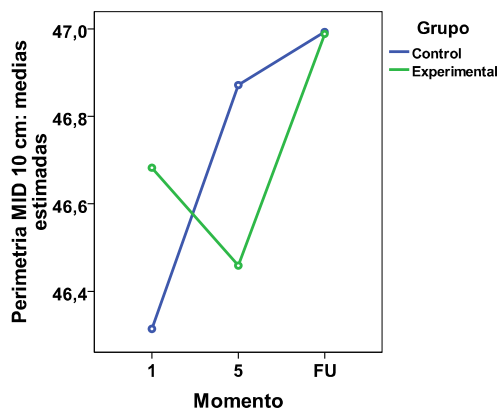


Gráfico 27c

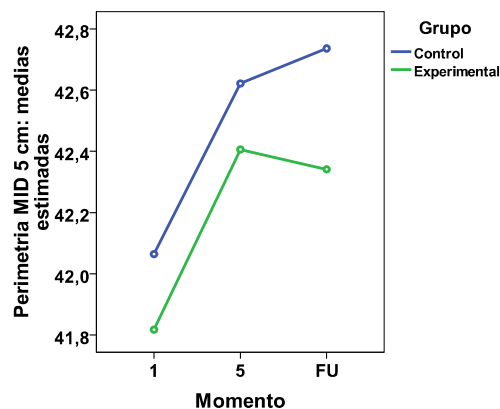


Gráfico 27d

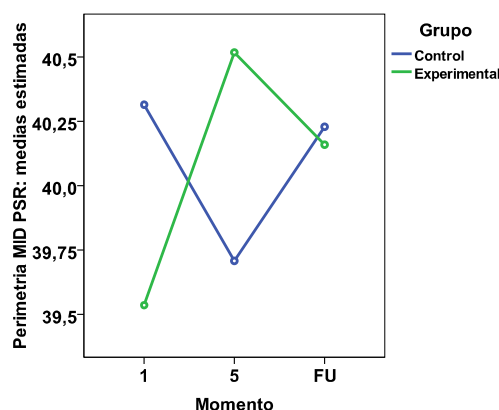


Gráfico 27e

Gráfico 27. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior derecho en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los distintos gráficos 27a a 27e permiten observar que, en el grupo EXP, solamente el perímetro a 20 cm arriba del PSR ha sufrido un incremento a lo largo de los 3 momentos; a 15 y 10 cm arriba del PSR ha bajado entre el primero y quinto momento para luego después aumentar en el *follow-up* y para cifras superiores a las que tenía en el inicio del ensayo; por fin, a 5 cm arriba y en el PSR, hubo un incremento a lo largo del ensayo clínico pero en el *follow-up* ha bajado pero nunca para cifras inferiores a las que tenía en el inicio del ensayo. En cuanto al grupo CTL, se verifica que, en los perímetros de 20 y 15 cm, ha pasado lo mismo que en el EXP a 15 y 10 cm, es decir, las mayores han disminuido el perímetro a lo largo del ensayo clínico para después aumentarlo en el *follow-up*, con cifras superiores a las iniciales; a 10 y 5 cm se observa un aumento gradual de los perímetros al paso que alrededor del PSR han bajado a lo largo del ensayo y recuperado en *follow-up*.

En cuanto a la distribución de la muestra, referentes a la evolución de la perimetría del miembro inferior derecho y su *follow-up*, se verifica $(SW(31)_{Total}=100\% \text{ } p>0,05)$ que es significativamente normal. Asimismo, se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra y también de la homocedasticidad ($M \text{ de Box: } 80\% \text{ } p>0,05$) en la mayoría pero solamente en un perímetro se verifica la

presencia de esfericidad (*Mauchly's*: 20% $p > 0,05$) por lo que se utilizará la correcta variante de la prueba paramétrica ANOVA MR (tabla 38 del anexo IV).

Basados en los resultados expuestos en la tabla 39 (anexo IV), la prueba ANOVA MR (100% $p > 0,05$) acepta la hipótesis nula y se concluye que la evolución de todos los perímetros es significativamente igual para los dos grupos. Sin embargo, en cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos estudiados, sin tener en cuenta el factor grupo, se verifica que las variaciones entre los momentos han sido siempre inferiores a 1 cm y, la ANOVA MR (80% $p > 0,05$) acepta la hipótesis nula y podemos concluir que, exceptuando en el perímetro a 5 cm ($p = 0,025$), todos los perímetros son significativamente iguales en los distintos momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el perímetro de 5 cm del miembro derecho es significativamente diferente ($p \leq 0,05$) entre el inicio y el *follow-up* (aumentó 0,5 cm). Es nuestro objetivo comprobar la existencia de un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento. Su simultaneidad nos lleva a observar que las variaciones de cada grupo a lo largo del tiempo son muy reducidas. La ANOVA MR (100% $p > 0,05$) nos permite aceptar la hipótesis nula y así concluir que la evolución de los varios perímetros no es dependiente del grupo.

5.4.1.6.2. Comparación de la perimetría del miembro inferior izquierdo

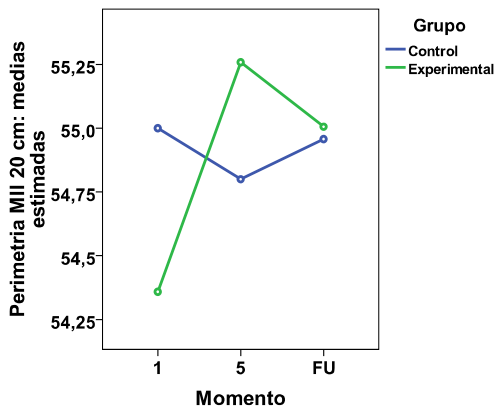


Gráfico 28a

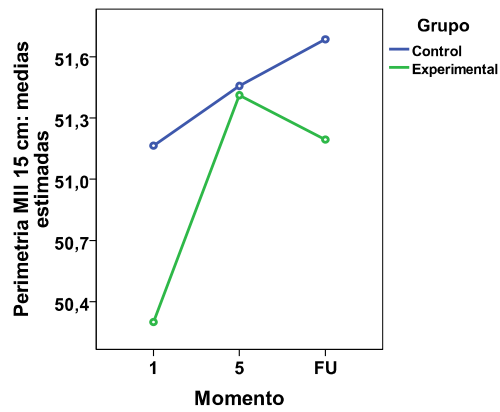


Gráfico 28b

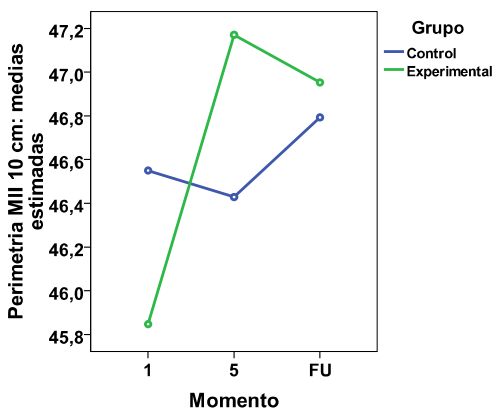


Gráfico 28c

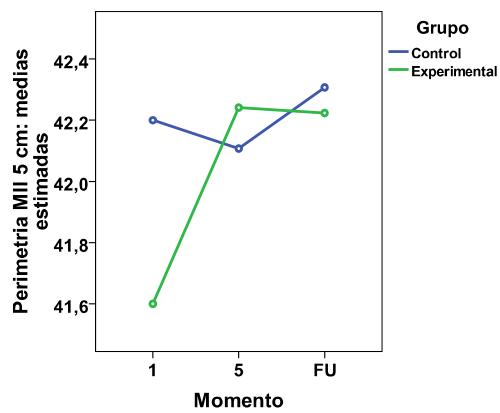


Gráfico 28d

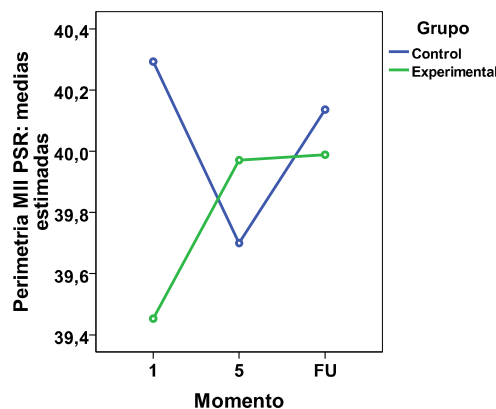


Gráfico 28e

Gráfico 28. Gráficos de líneas de la evolución de la perimetría del miembro inferior izquierdo en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

En los gráficos 28a a 28e se verifica que, el grupo EXP, ha sufrido un incremento en todos los perímetros evaluados en el miembro izquierdo a lo largo del ensayo clínico pero después, excluyendo el PSR, todos han bajado en el *follow-up*. Por su lado, en el CTL, solamente el perímetro a 15 cm arriba del PSR hubo un incremento a lo largo de los 3 momentos; en los demás perímetros se observó que todos han bajado en el ensayo para después aumentaren en el *follow-up*.

Los datos de la evolución de la perimetría del miembro inferior izquierdo y su *follow-up*, verifican una distribución de la muestra ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) significativamente normal. Con esto se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra y la tabla 38 (anexo IV) muestra que 4 de los 5 perímetros presentan homocedasticidad (*M de Box*: 80% $p>0,05$) pero ninguno presenta esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p\leq 0,05$) por lo que utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR sin esfericidad asumida.

Se verifica que todos los perímetros medios son bastante similares ($< 0,5$ cm) entre los dos grupos en estudio y los datos de la tabla 39 (anexo IV) muestran que la ANOVA MR (100% $p>0,05$) permite aceptar la hipótesis nula, es decir, todos los perímetros evaluados del grupo EXP son significativamente iguales a los del CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos estudiados, sin tener en cuenta el grupo, nos enteramos que las variaciones entre los tres momentos han sido, una vez más, siempre inferiores a 1 cm. Los resultados de la ANOVA MR nos llevan a concluir 2 cosas: primero, se acepta la hipótesis nula para los perímetros 20 y 5 cm así como para el PSR ($p>0,05$), por lo que concluimos que la evolución de estos perímetros es significativamente igual en los distintos momentos; y segundo, se rechaza la hipótesis nula para los perímetros 15 y 10 cm ($p\leq 0,05$) y así se concluye que existe por lo menos un momento en que cada uno de estos perímetros es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que, a 15 cm, el perímetro es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) entre el inicio y el *follow-up* (aumentó 0,70 cm); ya a 10 cm, el perímetro es significativamente diferente ($p\leq 0,05$) también entre el inicio y el *follow-up*

(aumentó 0,67 cm). Por fin, queremos probar la existencia de un efecto de interacción entre los grupos y los momentos. Observamos que las variaciones de cada grupo a lo largo del ensayo son reducidas. La ANOVA MR nos permite aceptar la hipótesis nula para los perímetros entre 20 y 5 cm ($p > 0,05$), o sea, se concluye que la evolución de estos perímetros no es dependiente del grupo pero, en el PSR ($F=5,892$, $g.l.=1,396$, $p=0,012$, $Power=0,753$), se rechaza la hipótesis nula y concluimos que su evolución es dependiente del grupo.

5.4.2. Parámetro cardiovascular

5.4.2.1. Comparación de la frecuencia cardiaca y respiratoria

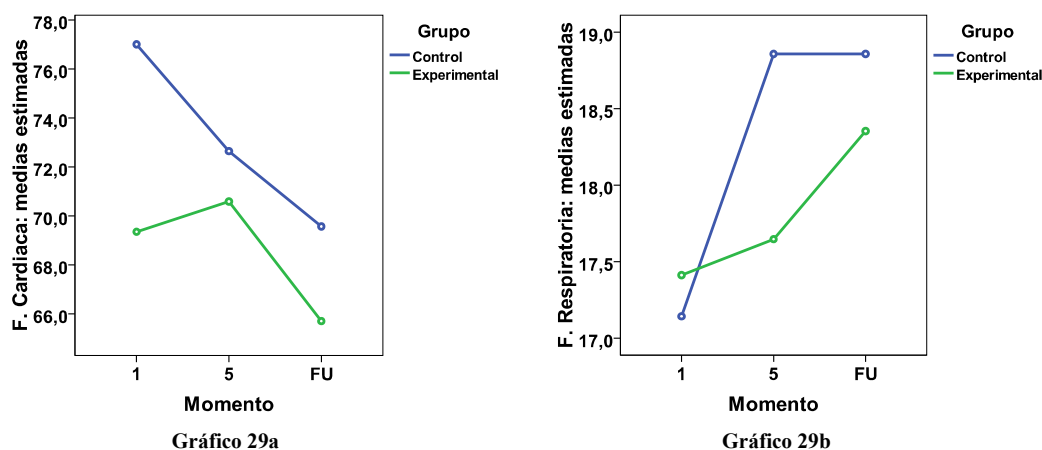


Gráfico 29. Gráficos de líneas de la evolución de la frecuencia cardiaca (a) y respiratoria (b) y su *follow-up* en el ensayo clínico según el grupo.

En los gráficos 29a y 29b verificamos que, en la FC, el grupo CTL ha bajado el doble cuando comparado con el EXP, entre la primera revisión y el *follow-up*. Por su lado, la FR ha aumentado en ambos los grupos durante el ensayo clínico pero, en el *follow-up*, el CTL ha mantenido sus cifras mientras el EXP sufrió nuevo incremento. La FC del CTL ha sufrido una disminución de 7,4 ppm mientras que el EXP disminuyó 3,7 ppm entre la primera revisión y el *follow-up*. Por su lado, la FR ha sufrido un incremento, entre la primera revisión y el *follow-up*, de un 9,3% en el CTL y un 5,7% en el EXP.

La distribución de la muestra, con relación a la FC y FR, su evolución y *follow-up*, revelan que ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p \leq 0,05$) no es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que utilizaremos la prueba no paramétrica de *Friedman two-way ANOVA* para la investigación de la influencia del programa de electroterapia sobre la FC y FR.

Con relación a la evolución y *follow-up* de la FC y FR, con una investigación de cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way ANOVA* (FC: $\chi^2(14)_{CTL}=1,849$; $g.l.=2$; $p=0,397$; $\chi^2(17)_{EXP}=3,969$; $g.l.=2$; $p=0,137$; FR: $\chi^2(14)_{CTL}=3,947$; $g.l.=2$; $p=0,139$; $\chi^2(17)_{EXP}=2,600$; $g.l.=2$; $p=0,273$) admite la hipótesis nula para cada grupo y frecuencia y nos posibilita concluir que la evolución de la FC y FR es significativamente igual en los distintos momentos de evaluación y para cada uno

de los grupos. Ahora pretendemos comparar la evolución entre los distintos momentos de la muestra total y, para eso, la prueba *Friedman two-way ANOVA* (FC: $\chi^2(31)_{\text{Total}}=4,120$; g.l.=2; $p=0,127$; FR: $\chi^2(31)_{\text{Total}}=5,559$; g.l.=2; $p=0,062$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula, concluyendo que la FC y FR son significativamente iguales en los distintos momentos de evaluación.

5.4.2.2. Comparación de la presión arterial

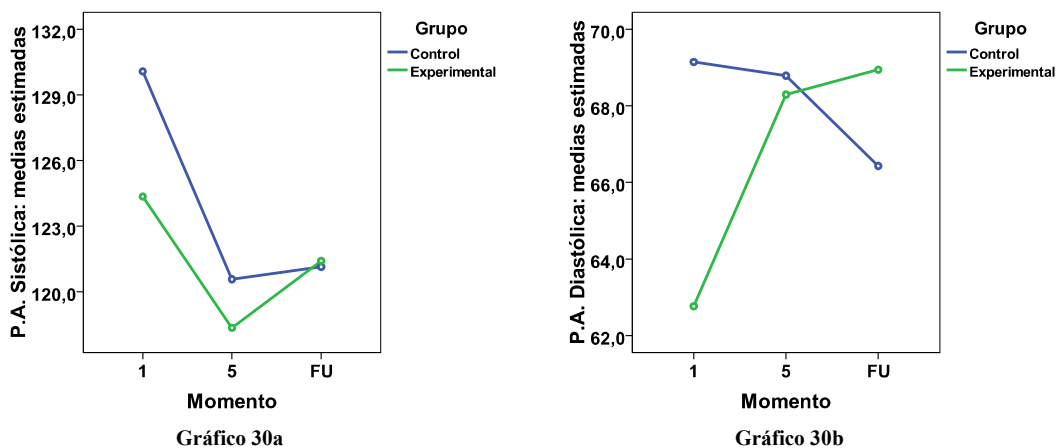


Gráfico 30. Gráficos de líneas de la evolución de la presión arterial sistólica (a) y diastólica (b) y su *follow-up* en el ensayo clínico según el grupo.

Los gráficos 30a y 30b nos indican que, la PAS, presenta una disminución a lo largo del ensayo clínico pero después sufre un ligero incremento, en ambos los grupos. Por su lado, la PAD, presenta siempre una disminución en el grupo CTL y un aumento siempre en el EXP, a lo largo del ensayo y también en el *follow-up*. Destacamos que la PAD ha sufrido un incremento en el EXP (8,8%) y una disminución en el CTL (2,7%) entre la primera revisión y el *follow-up*.

En cuanto a los datos de la distribución de la muestra, relativos a la PA y su evolución a lo largo del ensayo clínico y *follow-up*, nos revelan que la PAD (SW(31)_{Total}=33,3% $p \leq 0,05$) no es significativamente normal mientras la PAS (SW(31)_{Total}=100% $p > 0,05$) lo es. En consecuencia, se utilizará la prueba *Friedman two-way ANOVA* para la PAD y, los datos de la tabla 40 (anexo IV) llevan a concluir que debemos utilizar la ANOVA MR con la esfericidad asumida (*M de Box*: $p=0,550$; *Mauchly's*: $p=0,765$) para la PAS.

Así, basados en la prueba ANOVA MR (F(1)=0,513; $p=0,480$; Power=0,107) se acepta la hipótesis nula, y concluimos que la evolución de la PAS del grupo EXP es significativamente igual a la del grupo CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, nos enteramos que la variación de la PAS ha sido negativa, o sea, se han perdido 5,6 mmHg entre la primera evaluación y el *follow-up* (4,4%). La prueba ANOVA MR (F(2)=8,083; $p=0,001$; Power=0,949) nos lleva a rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe por lo menos un momento en que la PAS es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que la PAS es significativamente diferente ($p \leq 0,05$), entre el inicio y el final (disminuye 7,7 mmHg) y el *follow-up* (disminuye

5,9 mmHg). Por fin, la ANOVA MR ($F(2)=1,113$; $p=0,336$; Power=0,236) permite aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la PAS no es dependiente del grupo.

Con relación a la evolución de la PAD y su *follow-up*, investigando cada grupo separadamente, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(14)_{CTL}=0,491$; g.l.=2; $p=0,782$; $\chi^2(17)_{EXP}=13,121$; g.l.=2; $p=0,001$) concluye que la evolución de la PAD es significativamente igual en los distintos momentos para el grupo CTL pero existe por lo menos un momento en que es significativamente diferente de los demás para el grupo EXP. Sin embargo, cuando comparada la evolución entre los distintos momentos de la muestra total, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(31)_{Total}=5,597$; g.l.=2; $p=0,061$) acepta la hipótesis nula y nos ayuda a concluir que la PAD es significativamente igual en los distintos momentos evaluados.

5.4.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad

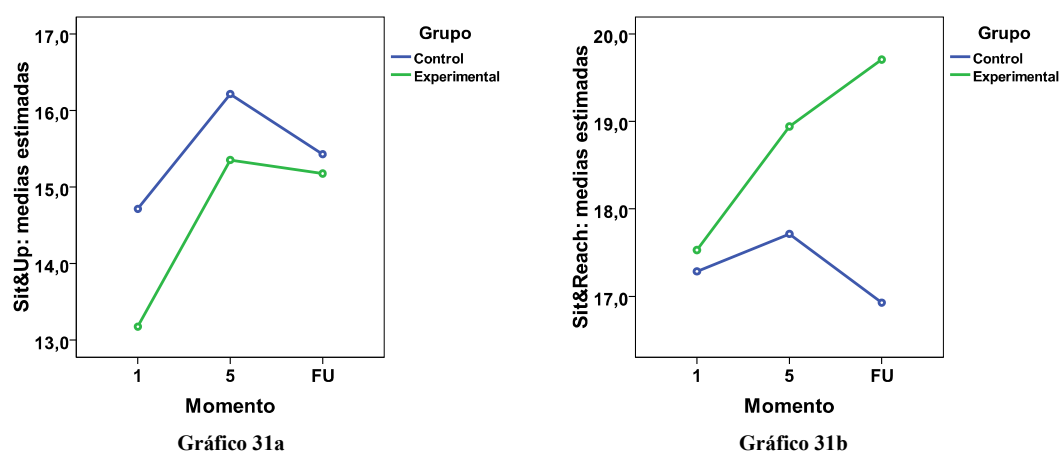


Gráfico 31. Gráfico de líneas de la evolución del *Sit&Up* (a) y *Sit&Reach* (b) y su *follow-up* en el ensayo clínico según el grupo.

El gráfico 31a muestra que el *Sit&Up* ha sufrido un incremento a lo largo del ensayo clínico pero, en el *follow-up*, los dos grupos han bajado un poco pero aún así presentan una ganancia de, en el CTL, 0,7 veces/30 s y, en el EXP, 1,4 veces/30 s, cuando comparando con la primera revisión. Ya en el caso del *Sit&Reach* miramos en el gráfico 31b que, una vez más, los dos grupos han sufrido un incremento a lo largo del ensayo pero, en el *follow-up*, el EXP sufrió un aumento (+12,6%) mientras el CTL una disminución (-2,3%).

Los datos relativos a la evolución del *Sit&Up* y su *follow-up*, revelan la existencia ($SW(31)_{Total}=33,3\%$ $p>0,05$) de una distribución de la muestra que no es significativamente normal. Así, no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra por lo que se utilizará la prueba *Friedman two-way ANOVA*. En cuanto a los datos del *Sit&Reach*, su evolución y *follow-up*, verificamos una distribución ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) significativamente normal. Así, se verifican el presupuesto de la normalidad de la muestra, de la homocedasticidad (*M de Box*: $p=0,825$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: $p=0,131$) como muestra la tabla 41 (anexo

IV). Con esto, se puede utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida.

Con relación a la evolución del *Sit&Up* en los varios momentos y su *follow-up*, y estudiando cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way ANOVA* ($\chi^2(14)_{CTL}=4,000$; g.l.=2; **p=0,135**; $\chi^2(17)_{EXP}=17,245$; g.l.=2; **p=0,000**) concluye que es significativamente igual en los distintos momentos para el grupo CTL pero existe por lo menos un momento en que es significativamente diferente para el EXP. Ahora, cuando comparada la evolución entre los momentos de la muestra total, la prueba ($\chi^2(31)_{Total}=18,777$; g.l.=2; **p=0,000**) admite rechazar la hipótesis nula, o sea, ayuda a concluir que existe por lo menos un momento en que el *Sit&Up* es significativamente diferente de los distintos momentos evaluados.

En la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,338$; **p=0,566**; Power=0,087) se acepta la hipótesis nula, lo que permite concluir que el *Sit&Reach* del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los distintos momentos, olvidando el factor grupo, verificamos que la variación del *Sit&Reach* ha aumentado progresivamente hasta llegar a 1 cm en el final del ensayo clínico pero después, en el *follow-up*, ha sufrido un nuevo incremento pero muy ligero (0,1 cm). La ANOVA MR ($F(2)=2,631$; **p=0,081**; Power=0,503) permite aceptar la hipótesis nula y, consecuentemente, se concluye que la evolución del *Sit&Reach* es significativamente igual en los distintos momentos. El efecto simultáneo del grupo y del momento nos permite observar que el grupo EXP sufrió un incremento después del ensayo clínico mientras el CTL sufrió una disminución después del ensayo. La prueba ANOVA MR ($F(2)=3,847$; **p=0,027**; Power=0,675) nos permite rechazar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución del *Sit&Reach* es dependiente del grupo.

5.4.4. Parámetro de la fuerza isocinética

5.4.4.1. Comparación de la fuerza isocinética de extensión de las rodillas a 60 y 120°/s

5.4.4.1.1. Comparación del torque máximo

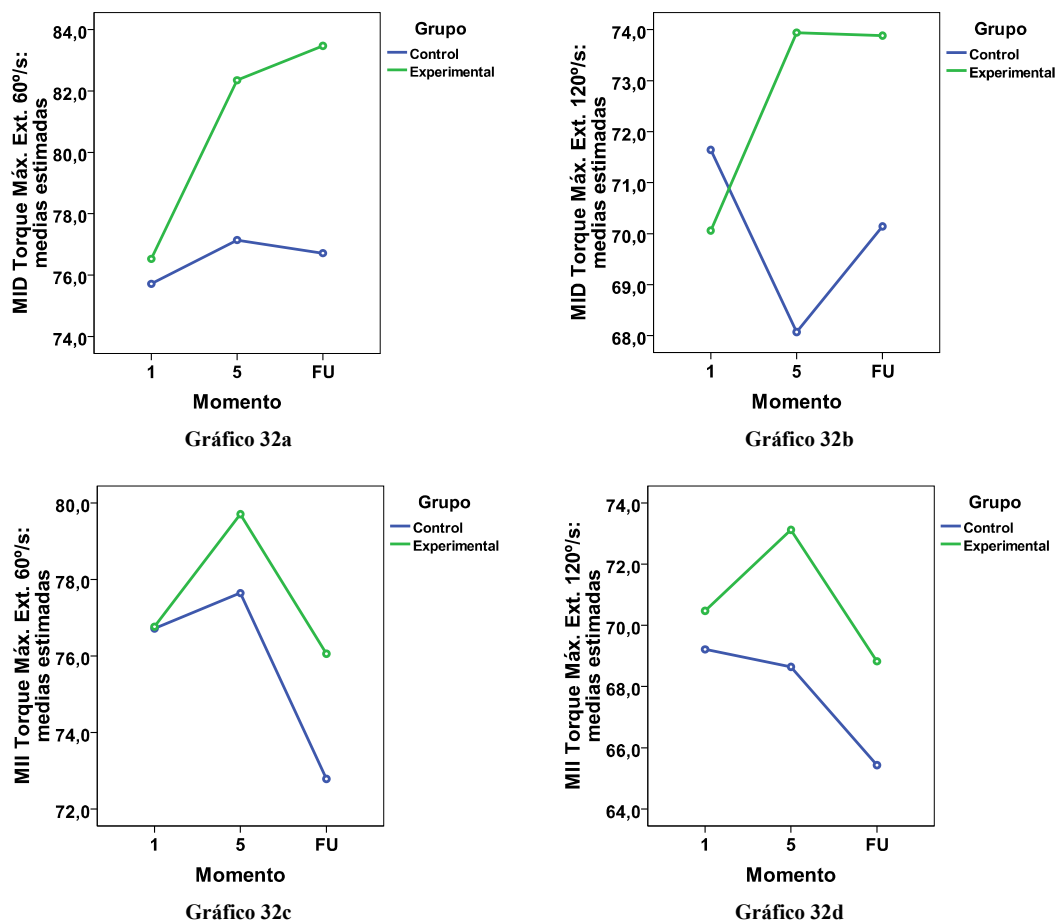


Gráfico 32. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los gráficos 32a a 32d exponen que el torque máximo de extensión de los grupos, en el miembro inferior derecho, ha aumentado progresivamente en el grupo EXP a lo largo del ensayo clínico y mantenido esas cifras en el *follow-up*. Por su lado, el CTL casi no ha aumentado su torque en el ensayo a 60°/s y llegó mismo a bajar a 120°/s. En cuanto al miembro izquierdo, para las dos velocidades estudiadas, verificamos que el EXP ha incrementado el torque máximo en el ensayo clínico pero, en el *follow-up*, ha bajado a las cifras que presentaba inicialmente en el ensayo clínico. Sin embargo, observamos que el grupo CTL ha bajado sustancialmente sus cifras entre el inicio del ensayo clínico y el *follow-up*. De esta forma, verificamos que, en el miembro derecho a 60°/s, el grupo EXP sufrió un incremento del torque máximo de extensión de casi un 10% mientras el CTL no llegó siquiera a 1,5%. Así, el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 9,2% a 60°/s y un 5,4% a 120°/s mientras el CTL ha

aumentado solamente un 1,3% a 60°/s y disminuido un 2,1% a 120°/s. Por su lado, en el izquierdo, los dos grupos han reducido sus cifras siendo que el CTL bajó un 5,1% a 60°/s y un 5,5% a 120°/s al paso que el EXP bajó un 0,9% a 60°/s y un 2,4% a 120°/s.

Los datos referentes al torque máximo de extensión entre los dos grupos, su evolución en el ensayo y su *follow-up*, revelan que la distribución de la muestra ($(SW(31))_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal. Con esto, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica y la tabla 42 (anexo IV) revela que también la mayoría de la homocedasticidad (*M de Box*: 75% $p>0,05$) y la totalidad de la esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p>0,05$) se verifican, por lo que es adecuado utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida.

Verificamos en la tabla 43 (anexo IV) los resultados de la evolución del torque máximo de extensión del miembro inferior derecho entre los grupos y, con base en la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=1,269$; $p=0,269$; $Power=0,193$; $F_{120^\circ/s}(1)=0,504$; $p=0,483$; $Power=0,106$) se acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, por lo que podemos concluir que la evolución del torque máximo de extensión del miembro inferior derecho del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=3,386$; $p=0,041$; $Power=0,616$; $F_{120^\circ/s}(2)=0,307$; $p=0,737$; $Power=0,096$) rechaza la hipótesis nula a 60°/s, concluyendo que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de extensión del miembro inferior derecho es significativamente diferente de los demás pero, a 120°/s se acepta la hipótesis nula y se concluye que el torque máximo de extensión es significativamente igual en los distintos momentos. Curiosamente, en el análisis *post-hoc*, la prueba *Bonferroni*, no identificó ninguna relación significativa entre los distintos pares de momentos. Por fin, verificando la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, observamos con la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=1,662$; $p=0,199$; $Power=0,336$; $F_{120^\circ/s}(2)=2,840$; $p=0,067$; $Power=0,536$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque máximo de extensión del miembro derecho no es dependiente del grupo.

Observando ahora los resultados del torque máximo de extensión pero del miembro izquierdo entre los grupos, la tabla 43 (anexo IV) muestra que la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,227$; $p=0,637$; $Power=0,075$; $F_{120^\circ/s}(1)=0,715$; $p=0,405$; $Power=0,129$) acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y así concluimos que la evolución del torque máximo de extensión del miembro izquierdo del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=3,981$; $p=0,024$; $Power=0,691$; $F_{120^\circ/s}(2)=3,886$; $p=0,026$; $Power=0,680$) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de extensión del miembro inferior izquierdo es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque máximo de extensión es significativamente diferente ($p\leq 0,05$), a la velocidad de 60°/s, entre el final y el *follow-up* (disminuyó 4,2 Nm); ya a 120°/s se verifica una nueva disminución (3,7 Nm) entre el final y el *follow-up*. Finalmente, investigando la existencia de un

efecto de interacción entre los factores grupo y momento, observamos con la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=0,582$; $p=0,562$; Power=0,142; $F_{120^\circ/s}(2)=0,684$; $p=0,504$; Power=0,161) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque máximo de extensión del miembro izquierdo no es dependiente del grupo.

5.4.4.1.2. Comparación del torque medio

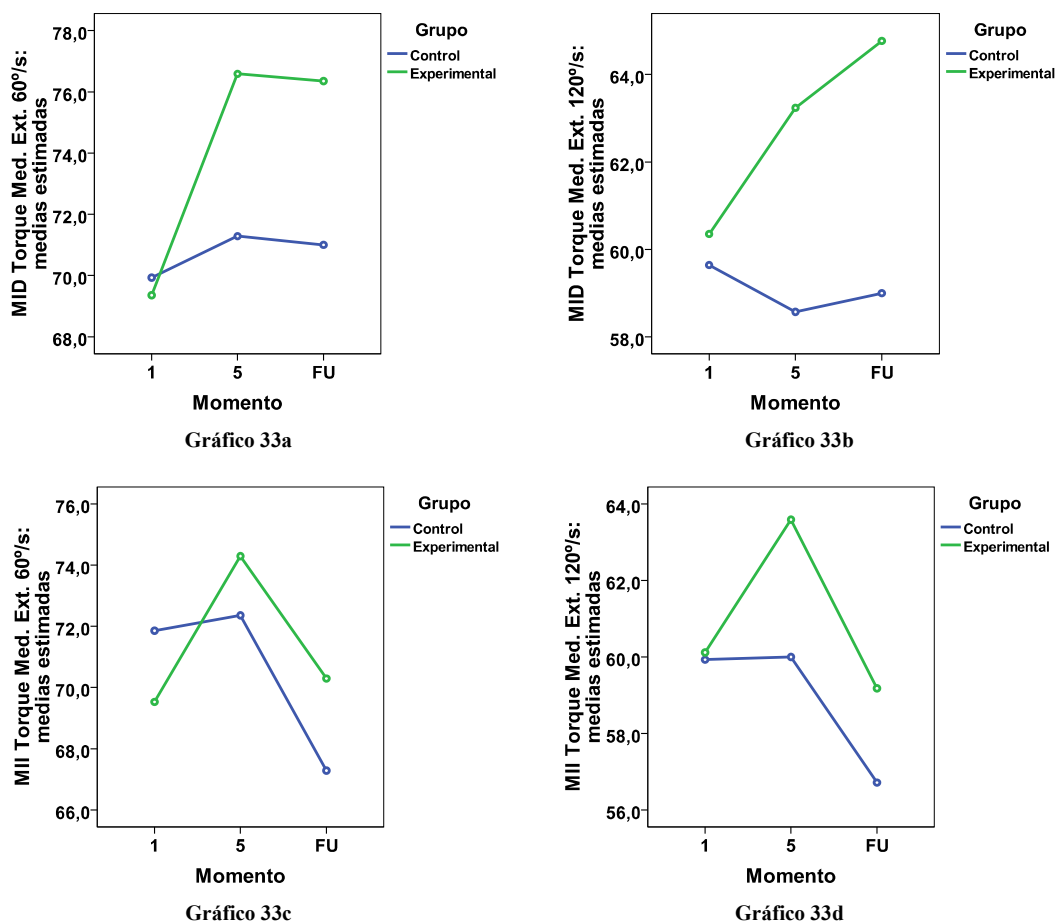


Gráfico 33. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los cuatro gráficos (33a a 33d) evidencian que la evolución del torque medio de extensión de los dos grupos es bastante similar al del torque máximo: en el miembro derecho el EXP ha aumentado sus cifras mientras el CTL las ha mantenido; en el izquierdo y para a las dos velocidades estudiadas, se vuelve a verificar que los grupos han sufrido un aumento en el ensayo seguido de una reducción en el *follow-up*. Inicialmente, el grupo CTL presentaba cifras de torque medio superiores para los dos miembros a 60°/s mientras que, a 120°/s, el EXP era el que las tenía más elevadas. Sin embargo, el *follow-up* muestra que el EXP presenta siempre cifras más elevadas de torque medio, independientemente de la velocidad o miembro. Así, se verifica que el EXP incrementó su torque medio de extensión en más de un 10% mientras el CTL no ultrapasó los 2,0%. Nos enteramos también que el EXP sufrió un incremento, en el derecho, de un 10,1% a

60°/s y un 7,3% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado solamente un 1,6% a 60°/s y disminuyó un 1,0% a 120°/s. Por su lado, en el miembro izquierdo, el grupo EXP ha tenido un ligero incremento a 60°/s (1,2%) y una disminución de un 1,5% a 120°/s mientras el CTL bajó un 6,4% a 60°/s y un 5,3% a 120°/s.

La distribución de la muestra, con respecto al torque medio de extensión entre los dos grupos estudiados, su evolución en el ensayo y *follow-up*, muestra que $(SW(31)_{Total}=100\% \text{ } p>0,05)$ es significativamente normal. Así, se verifican los presupuestos de la normalidad de la muestra, de la mayoría de la homocedasticidad (*M de Box*: 75% $p>0,05$) y de la totalidad de la esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p>0,05$), como expuesto en la tabla 42 (anexo IV). Asimismo, se utiliza la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida en todas las 4 variables.

Con los datos de la tabla 44 (anexo IV), relativos a la evolución del torque medio de extensión del miembro derecho y su *follow-up* entre los grupos, la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=1,025$; $p=0,320$; Power=0,165; $F_{120^\circ/s}(1)=1,210$; $p=0,280$; Power=0,186) admite la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, por lo que concluimos que la evolución del torque medio de extensión del miembro derecho del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con relación a la comparación de la evolución entre los varios momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=4,327$; $p=0,018$; Power=0,730; $F_{120^\circ/s}(2)=0,870$; $p=0,423$; Power=0,193) concluye que existe por lo menos un momento en que el torque medio de extensión a 60°/s del miembro derecho es significativamente diferente de los demás pero, a 120°/s, concluimos que el torque medio de extensión del miembro derecho es significativamente igual en los distintos momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque medio de extensión es marginalmente significativo ($p\leq 0,06$), entre el inicio y el final (disminuyó 4,2 Nm) y el *follow-up* (disminuyó 4,0 Nm). Por fin, pretendemos verificar la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo que recorremos a la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=2,166$; $p=0,124$; Power=0,426; $F_{120^\circ/s}(2)=1,735$; $p=0,186$; Power=0,350) que nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de extensión del miembro derecho no es dependiente del grupo.

Estudiando en este momento el torque medio de extensión entre los dos grupos pero del miembro izquierdo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,067$; $p=0,797$; Power=0,057; $F_{120^\circ/s}(1)=0,406$; $p=0,529$; Power=0,095) admite la hipótesis nula para las dos velocidades angulares por lo que concluimos que la evolución del torque medio de extensión del miembro izquierdo del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En lo que respecta a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=6,708$; $p=0,002$; Power=0,902; $F_{120^\circ/s}(2)=5,657$; $p=0,006$; Power=0,844) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y se concluye que existe por lo menos un momento en que el torque medio de extensión del miembro izquierdo es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque medio de extensión es significativamente diferente ($p\leq 0,05$), a 60°/s, entre el final y el *follow-up* (disminuyó 4,5 Nm). También a 120°/s se verifica una disminución de 3,8 Nm.

Para terminar investigamos la posibilidad de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento y la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=2,576$; $p=0,085$; Power=0,495; $F_{120^\circ/s}(2)=1,143$; $p=0,326$; Power=0,242) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de extensión del miembro izquierdo no es dependiente del grupo (tabla 44 del anexo IV).

5.4.4.1.3. Comparación de la potencia máxima

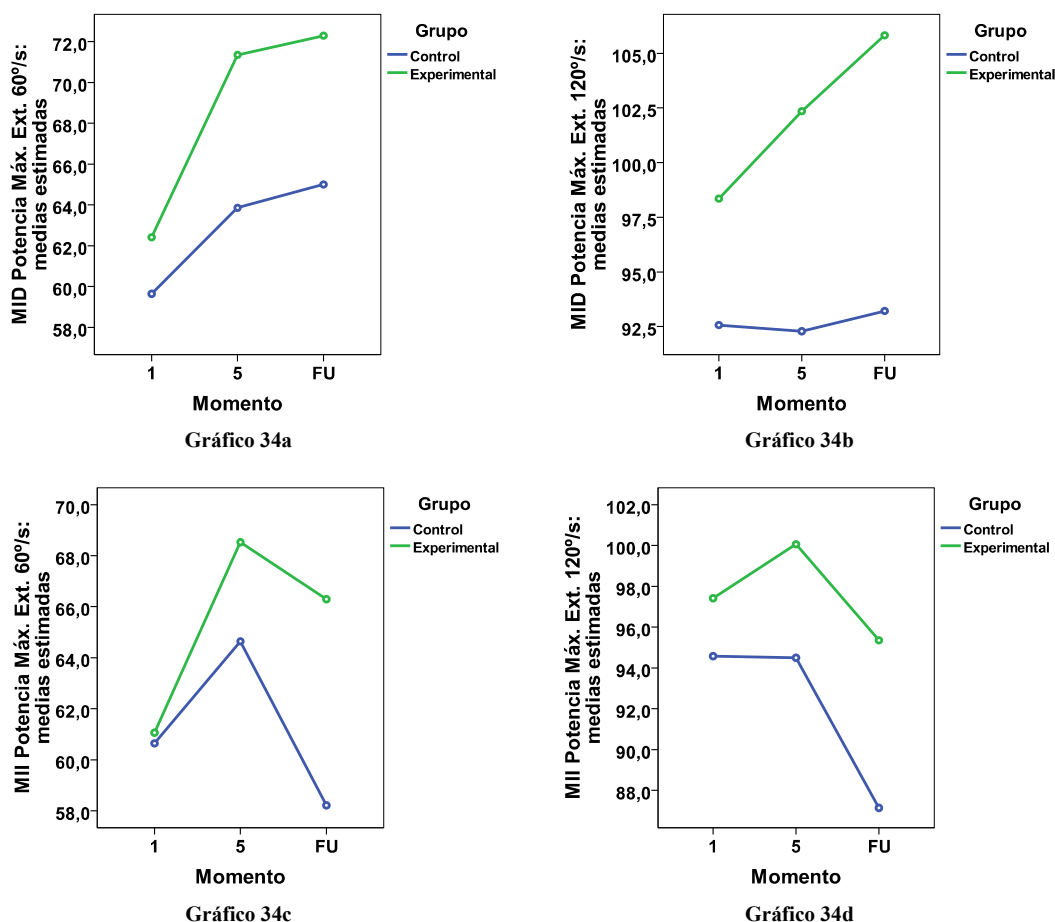


Gráfico 34. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los gráficos 34a a 34d evidencian que la potencia máxima de extensión de los grupos presenta, una vez más, una evolución bastante similar a la que hemos visto en el torque máximo y medio. Volvemos a verificar que, en el miembro inferior derecho, el grupo EXP ha aumentado progresivamente a lo largo del ensayo clínico y en el *follow-up* contrariamente al CTL. Asimismo, en los tres momentos evaluados, el grupo CTL presenta siempre cifras de potencia máxima inferiores para los dos miembros, independientemente de la velocidad angular. Verificamos que, entre el inicio del ensayo y el *follow-up*, el grupo EXP sufrió un incremento, en el miembro derecho, de un 15,9% a 60°/s y un 7,5% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 9,1% a 60°/s y un 0,6% a 120°/s; por su lado, en el miembro izquierdo, el grupo EXP ha tenido un incremento a 60°/s (8,5%) y una

disminución de un 2,1% a 120°/s; por su lado, el CTL bajó un 4,0% a 60°/s y un 7,9% a 120°/s.

La investigación de la distribución de la muestra evidencia que la potencia máxima de extensión de los dos grupos, su evolución en el ensayo y *follow-up*, se presenta ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) significativamente normal. Además del presupuesto de la normalidad de la muestra, la tabla 42 (anexo IV) también aclara que la mayoría de la homocedasticidad (*M de Box*: 75% $p>0,05$) y esfericidad (*Mauchly's*: 75% $p>0,05$) se verifican. Así, utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR con la respectiva variante.

Los datos de la tabla 45 (anexo IV), inherentes a la evolución de la potencia máxima de extensión del miembro derecho entre los grupos, basados en la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=1,148$; $p=0,293$; $Power=0,179$; $F_{120^\circ/s}(1)=1,315$; $p=0,261$; $Power=0,198$), admite la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y se concluye que la evolución de la potencia máxima de extensión del miembro derecho del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con relación a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=5,596$; $p=0,006$; $Power=0,839$; $F_{120^\circ/s}(1,558)=0,670$; $p=0,481$; $Power=0,144$) rechaza la hipótesis nula a 60°/s, concluyendo que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de extensión del miembro derecho es significativamente diferente de los demás y, a 120°/s se acepta la hipótesis nula por lo que se concluimos que la evolución de la potencia máxima de extensión del miembro derecho es significativamente igual en los distintos momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que la potencia máxima de extensión es significativamente diferente ($p\leq 0,05$), a 60°/s, entre el inicio y el *follow-up* (aumentó 7,6 V). Por fin, verificamos la posibilidad de la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento y, con base en la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=5,585$; $p=0,560$; $Power=0,143$; $F_{120^\circ/s}(1,558)=0,483$; $p=0,573$; $Power=0,116$) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución de la potencia máxima de extensión del miembro derecho no es dependiente del grupo.

Por fin, con respecto a la potencia máxima de extensión del miembro izquierdo entre los dos grupos, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,661$; $p=0,423$; $Power=0,123$; $F_{120^\circ/s}(1)=0,511$; $p=0,480$; $Power=0,106$) acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y se concluye que la evolución de la potencia máxima de extensión del miembro izquierdo del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=5,036$; $p=0,010$; $Power=0,797$; $F_{120^\circ/s}(2)=3,675$; $p=0,031$; $Power=0,654$) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares por lo que concluimos que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de extensión del miembro izquierdo es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que la potencia máxima de extensión es significativamente diferente ($p\leq 0,05$), a 60°/s, entre el inicio y el final (aumentó 5,7 V) mientras a 120°/s disminuyó 6,0 V entre el final y el *follow-up*. Finalmente, se investiga la posibilidad de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento y la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=2,075$; $p=0,135$; $Power=0,410$; $F_{120^\circ/s}(2)=0,656$; $p=0,523$; $Power=0,155$) nos permite aceptar la hipótesis nula para las

dos velocidades angulares y concluir que la evolución la potencia máxima de extensión no es dependiente del grupo (tabla 45 del anexo IV).

5.4.4.2. Comparación de la fuerza isocinética de flexión de las rodillas a 60 y 120°/s

5.4.4.2.1. Comparación del torque máximo

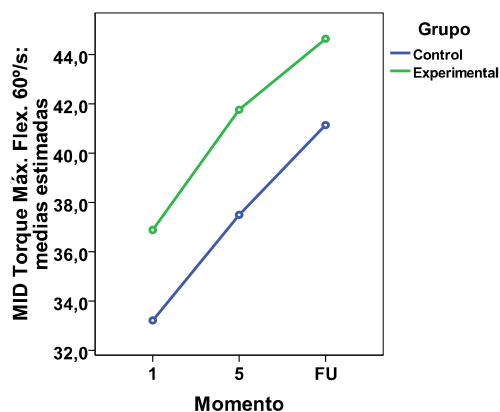


Gráfico 35a

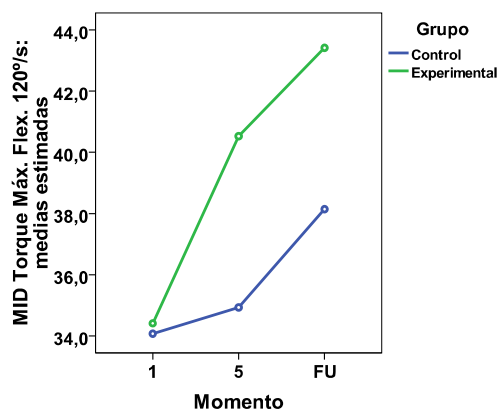


Gráfico 35b

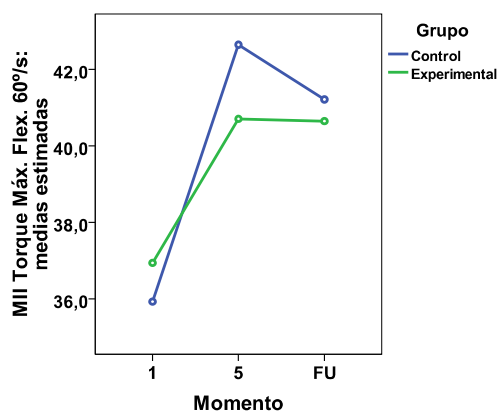


Gráfico 35c

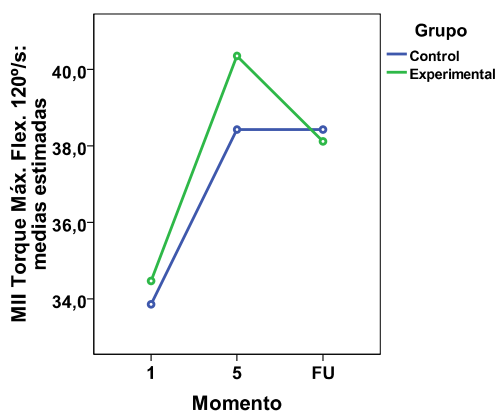


Gráfico 35d

Gráfico 35. Gráficos de líneas de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Verificamos en los gráficos 35a a 35d que el torque máximo de flexión de los dos grupos, en el miembro inferior derecho, ha aumentado progresivamente a lo largo del ensayo clínico y *follow-up*. Por su lado, en el miembro izquierdo, ambos han sufrido un incremento durante el ensayo clínico pero luego después han bajado un poco sus cifras en el *follow-up*. De esta forma, el grupo EXP presenta siempre cifras más elevadas que el CTL en el inicio del ensayo clínico. En el *follow-up* verificamos que el grupo EXP sigue con cifras más elevadas pero solamente para el miembro derecho. De hecho, los dos grupos han aumentado en más de un 10% sus cifras entre el inicio del ensayo clínico y el *follow-up*. Con esto nos enteramos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, de un 20,9% a 60°/s y un 26,2% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 23,8% a 60°/s y un 11,7% a 120°/s. Por otro lado, en el miembro izquierdo, los

dos grupos han sufrido un aumento siendo que el CTL aumentó un 14,8% a 60°/s y un 13,3% a 120°/s al paso que el EXP aumentó un 10,0% a 60°/s y un 10,6% a 120°/s.

Los datos referentes al torque máximo de flexión entre los dos grupos, su evolución en el ensayo y su *follow-up*, evidencian que la distribución de la muestra del miembro inferior derecho ($SW(31)_{Total}=50\%$ $p \leq 0,05$) no es significativamente normal mientras, en el miembro izquierdo ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p > 0,05$), lo es. En este miembro, verificamos el presupuesto de la normalidad de la muestra y la tabla 42 (anexo IV) evidencia que la homocedasticidad (*M de Box*: 100% $p > 0,05$) y esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p > 0,05$) también se verifican. Así, utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR para el miembro izquierdo mientras en el derecho utilizaremos la *Friedman two-way* ANOVA.

Con relación a la evolución del torque máximo de flexión del miembro derecho y su *follow-up* (tabla 46 del anexo IV), por grupos en separado la prueba *Friedman two-way* ANOVA (CTL: $\chi^2(14)_{60^\circ/s}=19,091$; g.l.=2; $p=0,000$; $\chi^2(14)_{120^\circ/s}=15,208$; g.l.=2; $p=0,000$; EXP: $\chi^2(17)_{60^\circ/s}=11,844$; g.l.=2; $p=0,003$; $\chi^2(17)_{120^\circ/s}=18,585$; g.l.=2; $p=0,000$) nos permite rechazar la hipótesis nula para cada grupo y velocidad angular, concluyéndose que existe por lo menos un momento en que la evolución del torque máximo de flexión del miembro derecho es significativamente diferente de los demás para ambos los grupos y velocidades angulares. Pretendemos ahora comparar la evolución entre los distintos momentos de la muestra total y, la prueba *Friedman two-way* ANOVA (60°/s: $\chi^2(31)_{Total}=30,067$; g.l.=2; $p=0,000$; 120°/s: $\chi^2(31)_{Total}=31,153$; g.l.=2; $p=0,000$) admite rechazar la hipótesis nula, concluyendo que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de flexión del miembro derecho es significativamente diferente de los demás en cada velocidad angular.

Con respecto al torque máximo de flexión pero del miembro izquierdo, entre los grupos, la tabla 46 (anexo IV) muestra que la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,037$; $p=0,849$; Power=0,054; $F_{120^\circ/s}(1)=0,080$; $p=0,779$; Power=0,059) acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y así concluimos que la evolución del torque máximo de flexión del miembro izquierdo del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=14,475$; $p=0,000$; Power=0,998; $F_{120^\circ/s}(2)=11,209$; $p=0,000$; Power=0,989) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que existe por lo menos un momento en que el torque máximo de flexión del miembro inferior izquierdo es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque máximo de flexión es significativamente diferente ($p \leq 0,05$), a 60°/s, entre el inicio y el final (aumentó 5,2 Nm) y el *follow-up* (aumentó 4,4 Nm); en cuanto a la velocidad de 120°/s, observamos incrementos entre el inicio y el final (5,2 Nm) y el *follow-up* (4,1 Nm). Por fin estudiamos la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, y observando los resultados de la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=0,981$; $p=0,381$; Power=0,213; $F_{120^\circ/s}(2)=0,467$; $p=0,627$; Power=0,122) aceptamos la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque máximo de flexión del miembro izquierdo no es dependiente del grupo.

5.4.4.2.2. Comparación del torque medio

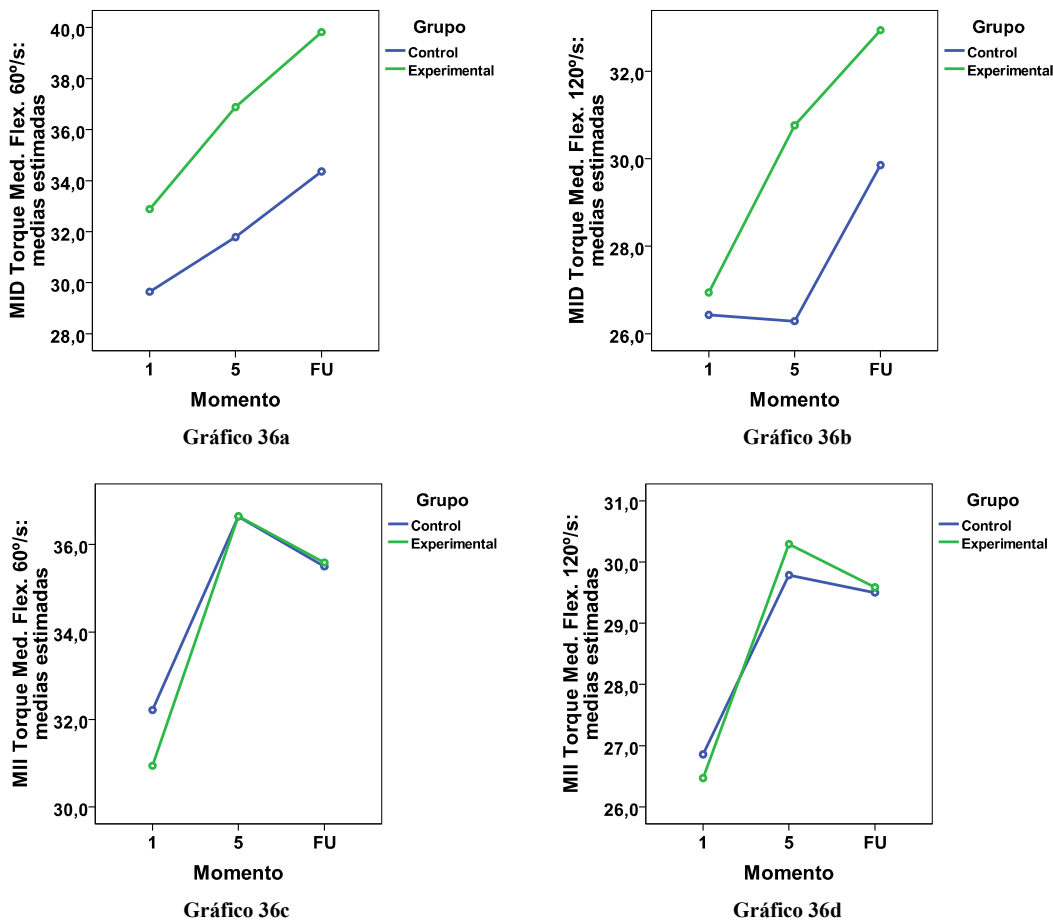


Gráfico 36. Gráficos de líneas de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

El gráfico 36 (a a d) expone que la evolución del torque medio de flexión ha sufrido un incremento, en el grupo EXP, en las dos velocidades y para los dos miembros, a lo largo del ensayo clínico pero, en el *follow-up*, el miembro derecho ha continuado a aumentar sus cifras mientras el izquierdo ha bajado un poco. En cuanto al grupo CTL se verifica que, exceptuando el miembro derecho y a 120°/s, ha sufrido un aumento en el ensayo pero, tal como el grupo EXP, en el *follow-up* ha bajado sus cifras en el miembro izquierdo. Observamos que, en el inicio del ensayo clínico, el grupo EXP presenta cifras de torque medio superiores para el miembro derecho mientras el CTL las presenta para el izquierdo. Sin embargo, los promedios del *follow-up* muestran que el EXP presenta siempre cifras más elevadas de torque medio que el grupo CTL, a las dos velocidades y para los dos miembros. Así, verificamos que el grupo EXP sufrió un incremento del torque medio de flexión de más de un 20%, para el miembro derecho, y superiores a un 10% en el izquierdo mientras el CTL no llegó a un 20% y por poco no ultrapasó los 10%, respectivamente. Verificamos que el grupo EXP ha sufrido un incremento, en el miembro derecho, un 21,0% a 60°/s y un 22,3% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 16,2% a 60°/s y un 13,3% a 120°/s. Por otro lado, en el miembro izquierdo, el grupo EXP ha tenido un incremento a 60°/s de

un 15,2% y de un 11,7% a 120°/s mientras el CTL aumentó un 10,2% a 60°/s y un 9,7% a 120°/s.

Con relación a la distribución de la muestra en la variable del torque medio de flexión, en su evolución en el ensayo y *follow-up*, verificamos que ($(SW(31)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal para los dos miembros inferiores. Se verifica también en la tabla 42 (anexo IV) la homocedasticidad (*M de Box*: 50% $p>0,05$) pero solo del izquierdo y la esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p>0,05$) de los dos miembros, siendo por eso correcto utilizar la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida.

Con respecto a los datos de la evolución y *follow-up* del torque medio de flexión del miembro derecho entre los dos grupos, la tabla 47 (anexo IV) muestra la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=4,350$; $p=0,046$; Power=0,523; $F_{120^\circ/s}(1)=1,139$; $p=0,295$; Power=0,178) que posibilita concluir que, a 60°/s, el torque medio de flexión el grupo EXP es significativamente diferente del CTL pero, a 120°/s, ya se verifica que es significativamente igual entre los dos grupos. En cuanto a la comparación entre los varios momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=13,365$; $p=0,000$; Power=0,997; $F_{120^\circ/s}(2)=12,883$; $p=0,000$; Power=0,996) rechaza la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, es decir, se concluye que existe por lo menos un momento en que el torque medio de flexión del miembro derecho es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque medio de flexión es significativamente diferente ($p\leq 0,05$), a 60°/s, entre el inicio y el final (aumentó 3,0 Nm) y el *follow-up* (aumentó 5,8 Nm); a la velocidad de 120°/s, observamos incrementos entre el inicio y el *follow-up* (4,7 Nm) y entre el final el *follow-up* (2,8 Nm). Por fin, pretendemos verificar la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo que recorreremos a la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=0,560$; $p=0,574$; Power=0,138; $F_{120^\circ/s}(2)=2,310$; $p=0,108$; Power=0,450) que nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de flexión del miembro derecho no es dependiente del grupo.

Estudiando ahora el torque medio de flexión pero del miembro inferior izquierdo, entre los grupos, la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,031$; $p=0,861$; Power=0,053; $F_{120^\circ/s}(1)=0,001$; $p=0,974$; Power=0,050) admite la hipótesis nula para las dos velocidades angulares por lo que concluimos que la evolución del torque medio de flexión del miembro inferior izquierdo del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los varios momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=14,676$; $p=0,000$; Power=0,998; $F_{120^\circ/s}(2)=7,848$; $p=0,001$; Power=0,942) rechaza la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y por eso se concluye que existe por lo menos un momento en que el torque medio de flexión del miembro izquierdo es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el torque medio de flexión es significativamente diferente ($p\leq 0,05$), a 60°/s, entre el inicio y el final debido a un incremento de 5,0 Nm y entre el inicio y el *follow-up*, con un aumento de 3,9 Nm; en cuanto a la velocidad de 120°/s, observamos incrementos entre el inicio y el final (3,3 Nm) y el *follow-up* (2,8 Nm). Para terminar investigamos la posibilidad de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento y la prueba

ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=0,301$; $p=0,742$; Power=0,096; $F_{120^\circ/s}(2)=0,118$; $p=0,889$; Power=0,067) nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del torque medio de flexión del miembro izquierdo no es dependiente del grupo (tabla 47 del anexo IV).

5.4.4.2.3. Comparación de la potencia máxima

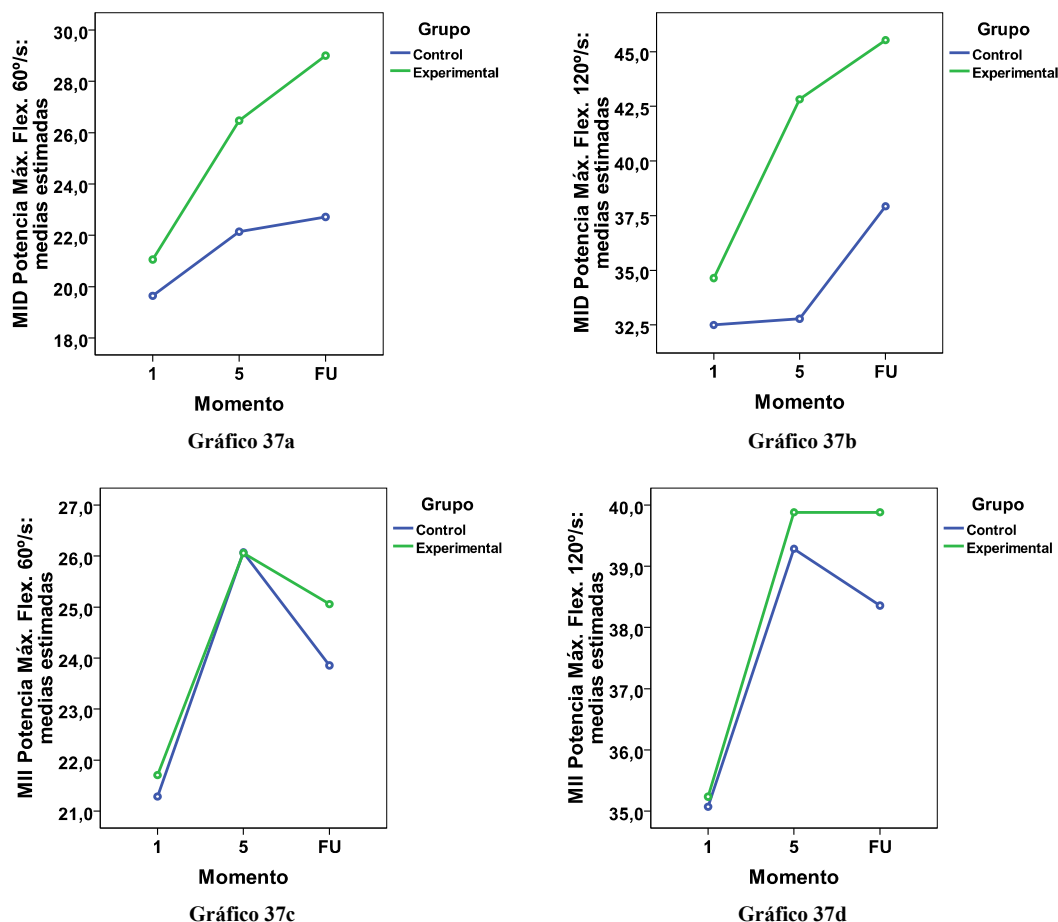


Gráfico 37. Gráficos de líneas de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los gráficos 37a a 37d muestran que la potencia máxima de flexión de los grupos presenta, una vez más, una evolución bastante similar a la del torque. Por ejemplo, se vuelve a verificar que, en el miembro derecho, el grupo EXP ha aumentado progresivamente a lo largo del ensayo clínico y en el *follow-up* al paso que, el CTL, ha aumentado más modestamente. Observamos también que, tanto en el inicio como en el final del ensayo, es el grupo EXP el que presenta siempre cifras de potencia máxima de flexión superiores para los dos miembros y a las dos velocidades angulares. Se verifica que el EXP sufrió un incremento, en el miembro derecho, de un 37,4% a 60°/s y un 31,5% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 15,8% a 60°/s y un 16,6% a 120°/s. Por su lado, en el izquierdo, el grupo EXP ha tenido un incremento a 60°/s de un 15,7% y un 13,4% a 120°/s mientras el CTL aumentó un 12,2% a 60°/s y un 9,4% a 120°/s.

Con relación a la distribución de la muestra en la variable potencia máxima de flexión, su evolución en el ensayo y *follow-up*, se observa (SW(31)_{Total}=100% $p > 0,05$) que es significativamente normal para el miembro izquierdo mientras para el derecho (SW(31)_{Total}=100% $p \leq 0,05$) no es significativamente normal. En el caso del miembro izquierdo, se verifica también el presupuesto de la homocedasticidad (*M de Box*: 100% $p > 0,05$) y la esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p > 0,05$) como evidenciado en la tabla 42 (anexo IV). Así, se utilizará la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida para el miembro izquierdo mientras, en el derecho es correcto utilizar la *Friedman two-way ANOVA*.

Con relación a la evolución de la potencia máxima de flexión del miembro derecho y su *follow-up* (tabla 48 del anexo IV) y con una investigación de cada grupo aisladamente, la prueba *Friedman two-way ANOVA* (CTL: $\chi^2(14)_{60^\circ/s} = 8,577$; g.l.=2; $p = 0,014$; $\chi^2(14)_{120^\circ/s} = 9,115$; g.l.=2; $p = 0,010$; EXP: $\chi^2(17)_{60^\circ/s} = 14,179$; g.l.=2; $p = 0,001$; $\chi^2(17)_{120^\circ/s} = 15,031$; g.l.=2; $p = 0,001$) nos permite rechazar la hipótesis nula para cada grupo y velocidad angular, concluyéndose que la evolución de la potencia máxima de flexión del miembro derecho presenta por lo menos un momento en que es significativamente diferente de los demás, para cada grupo y velocidad angular. Ahora es nuestro objetivo comparar la evolución entre los distintos momentos de la muestra total y, la prueba *Friedman two-way ANOVA* (60°/s: $\chi^2(31)_{Total} = 22,655$; g.l.=2; $p = 0,000$; 120°/s: $\chi^2(31)_{Total} = 16,776$; g.l.=2; $p = 0,000$) admite rechazar la hipótesis nula en cada velocidad angular, concluyendo que existe por lo menos un momento en que la evolución de la potencia máxima de flexión es significativamente diferente de los demás para cada velocidad angular.

Estudiando la potencia máxima de flexión pero del miembro izquierdo entre los dos grupos, la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1) = 0,045$; $p = 0,833$; Power=0,055; $F_{120^\circ/s}(1) = 0,037$; $p = 0,849$; Power=0,054) acepta la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y se concluye que la potencia máxima de flexión del miembro izquierdo del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2) = 8,179$; $p = 0,001$; Power=0,951; $F_{120^\circ/s}(2) = 5,664$; $p = 0,006$; Power=0,844) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y se concluye que existe por lo menos un momento en que la potencia máxima de flexión del miembro izquierdo es significativamente diferente de los demás en cada una de las velocidades investigadas. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que la potencia máxima de flexión es significativamente diferente ($p \leq 0,05$), a 60°/s, entre el inicio y el final (aumentó 4,5 V) y el *follow-up* (aumentó 2,9 V); a la velocidad de 120°/s, observamos incrementos entre el inicio y el final (4,4 V) y el *follow-up* (3,9 V). Para terminar investigamos la posibilidad de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento con la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2) = 0,144$; $p = 0,866$; Power=0,071; $F_{120^\circ/s}(2) = 0,116$; $p = 0,891$; Power=0,067) nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y concluir que la evolución la potencia máxima de flexión del miembro izquierdo no es dependiente del grupo (tabla 48 del anexo IV).

5.4.4.3. Comparación del porcentaje de flexión/extensión de la fuerza isocinética de las rodillas a 60 y 120°/s

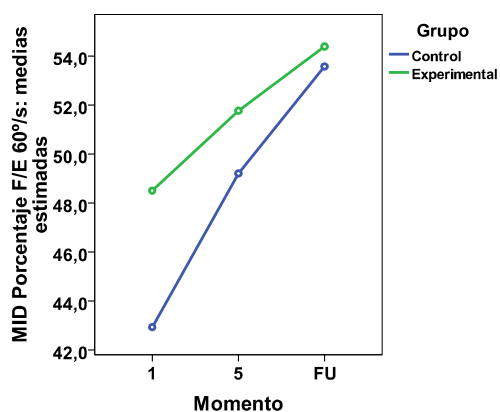


Gráfico 38a

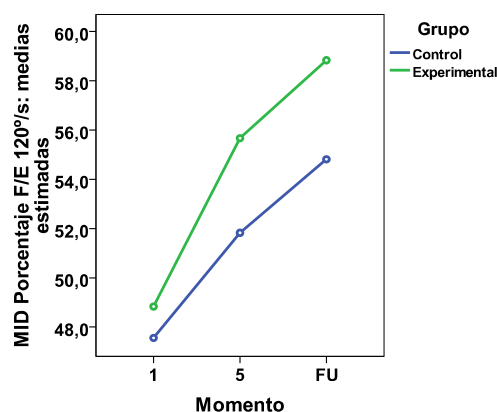


Gráfico 38b

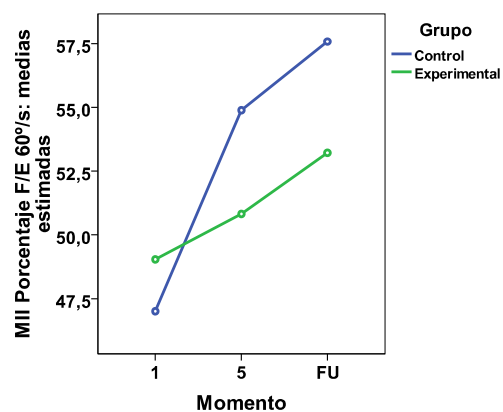


Gráfico 38c

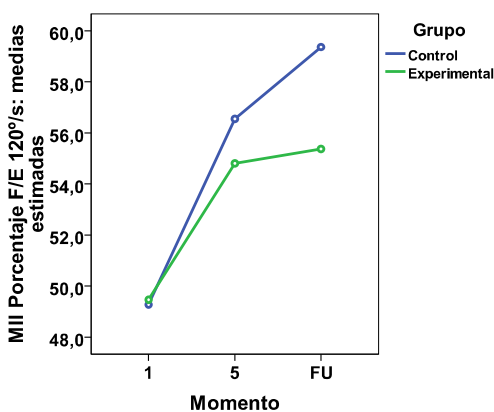


Gráfico 38d

Gráfico 38. Gráficos de líneas de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

Los gráficos 38a a 38d exponen que la evolución del porcentaje de flexión/extensión entre los grupos es bastante similar en el miembro inferior derecho, una vez que el grupo EXP presenta siempre cifras superiores al del CTL. Por su lado, en el izquierdo, se verifica que, aún que sea el EXP el que tiene cifras superiores, es el CTL el que llega al final del ensayo clínico y *follow-up* con cifras superiores. Se observa que, tanto en el ensayo como en el *follow-up*, los dos grupos no presentan cifras del porcentaje de flexión/extensión muy distintas, para las dos velocidades y miembros. Así, verificamos que el EXP sufrió un incremento, en el derecho, de un 12,2% a 60°/s y un 20,5% a 120°/s mientras el CTL ha aumentado un 24,9% a 60°/s y un 15,1% a 120°/s. En el miembro inferior izquierdo el grupo EXP ha tenido un incremento de un 8,6% a 60°/s y un 11,9% a 120°/s; por su lado, el CTL aumentó un 22,6% a 60°/s y un 20,5% a 120°/s.

La distribución del porcentaje de flexión/extensión de la muestra, su evolución en el ensayo y *follow-up*, evidencian que $(SW(31)_{Total}=100\% \text{ } p>0,05)$ es significativamente normal. Así, se verifican los presupuestos de la normalidad de la muestra, de la homocedasticidad (*M de Box*: 100% $p>0,05$) y de la esfericidad

(*Mauchly's*: 100% $p > 0,05$) siendo por eso utilizada la prueba paramétrica ANOVA MR con esfericidad asumida (tabla 42 del anexo IV).

Observando los datos relativos a la evolución del porcentaje de flexión/extensión del miembro derecho y su *follow-up* (tabla 49 del anexo IV), entre los grupos, la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=1,099$; $p=0,303$; Power=0,174; $F_{120^\circ/s}(1)=0,883$; $p=0,355$; Power=0,149) admite la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, y concluimos que el porcentaje de flexión/extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con relación a la comparación de la evolución entre los varios momentos, sin tener en cuenta el factor grupo, la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=14,220$; $p=0,000$; Power=0,998; $F_{120^\circ/s}(2)=12,234$; $p=0,000$; Power=0,994) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, o sea, se concluye que existe por lo menos un momento en que el porcentaje de flexión/extensión es significativamente diferente de los demás. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el porcentaje de flexión/extensión del derecho es significativamente diferente ($p \leq 0,05$), a $60^\circ/s$, entre el inicio y el final (aumentó 4,7%) y el *follow-up* (aumentó 8,2%); a la velocidad de $120^\circ/s$, observamos incrementos entre el inicio y el *final* (5,5%) y el *follow-up* (8,6%). Por fin, pretendemos verificar la existencia de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento, por lo que recorremos a la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=1,198$; $p=0,310$; Power=0,252; $F_{120^\circ/s}(2)=0,377$; $p=0,688$; Power=0,108) que nos lleva a aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del porcentaje de flexión/extensión del miembro derecho no es dependiente del grupo.

Por fin, el porcentaje de flexión/extensión del miembro izquierdo, entre los dos grupos, según la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(1)=0,863$; $p=0,360$; Power=0,146; $F_{120^\circ/s}(1)=0,428$; $p=0,518$; Power=0,097) permite admitir la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y concluimos que la evolución del porcentaje de flexión/extensión del grupo EXP es significativamente igual al del CTL. Con respecto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo, la ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=12,160$; $p=0,000$; Power=0,994; $F_{120^\circ/s}(2)=11,472$; $p=0,000$; Power=0,991) admite rechazar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares y concluimos que existe por lo menos un momento en que el porcentaje de flexión/extensión es significativamente diferente de los demás momentos. Con el análisis *post-hoc*, según la prueba *Bonferroni*, verificamos que el porcentaje de flexión/extensión del miembro izquierdo es significativamente diferente ($p \leq 0,05$), a $60^\circ/s$, entre el inicio y el final (aumentó 4,8%) y el *follow-up* (aumentó 7,3%); a la velocidad de $120^\circ/s$, observamos incrementos entre el inicio y el *final* (6,3%) y el *follow-up* (7,9%). Para terminar investigamos la posibilidad de un efecto de interacción entre los factores grupo y momento y la prueba ANOVA MR ($F_{60^\circ/s}(2)=2,817$; $p=0,068$; Power=0,533; $F_{120^\circ/s}(2)=0,708$; $p=0,497$; Power=0,164) nos permite aceptar la hipótesis nula para las dos velocidades angulares, concluyéndose que la evolución del porcentaje de flexión/extensión no es dependiente del grupo (tabla 49 del anexo IV).

5.4.4.4. Comparación entre miembro dominante y no dominante

Terminamos este parámetro con una referencia a la comparación entre el miembro dominante y no dominante de cada variable isocinética en el *follow-up*. Los resultados de la prueba *Shapiro-Wilk* ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) exponen que los dos grupos presentan una distribución de la muestra significativamente normal. Ya la homogeneidad de las varianzas (*Levene*: 100% $p>0,05$) identifica los resultados del *Independent Sample T test* (100% $p>0,05$) que permiten concluir que todas las variables isocinéticas del *follow-up* son significativamente iguales entre los miembros dominante y no dominante en los dos grupos estudiados (tabla 50 del anexo IV).

5.4.5. Parámetro de la calidad de vida

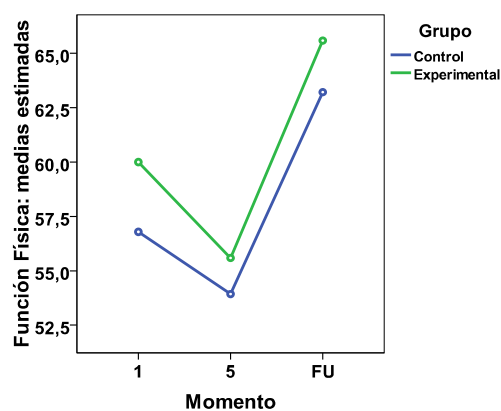


Gráfico 39a

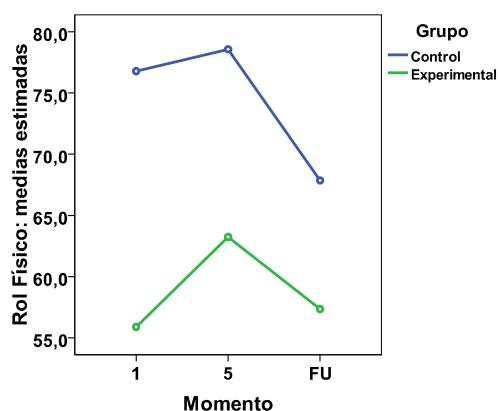


Gráfico 39b

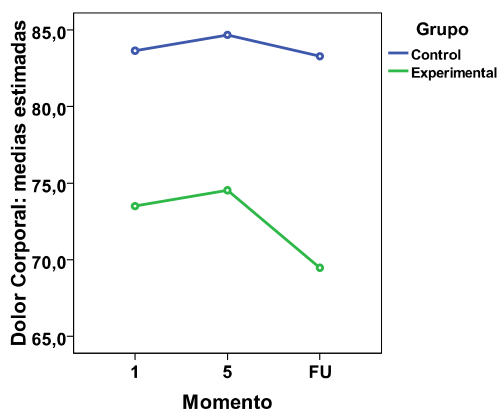


Gráfico 39c

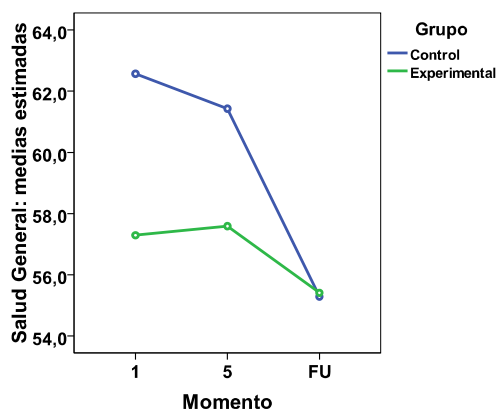


Gráfico 39d

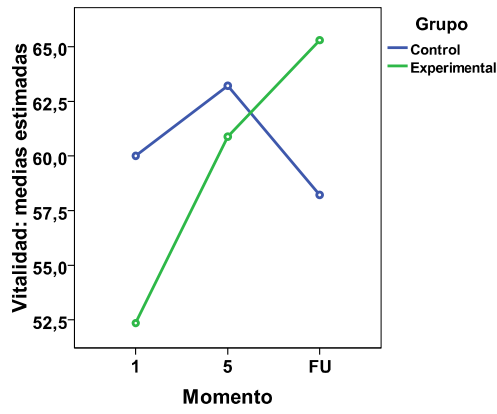


Gráfico 39e

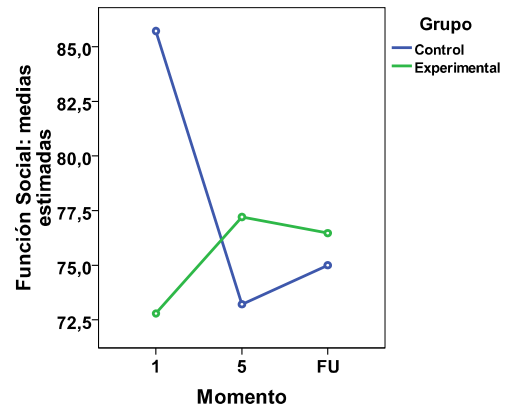


Gráfico 39f

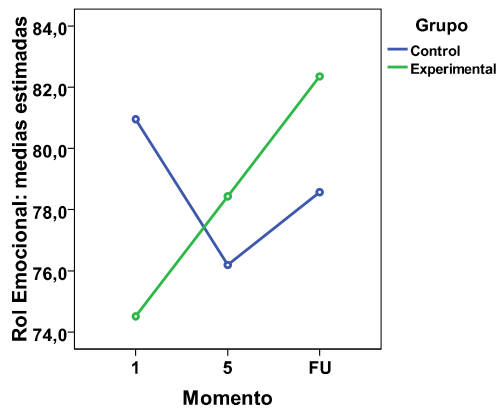


Gráfico 39g

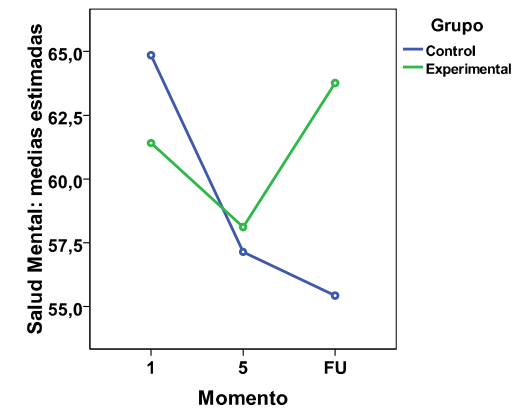


Gráfico 39h

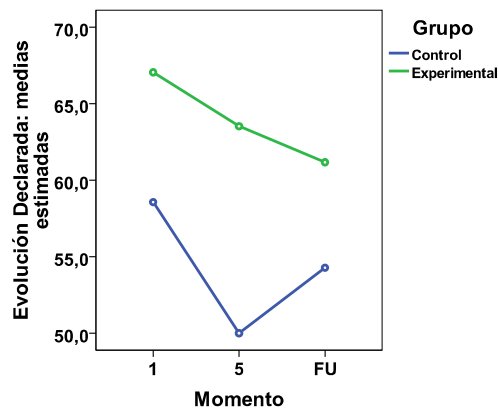


Gráfico 39i

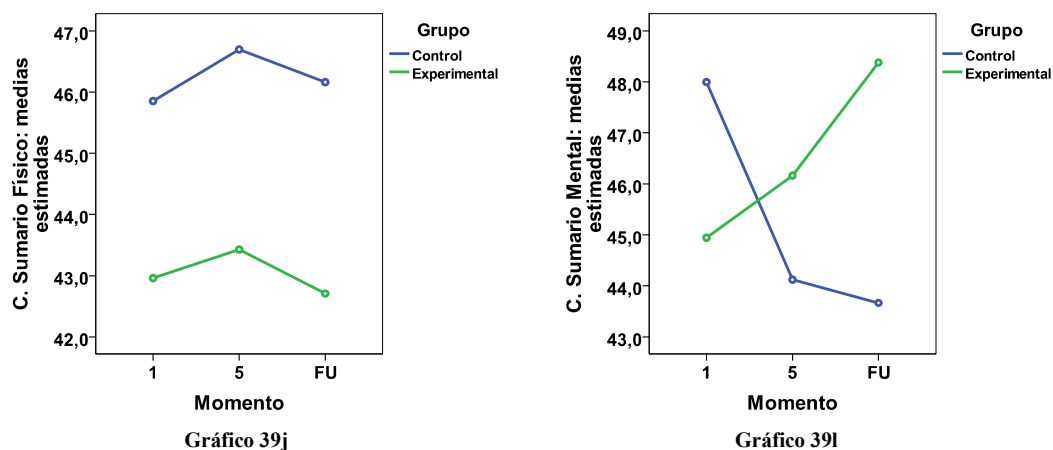


Gráfico 39. Gráficos de líneas de la evolución de las escalas y componentes sumarios de la calidad de vida (SF-36) en el ensayo clínico y su *follow-up* según el grupo.

En los distintos gráficos referentes a la CV (39a a 39l) se observa que la evolución de las distintas escalas y su *follow-up* han sufrido variaciones. Verificamos, por ejemplo, que la función física ha bajado en el ensayo clínico pero ha sufrido un incremento sustancial, en ambos los grupos, en el *follow-up*. Observamos que las escalas del rol físico y del dolor corporal han sufrido un aumento a lo largo del ensayo pero después ambos bajaron en el *follow-up*. En cuanto a la vitalidad y rol emocional se observa un incremento gradual en el EXP mientras el CTL ha invertido su CV entre el final del ensayo clínico y el *follow-up*. En la evolución declarada verificamos que el EXP ha bajado en los tres momentos mientras el CTL ha logrado aumentar un poco su CV en el *follow-up*. En la evolución declarada verificamos que el EXP ha bajado en los tres momentos mientras el CTL ha logrado aumentar un poco su CV en el *follow-up*. En cuanto a la escala de la salud general es la única que ha bajado en ambos los grupos en el ensayo clínico y en el *follow-up*. Por fin, con relación a los componentes sumarios, verificamos que el CSF sufre un incremento en el ensayo clínico para los dos grupos pero en el *follow-up* observamos que bajan los dos grupos: En cuanto al CSM verificamos que el EXP aumenta en el ensayo para seguir aumentando en el *follow-up*, contrariamente al que ocurre en el grupo CTL.

Los datos referentes a la distribución de la muestra en las distintas escalas de la CV en el ensayo y su *follow-up*, muestran que solamente la vitalidad ($(SW(31))_{Total=100\%}$ $p > 0,05$) es significativamente normal. Así, para dicha escala, el presupuesto de la normalidad de la muestra se verifica así como lo de la homocedasticidad (*M de Box*: $p = 0,454$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: $p = 0,956$) como podemos observar en la tabla 51 (anexo IV). Por eso, utilizaremos la prueba paramétrica ANOVA MR asumiendo la presencia de esfericidad. Sin embargo, en lo que respecta a las otras escalas, como no se verifica el presupuesto de la normalidad de la muestra utilizaremos la prueba *Friedman two-way* ANOVA.

Para la escala de la vitalidad de la CV, el promedio del grupo EXP (59,5%) es inferior al del CTL (60,5%). Con base en los datos de la tabla 52 (anexo IV), la prueba ANOVA MR ($F(1)=0,049$; $p=0,826$; $Power=0,055$) acepta la hipótesis nula, por lo que podemos concluir que la evolución de la vitalidad del grupo EXP es significativamente igual al del grupo CTL. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos, olvidando el factor grupo,

nos damos cuenta que se ha ganado un 6,3% entre la primera evaluación y el *follow-up* (11,3%). Con base en la prueba ANOVA MR ($F(2)=1,783$; $p=0,177$; $Power=0,358$) se acepta la hipótesis nula, concluyendo que la evolución de la vitalidad es significativamente igual en los distintos momentos. En cuanto a la existencia de un efecto de interacción entre el factor grupo y el factor momento, la ANOVA MR ($F(2)=2,266$; $p=0,113$; $Power=0,443$) permite aceptar la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de la vitalidad no es dependiente del grupo.

Las distintas escalas de la CV estudiadas y en exposición en la tabla 53 (anexo IV), evidencian que los dos grupos han sufrido cambios a lo largo del ensayo clínico y en el *follow-up*. Sin embargo, solamente en la escala de la función social y exclusivamente para el grupo CTL (*Friedman two-way ANOVA*: $\chi^2(14)_{CTL}=7,371$; $g.l.=2$; $p=0,025$) se verifica la existencia de un resultado significativo. Asimismo, rechazamos la hipótesis nula y concluimos que la escala de la función social del grupo CTL presenta por lo menos un momento en que es significativamente diferente de los demás. Con respecto a las demás escalas, ningún cambio es estadísticamente significativo, es decir, la prueba *Friedman two-way ANOVA* (100% $p>0,05$) acepta la hipótesis nula, permitiendo concluir que la evolución de cada una de las demás escalas de la CV es significativamente igual en los distintos momentos del grupo EXP y CTL. También cuando investigamos la evolución de la muestra total con la prueba *Friedman two-way ANOVA* (100% $p>0,05$) se acepta la hipótesis nula, lo que permite concluir que la evolución de todas las escalas de la CV es significativamente igual en los tres momentos.

En cuanto a los resultados de los dos componentes sumarios de la CV se expone que la distribución de la muestra ($SW(31)_{Total}=100\%$ $p>0,05$) es significativamente normal para el CSF y CSM. Así, verificamos el supuesto de la normalidad de la muestra, de la homocedasticidad (*M de Box*: 100% $p>0,05$) y de la esfericidad (*Mauchly's*: 100% $p>0,05$), siendo por eso correcto utilizar la ANOVA MR con esfericidad asumida (tabla 51 del anexo IV). Basados en los resultados de la ANOVA MR (CSF: $F=3,172$; $g.l.=1$; $p=0,085$; $Power=0,406$; CSM: $F=0,220$; $g.l.=1$; $p=0,643$; $Power=0,074$) admitimos la hipótesis nula y concluimos que la evolución y *follow-up* de los dos componentes sumarios de la CV es significativamente igual entre los dos grupos. En cuanto a la comparación de la evolución entre los tres momentos y olvidando el factor grupo, verificamos con la prueba ANOVA MR (CSF: $F=0,182$; $g.l.=2$; $p=0,834$; $Power=0,077$; CSM: $F=0,286$; $g.l.=2$; $p=0,752$; $Power=0,093$) que se vuelve a admitir la hipótesis nula, concluyéndose que la evolución de los dos componentes sumarios de la CV es significativamente igual en los distintos momentos. Para terminar, la ANOVA MR (CSF: $F=0,027$; $g.l.=2$; $p=0,973$; $Power=0,054$; CSM: $F=2,446$; $g.l.=2$; $p=0,096$; $Power=0,473$) acepta la hipótesis nula para ambos los componentes, concluyéndose que su evolución no es dependiente del grupo (tabla 52 del anexo IV).

Por fin, en cuanto al *Alfa de Cronbach* hemos vuelto a obtener cifras que revelan una consistencia interna moderada ($\alpha=0,580$).

5.4.6. Análisis gráfico de la matriz de datos multivariantes de las variables experimentales y su *follow-up*

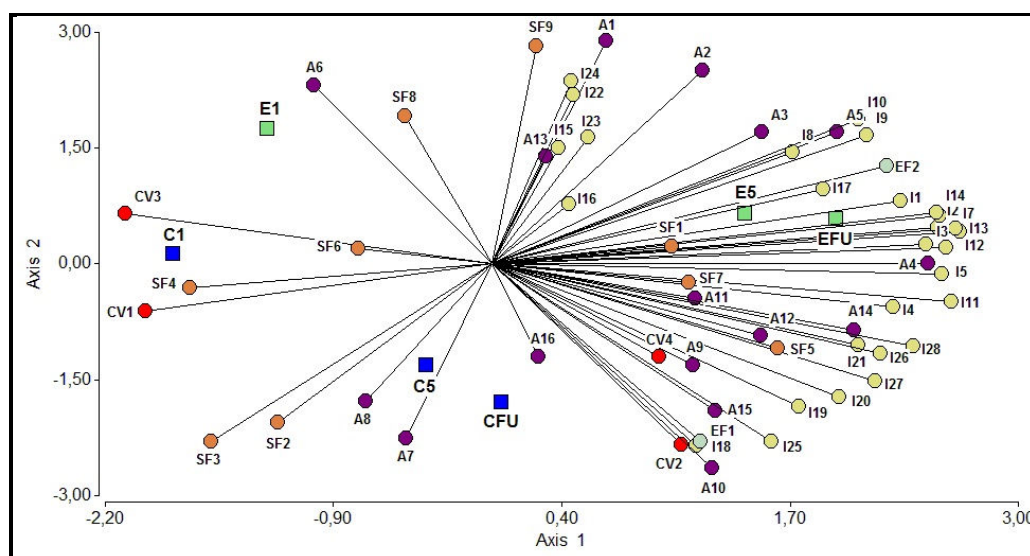


Gráfico 40. Biplot del *follow-up* de las variables experimentales en el ensayo clínico según el grupo y el momento. Leyenda: ■ C1-CFU: Grupo CTL en los distintos momentos; ■ E1-EFU: Grupo EXP en los distintos momentos; ● A1-A16: Antropométricas: A1 - Talla; A2 - Peso; A3 - IMC; A4 - BIA (% grasa); A5 - BIA (kg grasa); A6 - Perímetro abdominal; A7 - MID: 20 cm del PSR; A8 - MID: 15 cm del PSR; A9 - MID: 10 cm del PSR; A10 - MID: 5 cm del PSR; A11 - MID: PSR; A12 - MII: 20 cm del PSR; A13 - MII: 15 cm del PSR; A14 - MII: 10 cm del PSR; A15 - MII: 5 cm del PSR; A16 - MII: PSR; ● CV1-CV4: Cardiovasculares: CV1 - FC; CV2 - FR; CV3 - PAS; CV4 - PAD; ● EF1-EF2: Equilibrio y flexibilidad: EF1 - *Sit&Up*; EF2 - *Sit&Reach*; ● I1-I28: Fuerza isocinética: I1 - Torque máximo 60°/s E MID; I2 - Torque medio 60°/s E MID; I3 - Potencia máxima 60°/s E MID; I4 - %F/E 60°/s MID; I5 - Torque máximo 60°/s F MID; I6 - Torque medio 60°/s F MID; I7 - Potencia máxima 60°/s F MID; I8 - Torque máximo 120°/s E MID; I9 - Torque medio 120°/s E MID; I10 - Potencia máxima 120°/s E MID; I11 - %F/E 120°/s MID; I12 - Torque máximo 120°/s F MID; I13 - Torque medio 120°/s F MID; I14 - Potencia máxima 120°/s F MID; I15 - Torque máximo 60°/s E MII; I16 - Torque medio 60°/s E MII; I17 - Potencia máxima 60°/s E MII; I18 - %F/E 60°/s MII; I19 - Torque máximo 60°/s F MII; I20 - Torque medio 60°/s F MII; I21 - Potencia máxima 60°/s F MII; I22 - Torque máximo 120°/s E MII; I23 - Torque medio 120°/s E MII; I24 - Potencia máxima 120°/s E MII; I25 - %F/E 120°/s MII; I26 - Torque máximo 120°/s F MII; I27 - Torque medio 120°/s F MII; I28 - Potencia máxima 120°/s F MII; ● SF1-SF9: Calidad de vida: SF1 - Función física; SF2 - Rol físico; SF3 - Dolor corporal; SF4 - Salud general; SF5 - Vitalidad; SF6 - Función social; SF7 - Rol emocional; SF8 - Salud mental; SF9 - Evolución declarada de la salud.

Verificamos en el biplot (gráfico 40) que los resultados obtenidos en el último momento (C5 y E5) del ensayo clínico son más cercanos a los del *follow-up* (CFU y EFU) que a los del inicio del ensayo (C1 y E1). Así, y con relación al parámetro antropométrico, se verifica que los dos grupos han tenido una evolución bastante similar incluso en el *follow-up*, es decir, han perdido talla pero, en las demás, han sufrido incrementos (peso, IMC, impedancia bioeléctrica y perímetro abdominal). Con respecto al parámetro cardiovascular, se verifica dos aspectos importantes: primero, que se sigue mirando una evolución contraria entre la FC y FR y entre la PAS y PAD; y segundo, la FC parece evolucionar paralelamente a la PAS mientras la PAD parece acompañar la FR. Evaluando el parámetro del equilibrio y flexibilidad, observamos un desarrollo idéntico en el

Sit&Up entre los dos grupos pero, en el *Sit&Reach*, verificamos un padrón idéntico solo hasta el final del ensayo clínico, una vez que los datos del *follow-up* muestran caminos contrarios posteriormente. Es importante referir que este parámetro parece ser el que muestra menos cambios si comparado con el biplot de la evolución del ensayo clínico (gráfico 21). En cuanto al parámetro de la fuerza isocinética, verificamos que el grupo CTL ha bajado sus cifras en el *follow-up* así como el miembro izquierdo del EXP pero lo mismo no se observa en el derecho, una vez que hay un incremento de sus cifras, tanto del torque como de potencia o porcentaje de flexión/extensión. Por fin, con respecto a las escalas de la CV y una vez que no ha sido posible evaluar su progreso en el biplot de la evolución (gráfico 21), una vez que solo tenía dos momentos evaluativos mientras los demás parámetros tenían cinco tornando, este hecho, imposible su inclusión. Asimismo, verificamos que podemos agrupar sus 9 escalas en tres grandes bloques: el primero, constituido por las escalas del rol físico, dolor corporal y salud general; el segundo, con la función social, salud mental y evolución declarada de la salud; y el tercero, con la función física, vitalidad y rol emocional. En el primero bloque se verifica que, en el *follow-up*, los dos grupos presentan cifras inferiores a las que tenían en el inicio del ensayo, algo que también puede, casi en la totalidad, observar en el segundo bloque; por fin, en el tercero bloque, observamos que el EXP muestra un incremento en las tres escalas.

5.4.7. Resumen del *follow-up* de las características experimentales

Las características experimentales (tabla 54) han sufrido cambios durante los 6 meses de desentrenamiento, o sea, desde que el ensayo clínico terminó hasta la fecha del *follow-up*. En general, se verifica que las variables antropométricas, exceptuando la talla (continuó su reducción) y la impedancia bioeléctrica (continuó su aumento), no cambiaron sustancialmente sus cifras entre el inicio del ensayo y el *follow-up*. En cuanto a las cardiovasculares, observamos que la FC disminuyó y la FR aumentó mientras la PA no ha sufrido cambios significativos en el *follow-up*, manteniendo sus cifras. Con respecto al equilibrio y flexibilidad verificamos que se bajó ligeramente las cifras del *Sit&Up* mientras las del *Sit&Reach* aumentaron para el EXP y bajaron para el CTL. En el parámetro de la fuerza isocinética de los miembros inferiores verificamos 2 pormenores curiosos: primero, el miembro derecho del EXP ha continuado a aumentar sus cifras en el *follow-up* mientras el izquierdo no; y segundo, el CTL ha bajado mucho sus cifras en el *follow-up*, para los dos miembros inferiores. Finalmente, en el parámetro de la CV solamente se ha verificado un cambio significativo ocurrido, una vez más, en la escala de la función social y exclusivamente para el grupo CTL.

	1	2	3
Antropométricas			
Talla [~]	p=0,002**	p=0,000***	p=0,000***
Peso [~]	p=0,299ns	p=0,001**	p=0,041*
IMC [~]	p=0,066ns	p=0,001**	p=0,000***
Clasificación IMC [~]	p=0,717ns	p=0,066ns	p=0,150ns
BIA (% grasa) [~]	p=0,489ns	p=0,000***	p=0,608ns
BIA (kg grasa) [~]	p=0,299ns	p=0,140ns	p=0,834ns
Perímetro abdominal [~]	p=0,700ns	p=0,002**	p=0,241ns
Clasificación perímetro abdominal [~]	p=1,000ns	p=0,030*	p=0,097ns
MID: 20 cm del PSR [~]	p=0,756ns	p=0,368ns	p=0,452ns
MID: 15 cm del PSR [~]	p=0,694ns	p=0,055ns	p=0,690ns
MID: 10 cm del PSR [~]	p=0,987ns	p=0,196ns	p=0,328ns
MID: 5 cm del PSR [~]	p=0,796ns	p=0,025*	p=0,851ns
MID: PSR [~]	p=0,335ns	p=0,553ns	p=0,456ns
MII: 20 cm del PSR [~]	p=0,968ns	p=0,248ns	p=0,076ns
MII: 15 cm del PSR [~]	p=0,694ns	p=0,008**	p=0,196ns
MII: 10 cm del PSR [~]	p=0,955ns	p=0,047*	p=0,051ns
MII: 5 cm del PSR [~]	p=0,868ns	p=0,161ns	p=0,166ns
MII: PSR [~]	p=0,820ns	p=0,321ns	p=0,012*
Cardiovasculares			
Frecuencia cardiaca [~]	p=0,397ns	p=0,137ns	p=0,127ns
Frecuencia respiratoria [~]	p=0,139ns	p=0,273ns	p=0,062ns
Presión arterial sistólica [~]	p=0,480ns	p=0,001**	p=0,336ns
Presión arterial diastólica [~]	p=0,782ns	p=0,001**	p=0,061ns
Equilibrio y Flexibilidad			
<i>Sit&Up</i> [~]	p=0,135ns	p=0,000***	p=0,000***
<i>Sit&Reach</i> [~]	p=0,566ns	p=0,081ns	p=0,027*
Fuerza Isocinética			
Torque máximo 60°/s E MID [~]	p=0,269ns	p=0,041*	p=0,199ns
Torque máximo 60°/s E MII [~]	p=0,637ns	p=0,024*	p=0,562ns
Torque máximo 120°/s E MID [~]	p=0,483ns	p=0,737ns	p=0,067ns
Torque máximo 120°/s E MII [~]	p=0,405ns	p=0,026*	p=0,504ns
Torque medio 60°/s E MID [~]	p=0,320ns	p=0,018*	p=0,124ns
Torque medio 60°/s E MII [~]	p=0,797ns	p=0,002**	p=0,085ns
Torque medio 120°/s E MID [~]	p=0,280ns	p=0,423ns	p=0,186ns
Torque medio 120°/s E MII [~]	p=0,529ns	p=0,006**	p=0,326ns
Potencia máxima 60°/s E MID [~]	p=0,293ns	p=0,006**	p=0,560ns
Potencia máxima 60°/s E MII [~]	p=0,423ns	p=0,010*	p=0,135ns
Potencia máxima 120°/s E MID [~]	p=0,261ns	p=0,481ns	p=0,573ns
Potencia máxima 120°/s E MII [~]	p=0,480ns	p=0,031*	p=0,523ns
Torque máximo 60°/s F MID [~]	p=0,000***	p=0,003**	p=0,000***
Torque máximo 60°/s F MII [~]	p=0,849ns	p=0,000***	p=0,381ns
Torque máximo 120°/s F MID [~]	p=0,000***	p=0,000***	p=0,000***
Torque máximo 120°/s F MII [~]	p=0,779ns	p=0,000***	p=0,627ns
Torque medio 60°/s F MID [~]	p=0,046*	p=0,000***	p=0,574ns
Torque medio 60°/s F MII [~]	p=0,861ns	p=0,000***	p=0,742ns
Torque medio 120°/s F MID [~]	p=0,295ns	p=0,000***	p=0,108ns
Torque medio 120°/s F MII [~]	p=0,974ns	p=0,001**	p=0,889ns
Potencia máxima 60°/s F MID [~]	p=0,014*	p=0,001**	p=0,000***
Potencia máxima 60°/s F MII [~]	p=0,833ns	p=0,001**	p=0,866ns
Potencia máxima 120°/s F MID [~]	p=0,010*	p=0,001**	p=0,000***
Potencia máxima 120°/s F MII [~]	p=0,849ns	p=0,006**	p=0,891ns
% F/E 60°/s MID [~]	p=0,303ns	p=0,000***	p=0,310ns
% F/E 60°/s MII [~]	p=0,360ns	p=0,000***	p=0,068ns

% F/E 120°/s MID~	p=0,355ns	p=0,000***	p=0,688ns
% F/E 120°/s MII~	p=0,518ns	p=0,000***	p=0,497ns
Calidad de Vida			
Función física"	p=0,361ns	p=0,410ns	p=0,187ns
Rol físico"	p=0,439ns	p=0,498ns	p=0,394ns
Dolor corporal"	p=0,794ns	p=0,729ns	p=0,731ns
Salud general"	p=0,144ns	p=0,349ns	p=0,089ns
Vitalidad~	p=0,826ns	p=0,177ns	p=0,113ns
Función social"	p=0,025*	p=0,779ns	p=0,351ns
Rol emocional"	p=0,596ns	p=0,629ns	p=0,782ns
Salud mental"	p=0,123ns	p=0,849ns	p=0,351ns
Evolución declarada de la salud"	p=0,380ns	p=0,368ns	p=0,268ns
Componente sumario físico~	p=0,085ns	p=0,834ns	p=0,973ns
Componente sumario mental~	p=0,643ns	p=0,752ns	p=0,096ns

Tabla 54. Nivel de significación del *follow-up* de las variables experimentales en el ensayo clínico. Leyenda: ~ - prueba paramétrica ANOVA MR (1-CTL vs EXP; 2-Momento; 3-Grupo vs Momento); " - prueba no paramétrica *Friedman two-way* ANOVA (1-CTL; 2-EXP; 3-Momento); *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

6. DISCUSIÓN

6.1. MATERIAL Y MÉTODO

6.1.1. Ensayo clínico aleatorio

Indiscutiblemente que los ECA son la mejor forma de minimizar sesgos y permitir la determinación de los verdaderos efectos del protocolo de tratamiento^{384, 492, 493}. Así, un ECA permite controlar la implementación de varios sesgos contrariamente a lo que ocurre en estudios no aleatorios³⁸⁴.

Para la correcta realización de un ECA deben ser respetadas las normas consolidadas para la publicación de ensayos clínicos, publicadas en 1996, desarrolladas por una acción conjunta entre dos iniciativas independientes: el SORT y el grupo de trabajo Asilomar. Asimismo, la declaración CONSORT respecta una lista de comprobación de 22 puntos además de un diagrama de flujo para comunicación de ECA simples de sólo dos grupos paralelos^{376,379}. De hecho, nuestro ECA ha sido creado basado en las normas de la declaración CONSORT pero, debido a la naturaleza de nuestro experimento, no hemos podido realizar un triple ciego como sugerido en el punto 11 (ciego/enmascaramiento) además de no haberse evaluado el éxito de la asignación aleatoria. Ambos aspectos han sido abordados al pormenor anteriormente.

Según el informe de 2010 del EWGSOP, de la autoría de Cruz-Jentoft et al.¹² se recomienda que los ensayos clínicos aborden el tema de la masa y fuerza muscular así como de la *performance* física según la utilización de más que una variable. Estas sugerencias han sido correspondidas por nuestra parte, no solo por haber estudiado cada uno de los tres temas propuestos como por ser utilizada más que una prueba/variable para investigarlo.

6.1.1.1. Ocultamiento de la asignación

La utilización de un procedimiento de ocultamiento de la asignación permite que los efectos resultantes de la aplicación de un protocolo no sean sobrestimados una vez que se conoce que, en caso de una ocultación no exitosa, los resultados del tratamiento pueden ser sobrestimados hasta 40%. Así, un procedimiento exitoso de ocultamiento de la asignación no presenta el sesgo de la asignación viciosa. Sin embargo, es posible que los efectos de un tratamiento donde el ocultamiento de la asignación ha sido exitoso sean subestimados^{376,377}.

Para que se pueda asegurar una evaluación no sesgada de los tratamientos, es necesario que los dos grupos sean equivalentes en todas sus características experimentales, es decir, que las muestras presenten al inicio del ensayo clínico una homogeneidad de las variables a investigar³⁷⁶. Este hecho muestra una asignación aleatoria exitosa³⁰⁸ y puede ser encontrado en casi todos los ECA presentes en nuestra bibliografía.

En nuestra investigación utilizamos una muestra de mujeres mayores, seleccionada por una 1ª aleatorización, que después dividimos al azar (2ª aleatorización) en dos grupos: el EXP y el CTL. En común tenían la participación en el programa de RG del municipio de Salamanca. Además, el EXP hizo también un programa de NMES planteado *a priori* en la investigación. Es pertinente

aclarar dos aspectos referentes a la 2ª aleatorización: primero, no se ha comunicado a las mayores que había más que un grupo en estudio, como forma de crear un carácter de simple ciego, por lo que, consecuentemente, no hacía sentido decirles cuál era su grupo; y segundo, se ha tenido el cuidado de pedir a todas las mayores para que nunca hablasen sobre su participación en el ensayo clínico hasta el final del mismo, el objetivo era evitar que se enterasen que existían distintos protocolos en desarrollo.

6.1.1.2. Enmascaramiento

Las técnicas de enmascaramiento o ciego son susceptibles de reducir sesgos en los ECA^{381, 383-385, 494} y se suele considerar la técnica de doble ciego como el estándar máximo de la investigación científica³⁸⁴. Sin embargo, las técnicas de enmascaramiento no son capaces de garantizar la completa ausencia de sesgos; se conoce que el ocultamiento de la asignación es más eficaz que el enmascaramiento en reducir sesgos³⁸¹. Curiosamente, tal como en el caso del ocultamiento de la asignación, los efectos resultantes de la aplicación de un protocolo identificado como doble ciego pueden ser un 14% inferiores a estudios similares pero que no son doble ciego³⁸³.

Una de las principales consecuencias del participante descubrir el grupo a que fue asignado es que su conocimiento seguramente influenciará su actuación^{381, 383, 385, 494}. A pesar de eso, una característica que no suele ser valorada en los ECA es la cantidad de participantes que empiezan el estudio como enmascarados y terminan como no enmascarados. Los protocolos disponibles para testarlo son diversos y sencillos aunque raramente utilizados^{383, 385}. No obstante, y a pesar de conscientes de este hecho, optamos por no utilizar dichos protocolos en nuestro estudio en todas las mayores como forma de no incentivarlas a descubrir su grupo.

6.1.1.3. Sesgos

Un sesgo, en su génesis, se puede definir como un preconcepto o una pérdida de objetividad. Representa una desviación de la verdad científica y es consecuencia de uno o varios factores que influyen en el desarrollo de un tratamiento, aportando resultados no reales y conclusiones erróneas. En general, resultados sesgados son sobrestimaciones de la realidad^{382, 384, 385, 494}. Uno de los sesgos más comunes en ECA es el sesgo de la asignación, es decir, cuando se asigna al grupo EXP los participantes con mejor pronóstico mientras en el CTL se asignan los que probablemente van a empeorar. La aleatorización es suficiente para eliminar este popular sesgo una vez que la asignación se hace al azar^{382, 385}.

6.1.2. Grupos en estudio

En la gran mayoría de los estudios científicos que hacen parte de nuestra bibliografía, en particular, los que investigan la población mayor, es usual utilizar, por lo menos, dos grupos en estudio: uno que será el expuesto a la variable independiente (tratamiento) del experimento y otro que, constituido por una muestra de características similares, servirá solamente para permitir una comparación de los resultados. Sin embargo, es también viable utilizar dos grupos en que son ambos sujetos a tratamientos diferentes, sirviendo uno como control

del otro, con el objetivo de observar cual el tratamiento más eficaz. Así, verificamos en nuestra bibliografía que la gran mayoría de los estudios hechos en mayores, según la aplicación de programas de RG, de PM o NMES, utilizan 2 grupos en estudio^{43, 50, 55, 59, 73, 74, 80, 106, 119, 146, 147, 213, 220-222, 227, 230, 231, 265, 270, 286, 308, 313, 389, 398, 403-405, 425, 427, 435, 484, 495-497}. Sin embargo, también es posible observar diseños que recorren a más de dos muestras, como forma de investigar dos o más variables independientes (tratamientos) en simultáneo, pudiendo tener 3^{22, 44, 91, 198, 211, 217, 224, 226, 232, 285, 287, 289, 293, 498} o 4^{8, 92, 111, 127, 133, 151, 160, 216, 223, 266, 499-501} grupos en estudio. Por fin, existen investigaciones científicas que se hacen solamente con un grupo en estudio^{7, 16, 20, 268, 271, 485}.

6.1.2.1. Tamaño muestral

Con relación a la selección y tamaño de la muestra, es pertinente referir que el tamaño por nosotros utilizado es inferior al sugerido por el cálculo del tamaño muestral. Decidimos no utilizar el tamaño sugerido por el cálculo una vez que la supervisión de todas las sesiones de electroterapia así como la realización de todas las distintas evaluaciones y reevaluaciones se hacen por el mismo investigador. A este hecho, añadimos que el tiempo disponible para utilizar las dos salas, una para las evaluaciones y otra para la aplicación de la electroterapia, de la Residencia Asistida Provincial, es limitado a 5 horas/diarias, por conflictos de calendario con otras instituciones que también las utilizan diariamente y a lo largo de todo el año.

En cuanto al hecho de tenerse dos grupos asimétricos en estudio cuando era posible tener dos grupos simétricos, eso ha sido consecuencia del sistema de numeración posicional utilizado en el momento de la 2ª aleatorización. Sin embargo, la utilización de muestras simétricas en ECA en poco o nada contribuye para la robustez estadística o para el éxito de la distribución aleatoria siendo solamente pertinente, quizás, por cuestiones estéticas⁵⁰². Asimismo, el poder de una prueba estadística no es sensible a la presencia de pequeñas asimetrías muestrales. Por veces, la presencia de muestras simétricas puede sugerir que se hizo una manipulación no aleatoria de la distribución de las personas en los grupos en estudio⁵⁰².

Con relación al número de personas que constituyen una muestra, nos parece importante destacar un artículo científico⁵⁰³ que es una revisión sistemática sobre el tema de la electroestimulación muscular. En dicho artículo, titulado: *“Electromyostimulation - a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters”*, Filipovic et al.⁵⁰³ estudiaron 60 artículos en los cuales fueron aplicados programas de electroterapia en muestras de jóvenes (<35 años) sedentarios, activos o atletas. Así, en una tabla, los autores dividieron los 60 artículos en 89 ECA distintos, es decir, la muestra inicial fue dividida por género y/o programa de NMES (en la eventualidad de un artículo utilizar dos o más programas distintos de electroterapia). En la globalidad, los 89 ECA presentan un promedio de 10,6 (±5,1) participantes; ya de los 60 artículos, en solamente 5 (8,3%) se observa una muestra con más participantes que la de nosotros y un 46,6% de los estudios tiene una muestra con 10 o menos participantes. Destacamos también que los estudios que presentan una muestra

con más personas que nosotros tienen entre 35 y 48 participantes. Basados en esta revisión sistemática ⁵⁰³, hecha con estudios que utilizan la NMES en una población de jóvenes, verificamos que, de un total de 60 estudios, solamente 5 estudios presentan una muestra superior a la de nosotros, o sea, un 8,3% de los artículos citados presenta una muestra superior a 32 personas.

En lo que respecta a estudios que utilizan la NMES en una población de personas mayores, destacamos un total de 9 estudios ^{160, 223, 230, 241, 285-287, 289, 308}. El tamaño de la muestra de estos estudios se ubica entre 18 ²⁴¹ y 62 ²²³ mayores, presentando un promedio de 37,1 mayores por estudio. Así, verificamos que los estudios de Maggioni et al. ¹⁶⁰, Cheing & Hui-Chan ²²³, Durmuş et al. ²³⁰, Talbot et al. ²⁸⁶ y Suetta et al. ²⁸⁷ presentan todas muestras superiores a 32 personas.

6.1.2.2. Control y no placebo

Además de, por lo menos, un grupo EXP debe existir también un grupo CTL o placebo. La diferencia entre los últimos se basa en que, en el placebo, se fornece un tratamiento fantasma, sin ningún efecto aparente, pero este hecho no es comunicado, es decir, la persona piensa que está recibiendo un tratamiento real ^{378, 383, 405}.

En investigaciones científicas no farmacológicas, como es el caso de la nuestra, basada en la aplicación de electroterapia, resulta complicado aplicar una corriente fantasma a una persona ^{378, 383, 405}. Su aplicación se hace con aparatos que producen señales sonoras o visuales como forma de crear la idea de que el aparato está funcionando aunque la persona no tenga ningún tipo de sensación ya que no hay un estímulo por parte de los electrodos ⁴⁰⁵. En teoría, la aplicación placebo de electroterapia parece viable pero, en la práctica, resulta complicado porque una persona que recibe la corriente real siente un estímulo que puede ir del sensorial al motor o incluso al dolor. La dificultad en mantener la corriente placebo en secreto está en la posibilidad de que una persona del grupo EXP comente lo que siente a una del placebo ³²⁴.

En nuestro estudio todas las mayores de la muestra hacen en conjunto clases de RG. A pesar de haberse pedido para que las mayores no hablasen sobre su participación en el ensayo clínico con las demás mayores de su centro, teníamos presente la posibilidad de eso poder ocurrir y así se descubrió que para unas el aparato provocaba una contracción muscular mientras para las otras no hacia rigorosamente nada. Su descubrimiento podría llevar a que las mayores del grupo placebo abandonasen el ensayo, reduciendo el grupo a un punto en que se perdería la robustez estadística. Así optamos por no arriesgar el placebo y optamos por el CTL.

Hemos divulgado el estudio (1ª etapa) como una investigación que utiliza la electroterapia con el objetivo de potenciar el acondicionamiento muscular de los miembros inferiores. En las charlas realizadas en la Residencia Asistida Provincial (3ª etapa) confirmamos que nunca ninguna mayor había realizado sesiones de electroterapia o siquiera una evaluación isocinética. Así, en las charlas solamente enseñamos el dinamómetro isocinético y nunca el aparato de electroterapia y, como permitimos a cada mayor que probase el dinamómetro en una velocidad lenta (60º/s), de cierta forma, transmitimos la idea de que el

fortalecimiento muscular sería consecuencia del entrenamiento en la silla de evaluación isocinética. Tanto en la divulgación del estudio en las diversas Asociaciones de Mayores del Municipio de Salamanca como en la charla informativa realizada en la Residencia Asistida Provincial, nunca comunicamos que dividiríamos las mayores en dos grupos distintos, cada uno con un protocolo de trabajo diferente. Lo hicimos siguiendo las indicaciones de Schulz & Grimes⁵⁰² que aconsejan a no revelar el proceso de aleatorización o a revelar informaciones específicas sobre el protocolo a utilizar en el ensayo clínico, como forma a no incentivar a descifrar el procedimiento utilizado y poner en riesgo su éxito. Desafortunadamente y a pesar de nuestros esfuerzos, a medio del ensayo clínico nos enteramos que, aunque una minoría, algunas mayores empezaron a preguntar: "¿por qué viene Doña X tres veces a la semana y yo solo vengo una vez a cada quince días?" o vice-versa. Nuestra actuación siempre ha sido en el sentido de reforzar la idea de que: primero, solo en el final del estudio se contestaría a las cuestiones de las mayores; segundo, no debería hablar de su participación a ninguna otra mayor también hasta el final del estudio y, tercero, que no se preocupase con lo que otras estaban haciendo en el estudio. Como forma de verificar hasta qué punto la estrategia del simple ciego había sido comprometida en esas mayores que colocaban las cuestiones, se les hemos preguntado, en un momento distinto alejado en el tiempo, si eran capaces de decir cuántos protocolos distintos estaban a ser utilizados y si pensaban estar haciendo el protocolo más adecuado. Así, nos enteramos de algunos puntos interesantes: primero, que las mayores que habían hecho las preguntas eran todas de la misma Asociación de Mayores; segundo, que desconfiaban que estaban siendo utilizados 2 protocolos distintos; tercero, que no sabían cuantas mayores estaban participando en el estudio y, consecuentemente, no sabían cuantas mayores tenía cada grupo; y cuarto, que las mayores creían que las habíamos asignado al protocolo que era más adecuado a su estado de salud.

Es importante referir que ni siempre es posible enmascarar los participantes a los tratamientos en estudio³⁸¹. Kim et al.³⁰⁹ comentaron que la puntuación máxima que un estudio que utilice electroterapia puede obtener en la escala PEDro es un 8, debido a la dificultad en enmascarar el paciente así como el investigador en cuanto a la naturaleza del tratamiento a utilizar. Así, el carácter de doble ciego es improbable de presentarse exitoso a lo largo de todo el ensayo clínico. Justo por este hecho, hemos preferido utilizar una técnica de cegamiento de simple ciego, donde solamente la mayor no conocía el grupo de que hacía parte. No obstante, caso sean utilizadas 2 tipos distintos de corrientes de electroterapia, ya es posible sesgar tanto el participante como el investigador, siendo posible utilizar una técnica de cegamiento de doble ciego^{505, 506}. No obstante las dificultades, también Kim et al.³⁰⁹ refieren que deben ser seguidos los criterios de la escala PEDro como forma de mejorar la calidad científica de la investigación clínica basada en la electroterapia.

En la bibliografía consultada hemos tenido la oportunidad de encontrar estudios que investigan el efecto de la electroterapia y que utilizan un grupo placebo en su ensayo clínico^{223, 313, 405, 484, 485, 499}. En común, todos estos estudios tienen el hecho de haber sido realizados en la población mayor con osteoartritis,

según una corriente de analgesia y con un aparato que hacía un sonido mientras "funcionaba".

6.1.2.3. Porcentaje de abandono

Las mayores que participaron en nuestro estudio empezaron oficialmente su participación en la presente investigación en la última semana de marzo sin embargo, todas ellas, empezaron el programa de RG en octubre de 2009, es decir, empezaron en ensayo clínico ya con 6 meses de experiencia del programa pero sin ninguna experiencia de la electroterapia o de la evaluación isocinética. Este hecho es muy importante una vez que supone que las mayores empezaron nuestro ensayo clínico ya con una participación superior a un 80% del programa de RG ya que por debajo de este umbral serían excluidas. Consecuentemente, este umbral sirve como un cernedor en el sentido que nos permite identificar las mayores que presentan menor probabilidad de abandonar el ensayo clínico siendo, por eso, candidatas ideales a participar en nuestro estudio ⁴⁹². Así, consideramos estos 6 meses como un periodo de pre inclusión (*run-in phase*) sin que haya la inclusión o asignación de las mayores en el ensayo clínico por nosotros definido ³⁷⁵.

Con relación a la tasa de abandono del estudio, verificamos que todas las 32 mayores seleccionadas a participar han realizado, por lo menos, un 80% de las clases de RG además de la totalidad de las sesiones de electroterapia (N=24) y todas las evaluaciones del ensayo clínico (N=5). Sin embargo, una mayor del grupo CTL no ha comparecido en la evaluación del *follow-up* a pesar de haber sido propuesta otra fecha. Así, de las 32 mayores de la muestra, 31 hicieron el *follow-up* a los 6 meses del final del ensayo clínico. De esta manera, la tasa de abandono del ensayo clínico fue de un 0,0% mientras que del *follow-up* fue de un 3,1%. No obstante, es importante referir que hemos tenido que sortear una mayor suplente para sustituir una mayor del grupo EXP. Así, una participante de este grupo ha tenido que abandonar el estudio por haber tenido una crisis de vértigo, cinco días después de empezar el ensayo, imposibilitando su continuación. Sin embargo, dicha crisis no ha sido consecuencia de la aplicación de la electroterapia, una vez que la mayor presentaba un historial de problemas de oído además de varias crisis en pasado. En el caso de esta mayor suplente, no se hizo una asignación aleatoria una vez que se limitó a sustituir la que tuvo que desistir del ensayo clínico.

En los artículos científicos que constituyen nuestra bibliografía verificamos que son varios los estudios hechos en mayores que utilizan ensayos clínicos donde se reportan tasas de abandono. Estas, varían consonante el tipo de protocolo utilizado, es decir, entre los que utilizan un programa de RG o de PM (tasas más elevadas) y los estudios que utilizan programas de electroterapia (tasas más bajas). Así, los que utilizan un programa de RG o de PM presentan tasas mínimas de un 3% ¹⁴⁶ hasta un máximo de 53% ²⁶⁹. Así, verificamos que tres estudios presentan tasas de abandono superiores a un 26% ^{22, 44, 269}, siete presentan tasas entre los 10 y 25% ^{137, 220, 267, 270, 403, 432, 495} y solamente tres presentan tasas inferiores a un 9% ^{55, 146, 313}. Por otro lado, los estudios que utilizaron protocolos de electroterapia presentan una tasa mínima de un 7,7% ⁴⁰⁵ hasta un máximo de 25% ⁵⁰⁷. Así, no observamos tasas de abandono superiores a un 26% no obstante, observamos que tres estudios tienen entre los 20 y 25% ^{324, 485, 507}, cuatro estudios

entre los 10 y 19%^{287, 308, 400, 403} y solamente un estudio presenta menos de 9%⁴⁰⁵. De los 21 artículos que terminamos de identificar verificamos que solamente uno¹⁴⁶ presenta una tasa de abandono inferior a la de nuestro estudio, es decir, inferior a un 3,1%.

6.1.3. Evaluaciones

En cuanto al número de evaluaciones realizadas en el ensayo clínico, decidimos hacer 5, una a cada dos semanas, para mejor acompañar el desarrollo de los distintos parámetros en estudio que hacen parte de las características experimentales. Sin embargo, después de pasados 6 meses del final del ensayo clínico, decidimos hacer una nueva evaluación (*follow-up*) no con el objetivo de verificar el desarrollo pero para averiguar si las ganancias obtenidas al final del ensayo se han mantenido a lo largo del tiempo. Así, nuestro estudio ha tenido un total de 6 evaluaciones, tal como los estudios^{16, 500}. Curiosamente, no hemos encontrado ningún estudio con más de 6 evaluaciones. En cuanto a estudios con 5 momentos evaluativos destacamos los estudios^{7, 8, 74, 111, 403} mientras que con 4 evaluaciones identificamos los estudios^{20, 213, 220, 313, 389, 496}. Obviamente que observamos con más frecuencia los estudios que recorren a 3 momentos evaluativos^{92, 146, 198, 265, 271, 287, 308, 398, 485, 495, 497-499} y muchos más que solo utilizan 2, al inicio y final del ensayo, a pesar de algunos no aclararen este hecho^{22, 44, 50, 55, 59, 80, 91, 106, 119, 127, 133, 147, 151, 160, 211, 221-224, 227, 230-232, 266, 268, 270, 285, 286, 289, 293, 404, 405, 425, 427, 435, 484, 501}.

6.1.3.1. *Follow-up*

Con respecto al tema del *follow-up*, en la literatura consultada identificamos varios estudios, realizados en mayores, que lo hicieron en un mes o menos^{223, 484, 498, 499} y más de un mes^{92, 265, 271, 308, 398, 485, 496}.

6.1.4. Clínicamente relevante

Una vez trabajados los datos estadísticos es importante saber interpretarlos, o sea, saber distinguir si existió un cambio verdadero o si los cambios son meramente consecuencia de un error sistemático^{440, 508}.

En las variables por nosotros investigadas, verificamos que muchos resultados obtenidos, tanto en el ensayo clínico como en el *follow-up*, no presentan significancia estadística. Sin embargo, observamos incrementos en el grupo EXP que asumen porcentajes elevados además de los comentarios de las propias participantes que refieren haber sentido un cambio. No obstante, cuando hacemos una comparación entre los cambios identificados y los resultados estadísticos, verificamos que estos no han sido significativos. Curiosamente, también se ha dado el caso del estadístico revelar diferencias significativas pero la mayor ni siquiera se haber enterado. Asimismo, de entre las características que las mayores han reconocido como siendo las que han sufrido cambios más relevantes, es pertinente identificar el dolor corporal. De hecho, todas sin excepción afirmaron haber pasado un verano sin cualquier dolor en el miembro inferior. Curiosamente, lo mismo no pasó con las mayores del grupo CTL.

Creemos que es importante hacer la distinción entre lo que es estadísticamente significativo y lo que es clínicamente relevante. En este tema destacamos la cuestión “*how much change is necessary?*”, que Zeevi Dvir enfatiza en su artículo ⁵⁰⁸ sobre la aplicabilidad de los isocinéticos. Esta pregunta la colocó Rothstein JM en el año de 1985, por lo que el tema no es nuevo. Básicamente, el autor pretende aclarar el grado del cambio que tiene que ocurrir para que se pueda afirmar que una persona quedó más, o menos, fuerte. Dvir ⁵⁰⁸ hace referencia a la distinción de los conceptos clínicamente relevante y estadísticamente significativo pero aplicado a la evaluación isocinética. Según el autor, resultados de la evaluación isocinética inferiores a 10% pueden ser resultado de algún tipo de error sistemático o "ruido" mientras resultados superiores a 20% son siempre clínicamente relevantes, con o sin significancia estadística. Sin embargo, es importante referir que todos los estudios que identifica tienen muestras constituidas por jóvenes o adultos, por lo que en el caso de mayores, quizá no sea necesario llegar a 20% para que sea considerado como clínicamente relevante.

6.1.5. Evaluación de la fuerza isocinética

Una de las principales dificultades que tuvimos en la evaluación isocinética fue decidir que velocidad angular era más adecuada para utilizar en nuestra muestra, teniendo en cuenta la seguridad de la rodilla o riesgo de provocar una lesión. Su selección va a condicionar los resultados cogidos así como posibles comparaciones con otras investigaciones científicas ^{36, 40, 490}. Así, elegimos la velocidad angular de 60°/s porque hay autores ^{36, 201, 388, 509} que la consideran como la más adecuada para utilizar en la población mayor. De hecho, encontramos varios estudios realizados en mayores que la utilizan ^{35, 36, 43, 80, 98, 115, 152, 201, 206, 232, 285, 289, 388, 391-393, 404, 490}. Sin embargo, Neder et al. ²⁰¹ y Terreri et al. ⁴⁴³ comentan que la velocidad angular de 60°/s es más adecuada para estudiar el torque pero no la potencia, ya que esta necesita velocidades más rápidas. Asimismo, optamos por hacer también una prueba isocinética para la velocidad angular de 120°/s que, según Maurer et al. ⁴⁰³, es una velocidad segura, efectiva y bien tolerada por mujeres mayores. También para esta velocidad angular encontramos varios estudios en mayores ^{35, 43, 392, 403}.

Con relación a las variables más estudiadas en la evaluación isocinética, estas son: el torque máximo o pico de torque, la potencia máxima ²⁰⁰ y el porcentaje de flexión/extensión ²⁴³. Todas ellas han sido evaluadas en nuestro estudio además del torque medio. Es importante resaltar que, entre el torque y la velocidad angular, existe una relación proporcionalmente inversa mientras entre la potencia y la velocidad angular esta relación es directa. Así, con el aumento de la velocidad angular, el torque sufre una reducción mientras la potencia sufre un incremento ⁴⁴³. Estas dos relaciones han sido observadas en nuestro estudio.

Para la correcta evaluación isocinética es necesario calibrar el *software* del dinamómetro levando en cuenta el peso de la mayor, la actuación de la gravedad y las estabilizaciones de la silla ⁴³⁸. De esta forma, el peso de la persona es hábil de influenciar el resultado de la prueba isocinética por lo que es necesario introducirlo previamente en el *software* ⁴³⁸. En cuanto a la actuación de la

gravedad, Aquino et al.⁴³⁸ afirman que, en la eventualidad de no se ajustar la fuerza gravitacional, pueden ocurrir variaciones del torque de extensión de la rodilla de hasta 26 a 43%. Aclaremos que todos estos factores han sido debidamente apreciados antes del inicio de cada evaluación isocinética. No obstante, son diversos los factores internos y/o externos que pueden influenciar los resultados obtenidos con la evaluación isocinética, tornando sus resultados conflictivos⁴³⁸. Si respectadas las instrucciones del fabricante así como algunas direcciones o reglas obtenidas en investigaciones científicas, es posible controlar estos factores reduciendo significativamente su impacto⁴⁵¹.

6.2. CARACTERÍSTICAS DE LA NMES

Teniendo por base la consulta que hicimos en los principales motores de búsqueda científica del campo de la salud (*PubMed, Medline, PEDro, Cochrane Database*, etcétera) verificamos que existen muy pocos estudios sobre el tema de la aplicación de corrientes de electroterapia para PM en mayores. De hecho, tuvimos mucha dificultad en encontrar artículos científicos que abordasen la electroestimulación para fortalecimiento muscular en mujeres mayores físicamente activas. Para empezar, son pocos los estudios que encontramos sobre electroterapia en mayores sin embargo, la gran mayoría de los que hay respectan corrientes de electroterapia para analgesia aplicadas en mayores con o sin señales de osteoartritis y/o con gonalgias en general. En cuanto a los que investigan el fortalecimiento muscular del cuádriceps, destacamos 2^{285, 289} que son los metodológicamente más parecidos con el nuestro, tanto en el nivel de las características de la corriente como de la muestra.

Antes del inicio de este trabajo de investigación ya teníamos experiencia en el tema de la electroestimulación muscular en mayores por lo que, el conocimiento de que no había mucha bibliografía similar a la que pretendíamos utilizar en nuestro estudio ha servido como un estímulo y no lo encaramos como una dificultad o limitación.

6.2.1. Forma de actuación

De acuerdo con Vandervoort & McComas⁵⁶, en situaciones en que los mayores hacen contracciones musculares máximas no existe una producción adicional de torque muscular debido a una estimulación de las motoneuronas. Se concluye que los mayores son capaces de utilizar sus motoneuronas para una máxima estimulación muscular. Así, con el objetivo de comprender el mecanismo de funcionamiento del entrenamiento con NMES, Zory et al.³¹⁵ sugieren que es posible que la NMES active determinadas regiones cerebrales además de motoneuronas espinales debido a reflejos enviados a la medula, dependiendo de la intensidad de la corriente, lo que posibilita que el torque producido por la NMES sea resultado de la contribución del SNC y SNP.

6.2.1.1. Intensidad de la corriente

Las investigaciones científicas publicadas antes del estudio de Currier & Mann³³³ ajustaban la intensidad de la corriente siempre según la tolerancia individual y nunca según un nivel objetivo de fuerza o torque. Así, Currier & Mann³³³ utilizaron un método en que preseleccionaron un nivel específico de contracción a estimular con la NMES posibilitando la comparación con otros estudios de similares características. Para Delitto & Snyder-Mackler²⁸ este cambio de paradigma permitió una corrección de un error metodológico frecuente en las investigaciones sobre NMES que imposibilitaba la correcta comparación entre protocolos. No obstante y a pesar de conocer los argumentos de Currier & Mann³³³ y Delitto & Snyder-Mackler²⁸ decidimos utilizar un nivel de intensidad de la corriente según el nivel de tolerancia de la mayor por dos motivos: primero, para crear un método que pueda ser transferido directamente para la práctica clínica; y segundo, para que cada mayor pueda contraer lo máximo posible su cuádriceps. Así, con relación al primer motivo, el principal objetivo fue seleccionar las características de la corriente que utilizamos (frecuencia, anchura, ciclo, etcétera), además de utilizar un aparato portátil de bajo costo y, por lo tanto, accesible a la gran mayoría de los fisioterapeutas, se debe al hecho de ser nuestra intención conlleva permitir crear algo que pueda ser recreado en la práctica clínica. En cuanto al segundo motivo, en la eventualidad de preseleccionar un porcentaje específico de contracción podría darse el caso de una mayor no lograr llegar a ese nivel, obligando a bajar el porcentaje quizás a un nivel bastante inferior al que otras mayores podrían llegar, condicionando futuras ganancias. La alternativa era excluir esa y todas las mayores que no llegasen a ese nivel preseleccionado que, consecuentemente, bajaría el tamaño de la muestra quizás a un nivel donde se perdería la robustez estadística.

De hecho, Dreibati et al.²⁸⁸, en su artículo de 2011, critican la metodología divulgada por Currier & Mann³³³ en 1983 y posteriormente apoyada por Delitto & Snyder-Mackler²⁸ en su artículo de 1990. No obstante, ya en 1987, Kramer³³⁴ criticó su utilización ya que se alejaba de las líneas de orientación utilizadas en la práctica clínica donde se respectaba la opinión del paciente. Para Dreibati et al.²⁸⁸, no parece realista utilizar la misma intensidad para todos los participantes de la muestra ya que no tiene en cuenta sus características individuales, de morfología, impedancia bioeléctrica y nivel de tolerancia al dolor consecuente de la penetración de la corriente en el cuerpo.

Con relación a los estudios de nuestra bibliografía que utilizan la NMES en mayores, seis utilizan la intensidad máxima tolerada^{160, 230, 285, 287, 289, 308}, uno²²³ no identifica el protocolo que utiliza y los dos restantes^{241, 286} utilizan porcentajes entre los 30 y 40% del valor de la CVM. De estos, en el estudio de Caggiano et al.²⁴¹, no fueron identificadas cifras finales objetivas pero los autores observaron aumentos significativos de la fuerza muscular. Ya en el estudio de Talbot et al.²⁸⁶, se observaron aumentos significativos de un 9% de la fuerza muscular mientras que nosotros logramos un incremento no significativo de un 8% en el ensayo clínico. Debido a la utilización de metodologías distintas entre nuestro estudio y el de Talbot et al.²⁸⁶, no es del todo correcto comparar los resultados obtenidos. Sin embargo, para efectos prácticos, no podemos dejar de referir que, aunque hemos utilizado un protocolo considerado como con algunos

fallos metodológicos, según la opinión de Currier & Mann³³³ y Delitto & Snyder-Mackler²⁸, logramos resultados similares a los de los autores que utilizaron de un 30% a un 40% de la CVM. Obviamente que se puede extrapolar que nuestra “intensidad máxima tolerada” se encuentra alrededor del 30 al 40% de la CVM o, por otro lado, que nuestros porcentajes son inferiores y por eso hemos obtenido incrementos inferiores y no significativos. De hecho, la literatura científica corrobora la existencia de una relación proporcionalmente directa entre la intensidad de la estimulación de la NMES y el porcentaje de ganancias de la fuerza muscular^{32, 280, 295, 318}. Así, nos parece éticamente aconsejable proporcionar a la mayor el máximo de intensidad que pueda tolerar una vez que, cuanto más fuerte la intensidad, mayores incrementos se van aportan.

Por fin, destacamos que la aplicación de la corriente no ha causado ningún efecto adverso en las mayores del grupo EXP, hecho comprobado al final de cada sesión (corto plazo) y posteriormente en el *follow-up* (largo plazo).

6.2.2. Efectividad

A pesar de utilizarse la electroterapia hace muchas décadas aún no se ha aclarado el efecto que tiene en el entrenamiento muscular^{23, 288, 294, 334}. Sin embargo, parece haber una tendencia en aceptar que provoca hipertrofia en programas con más de 4 semanas de duración²³. Parte de la problemática proviene del acondicionamiento muscular de la muestra en que se aplica la electroterapia ya que se conoce que, cuando aplicada en músculos débiles, los resultados son más relevantes mientras en músculos saludables no son tan evidentes los beneficios^{28, 319}.

6.2.3. Heterogenia de las características

Una de las grandes dificultades que un investigador encuentra cuando estudia el tema de la electroterapia es la gran variedad que existe entre las corrientes de NMES utilizadas en los ensayos clínicos. De hecho, cada parámetro de la corriente puede ser cambiado, desde la frecuencia, tipo de onda, anchura de pulso, intensidad, ciclo de trabajo, tiempo de aplicación hasta el tipo de aparato o electrodos^{28, 245, 281, 294, 296, 306, 314, 334}. Encima, igual que se utiliza la misma corriente y/o aparato/electrodos, también pueden ser utilizadas distintas características de entrenamiento, como el número de sesiones semanales o el número de semanas de duración del tratamiento^{28, 281, 288, 294, 334, 351}.

6.2.4. Cuádriceps

La función principal del cuádriceps es producir torque extensor de la rodilla y estabilizar la rótula. Por sus características anatomofuncionales, la rodilla es una de las articulaciones más sobre cargadas e inestables del cuerpo tornándose susceptible a lesiones sobre todo en la vejez⁴⁸⁶.

En la gran mayoría de los estudios de nuestra bibliografía que utilizan electroterapia, el músculo más estimulado es el cuádriceps^{23, 26, 31, 274, 329, 340}. Por

estos motivos, elegimos el cuádriceps como el músculo a aplicar la NMES. De hecho, los fisioterapeutas utilizan la NMES para aportar fuerza a este músculo³⁴⁵. Sin embargo, Lieber & Kelly⁴⁸¹ comentan que, en la determinación del nivel de generación del torque, es más importante la capacidad intrínseca de activación del cuádriceps que cualquiera característica de la corriente o electrodos utilizados⁴⁸¹. Curiosamente, Maffiuletti et al.³²⁹ concluyeron que el cuádriceps de las mujeres parece ser más excitable a la NMES que el de los hombres. No obstante, Kim et al.³⁰⁹, basados en las conclusiones del “*Philadelphia Panel evidence-based clinical practice guidelines*” publicado en la Revista *Physical Therapy* en 2001, comentan que no pueden hacerse recomendaciones sobre la efectividad de la NMES en el tratamiento de la debilidad muscular del cuádriceps.

La debilidad del cuádriceps tiene como consecuencias principales el dolor y la discapacidad^{207, 230}. Stevens et al.¹¹⁷ comentan en su artículo que varios estudios implican un deterioro de la activación del SNC como la génesis de la debilidad muscular en mayores. Sobre este tema, nos parece pertinente destacar el estudio de Palmieri-Smith et al.²⁰⁷. Basados en sus resultados y en los de otros investigadores, los autores²⁰⁷ comentaron que no parece haber una correlación directa entre la debilidad del cuádriceps y el dolor, en mujeres con gonartrosis, lo que sugiere que otros factores pueden ser los responsables por la debilidad. En esta misma línea, Häkkinen & Häkkinen¹⁷¹, afirmaron que, en mujeres mayores de 70 años, la debilidad puede ser explicada por el reducido tamaño muscular del cuádriceps cuando comparado con lo de mujeres jóvenes.

Como el cuádriceps funciona como un freno en la articulación, la aparición de la debilidad muscular puede condicionar el desgaste del cartílago de la superficie articular de la rodilla provocando una gonartrosis^{230, 483, 510}. Paradójicamente, Pietrosimone et al.⁴⁸³ sugieren que la fuerza muscular del cuádriceps no parece efectiva en la prevención del desarrollo de la gonartrosis. De hecho, hay mucha controversia en este tema. A modo de ejemplo, nos parece curioso destacar dos estudios^{207, 510}, ambos escritos por el mismo equipo de investigadores y publicados en 2010 en dos revistas de impacto. Así, en el de Thomas et al.⁵¹⁰ se concluyó que la disfunción del cuádriceps es igual entre mujeres con o sin gonartrosis. Ya en el de Palmieri-Smith et al.²⁰⁷ se observó que las mujeres sin gonartrosis, verificada radiológicamente, tenían significativamente un 22% más de fuerza muscular en el cuádriceps que mujeres con gonartrosis. Sin embargo, en el primer estudio se comenta que los resultados no corroboran los resultados de investigaciones anteriores. Curiosamente, las mujeres de la muestra del estudio de Thomas et al.⁵¹⁰ son descritas como voluntarias inscritas en otro estudio, es decir, en el estudio de Palmieri-Smith et al.²⁰⁷.

Para finalizar, destacamos el artículo de Durmuş et al.²³⁰ donde los autores afirman que son varios los estudios que comentan que el ejercicio físico es eficaz en la gonartrosis pero aún no hay evidencias suficientes para concluirlo cuando se utiliza la NMES.

6.3. CARACTERÍSTICAS NO EXPERIMENTALES

6.3.1. Edad

Con relación a la edad, consideramos la franja etaria de los 70-79 años como la más adecuada a investigar de acuerdo con los objetivos planteados *a priori* en la investigación. Esta franja etaria es también una de las más investigadas en la literatura científica^{98,99, 115, 144, 511} que aborda la temática de las personas mayores, no solo por haber cada vez más personas en ella pero también por existir un porcentaje elevado de personas que aún reúnen condiciones funcionales adecuadas a la realización de ejercicios físicos. Se conoce que, a partir de los 70 años, los niveles de resistencia necesarios para realizar las AVD pueden estar reducidos, poniendo en causa la independencia del mayor, lo que torna pertinente su participación en programas de RG^{6, 94, 112, 116, 205}. Los ejercicios de PM si son realizados tempranamente en el desarrollo de la sarcopenia, promueven la funcionalidad además de prevenir la aparición de síntomas^{206, 207}.

También se verifica que hay estudios que presentan un rango de edades más amplio que puede incluir la totalidad^{9, 20, 22, 44, 55, 62, 66, 72, 74, 80, 85, 91, 109, 127, 133, 187, 189, 191, 198, 211, 214, 230-232, 268, 286, 287, 395, 403, 404, 428, 429, 461, 490, 495, 507, 521} o parcialidad^{36, 92, 106, 266, 270, 285, 289, 293, 427, 489, 501} de nuestra franja o, incluso, franjas etarias más¹⁴⁷ o menos elevadas^{146, 149}, o con mayores con edad media inferior a 70 años^{7, 8, 43, 59, 111, 112, 151, 216, 224, 265, 271, 308}, de 70 a 80 años^{16, 35, 50, 119, 195, 217, 313, 388, 389, 393, 396, 405, 485, 513}, o superior a 80 años^{152, 160, 435}. Destacamos que, en el pasado, otras investigaciones han estudiado esta misma población de mayores asociados a la Federación Provincial de Jubilados y Pensionistas de Salamanca siendo que la franja etaria estudiada comprendía el rango de 60 a 80 años^{20, 22} o más de 55 años²¹. Así, las 32 mujeres mayores que participan en nuestro estudio presentan edades comprendidas entre los 70 y 79 años (criterio de inclusión), con un promedio total de 74,5 años ($\pm 2,90$ años). Si las miramos consonante el grupo, las 17 mayores del EXP presentan una edad media de 74,9 años ($\pm 2,84$ años) mientras las del CTL 74,1 años ($\pm 2,99$ años). Así, destacamos que la edad de las mayores del grupo EXP es significativamente igual a la del CTL, siendo los grupos homogéneos.

6.3.2. Estado civil

El estudio del estado civil nos ayuda a verificar la presencia de un potencial apoyo caso el mayor deje de ser considerado válido o independiente³⁴. En esta franja etaria de la población española, constatamos que más de la mitad de las mayores son viudas^{34, 463}. Así, lo mismo verificamos en las 32 mayores de la muestra, es decir, un 62,5% son viudas mientras 37,5% son casadas. Curiosamente, no hay casos de solteras, separadas o divorciadas. Si las asignamos por grupos observamos que, en el CTL, un 33,3% es casada mientras 66,7% es viuda; por su lado, 41,2% del EXP es casada y las restantes 58,8% son viudas. Así, el estado civil de las mayores del grupo CTL es significativamente igual al del EXP siendo, por eso, homogéneos.

Estos datos que observamos en nuestra muestra, que identifican la viudez como el estado civil predominante en la población femenina mayor de 70 años,

están de acuerdo con los indicadores demográficos referidos en el informe de 2008 referente a los datos estadísticos estatales y por comunidades autónomas de las personas mayores en España, de la responsabilidad del Ministerio de Sanidad y Política Social³⁴. De hecho, los datos de 2006, muestran que las mujeres de 70 o más años son mayoritariamente viudas (51,7%) o casadas (39,8%), cifras casi idénticas a las de nosotros³⁴. Sin embargo, nos parece importante referir que el estado civil no es una variable frecuentemente estudiada en la literatura científica que aborda las dos grandes temáticas por nosotros estudiadas, es decir, el acondicionamiento muscular y la electroestimulación en la población mayor.

6.3.3. Escolaridad

Con relación al nivel de escolaridad, volvemos a observar la misma tendencia del estado civil, o sea, que no es tampoco una variable estudiada con frecuencia en las temáticas por nosotros investigadas. En la muestra de la presente investigación, observamos que los grupos presentan una escolaridad muy similar entre ellos, con medias que rondan los 6,5 años, lo que corresponde a un nivel primario, compartido por la totalidad (100%) de las mayores. Así, el nivel de escolaridad del grupo EXP es significativamente igual a lo del CTL, siendo los dos grupos homogéneos. Cuando comparados estos datos con los del estudio de Banegas et al.⁴⁶³, con una muestra constituida por 2228 mujeres españolas mayores de 60 años no institucionalizadas, verificamos que la gran mayoría no tiene estudios (57,4%) y solamente un 34,2% presenta un nivel de estudios idéntico a lo de nosotros, es decir, estudios de nivel primario. El hecho de que en nuestra investigación verificamos una ausencia de mayores sin estudios se debe a un criterio de inclusión que imposibilitaba su participación en el ensayo clínico (saber leer y escribir en castellano). Consideramos importante incluir este criterio por dos motivos: primero, para que la mayor pudiera leer y comprender perfectamente el consentimiento informado utilizado y que tenía que firmar y, segundo, pretendíamos que el cuestionario de CV SF-36 se rellenase sin intervención de terceros, como forma de evitar posibles condicionamientos de las respuestas de la mayor. Curiosamente, el estudio de Banegas et al.⁴⁶³, utilizaba el mismo cuestionario de CV que nosotros, sin embargo, se rellenaba por intermedio de una entrevista presencial. Una estrategia similar fue utilizada para rellenar la WOMAC, en la investigación desarrollada por Durmuş et al.²³⁰, donde una muestra de 50 mujeres de nacionalidad turca con edad media de 55±20,0 años, presenta una mayoría (62%) con estudios de nivel primario y un 14% de las mujeres no presenta cualquier tipo de escolaridad. También por intermedio de una entrevista presencial se evaluó el nivel de actividad física en el estudio de Visser et al.¹⁴⁴, en una muestra de 839 mujeres caucásicas estadounidenses (estado de *Tennessee*) con edad media de 73,6±2,8 años, en que más de 90% tiene estudios superiores a los primarios. Sin embargo, el mismo estudio también identifica una muestra de 698 mujeres negras estadounidenses (estado de *Tennessee*) con edad media de 73,4±3,0 años, y en que 37,5% tiene estudios primarios o inferiores. En el estudio de Hallage et al.²⁷¹, una muestra de 13 mujeres brasileñas (estado de Curitiba), con promedio de 63,1 años de edad, presenta un nivel medio de escolaridad ligeramente superior a 10 años, o sea, superior al nivel primario. Sin embargo, el estudio de Alves et al.⁴³², también se hizo con la participación de 74

mujeres mayores brasileñas (> 60 años) ubicadas en Recife y que presentaban un nivel de escolaridad bajo, es decir, un promedio de 5 años de escolaridad. Destacamos que en estos dos últimos estudios^{271, 432}, el nivel de escolaridad es irrelevante una vez que solamente se utiliza una batería de test físicos, sin necesidad de saber leer o escribir. Con relación a estos 3 últimos estudios^{144, 230, 271}, los que se basan en una muestra de la población americana^{144, 271}, sin raíces latinas, presentan un nivel de escolaridad superior a lo de nosotros. Sin embargo, en el estudio hecho en Europa²³⁰, ya se verifican datos similares. Quizás este hecho, es decir, la ubicación geográfica, sea el responsable por la diferencia que observamos en el nivel de escolaridad.

6.3.4. Medicación

En cuanto a la medicación y en el seguimiento del estado civil y escolaridad, también esta variable es poco estudiada en las temáticas por nosotros investigadas. En nuestra muestra, se verifica que, en media, los dos grupos toman alrededor de 3,5 pastillas diarias, de las que se destacan las del aparato circulatorio y metabólico y las que actúan a un nivel psicotrópico. También verificamos que solamente una mayor del grupo CTL no está tomando medicinas. Así, tanto la cantidad de pastillas como la clase a que pertenecen, son significativamente iguales entre los dos grupos, siendo estos homogéneos. Destacamos que solamente un estudio de nuestra bibliografía, el de Castillo et al.¹⁰⁹, hace referencia a la cantidad de pastillas que cada mayor está tomando diariamente. En él, se refiere que 29,2% de las mayores que presentan sarcopenia (N=59) y 34,6% de las que no presentan sarcopenia (N=947), están medicadas. Un aspecto que puede ayudar a justificar el bajo porcentaje de mujeres medicadas puede ser el hecho de que la edad mínima de la muestra es de 55 años.

6.4. CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES

6.4.1. Parámetro antropométrico

En lo que respecta a las características experimentales en general y al parámetro antropométrico en particular, decidimos investigar las variables: talla, peso, IMC, impedancia bioeléctrica (porcentaje y peso de la masa grasa), perímetro abdominal y de los muslos. En común, todas tienen el hecho de no presentaren diferencias significativas entre los dos grupos en estudio al inicio del ensayo clínico. Consecuentemente, las dos muestras se consideran homogéneas en cuanto a sus características antropométricas bajo estudio. Destacamos también que, para las variables talla, peso, IMC e impedancia bioeléctrica, todas cuantitativas, fueron definidos *a priori* determinados rangos como criterio de inclusión, con el objetivo de permitir la formación de una muestra final de mayores que presente todas las cifras muy similares, disminuyendo la probabilidad de obtener dos grupos de características heterogéneas.

Las variables antropométricas clásicamente estudiadas en la literatura (talla, peso e IMC), son utilizadas para valorar la composición corporal a pesar de

no presentaren una fiabilidad libre de error. Esto se debe al hecho de estas variables reflejaren más la corpulencia que la adiposidad. Sin embargo, estas variables se siguen utilizando a menudo en la práctica clínica como forma de valorar la condición nutricional. Todavía, ya se utilizan otros métodos que permiten valorar la componente adiposa corporal, a través de la circunferencia de la cintura o de la impedancia bioeléctrica ^{410,514}.

A continuación, abordaremos individualmente la condición del parámetro antropométrico al inicio del ensayo clínico, su evolución y respectivo *follow-up*, además de hacer la comparación de los resultados obtenidos con los de otros autores en investigaciones de características similares.

6.4.1.1. Talla

Con relación a la talla, se conoce que, con el avanzar de la vejez, es normal que se sufra una disminución, debido a cambios de la composición corporal como, por ejemplo, compresiones de los discos vertebrales o un aumento de la curvatura torácica ^{20, 141}. Estas modificaciones llevan a que se disminuya hasta 1 cm de talla por década, empezando a los 40 o 50 años, siendo esta pérdida más evidente después de los 60 años ¹⁴¹.

La talla de nuestra muestra, al inicio del ensayo clínico, presentaba un promedio de 150,3 y 151,7 cm, en el grupo CTL y EXP, respectivamente. Sin embargo, a lo largo del ensayo clínico, verificamos cambios en las cifras de la talla, en ambos los grupos y para todas las mayores. En general, al final de las 8 semanas del ensayo, el grupo CTL bajó, en media, 4 mm mientras el EXP bajó 6 mm. Aunque esta diferencia sea pequeña, la prueba *Friedman two-way ANOVA* nos lleva a concluir que es suficiente para que se considere significativa para cada grupo al final del ensayo clínico. Curiosamente, los datos recogidos en el *follow-up* nos muestran que, 6 meses después del final del ensayo clínico, el grupo EXP ha mantenido su talla mientras el CTL bajó 2 mm más. Esto quiere decir que, entre el inicio del ensayo y el *follow-up*, los dos grupos bajaron, en media, 6 mm en su talla. También esta diferencia se evidenció significativa para cada grupo en el *follow-up*.

En estudios científicos hechos con mujeres mayores ^{36, 151, 268, 388} de características antropométricas similares a las nuestras se verifica que, la variable talla, presenta cifras medias muy parecidas con las de nuestra investigación. De estos estudios, el de Aquino et al. ³⁶ y Aquino & Garcez-Leme ³⁸⁸ son de carácter transversal por lo que solo pueden servir como de referencia para comparación con nuestros datos iniciales. Sin embargo, el estudio de Cao et al. ²⁶⁸, de carácter experimental, en que participaron 20 mujeres mayores de 65 a 79 años y con un promedio de 149 cm de talla, se verificó que, al final de 12 semanas de un programa de RG de 2 horas de duración con una frecuencia bisemanal, hubo una ligera disminución de la talla, de aproximadamente 3 mm, sin que sea significativa. Por fin, en el estudio de Nakamura et al. ¹⁵¹, los autores optaron por no hacer referencia a los datos de la talla en el segundo momento evaluativo, es decir, al final de un programa de 12 semanas de RG con una frecuencia que varía entre una a tres veces por semana. Sin embargo, investigan la evolución de las variables peso, IMC y porcentaje de grasa corporal. Curiosamente, los autores

refieren que su principal objetivo es examinar como distintas frecuencias de realización de RG influyen la composición corporal de las mujeres mayores. De hecho, destacamos que son varias las investigaciones basadas en mayores que encontramos en la literatura que hacen referencia a las cifras iniciales de la talla pero que, al final del ensayo clínico, no muestran cualquier resultado para esta variable^{16, 44, 50, 53, 66, 74, 92, 106, 111, 119, 127, 133, 147, 224, 285, 308, 405, 490}. En estos casos, no queda claro si los autores no han referido la evolución de la talla de los mayores porque no han observado ningún cambio significativo o simplemente porque no pensaron ser una variable que merezca ser evaluada.

Cuando comparamos la talla inicial de las mayores de nuestra muestra con la de otros autores que también utilizaron muestras de mujeres mayores, podemos confirmar que son varios los que presentan tallas similares^{36, 151, 268, 388} o con medias ligeramente más altas^{74, 112, 133, 285}. No obstante, consideramos que nuestra talla inicial está en consonancia con la literatura consultada. Sin embargo, en cuanto a la comparación de los resultados obtenidos en el final del ensayo clínico, solamente podemos comparar nuestros resultados con los del estudio de Cao et al.²⁶⁸. En dicho estudio, las mayores han reducido su talla en 3 mm, a lo largo de las 12 semanas del programa de RG. Esta disminución representa mitad de la por nosotros obtenida, no obstante, nuestros 6 mm se refieren a un periodo de 6 meses, es decir, el doble del tiempo utilizado en el programa de RG de Cao et al.²⁶⁸.

6.4.1.2. Peso

En cuanto al peso, con la vejez se observan cambios en la composición corporal de las mayores pero, en caso de participación en programas de RG, se verifica que la masa magra tiende a aumentar por lo que, en la eventualidad del peso corporal disminuir, eso se debe a una reducción de la masa grasa o tejido adiposo^{20, 91, 110, 151}. La masa muscular es más densa y pesada que la masa grasa por lo que la pérdida de peso, consecuencia de la actividad física, puede no cambiar en un primer momento¹⁴⁶.

Inicialmente, nuestras mayores presentaban un promedio de 64,8 y 66,9 kg, para el CTL y EXP, respectivamente. Esto significa que el grupo EXP era, en media, 2,1 kg más pesado que el CTL. A lo largo del ensayo clínico, fueron verificados cambios en estas cifras pero siempre inferiores a 1 kg, para ambos los grupos y para todas las mayores. Al final, el grupo CTL bajó, en media, 0,9 kg mientras el EXP bajó 0,7 kg. Es una diferencia pequeña y quizás por eso la prueba ANOVA MR no presenta resultados significativos en cuanto a la interacción entre el grupo y el momento o solo en cuanto al grupo. No obstante, con respecto al momento, verificamos resultados significativos una vez que ambos los grupos han bajado sus cifras. Curiosamente, los datos del *follow-up* muestran que, 6 meses después del final del ensayo clínico, el grupo EXP aumentó su peso para cifras superiores a las que presentaba en el inicio del ensayo mientras el CTL aumentó para cifras inferiores a las iniciales. Este hecho, es probablemente el responsable por haber una interacción significativa entre el grupo y el momento, además del momento aisladamente.

En la literatura científica, verificamos que hay varios estudios con muestras de mujeres mayores que presentan cifras del peso corporal parecidas con las de nuestra investigación^{7, 36, 59, 74, 112, 119, 133, 151, 198, 388}. De estas, destacamos los estudios de Aquino et al.³⁶, Macaluso et al.¹¹² y Aquino & Garcez-Leme³⁸⁸ que, por su naturaleza transversal, no pueden identificar cualquier tipo de cambio en esta variable. Sin embargo, en los que sí se pueden verificar cambios, observamos que hay investigaciones en que no se han verificado alteraciones significativas del peso^{7, 119, 198} mientras otras las han logrado^{59, 151}. Es importante referir también que hemos vuelto a verificar estudios^{74, 133} en que no se hace referencia a cifras finales aunque que presenten las iniciales.

De los estudios que refieren cambios no significativos del peso corporal, destacamos los estudios de Häkkinen et al.⁷, Flynn et al.¹¹⁹ y Frontera et al.¹⁹⁸. En el primero⁷, fue utilizado un programa de fortalecimiento muscular a lo largo de 21 semanas, donde colaboraron 10 mujeres mayores con peso inicial de 70,5 kg y se verificó que habían ganado 0,4 kg al final del ensayo. También en el estudio de Flynn et al.¹¹⁹, 29 mujeres mayores, con promedio de peso inicial entre 62 y 65 kg, realizaron un programa de fortalecimiento muscular de 10 semanas de duración y se verificó que, al final, las mayores cambiaron muy poco ($\pm 1,0$ kg) su peso corporal. Por fin, Frontera et al.¹⁹⁸, según un programa de fortalecimiento muscular de 12 semanas con la colaboración de 14 mujeres mayores, con peso medio inicial de 60 kg, verificaron que, al final, las mayores habían mantenido su peso ($\pm 1,0$ kg). Sin embargo, también encontramos estudios hechos en muestras de mujeres mayores que presentaron resultados significativos con respecto a cambios del peso corporal. En este particular, destacamos los estudios de Kemmler et al.⁵⁹ y de Nakamura et al.¹⁵¹. En el primero⁵⁹, donde se utilizó un programa de electroterapia de cuerpo entero de 14 semanas de duración en una muestra de 30 mujeres mayores, con promedio de peso inicial entre 65 y 70 kg, se verificó que todas ellas habían perdido significativamente peso (1 a 2 kg) independientemente del grupo, una vez que, entre los dos grupos, no se han obtenido diferencias significativas. Por fin, en cuanto al de Nakamura et al.¹⁵¹, se realizó un programa de RG de 12 semanas que tuvo la colaboración de 45 mujeres mayores, con peso inicial medio entre 52 y 58 kg, y se verificó que las mayores, de los grupos experimentales que hicieron 1 y 2 veces/semana el programa, habían aumentado ligeramente su peso pero nunca superior a 0,3 kg mientras el de 3 veces/semana bajó 1,7 kg.

Cuando comparamos los resultados obtenidos en los ensayos clínicos de los autores previamente citados^{7, 59, 119, 151, 198}, verificamos que todos ellos han logrado pequeños cambios del peso corporal, de manera que, en solo uno⁵⁹ de los 5 estudios, se lograron reducciones hasta 2 kg. Concluimos que estos resultados corroboran los obtenidos en nuestro estudio, por su parecido. En muchos estudios científicos que utilizan programas de RG o simplemente de PM, verificamos que, independientemente de la duración del programa o del peso inicial de la muestra, las mayores no parecen perder mucho peso corporal^{7, 59, 74, 119, 133, 146, 151}. Autores como Strasser et al.⁹¹ o Velthuis et al.¹⁴⁶, entre otros^{20, 110, 151}, concluyeron que esto se debe al hecho de que, con este tipo de programas, ocurren simultáneamente dos procesos: una pérdida de la masa grasa (más leve) y un

aumento de la masa muscular (más pesada), lo que explica la falta de pérdidas de peso corporal más significativas.

6.4.1.3. IMC

Con respecto al IMC, es muy importante referir que este índice no parece correlacionarse de forma adecuada con la masa muscular, no siendo una medida indicativa viable del estado muscular individual^{6, 9}. Su principal limitación se debe al hecho de que no posibilita la distinción entre la masa magra y la masa grasa, principalmente en mayores⁴⁰⁷. Por eso, se recomienda que sus resultados sean asociados a los de la impedancia bioeléctrica, como el porcentaje de la masa grasa, sobre todo en mujeres postmenopáusicas⁵¹⁵.

En el inicio del ensayo clínico, las mayores presentaban cifras medias de IMC muy similares entre ellas, es decir, 28,7 kg/m² para el CTL y 29,0 kg/m² para el EXP. Como en la totalidad de la muestra no encontramos ninguna mayor con cifras inferiores a 25 kg/m², esto significa que solamente hacen parte de la muestra mayores con sobrepeso u obesidad, distribuidas de forma homogénea entre los dos grupos en estudio. Al final del ensayo seguimos observando cambios casi imperceptibles en estas cifras, para ambos los grupos y para todas las mayores. De esta manera, observamos una diferencia pequeña entre los dos grupos al final del ensayo (<1 kg/m²) y, consecuentemente, la prueba *Friedman two-way* ANOVA nos lleva a concluir que no ha sido suficiente para considerarse la existencia de diferencias significativas. No obstante, los datos del *follow-up* muestran un aumento evidente del IMC de los dos grupos. Sin embargo, el EXP aumentó para cifras superiores a sus iniciales mientras el CTL solo ha recuperado lo que había perdido durante el ensayo. Consecuentemente, las diferencias significativas solo se han encontrado para el grupo EXP y para la totalidad de la muestra en estudio.

En la literatura científica, obtuvimos diversos estudios con muestras de mujeres mayores que tienen cifras del IMC similares a las nuestras^{35, 74, 85, 119, 127, 146, 151, 271, 308}. De estas, solamente el estudio de Zoico et al.⁸⁵ es de carácter transversal. En cuanto a las restantes investigaciones, de carácter experimental, las podemos dividir entre las que han obtenido resultados con¹⁵¹ o sin^{119, 146, 271} diferencias significativas. Una vez más volvemos a encontrar estudios^{35, 74, 127, 308} en que no se hace ninguna referencia a las cifras finales del IMC aunque que se presenten las iniciales.

De entre las investigaciones que refieren haber obtenido cambios en las cifras del IMC, volvemos a citar los estudios de Nakamura et al.¹⁵¹ y de Flynn et al.¹¹⁹. En el primero¹⁵¹, con cifras iniciales entre 23 y 27 kg/m², al final de 12 semanas de un programa de RG, hecho a distintas frecuencias semanales, se han obtenido resultados significativos que muestran ligeros aumentos (grupo RG semanal), reducciones (grupo RG 3 veces/semana) y hasta un perfecto mantenimiento (grupo RG 2 veces/semana) de las cifras del IMC. En cuanto al segundo¹¹⁹, participaron 29 mujeres mayores, con IMC inicial alrededor de 26 kg/m², en un programa de fortalecimiento muscular a lo largo de 10 semanas y se observó un cambio imperceptible ($\pm 0,5$ kg/m²) del IMC. Ya en el estudio de Velthuis et al.¹⁴⁶, 189 mujeres mayores, con IMC inicial medio de 27 kg/m²,

participaron en un programa de ejercicios aerobios de 12 meses de duración, y se verificó que los dos grupos han disminuido ligeramente ($\pm 1,0 \text{ kg/m}^2$) su IMC, de forma no significativa. Por fin, en el estudio de Hallage et al.²⁷¹, participaron 13 mujeres mayores, con IMC inicial medio de 28 kg/m^2 , en un programa de ejercicios aerobios, y se observó que al final de las 12 semanas, las mayores habían disminuido imperceptiblemente su IMC ($-0,1 \text{ kg/m}^2$), sin diferencias significativas, para después de 1 mes de desentrenamiento haber aumentado, también imperceptiblemente, sus cifras ($+0,2 \text{ kg/m}^2$).

Sí comparamos nuestros resultados con los obtenidos en los ensayos de los autores anteriormente citados^{119, 146, 151, 271}, verificamos que no se han observado cambios sustanciales del IMC. Así, de los 4 ensayos clínicos que tienen una muestra con características antropométricas similares a la nuestra, verificamos que todas ellas han logrado cambios siempre inferiores a 1 kg/m^2 , es decir, han logrado exactamente lo mismo que nosotros. De esta forma verificamos que los resultados de los autores previamente citados corroboran los obtenidos en nuestro ensayo clínico. En el caso de esta variable, tal como en la variable anterior (peso), volvemos a verificar que, independientemente del tipo o duración del programa así como del peso o IMC inicial de la muestra, las mayores no parecen reducir sustancialmente su IMC.

Es importante referir que una característica clásica de la sarcopenia es la disminución de la masa muscular. Sin embargo, Thomas¹¹⁰ afirma que esta misma reducción puede no tener influencia en el cálculo del IMC una vez que la sarcopenia se puede ocultar en una persona con un alto porcentaje de la masa grasa, es decir, con cifras del IMC superiores a 30 kg/m^2 . Otros autores⁵¹⁶ comentan que, una vez que con el envejecimiento es normal el aumento del peso corporal, se debería adaptar los valores de referencia de la OMS para una mejor clasificación de la población anciana. Así, Lipschitz⁵¹⁶ desarrolló un nuevo sistema de clasificación, basado solamente en la distinción de casos de bajo peso ($<22 \text{ kg/m}^2$), peso normal ($22-27 \text{ kg/m}^2$) y sobrepeso ($>27 \text{ kg/m}^2$). Sin embargo, la gran mayoría de la literatura científica sigue utilizando los valores de referencia identificados por la OMS para adultos por lo que no nos ha parecido pertinente utilizar los valores de referencia de Lipschitz⁵¹⁶.

6.4.1.4. Impedancia bioeléctrica

Con la impedancia bioeléctrica se hace una estimación indirecta de la grasa corporal, a través de ecuaciones de predicción basadas en la capacidad conductora de diferentes componentes corporales⁴¹⁰. Sin embargo, las estimaciones basadas en la BIA sobrestiman sistemáticamente el porcentaje de grasa corporal cuando comparado con el método DEXA^{514, 517}. Se resalta que hay evidencias que indican que los datos provenientes de la impedancia bioeléctrica deben complementar las medidas antropométrica⁴⁰⁹.

Al inicio del ensayo clínico los dos grupos en estudio presentan cifras medias de impedancia bioeléctrica muy similares, aunque el EXP presente cifras más altas, tanto del porcentaje ($+0,8\%$) como del peso ($+1,4 \text{ kg}$) de la masa grasa. Durante el ensayo clínico observamos un cambio de pequeñas dimensiones (inferiores a 1% y 1 kg) en estas cifras, para ambos los grupos y para todas las

mayores. Asimismo, observamos una ligera subida en las evaluaciones intermedias del ensayo para al final bajar un poco pero siempre para cifras superiores a las iniciales. Esta pequeña fluctuación a lo largo del ensayo lleva a que la ANOVA MR no presente resultados significativos en cuanto a la interacción entre el grupo y el momento o con respecto al grupo aisladamente pero, en cuanto al momento, se verifican resultados significativos. Este aumento continúa en el *follow-up* ya que, 6 meses después del final del ensayo clínico, los dos grupos siguen aumentando sus cifras. Sin embargo, solamente el porcentaje de la masa grasa presenta una relación significativa en el factor momento.

En la literatura científica consultada, destacamos tres estudios con muestras de mujeres mayores que tienen cifras de la impedancia bioeléctrica cercanas a las nuestras^{7, 59, 146} y los dividimos en las que han obtenido resultados con diferencias significativas⁷, sin diferencias significativas¹⁴⁶ y en que no se hace ninguna referencia a las cifras finales de la impedancia bioeléctrica aunque que se presenten las iniciales⁵⁹.

De esta manera, Häkkinen et al.⁷, utilizaron un programa de fortalecimiento muscular a lo largo de 21 semanas, con colaboración de 10 mujeres mayores con un porcentaje de la masa grasa de un 39%, y se verificó una reducción en esta cifra aunque ligera (inferior a 1 punto porcentual). Por fin, en la investigación de Velthuis et al.¹⁴⁶, participaron 189 mujeres mayores, con porcentaje de 39% y peso de 28 kg de la masa grasa, en un programa de ejercicios aerobios de 12 meses y se observó, al final, que los dos grupos no cambiaron significativamente sus cifras iniciales.

Cuando comparamos nuestros resultados con los citados en los ensayos anteriores^{7, 146}, verificamos que nuestras cifras iniciales son un poco más elevadas, tanto del porcentaje como del peso de la masa grasa. No obstante, consideramos que nuestros datos iniciales están de acuerdo con la literatura consultada. A pesar de este hecho, tanto nuestro estudio como el de Häkkinen et al.⁷ o Velthuis et al.¹⁴⁶, tuvieron el mismo resultado, es decir, cambios muy pequeños, aunque los del Häkkinen et al.⁷ hayan obtenido diferencias significativas. Una vez más, se verifica que las mayores no parecen reducir sustancialmente sus cifras de la impedancia bioeléctrica, sin tener en cuenta el tipo o duración del programa utilizado ni tampoco el peso o IMC de la mayor.

Se conoce que uno de los principales efectos de un programa de RG, o mismo de PM, es la reducción de la masa grasa al mismo tiempo en que aumenta la masa magra, proporcionando una mejoría en la composición corporal^{91, 146, 151}. Claramente que este hecho tiene un impacto profundo en la población mayor ya que están más susceptibles a una disminución de la fuerza muscular^{91, 151}. Consecuentemente, la reducción del porcentaje de la masa grasa corporal tiene efectos significativos una vez que esta variable es un factor de riesgo importante en el desarrollo de enfermedades de origen cardiovascular¹⁴⁶.

6.4.1.5. Perímetro abdominal

Con relación al perímetro abdominal, o circunferencia abdominal, se puede utilizar para identificar personas que deben buscar ayuda con respecto al control del peso corporal. Para eso, el valor de referencia de 80 cm, para mujeres,

es un indicador de que no deben coger más peso mientras cifras superiores a 88 cm revelan ya una necesidad de pérdida de peso ⁴¹¹. Se conoce que la adiposidad abdominal tiene fuertes implicaciones en la salud una vez que es un factor de riesgo para enfermedades cardiovasculares, independientemente de la persona ser o no obesa ^{146, 397, 407, 411, 412}. Algunos estudios llegan mismo a comprobar que la obesidad abdominal es un indicador más relevante que el propio peso corporal sobre todo en mujeres postmenopáusicas ¹⁴⁶. Asimismo, mujeres con perímetro abdominal en los percentiles más elevados presentan una probabilidad 2,5 veces superior de desarrollar enfermedades cardiovasculares que mujeres en los percentiles inferiores ³⁹⁷.

Antes del ensayo clínico empezar, las mayores del grupo EXP presentaban, en media, un perímetro abdominal 2,3 cm superior al CTL. En cuanto a la división entre las que tienen o no riesgo cardiovascular, es decir, las que tienen un perímetro abdominal superior o inferior a 88 cm, respectivamente, observamos que los grupos tampoco presentan diferencias significativas. Al final del ensayo clínico observamos que los dos grupos han bajado sus perímetros: el CTL perdió 0,8 cm mientras el EXP perdió 2,6 cm. Asimismo, la ANOVA MR nos lleva a concluir que solamente existen diferencias significativas en el factor momento. De la misma forma, los datos del *follow-up* muestran la existencia de diferencias significativas exclusivamente para el factor momento, una vez que, a pesar de haber aumentado sus cifras 6 meses después del final del ensayo clínico, este aumento no ha sido suficiente para llegar a los perímetros que presentaban inicialmente. Con relación a la clasificación del perímetro abdominal, según el riesgo cardiovascular, verificamos que no hubo cambios significativos a lo largo del ensayo clínico. Sin embargo, los datos del *follow-up* evidencian que el grupo EXP ha sufrido una reducción significativa en su clasificación.

En la literatura científica encontramos tres estudios con muestras de mujeres mayores que presentan cifras de perímetro abdominal similares a las nuestras ^{59, 146, 271}, siendo todos de carácter experimental y con resultados significativos.

Así, Kemmler et al. ⁵⁹, utilizaron un programa de electroterapia de cuerpo entero durante 14 semanas, en una muestra de 30 mujeres mayores, con un perímetro abdominal alrededor de 84 cm, y se verificó que todas las del EXP habían perdido significativamente cerca de 2 cm mientras el CTL aumentó casi 1 cm. Por su turno, en la investigación de Velthuis et al. ¹⁴⁶, en que participaron 189 mujeres mayores con un perímetro abdominal alrededor de 88 cm, se hizo un programa de ejercicios aerobios de 12 meses y, al final, se observó que el grupo EXP disminuyó significativamente su perímetro pero para cifras poco superiores a 0,4 cm. Finalmente, en el estudio de Hallage et al. ²⁷¹, en que participaron 13 mujeres mayores, con un promedio de 88 cm de perímetro abdominal, que después de un programa de ejercicios aerobios de 12 semanas observaron que las mayores habían disminuido significativamente su perímetro abdominal, en aproximadamente 4 cm.

Si comparamos los resultados obtenidos en nuestro ensayo con los previamente citados ^{59, 146, 271}, verificamos que las cifras medias iniciales de dos de ellos son idénticas a la nuestra ^{146, 271}. Así, consideramos que nuestras cifras

iniciales están de acuerdo con la mayoría de la literatura consultada. En el otro estudio ⁵⁹, verificamos que las cifras iniciales son, en media, 4 cm menores que las de nuestro estudio. Sin embargo, cualquier uno de los tres estudios citados presenta, al final de su ensayo, reducciones significativas del perímetro abdominal, en un caso, de casi 4 cm ²⁷¹. Por su lado, en nuestro ensayo, observamos una disminución no significativa de 2,3 cm en el EXP. Así, verificamos que nuestro grupo EXP sufrió una reducción superior a la de los estudios de Kemmler et al. ⁵⁹ y Velthuis et al. ¹⁴⁶ pero inferior a la de Hallage et al. ²⁷¹. No obstante, es importante destacar que la duración de nuestro ensayo clínico es inferior a la de todos los autores citados, es decir, 12 ²⁷¹ y 14 ⁵⁹ semanas así como 12 meses ¹⁴⁶.

En esta variable, las mayores del grupo EXP parecen ser más hábiles en reducir sus cifras del perímetro abdominal ya que han sufrido una pérdida tres veces superior a de las mayores del grupo CTL.

6.4.1.6. Asimetrías musculares

Finalmente, con relación al perímetro de los muslos, la técnica por nosotros utilizada es indirecta en lo que respecta a la medida de la masa muscular una vez que, como utilizamos una cinta métrica, la medida incluye no solo la masa muscular como también el hueso y la grasa, por ejemplo ⁵¹⁸. Es considerada una técnica con poca reproductibilidad y que no debe sustituir técnicas directas ^{10, 111, 388, 518}. En nuestro ensayo clínico los distintos perímetros obtenidos al nivel de los muslos han sido medidos en 5 zonas diferentes, según la técnica utilizada por Tok et al. ⁴⁰⁴: PSR y 5, 10, 15 y 20 cm arriba del PSR. Es importante destacar que, en el muslo, la hipertrofia y consecuente grado de aumento del perímetro depende de la zona donde se hace la medida. Según Narici et al. ²³⁹, en jóvenes, la zona de 4/10 del fémur es la más susceptible a aumentos (un 18% más) siendo el vasto lateral el que sufre menos hipertrofia (15%) cuando comparado con el recto femoral (21%), el vasto interno (20%) o el crural (18%).

En el inicio del ensayo clínico, las mayores del grupo CTL presentaban casi siempre medidas superiores a las del EXP, aunque siempre inferiores a 1 cm, para los miembros derecho e izquierdo. Ya durante el ensayo clínico y para el miembro inferior derecho, observamos que el grupo EXP ha sufrido incrementos en los perímetros a 20 y 10 cm arriba del PSR y en el propio PSR mientras el CTL sufrió sus incrementos solamente a 10 y 5 cm arriba del PSR. De los distintos resultados obtenidos con la ANOVA MR concluimos que hubo una evolución significativa en el momento de los perímetros 15 y 5 cm y de la interacción entre el grupo y el momento para el PSR. En cuanto al miembro inferior izquierdo, observamos que todos los distintos perímetros del grupo EXP fueron aumentando gradualmente hasta la cuarta evaluación bajando después ligeramente en la evaluación final. Sin embargo, en el grupo CTL, verificamos que 4 de las 5 medidas presentaban, al final del ensayo, perímetros más bajos que al inicio del ensayo. Todas estas diferencias observadas en los dos grupos han sido reducidas y por eso la ANOVA MR no presentó resultados significativos exceptuando en el momento para los dos últimos perímetros (20 y 15 cm) y en la interacción del perímetro de 10 cm arriba del PSR.

En la literatura científica consultada, solamente encontramos un estudio ⁴⁰⁴ que utiliza la NMES en mayores y evalúa los resultados según la aplicación de la perimetría de los muslos. A pesar de eso, destacamos otro estudio ⁴¹⁶ que utiliza la NMES y la perimetría pero en una población de mujeres jóvenes y según otras distancias. Debido a la poca cantidad de investigaciones que utilizan la NMES y perimetría simultáneamente y en mayores lo que, consecuentemente, hace con que haya poca bibliografía para comparar con nuestros resultados, nos parece interesante referir otros tres estudios que utilizan programas de PM y evalúan sus resultados a través de una resonancia magnética para medir el área del cuádriceps ^{74, 106, 147} además de otro ¹¹¹ que lo hace con un ultrasonidos.

Así, en el estudio de Tok et al. ⁴⁰⁴, participaron 40 personas (42-80 años) con gonartrosis que fueron divididas en dos grupos: NMES de baja frecuencia y ejercicios isométricos, realizados todos los días durante 3 semanas. Sin embargo, los dos grupos hacían, entre otras cosas, corrientes interferenciales. Como referimos anteriormente, los perímetros han sido medidos 5, 10, 15 y 20 cm arriba del PSR. Los autores no observaron ningún cambio significativo en los perímetros entre el inicio y el final del ensayo. Tampoco Santos et al. ⁴¹⁶ encontraron diferencias significativas en los perímetros medidos (7, 14, 21 y 30 cm arriba del PSR) en 20 mujeres jóvenes (18-25 años) sedentarias que realizaron un programa domiciliario de NMES bisemanal a lo largo de 2 meses.

En cuanto a los estudios que utilizaron la resonancia magnética ^{74, 106, 147}, en común tienen el hecho de realizaren programas de PM en la población mayor. En la investigación de Tracy et al. ¹⁰⁶ solamente en el miembro que hizo la PM se lograron aumentos significativos de su volumen, sobre todo en la zona central del cuádriceps. Este hecho es corroborado por Cannon et al. ⁷⁴, que observaron un aumento de un 12% del AST en la zona central del muslo de sus mayores. No obstante, Harridge et al. ¹⁴⁷ observaron un cambio significativo alrededor de un 10% en el AST del muslo. Por fin, Häkkinen et al. ¹¹¹ también utilizaron un programa de PM en mayores pero la valoración la hicieron a través de un aparato de ultrasonidos que les ha permitido observar un aumento de casi un 6% del AST de los extensores de la rodilla. Estos resultados son corroborados por Trappe et al. ¹⁶, que en su artículo comentan que son varios los estudios que refieren aumentos del tamaño muscular de un 6%, según programas de PM.

De hecho, todos los incrementos musculares que ocurren consecuencia de un programa de PM asumen porcentajes reducidos y solo pueden ser apreciados correctamente a través de técnicas directas. Sin embargo, pueden ser observados cambios en el perímetro del muslo pero eso no quiere decir que dicho aumento es de la masa muscular exclusivamente. Son varios los autores que afirman que la valoración de la perimetría muscular es una técnica inexacta y poco adecuada ^{10, 111, 388, 518}. Contrariamente a otras técnicas más directas, como la RM o TC, la perimetría no es hábil de identificar exclusivamente cambios de la masa muscular, siendo afectada por otros componentes. A título de ejemplo, Overend et al. ¹⁹⁶ observaron en RM que mayores presentaban un 59% más de tejidos no musculares en el muslo que jóvenes.

6.4.2. Parámetro cardiovascular

Con relación al parámetro cardiovascular, investigamos las variables: FC y FR además de la PAS y PAD. Una vez más volvemos a verificar que no existen diferencias significativas entre los dos grupos al inicio del ensayo clínico siendo, por eso, las muestras homogéneas.

Estas variables que seleccionamos representan las variables cardiovasculares más estudiadas en la literatura, sobre todo la FC y la PA. Consecuentemente, el estudio paralelo de estas variables es lógico ya que varios autores identificaron una correlación directa entre la FC y la PA ²⁷².

A continuación, será abordada, de forma individual, la condición del parámetro cardiovascular al inicio del ensayo clínico, así como su evolución y *follow-up*, con el objetivo de comparar los resultados con los de otros autores en investigaciones de iguales características.

6.4.2.1. Frecuencia cardíaca y respiratoria

El sistema cardiovascular no es inmutable a lo largo de la vida siendo susceptible de cambiar mismo antes de una persona llegar a mayor. Los cambios ocurren tanto en el ritmo cardíaco como en alteraciones morfofuncionales del corazón o de las venas y arterias. De esta forma, y teniendo la capacidad aerobia como ejemplo, cuando uno llega a los 65 años, este sistema ya ha disminuido alrededor de un 30% ^{146, 519}. Se torna importante la preocupación de mantener la población mayor físicamente activa una vez que se conoce que disminuye el número de factores de riesgo de enfermedades cardiovasculares ¹⁵¹.

La FC inicial de nuestra muestra presentaba un promedio de 77,2 y 69,4 ppm, en el grupo CTL y EXP, respectivamente. No obstante, a lo largo del ensayo clínico, observamos cambios más evidentes en el grupo CTL ya que su FC bajó, en media, 4,2 ppm mientras el EXP aumentó imperceptiblemente (+1,2 ppm). A pesar de los dos grupos presentaren direcciones distintas, la ANOVA MR no presenta ningún resultado significativo. No obstante, los datos del *follow-up* evidencian que, 6 meses después del final del ensayo clínico, los dos grupos han disminuido su FC. Así, se concluye que, entre el inicio del ensayo y el *follow-up*, los dos grupos bajaron su FC, el CTL en 7,4 ppm y en EXP en 3,7 ppm, a pesar de no significativamente.

En la literatura científica encontramos investigaciones con muestras de mayores que presentan cifras de FC en reposo parecidas con las de nuestro estudio ^{160, 249, 269, 270}. Todas ellas son de naturaleza experimental y las dividimos entre las que presentan resultados significativos ^{160, 269} y no significativos ^{249, 270}.

El primero, de Maggioni et al. ¹⁶⁰, se basa en la investigación del efecto que 4 protocolos distintos (KT, NMES, KT+NMES, CTL), hechos 3 veces a la semana y a lo largo de 6 semanas, tienen en una muestra de 40 mujeres mayores (≥ 75 años). Los autores observaron que la FC había bajado significativamente (-9 ppm) en el grupo KT y aumentado, de forma no significativa, en el grupo KT+NMES (+3 ppm); los grupos NMES y CTL cambiaron imperceptiblemente (± 1 ppm). En el estudio de Morey et al. ²⁶⁹, participaron 36 mujeres mayores, con una FC media en reposo de 68 ppm, que realizaron un programa de ejercicios

físicos a lo largo de 2 años, y observaron una reducción significativa de un 7% en la FC en reposo (-5 ppm). Parker et al.²⁴⁹, hicieron un estudio basado en un programa de PM de 16 semanas, con 14 mujeres mayores con una FC media en reposo de 64 ppm y, al final, observaron que no se han logrado cambios significativos en la FC en reposo de las mayores. Por fin, en el estudio de Stewart et al.²⁷⁰ se hizo un programa mixto (PM + entrenamiento aerobio) durante 6 meses en 104 mayores (promedio de 64 años), con una FC en reposo de 70 ppm, y observaron que los mayores habían bajado su FC entre 2 y 4 ppm, siendo el grupo que realizó el programa el que más bajó aunque de forma no significativa.

En general, los resultados obtenidos en los ensayos clínicos de los autores citados^{160, 249, 269, 270}, lograron cambios en la FC en reposo inferiores a 10 ppm, es decir, entre 1 y 9 ppm. También en nuestro estudio verificamos, en el *follow-up*, que la FC en reposo ha disminuido en los dos grupos entre 3 y 8 ppm. Sin embargo, verificamos que el grupo CTL ha bajado sus cifras en más del doble que el EXP, es decir, el grupo que hizo RG ha bajado más que el grupo que hizo RG y NMES; algo parecido pasó en el estudio de Maggioni et al.¹⁶⁰. Concluimos que los resultados de los autores citados^{160, 249, 269, 270} están en consonancia con los obtenidos en nuestra investigación.

Según la ACSM¹⁴¹, uno de los resultados más comunes observados al final de programas de ejercicios físicos en mayores es la disminución de la FC en reposo. Este hecho es muy importante una vez que se conoce que este factor es hábil de predecir la mortalidad cardiovascular¹⁶⁰. Sin embargo, Maggioni et al.¹⁶⁰ refieren que la NMES puede no ser un estímulo suficiente para promover un aumento de la *performance* cardiovascular en una población de mujeres mayores.

Hablando ahora de la FR, verificamos que nuestra muestra total presenta un promedio de 17 rpm. Observamos, a lo largo del ensayo clínico, un evidente aumento de la FR pero que no es estadísticamente significativa, estando la variación de la FR siempre por debajo de cifras de 2 rpm. Sin embargo, pasados 6 meses de finalizar el ensayo clínico (*follow-up*), se verifica que la FR del grupo CTL ha estabilizado mientras la del grupo EXP ha sufrido nuevo incremento en sus cifras. Consecuentemente, los dos grupos en estudio se presentan casi al mismo nivel uno del otro. Así, podemos observar que, entre el inicio del ensayo clínico y el *follow-up*, los dos grupos en estudio aumentaron sus cifras de la FR aunque de forma no significativa, siendo el aumento del CTL de 1,6 rpm y del EXP de 0,8 rpm.

En la literatura científica apenas encontramos un estudio que sirve de comparación con lo de nosotros⁵²⁰. Sin embargo, a pesar de su naturaleza transversal, podemos afirmar que presenta cifras de FR, en reposo, similares a las nuestras. Así, verificamos en el estudio de Parreira et al.⁵²⁰, donde participó una muestra de 108 personas de las cuales 38 son mayores (60-80 años), que la FR en reposo es alrededor de 15 rpm. Es importante destacar que hemos tenido dificultad en encontrar estudios experimentales hechos exclusivamente en una población de mujeres mayores, que realizan programas de actividad física o acondicionamiento muscular, y que presenten cifras de la FR en reposo como variable en evaluación. De hecho, no logramos encontrar ningún estudio con características similares a las nuestras.

6.4.2.2. Presión arterial

Con respecto a la PA, la hipertensión es una de las enfermedades más comunes en la población mayor²⁶⁷. Se verifica en la literatura científica que la práctica de actividad física moderada influye positivamente en la PA aunque este efecto esté pendiente del nivel de actividad física a que la persona está acostumbrada^{149, 267, 521}. Curiosamente, aún no se aclaró la cantidad de actividad física necesaria para reducir la hipertensión arterial^{149, 521}. En términos de Salud Pública, la hipertensión arterial es una de las enfermedades más serias en los países desarrollados⁵²². Son varios los factores que influyen en el surgimiento de la hipertensión arterial como la edad, composición corporal y FC, por ejemplo⁵²². Sin embargo, en el caso particular de las mujeres mayores, en que la expansibilidad arterial puede estar comprometida, la literatura disponible no es suficiente para permitir afirmar con seguridad el nivel necesario de actividad física necesario para disminuir sus cifras¹⁶⁰.

La PA de nuestra muestra, al inicio del ensayo clínico, presentaba un promedio de 128,9 y 124,3 mmHg para la PAS y de 68,0 y 62,7 mmHg para la PAD, en el grupo CTL y EXP, respectivamente. Esto revela que los dos grupos presentan una PAS normal y PAD normal baja, aunque la PA del CTL sea ligeramente más elevada. Cuando observamos la evolución de la PA, a lo largo del ensayo clínico, verificamos dos direcciones distintas para cada componente, es decir, hay una disminución de la PAS y un incremento de la PAD. Así, en la PAS, el CTL bajó 9 mmHg y el EXP 6 mmHg; en la PAD, el CTL aumentó 1,4 mmHg y el EXP 5,6 mmHg. En el *follow-up* verificamos que los dos grupos aumentan ligeramente las cifras sistólicas pero no de manera a alcanzar las iniciales; mientras en la PAD el EXP continúa a aumentar y el CTL baja un poco.

Encontramos en la literatura científica estudios con muestras de mayores que presentan cifras de PA en reposo parecidas con las de nuestra investigación^{149, 160, 249, 267, 270}. El estudio de Kostić et al.¹⁴⁹ es el único de carácter transversal, siendo los demás experimentales^{160, 249, 267, 270}, de los cuales dividimos en los que tienen una muestra solo de mujeres^{160, 249} o de ambos los géneros^{267, 270}.

Asimismo, en el estudio de Kostić et al.¹⁴⁹, participaron 120 mayores con cifras iniciales medias de PA, en reposo, de 135/88 mmHg. Ya en el estudio de Maggioni et al.¹⁶⁰, donde se hicieron 4 protocolos distintos (KT, NMES, KT+NMES, CTL), 3 veces a la semana durante 6 semanas, con una muestra de 40 mujeres mayores con PA inicial media en reposo de 130/77 mmHg. Al final del ensayo averiguamos que la PA en reposo casi no cambió, ya que la diferencia en cada uno de los grupos experimentales es alrededor de ± 1 mmHg, tanto para la PAS como PAD. Curiosamente, en el grupo CTL, se observó que las mayores bajaron sus cifras de PA en 3 (PAS) y 4 (PAD) mmHg. Ya en el estudio de Parker et al.²⁴⁹, según un programa de PM de 16 semanas, con participación de 14 mujeres mayores con una PA media en reposo de 132/64 mmHg, se verificó que al final la PA había bajado -3/-2 mmHg pero de forma no significativa. Por su lado, Barroso et al.²⁶⁷, realizaron un ensayo clínico con 45 mayores con PA inicial media en reposo superior a 140/80 mmHg, que hicieron un programa de actividad física con una frecuencia de 3 veces/semana y duración de 6 meses. Al final, fue observada, en el grupo EXP, una reducción de la PAS (-3 mmHg) y

ligero aumento de la PAD (+1 mmHg); por su lado, en el grupo CTL, hubo un aumento significativo de las cifras de PA (+9/+5 mmHg). Por fin, en el estudio de Stewart et al.²⁷⁰, donde se hizo un programa de PM y entrenamiento aerobio durante 6 meses en 104 mayores, con cifras de PA inicial en reposo de 140/76 mmHg, se verificó que las del grupo EXP habían bajado sus cifras en -7,2/-3,0 mmHg mientras el CTL las bajó de forma más ligera en -4,7/-0,2 mmHg. Destacamos que solamente las cifras diastólicas fueron significativas.

Con relación a los resultados obtenidos en los estudios previamente citados^{149, 160, 249, 270}, verificamos que, inicialmente, presentan cifras de PA dentro del rango normal, según la OMS⁴²⁰ pero considerados como pre-hipertensos por la JNC⁴²¹, exceptuando el estudio de Barroso et al.²⁶⁷ donde son considerados ya como hipertensos. También las cifras obtenidas en nuestro ensayo muestran cifras normales pero ligeramente inferiores a las de los autores citados^{149, 160, 249, 267, 270}. Así, se verifica que nuestras cifras iniciales de PA están en consonancia con la literatura consultada. En cuanto a la evolución de estas cifras después del ensayo clínico, verificamos que los estudios de Maggioni et al.¹⁶⁰, Parker et al.²⁴⁹ y Stewart et al.²⁷⁰ muestran una reducción de sus cifras, tanto PAS como PAD, de entre 2 y 7 mmHg. En nuestro estudio esta reducción ha sido entre 6 y 9 mmHg pero solamente para la PAS ya que la PAD aumentó entre 1 y 5 mmHg. Así, la reducción de las cifras de PAS coinciden con los estudios^{160, 249, 270} al paso que la evolución de las cifras de PAD solo coinciden con el estudio de Barroso et al.²⁶⁷ una vez han sufrido un ligero incremento contrariamente a las restantes investigaciones^{160, 249, 270}.

Para la ACSM¹⁴¹, uno efecto observable al final de programas de ejercicios físicos en mayores es un ligero aumento de la PA durante actividades submáximas.

Finalmente, queremos destacar que, inicialmente, una mayor del grupo CTL presentó cifras de 160 mmHg de PAS. Sin embargo, la mayor comentó nunca haber tenido cifras de hipertensión o siquiera la necesidad de estar medicada con antihipertensivos. De hecho, cuando hizo su revisión anual del programa de RG, todo estaba normal. Así, decidimos considerarla apta a participar en el estudio. En caso de personas ansiosas o nerviosas, o que se encuentren en una situación de tensión o estrés, como el efecto de bata blanca, por ejemplo, puede ocurrir momentáneamente un incremento de las cifras de PA hasta niveles que pueden alcanzar la hipertensión^{423, 424}.

6.4.3. Parámetro del equilibrio y flexibilidad

En cuanto al parámetro del equilibrio y flexibilidad, hemos investigado las variables: *Sit&Up* y *Sit&Reach*. También en este parámetro verificamos que no existen diferencias significativas entre los dos grupos al inicio del ensayo clínico, es decir, los grupos son homogéneos.

Es importante referir que estas dos pruebas son referidas muy a menudo en la literatura científica pero, curiosamente, existen diversas variantes de cada una de ellas. Así, cuando un estudio identifica los resultados finales de la prueba *Sit&Reach*, es importante averiguar las características del banco de *Wells*

utilizado, una vez que los hay con distintas graduaciones. Lo mismo pasa en la prueba *Sit&Up* ya que hay dos formas de valorarla: por tiempo o número de elevaciones.

A continuación, será abordada, de forma individual, las dos pruebas que constituyen el parámetro del equilibrio y flexibilidad, en los tres grandes bloques definidos en el estudio: inicio del ensayo clínico, evolución del ensayo clínico y *follow-up*.

6.4.3.1. Equilibrio

La realización de la prueba *Sit&Up* está directamente pendiente del acondicionamiento muscular del cuádriceps ya que es esencial en la contribución de la estabilidad dinámica necesaria para realizar actividades como, por ejemplo, levantarse de una silla, tarea fundamental en las AVD ⁴²⁸. Sin embargo, para completar este sencillo movimiento de gran complejidad es necesaria una perfecta coordinación entre el SNC y el sistema neuromuscular. Así, el cuádriceps contribuye para la seguridad y consecuente prevención de caídas durante las AVD, sobre todo de personas mayores, debido al fuerte componente de equilibrio que proporciona al miembro inferior ^{404, 425, 428, 523}. De esta forma, el *Sit&Up* es considerado un indicador válido y fiable del nivel de fuerza muscular de los miembros inferiores en la población mayor ⁴²⁹ además de ayudar a prever un futuro estado de debilidad ⁴³⁰. En la vejez, es cada vez más complicado levantarse de una silla, tornando el mayor más débil ^{425, 513}. Asimismo, se torna esencial investigar los factores biomecánicos necesarios para realizar la prueba *Sit&Up* ⁵¹³.

Inicialmente, en la prueba *Sit&Up*, nuestras mayores presentan un promedio de 14,6 y 13,1 elevaciones, para el CTL y EXP, respectivamente. Esto significa que las mayores del grupo CTL se levantaban, en media, 1,5 más veces que las del EXP, en 30 s. A lo largo del ensayo clínico, fueron verificados cambios en estas cifras, es decir, el CTL aumentó, en media, en 1,6 elevaciones mientras el EXP aumentó en 2,2 elevaciones (+16,6%). Se verifica la existencia de alteraciones significativas en el ECA. Con relación a los datos del *follow-up* revelan que, 6 meses después del final del ensayo clínico, los dos grupos bajan un poco sus cifras pero muy ligeramente. No obstante, cuando comparamos el inicio del ensayo con las cifras del *follow-up*, verificamos que hay una relación significativa entre el momento para la muestra total y para el grupo EXP aisladamente.

En la literatura científica obtuvimos diversos estudios con muestras de mayores que utilizan la prueba *Sit&Up* ^{149, 151, 214, 265, 268, 271, 426, 432}. De estos, el de Kostić et al. ¹⁴⁹ es el único de carácter transversal, siendo los demás experimentales ^{151, 214, 265, 268, 271, 426, 432}. Así, Kostić et al. ¹⁴⁹ observaron que 120 mayores de 65 a 70 años, de ambos los géneros, presentaban cifras medias de la prueba *Sit&Up* alrededor de 17 elevaciones, que variaban de un mínimo de 12 hacia un máximo de 22 elevaciones.

En cuanto a los estudios de carácter experimental, Nakamura et al. ¹⁵¹, con la participación de 45 mujeres mayores, con cifras medias iniciales de 16 elevaciones, al final de 12 semanas de RG, con distintas frecuencias semanales, observaron que solamente el grupo que hizo el programa 3 veces a la semana tuvo

un aumento ligero de sus cifras (+0,7 elevaciones/30 s) pero de forma significativa. Para Sullivan et al.²¹⁴, en un estudio con un programa de fortalecimiento muscular de 10 semanas, en 19 mayores con un promedio de 82 años, se verificó que, al final del programa, 15 mayores (79%) habían mejorado su *performance* en el *Sit&Up*. En el estudio de Carvalho et al.²⁶⁵, con participación de 57 mujeres mayores que hicieron RG bisemanalmente durante 8 meses, fueron observados cambios significativos de un 27% en la prueba *Sit&Up* al final del programa pero que después de 3 meses de desentrenamiento han sido perdidos. El estudio de Cao et al.²⁶⁸, hecho en una muestra de 20 mujeres mayores de 65 a 79 años, con cifras medias iniciales de *Sit&Up* de 14,8 elevaciones, que realizaron RG con una frecuencia bisemanal durante 12 semanas, se verificó un aumento significativo de 2,0 elevaciones. Ya en el estudio de Hallage et al.²⁷¹, con participación de 13 mujeres mayores, con cifras medias iniciales de 13,8 elevaciones, en un programa de ejercicios aerobios, fueron observados, después de las 12 semanas del programa, que las mayores habían aumentado, en media y de forma significativa, en 3,1 elevaciones. Sin embargo, después de 1 mes de desentrenamiento, estas cifras bajaron en 1,6 elevaciones. Ya DiBrezza et al.⁴²⁶, investigaron el efecto que 10 semanas de un programa de fortalecimiento muscular y equilibrio tiene, en una muestra de 16 mayores con un promedio de 75 años, en la prueba *Sit&Up* y observaron un incremento alrededor de un 20%. Por fin, Alves et al.⁴³², según la aplicación de un programa de ejercicios acuáticos, con una frecuencia bisemanal a lo largo de 3 meses, en una muestra de 74 mujeres mayores (promedio de 78 años), que presentaban cifras medias iniciales de 8,7 elevaciones, verificaron que al final del ensayo hubo un aumento significativo para 14,9 elevaciones (71,2%), es decir, las mayores hicieron 6,2 elevaciones más.

Comparando ahora los resultados obtenidos en los estudios anteriores^{149, 151, 268, 271} con nuestros resultados, observamos que los autores Hallage et al.²⁷¹ y Cao et al.²⁶⁸ son los que presentan cifras iniciales idénticas a las de nosotros. Verificamos también que los estudios de Kostić et al.¹⁴⁹ y Nakamura et al.¹⁵¹ presentan, al inicio del ensayo clínico, cifras más elevadas que las que nosotros obtuvimos en el final del ensayo. El hecho que puede justificar las cifras más elevadas de estos dos autores se puede explicar teniendo por base la edad de la muestra. Así, las mayores del estudio de Kostić et al.¹⁴⁹ tienen entre 65 y 70 años mientras las del estudio de Nakamura et al.¹⁵¹ presentan un promedio de 68 años. De esta forma verificamos que las mayores de estas dos muestras son más “jóvenes” que nuestras mayores, lo que puede haber influenciado los resultados. No obstante, en el estudio de Cao et al.²⁶⁸ se verifica que las mayores son de una franja etaria similar a la nuestra (65 a 79 años).

Con relación a los resultados finales de los ensayos clínicos citados^{151, 214, 265, 268, 271, 432} nos enteramos que todos ellos han logrado aumentar el número de elevaciones en 30 s. En cuanto a la mirada del porcentaje de los incrementos, verificamos que el estudio que tuvo mayor aumento fue el de Alves et al.⁴³² (71,2%), seguido por los de Carvalho et al.²⁶⁵ (27,3%), de Hallage et al.²⁷¹ (22,4%), Cao et al.²⁶⁸ (13,5%) y Nakamura et al.¹⁵¹ (4,0%). Por fin, el de Sullivan et al.²¹⁴, no muestra porcentajes de ganancias y sí de los que han mejorado, o sea, 15 de los 19 (79%) mayores investigados. En nuestro estudio observamos un aumento de las cifras de los dos grupos aunque el EXP haya

tenido un porcentaje más elevado (16,6% vs 10,9%). Si comparamos las ganancias de las mayores de nuestro grupo CTL, que solo realizó la RG, con los resultados de los autores que también utilizaron programas de RG^{151, 265, 268} verificamos que logramos porcentajes más elevados que los de Nakamura et al.¹⁵¹ (4,0%), estuvimos cerca de los de Cao et al.²⁶⁸ (13,5%) y tenemos casi tres veces menos que Carvalho et al.²⁶⁵ (27%). Sin embargo, nuestro grupo EXP ya ha logrado superar el estudio de Cao et al.²⁶⁸ con nuestros 16,6%. Una vez que Cao et al.²⁶⁸ tenían una muestra de mujeres mayores de la misma franja etaria que nosotros y con características antropométricas también similares verificamos que, mismo con un tiempo de duración del ensayo (12 semanas) superior a lo de nosotros, la aplicación de la NMES ha sido probablemente la responsable por haberse tenido porcentajes de ganancias más elevados. Curiosamente, Schlicht et al.⁴⁹⁷, en una muestra de 24 mayores con un promedio de 72 años, en que un grupo realizaba un programa de fortalecimiento muscular (3 veces/semana durante 8 semanas) y otro servía de control, no han logrado resultados con diferencias significativas entre los dos grupos en el *Sit&Up* aunque hayan tenido un aumento significativo de la fuerza muscular del grupo EXP. Los autores⁴⁹⁷ concluyeron que el programa utilizado por sí solo no parece ser suficiente para permitir un aumento de la *performance* en la prueba *Sit&Up*. De hecho, Talbot et al.²⁸⁶ en un estudio donde se hizo solamente un programa domiciliario de NMES, con una frecuencia de 3 veces a la semana a lo largo de 12 semanas, aplicado en el cuádriceps de una muestra de 34 personas mayores, permitió observar un aumento de la fuerza isométrica de extensión (120°) de más de un 9% y, consecuentemente, los mayores necesitaban un 11% menos de tiempo para levantarse de una silla. Se conoce que, con el fortalecimiento del cuádriceps, la *performance* de la rodilla es mejorada y eso se traduce en un menor tiempo para levantarse⁴²⁸. Por fin, los resultados obtenidos por Alves et al.⁴³², los que lograron incrementos más sustanciales (71,2%), pudo deberse al hecho de los autores seleccionaren para su muestra solamente mujeres mayores sedentarias sin cualquier práctica de actividad física en el último año.

Es importante abordar un poco el tema del desentrenamiento, ya que dos estudios^{265, 271} han investigado su impacto en esta variable. El primero, Carvalho et al.²⁶⁵, reporta que todas las ganancias consecuencia del programa de RG se han perdido al final de 3 meses de desentrenamiento. El otro estudio, Hallage et al.²⁷¹, hubo ganancias que se traducen en 3,1 elevaciones más al final que al inicio sin embargo, después de un periodo de desentrenamiento de 1 mes, estas cifras bajaron en 1,6 elevaciones. En cuanto a nuestro estudio se verificó que, después de 6 meses de desentrenamiento, hubo una reducción de un 5% en el *Sit&Up* del grupo CTL mientras que el EXP ha mantenido sus ganancias aportadas con el programa de RG y NMES. Creemos que este mantenimiento de las cifras del grupo EXP es consecuencia de la aplicación de la NMES. Así, nos enteramos de la importancia que la corriente de baja frecuencia utilizada tiene en el aumento y posterior preservación de las ganancias de las mujeres mayores. Desafortunadamente, no podemos comparar nuestros resultados con los de otros autores una vez que no hemos encontrado ningún estudio en mujeres mayores que aplique la NMES y las evalué los resultados con la prueba *Sit&Up*.

Finalmente, nos parece pertinente aclarar que, cuando se investiga la prueba *Sit&Up*, es importante identificar dos aspectos: el método de valoración y las medidas de la silla utilizada. Con relación al método de valoración de la prueba, diversos autores la utilizan pero con pequeñas variantes⁴³⁰, como por ejemplo: cronometrar el tiempo que la persona tarda en levantarse una sola vez, con¹⁷⁴ o sin⁵²⁴ apoyo de brazos, o en levantarse 3⁵²⁵, 5^{136, 144, 430, 434, 497} o 10⁴³³ veces. No obstante, aún no hay un consenso en cuanto a la puntuación o cronometraje que sirve para identificar o no la presencia de discapacidad. Ya con respecto a la altura de la silla, se conoce que es susceptible de cambiar el resultado final de la prueba una vez que la población mayor presenta más dificultad en levantarse de sillas bajas que altas^{430, 431, 523, 526, 527}. Destacamos que la silla por nosotros utilizada tenía las medidas recomendadas, entre las más importantes, la distancia entre el suelo y el acento (aproximadamente 44 cm)^{35, 149, 174, 430, 431, 433, 434}, y estaba arrimada contra la pared para prevenir cualquier movimiento. Otro punto que también es susceptible de influenciar el resultado de la prueba es la utilización de los brazos de la silla para ayudar a levantar⁵²³. En nuestra investigación no nos parece que la altura de la silla pueda haber influenciado la prestación de unas mayores en detrimento de otras. Nos basamos en el hecho de haberse tenido el cuidado de seleccionar, en los criterios de inclusión, un rango bien definido con relación a la talla de las mayores, de forma a agrupar en la muestra personas con características muy similares. Además, utilizamos una silla con las medidas propuestas por los creadores de la prueba⁴³³ y que están en concordancia con la bibliografía consultada. En cuanto al apoyo de los brazos en la silla, no lo hemos permitido en la realización de la prueba una vez que la literatura no lo aconseja y eso imposibilitaría la posterior comparación de nuestros resultados con los estudios investigados.

6.4.3.2. Flexibilidad

La prueba *Sit&Reach* permite valorar el nivel de flexibilidad del tronco y miembros inferiores que es menor en mayores que en jóvenes ya que éstos presentan una extensibilidad de los hamstrings superior^{528, 529}. La extensibilidad de los tendones, ligamentos y capsulas articulares disminuye con la edad debido a la reducción del colágeno que puede provocar una disminución de hasta 8 a 10 cm de flexibilidad de la zona lumbar y cadera, según la prueba *Sit&Reach*⁵³⁰. A pesar de la prueba ser un instrumento viable, la información que obtiene es limitada en cuanto a la flexibilidad de otras articulaciones⁵²⁹.

En el inicio del ensayo clínico, la prueba *Sit&Reach* presenta, en nuestras mayores, un promedio de 17,6 y 17,5 cm, para el CTL y EXP, respectivamente. Asimismo, la diferencia entre los grupos es prácticamente inexistente. Sin embargo, al final del ensayo clínico, observamos que el CTL aumentó, en media, 0,5 cm (+2,8%) mientras el EXP aumentó casi el triple (1,4 cm; +8,0%). Debido a estos cambios, verificamos la existencia de una diferencia significativa en el factor momento pero no en el grupo o en la interacción grupo/momento de la prueba ANOVA MR. Con relación a los datos del *follow-up* verificamos que, 6 meses después del final del ensayo clínico, el grupo CTL baja sus resultados para cifras inferiores a las que tenía en el inicio del ensayo (16,9 cm) mientras el EXP

continuó aumentando, presentando ganancias de 0,8 cm. Así, se verifica una relación significativa en la ANOVA MR para la interacción grupo/momento.

En la literatura científica fueron obtenidos estudios con muestras de mujeres mayores que utilizan la prueba *Sit&Reach* ^{20, 231, 265, 266, 268, 271, 272, 395, 432, 531}. Dichos estudios, son todos de carácter experimental por lo que los hemos dividido en 3 bloques distintos: los que presentan resultados en centímetros ^{20, 268, 271, 272, 432}, los que presentan los resultados en porcentajes ^{231, 265, 395, 531} y los que presentan los resultados sin cifras objetivas ²⁶⁶.

En el estudio de Rebelatto et al. ²⁰, que investigó la efectividad de un programa de RG en una muestra de 32 mujeres mayores (60-80 años) de la misma población diana de nuestro estudio, a lo largo de 2 años, con cifras medias iniciales y finales de 16 cm, o sea, no han observado cambios significativos derivados de la aplicación del programa. Curiosamente, los autores observaron que la cifra final del primer año bajó en el periodo de desentrenamiento que ocurrió entre cada año del programa para luego después recuperar al final del segundo año del programa. Cao et al. ²⁶⁸, según la utilización de un programa de RG de 12 semanas en una muestra de 20 mujeres mayores con cifras medias iniciales del *Sit&Reach* de 0,3 cm, es decir, las mayores lograron pasar los dedos de los pies en 0,3 cm, no fue observado cualquier cambio en estas cifras al final del programa. Ya Hallage et al. ²⁷¹ investigaron la efectividad de un programa de ejercicios aerobios, a lo largo de 12 semanas, en una muestra de 13 mujeres mayores con cifras medias iniciales que muestran que quedaban a 5,1 cm de los dedos de los pies y que al final del programa solo quedaban a 1,2 cm, o sea, un incremento de 75,7%. Curiosamente, después de 1 mes de desentrenamiento las mayores quedaban a 4,1 cm de los dedos de los pies. Con respecto al estudio de Baroni & Calvo ²⁷², que realizaron un programa de RG de 22 semanas con una frecuencia bisemanal en una muestra de 60 mujeres mayores, con promedio de 69 (CTL) y 71 (EXP) años, se observó que al inicio del programa las mayores presentaban cifras de la prueba *Sit&Reach* de 21,6 (CTL) y 24,6 (EXP) cm. Dichas cifras no cambiaron significativamente al final del programa pero, el EXP, llegó a 26,4 cm (+7,3%) y el CTL a 22,0 cm (+1,9%). En el estudio de Alves et al. ⁴³² se realizó un programa de ejercicios acuáticos (bisemanal), a lo largo de 3 meses, con una muestra de 74 mujeres mayores (promedio de 78 años), con cifras medias iniciales que evidencian que las mayores quedaban, en media, a 5,6 cm de los dedos de los pies y que al final del programa llegaban mismo a ultrapasar los 5,2 cm, de forma estadísticamente significativa. En cuanto a Tsourlou et al. ²³¹, a través de un programa acuático de condicionamiento aerobio y muscular de 24 semanas, realizado 3 veces/semana por 1 hora en una muestra de 22 mujeres mayores (más de 60 años), verificaron al final del programa un aumento significativo (11,6%) en la prueba *Sit&Reach* de las mayores del grupo EXP. En el estudio de Carvalho et al. ²⁶⁵, donde participaron 57 mujeres mayores en un programa de RG bisemanal a lo largo de 8 meses, se observaron cambios significativos de un 17% al final del programa pero que después de 3 meses de desentrenamiento han sido perdidos. Ya en el estudio de Barbosa et al. ³⁹⁵, que investigaron la efectividad que un programa de PM de 10 semanas tiene en una muestra de 11 mujeres mayores (62-78 años), verificaron que, al final, ocurrió un incremento significativo de la flexibilidad (13%) de las mayores del grupo EXP

mientras las del CTL no tuvieron cualquier cambio. En el estudio de Rider & Daly⁵³¹, según la utilización de un programa de flexibilidad de 22 semanas a una frecuencia de 3 veces a la semana, en una muestra de 20 mujeres mayores (promedio de 72 años), fueron observados cambios significativos de un 25% al final del programa. Por fin, en el estudio de Ourania et al.²⁶⁶ participaron 55 mujeres mayores (60-75 años) en un programa de 12 semanas de ejercicios físicos de 1 hora con una frecuencia de una, dos o tres veces a la semana, dependiendo del grupo EXP en cuestión. Fueron observados cambios significativos entre los grupos, siendo que el de 3 veces/semana tuvo los mejores resultados.

Destacamos que esta prueba también puede ser realizada sin que sea utilizado un banco. En este caso, se utiliza una cinta métrica para, en las mismas condiciones de ejecución de la prueba *Sit&Reach*, se pueda medir la distancia existente entre los dedos de las manos y de los pies, siendo el resultado negativo cuando los dedos de las manos no llegan a los de los pies y positivo cuando los ultrapasan^{268, 271, 432}. Como explicado anteriormente, no existe una referencia universalmente aceptada en cuanto a la valoración de la prueba *Sit&Reach*, o porque son utilizados bancos de *Wells* con distintas escalas de medición^{272, 532, 533} o porque no son usados bancos de *Wells* para hacer la valoración de la prueba^{268, 271, 432}. El banco por nosotros utilizado presenta 55 cm de largura, debidamente identificados, y llegar a la marca de los dedos de los pies corresponde a la medida de 15 cm²⁰. No obstante, distintos bancos presentan distintas medidas que corresponden al punto donde se encuentran los dedos de los pies, de las cuales destacamos 23^{532, 533} y 26²⁷² cm, por ejemplo. Así, para facilitar y homogeneizar los resultados alcanzados por cada estudio citado, haremos referencia solamente a la distancia a que quedan de los dedos de los pies, como lo hicieron Hallage et al.²⁷¹, Alves et al.⁴³² y Cao et al.²⁶⁸; además de hacer referencia a valores porcentuales. Así, comparando ahora los resultados iniciales obtenidos en las investigaciones de los autores citados con nuestros resultados, observamos que nuestras mayores son las que presentan inicialmente las mejores cifras de flexibilidad, o sea, presentan un promedio de +2,5 cm mientras los demás autores presentan: -5,6 cm⁴³², -5,1 cm²⁷¹, -4,4/-1,4 cm²⁷², +0,3 cm²⁶⁸ y +1,0 cm²⁰. Así, nuestros resultados son parecidos a los de Rebelatto et al.²⁰ y Cao et al.²⁶⁸. En cuanto a los restantes autores citados, no podemos comparar con nuestros resultados una vez que ellos no han identificado cifras iniciales objetivas y sí porcentajes de ganancias en el final del ensayo, imposibilitando cualquiera comparación inicial.

Sin embargo, en cuanto a los resultados del final del programa, hemos obtenido en nuestro ensayo un aumento de 1,4 cm (+8%) para el EXP, o sea, un resultado final de +3,9 cm mientras el CTL aumentó 0,5 cm (+2,8%), o sea, +3,1 cm. Nos parece pertinente destacar los estudios de Rebelatto et al.²⁰ y de Baroni & Calvo²⁷², ya que son los que mejor se asemejan a lo de nosotros, tanto por la utilización de un programa de RG similar como de la población en estudio. El primero²⁰, llegó mismo a utilizar una muestra de la misma población diana y, a pesar de presentar cifras iniciales similares a las nuestras, al final de su ensayo de 2 años, no lograron ningún cambio en las cifras del *Sit&Reach*. Sin embargo, el segundo²⁷², logró un incremento de un 7,3%, superior a lo de nuestro grupo CTL (2,8%) que también hizo solamente la RG. Este hecho nos parece interesante por

dos motivos: primero, el programa de RG utilizado por Rebelatto et al.²⁰ se puede considerar como siendo una versión inicial del programa utilizado por nosotros y por Baroni & Calvo²⁷². En ese estudio, los autores²⁰ concluyeron que los datos finales incitaban a una necesidad de reprogramación de los ejercicios del programa con el objetivo de mejorar la flexibilidad. Quizás debido a este hecho el programa de RG utilizado en el estudio de Baroni & Calvo²⁷² ya ha sufrido dicha reprogramación y, consecuentemente, los datos evidencian ahora ganancias superiores a un 7%. Sin embargo, las mayores de nuestro grupo CTL solo tuvieron ganancias de un 2,8% a pesar de haber realizado un programa similar al de Baroni & Calvo²⁷². Esta diferencia pudo ser consecuencia de dos criterios de su ensayo: primero, no haber un criterio de inclusión que permita incluir en la muestra solamente mujeres activas, es decir, como ha sido la primera vez que se realizó dicho programa en la ciudad de Braga (Portugal) probablemente las participantes venían de una vida sedentaria, siendo por eso más susceptibles a los beneficios del ejercicio físico; segundo, incluyan mujeres de edades bastante inferiores a las de nosotros, ya que tenían un rango que empezaba a los 45 años de edad y, estas mujeres no mayores, pueden haber sido las responsables por las ganancias mientras las mayores solo han mantenido o incluso bajado sus cifras iniciales. El segundo motivo se refiere a la eficacia de la NMES, es decir, explicamos el motivo por que las cifras del estudio de Baroni & Calvo²⁷² han sido superiores a las de nuestro grupo CTL pero no del EXP. De esta forma, nuestro grupo EXP aumentó su resultado en un 8% a pesar de presentar características experimentales iguales a las del grupo CTL. Consecuentemente, podemos deducir que los 5,2 puntos porcentuales que el EXP logró con relación al CTL son de la exclusiva responsabilidad de la aplicación de la NMES.

Comparando ahora nuestros porcentajes de ganancias en la prueba *Sit&Reach* con los referenciados por los otros autores^{231, 265, 271, 395, 432, 531}, verificamos que hemos tenido siempre porcentajes inferiores. En algunos casos nos hemos acercado (<13%)^{231, 395} y en otros estamos increíblemente lejos (>75%)^{271, 432}. Con relación a estos dos últimos, verificamos que tanto el de Hallage et al.²⁷¹ cómo de Alves et al.⁴³² tenían como criterio de inclusión mujeres mayores sedentarias que no realizaron ejercicio físico regular en los últimos 12 meses; además, el promedio de la edad de la muestra del estudio de Hallage et al.²⁷¹ era de 63 años, o sea, eran 10 años más “jóvenes” que las nuestras. Creemos que, tal como en el estudio de Baroni & Calvo²⁷², estos dos motivos han sido los principales responsables por la diferencia en los resultados obtenidos.

También con relación a esta variable nos parece pertinente abordar el tema del desentrenamiento, ya que ha sido reportado en tres estudios^{20, 265, 271}. Así, las mayores de la muestra del estudio de Hallage et al.²⁷¹, ganaron 3,9 cm de flexibilidad al final de 12 semanas de un programa de ejercicios aerobios pero solo necesitaron de un periodo de 1 mes de desentrenamiento para perder 2,9 cm. Lo mismo pasó pero con cifras más reducidas, en el estudio de Rebelatto et al.²⁰, ya que después de 18 semanas de desentrenamiento, las mayores perdieron 1 cm en la prueba *Sit&Reach*. Por fin, Carvalho et al.²⁶⁵, comentaron que después de 3 meses de desentrenamiento se habían perdido las ganancias obtenidas pero no identificaron el porcentaje exacto. En nuestro estudio, verificamos que las

mayores del grupo CTL, que solo realizaron RG, perdieron 0,8 cm (-4,5%) entre el final del ensayo clínico y el *follow-up*. Aclaramos en estos resultados los peligros del desentrenamiento o sedentarismo en la población mayor. Sin embargo, es importante referir que el grupo EXP de nuestro estudio, que hizo RG y NMES, ha logrado aumentar sus cifras de flexibilidad en 0,8 cm (+4,2%). Este hecho no lo hemos observado en ningún otro estudio citado. No obstante, no hemos encontrado ningún estudio que aplique corrientes de NMES en mujeres mayores y las evalúe con la prueba *Sit&Reach*. Así, nos enteramos de la importancia que la corriente de baja frecuencia utilizada tiene en el aumento y posterior preservación de la flexibilidad de las mujeres mayores.

6.4.4. Parámetro de la fuerza isocinética

Con relación al parámetro de la fuerza muscular de la rodilla, la valoramos según el examen de 4 variables, o sea, el torque máximo, el torque medio, la potencia máxima y el porcentaje de flexión/extensión, obtenidos por intermedio de la evaluación isocinética concéntrica a las velocidades angulares de 60 y 120°/s. Para una mejor organización, examinaremos cada una según la división entre los dos movimientos evaluados, es decir, la extensión y la flexión. Así, en cada variable examinaremos los dos movimientos, los dos miembros inferiores y las dos velocidades angulares. No obstante, en común todos tienen el hecho de no presentaren diferencias significativas entre el grupo CTL y EXP al inicio del ensayo clínico haciendo con que los grupos sean homogéneos.

6.4.4.1. Torque máximo y medio

Al inicio del ensayo clínico, el torque máximo y medio de nuestras mayores presentaba siempre cifras medias de extensión equivalentes a casi el doble de las de flexión, independientemente del miembro o velocidad angular. También verificamos que el promedio a 120°/s es siempre inferior al de 60°/s, independientemente del miembro o movimiento. El estadístico utilizado para examinar la homogeneidad de las dos muestras reveló que, los grupos en estudio, son estadísticamente iguales con relación al torque máximo y medio, para cada miembro, movimiento o velocidad angular.

Con relación a los cambios que han ocurrido a lo largo del ensayo clínico, verificados que, al final, el CTL ha aumentado sus cifras de extensión en un 1,6% a 60°/s y disminuido un 4,5% a 120°/s mientras la flexión sufrió un incremento de un 13,2% a 60°/s y un 3,5% a 120°/s, para el miembro derecho. En cuanto al miembro izquierdo, verificamos en la extensión un aumento de un 0,3% a 60°/s y una reducción a 120°/s de un 1,3% al paso que la flexión sufrió un incremento de un 17,7% a 60°/s y un 10,6% a 120°/s. Por su lado, en el grupo EXP, el miembro derecho aumentó su torque máximo en un 7,7% a 60°/s y un 5,4% a 120°/s, para la extensión, y un 13,3% a 60°/s y un 17,7% a 120°/s, para la flexión. En cuanto al miembro izquierdo, aumentó un 3,8% a 60°/s y un 3,7% a 120°/s, para la extensión, y un 10,3% a 60°/s y un 17,1% a 120°/s, para la flexión. Destacamos que cambios similares han sido observados al nivel del torque medio. Los estadísticos utilizados revelan que la evolución del torque máximo y medio de la flexión, a lo largo del ensayo clínico, ha sido la que logró más incrementos

significativos, o sea, 13 en total donde 7 respectan el miembro derecho. Por su lado, la extensión solo logró 5 donde apenas uno ha sido en el derecho (tablas 26, 27, 29 y 30 del anexo IV).

En cuanto a los datos del *follow-up*, se verifica que, 6 meses después del final del ensayo clínico, el grupo CTL ha bajado mayoritariamente sus cifras de extensión, para los dos miembros y velocidades angulares y las de flexión del izquierdo pero aumentado las de flexión del derecho. Por otro lado, el EXP ha mantenido sus cifras de extensión y aumentado las de flexión en el miembro derecho mientras las del izquierdo han bajado siempre, para los dos movimientos y velocidades angulares. Una vez más, los estadísticos muestran que, en el *follow-up*, el torque máximo y medio de la flexión ha vuelto a ser él que logró más incrementos significativos, o sea, 13 en total donde 9 respectan el miembro derecho. En cuanto a la extensión, se lograron 6 donde solamente 2 han sido en el derecho (tablas 43, 44, 46 y 47 del anexo IV).

En la literatura científica encontramos varios estudios con muestras de mujeres mayores que evalúan la fuerza muscular de las rodillas^{7, 36, 74, 112, 127, 160, 198, 228-230, 285, 289, 308, 388}. De estos, tres son de carácter transversal^{36, 112, 388}, siendo los demás experimentales^{7, 74, 127, 160, 198, 228-230, 285, 289, 308}. De entre los experimentales, los podemos dividir entre los que utilizan NMES^{160, 230, 285, 289, 308} y los que utilizan programas de PM^{7, 74, 127, 198, 228, 229}. Además, nos parece pertinente añadir 7 nuevos estudios^{20, 151, 223, 268, 269, 286, 287} que utilizan o programas de RG^{20, 151, 268, 269} o de NMES en ambos los géneros^{223, 286, 287}. De los primeros, los distinguimos entre los que evalúan la fuerza muscular de prensión de la mano^{20, 151} o de los miembros inferiores en general^{268, 269}.

Los estudios de carácter transversal^{36, 112, 388} nos permiten observar el nivel de fuerza muscular presente en los extensores y flexores de la rodilla para comparar con nuestros resultados iniciales. Así, los autores Aquino et al.³⁶, evaluaron de forma isocinética concéntrica (60°/s) la fuerza muscular de la rodilla de 26 mujeres mayores (75-83 años) y observaron que el torque máximo presentaba cifras medias de 76,9 Nm ($\pm 13,9$) en el movimiento de extensión mientras las de flexión eran de 42,2 Nm ($\pm 15,2$), sin diferencias significativas entre miembro dominante y no dominante. El estudio de Macaluso et al.¹¹², examinó la CVM de la rodilla de un grupo de 10 mujeres mayores (69,5 \pm 2,4 años) y, en media, presentaban 78,7 \pm 13,6 Nm de extensión y 34,6 \pm 8,9 Nm de flexión. En el estudio de Aquino & Garcez-Leme³⁸⁸, participa una muestra de 20 mujeres mayores (promedio de 71,3 años) con futura cirugía de prótesis total de rodilla (PTR) además de 25 mujeres saludables (promedio de 71,3 años). Fue evaluada su fuerza isocinética concéntrica a 60°/s y se obtuvieron valores medios de extensión, en el grupo CTL, de 86,2 \pm 13,9 Nm para el dominante y 87,1 \pm 15,3 Nm para el no dominante y de flexión de 47,1 \pm 8,2 Nm para el dominante y 45,5 \pm 7,7 Nm para el no dominante. Por su lado, el grupo con cirugía marcada presentaba cifras medias de extensión de 64,2 \pm 15,8 Nm para el miembro a operar y 74,6 \pm 18,4 Nm para el no a operar mientras las de flexión son de 37,2 \pm 7,9 Nm para él a operar y 35,3 \pm 9,5 Nm para el no a operar. No fueron encontradas diferencias significativas entre los dos miembros inter-grupo pero sí en los intra-grupos.

Con respecto a los estudios que utilizan la NMES en mujeres mayores, Maggioni et al.¹⁶⁰, en una muestra con 40 mujeres mayores hospitalizadas con promedio de 82 años, aplicaron 4 protocolos distintos: 1) KT, 2) NMES (onda cuadrada bifásica, 35+75+85 Hz, intensidad máxima tolerada), 3) KT+NMES y 4) CTL, realizados 3 veces a la semana durante 6 semanas. Los autores evaluaron la CVM (30 y 60°) y no observaron cambios significativos a 30° en ningún grupo sin embargo, a 60°, observaron que hubo incrementos significativos en los grupos NMES (+26%) y KT+NMES (+16%). En el estudio de Durmuş et al.²³⁰ participaron 50 mujeres mayores (42-74 años) con diagnóstico de gonartrosis, que realizaron un programa de electroterapia de baja frecuencia (onda asimétrica bifásica, 50 Hz, 200 μ s, ciclo de trabajo 1:1 de 10 s) o un programa de ejercicios isométricos, a lo largo de 4 semanas a una frecuencia de 5 días/semana. Inicialmente, las mayores del grupo NMES presentaban, en la 1RM, promedios de 9,3 \pm 0,7 kg para el miembro derecho y 9,0 \pm 0,7 kg para el izquierdo mientras las de los ejercicios tenían 8,9 \pm 0,6 kg en el derecho y 8,5 \pm 0,3 kg en el izquierdo. Sin embargo, al final de las 4 semanas del estudio, sus cifras cambiaron para 12,6 \pm 0,8 kg (+35,5%) en el derecho y 12,3 \pm 0,8 kg (+36,7%) en el izquierdo, en el grupo de la NMES, y para 11,9 \pm 0,6 kg (+33,7%) en el derecho y 12,2 \pm 0,5 kg (+43,5%) en el izquierdo para el otro grupo. Todos estos cambios han sido estadísticamente significativos. En los dos estudios de Paillard et al.^{285, 289}, se pretendió investigar el efecto que 3 programas tienen en la fuerza muscular de la rodilla (CVM a 100° y torque máximo isocinético concéntrico a 60°/s), en 32 mujeres mayores (62-75 años) realizados en 6 semanas a una frecuencia de 4 sesiones/semana. Dichos programas son: 1) subir/bajar 300 escalones (SB), 2) NMES (onda rectangular simétrica bifásica, 20 Hz, 350 μ s, 15 minutos), 3) SB+NMES. Los resultados evidenciaron que todos los programas provocaron incrementos significativos en la fuerza muscular de extensión de la rodilla. Así, el grupo SB tuvo incrementos de 15 y 12 Nm, el NMES aumentó 8 y 13 Nm y el SB+NMES sufrió incrementos de 11 y 18 Nm, a 100° y 60°/s, respectivamente. Por fin, Palmieri-Smith et al.³⁰⁸ investigaron la influencia que una corriente de NMES de media frecuencia, aplicada a lo largo de 4 semanas y con 3 sesiones/semana, tiene en 30 mujeres con señales de artrosis en las rodillas, evaluadas al final del ensayo así como 12 semanas después del final (*follow-up*). Asimismo, no se observaron cambios significativos, en el grupo CTL o EXP, en lo que respecta a la CVM del cuádriceps, tanto al final del ensayo como en el *follow-up*.

Abordando ahora los estudios que utilizan programas de PM en su ensayo clínico, destacamos los de Häkkinen et al.⁷, Cannon et al.⁷⁴, Laroche et al.¹²⁷, Frontera et al.¹⁹⁸, Taaffe et al.²²⁸ y Holviala et al.²²⁹. Así, en el primero estudio identificado, Häkkinen et al.⁷ utilizaron una muestra constituida por 10 mujeres mayores, con promedio de 64 años, en un programa de PM de 21 semanas de duración de los extensores de la rodilla. Al final del ensayo clínico, los resultados fueron valorados con la 1RM y permitieron constatar que hubo un incremento significativo de la fuerza muscular de los extensores de la rodilla de un 29%, es decir, las mujeres mayores pasaron de 106 \pm 23 kg para 137 \pm 23 kg. Por su lado, en la investigación de Cannon et al.⁷⁴, en su ensayo clínico donde participaron 9 mujeres jóvenes y 8 mayores (64-78 años) que, a una frecuencia de 3 veces/semana y a lo largo de 10 semanas, hicieron un programa de PM de los extensores de la rodilla. Al final, los autores observaron un aumento de la CVM

de un $16\pm 3\%$ y un $18\pm 4\%$, en las mujeres jóvenes y mayores, respectivamente. También Laroche et al.¹²⁷, hicieron una comparación de los resultados de un programa de PM de los extensores de la rodilla, de 8 semanas de duración, entre mujeres jóvenes (N=25, 18-33 años) y mayores (N=24, 65-84 años). En el primero día del programa las mayores presentaban, a la velocidad angular de $45^\circ/\text{s}$, un torque máximo isocinético concéntrico de $65,8\pm 20$ Nm y pasadas 8 semanas aumentaron significativamente para $80,9\pm 19,7$ Nm (+22,9%). Por su lado, el grupo de mujeres jóvenes aumentó significativamente un 22,1%. Frontera et al.¹⁹⁸, en una muestra de 14 mujeres mayores (68-79 años) y 7 mujeres jóvenes (26,6 \pm 2,9 años), aplicaron un programa de PM de 12 semanas con el objetivo de fortalecer el cuádriceps. Inicialmente, las mayores presentaban promedios de extensión isocinética concéntrica de la rodilla entre 69 y 74 ± 15 Nm ($60^\circ/\text{s}$) y, pasadas 12 semanas, el grupo EXP sufrió incrementos significativos (+8,9%) llegando a cifras de 75 ± 10 Nm de torque máximo mientras el grupo CTL bajó ligeramente. Por su lado, Taaffe et al.²²⁸ dividieron una muestra de mujeres mayores (65-79 años) en 3 grupos: CTL, PM ligera (40% 1RM) e intensa (80% 1RM). Al final de 52 semanas se observó que el grupo de elevada intensidad había aumentado significativamente la fuerza muscular de su rodilla un $59,4\pm 7,9\%$ mientras el de intensidad ligera aumentó un $41,5\pm 7,9\%$; el grupo CTL aumentó solamente un $1,3\pm 4,8\%$. Finalmente, Holviala et al.²²⁹, en un estudio con la participación de una muestra de mujeres mayores (N=22, $63,8\pm 3,8$ años), participantes en un programa de PM realizado bisemanalmente en 21 semanas. Al final, se observaron aumentos significativos similares, es decir, alrededor de $28\pm 10\%$ (1RM) y $20\pm 19\%$ (CVM).

En cuanto a los estudios que utilizan programas de RG, destacamos los estudios de Rebelatto et al.²⁰, Nakamura et al.¹⁵¹, Cao et al.²⁶⁸ y Morey et al.²⁶⁹. Así, en el de Morey et al.²⁶⁹, se examinó el impacto que el programa, realizado 3 veces a la semana a lo largo de 2 años, tiene en 36 mayores (65-74 años) y se verificó que no se lograron cambios significativos en la fuerza muscular de los miembros inferiores. Lo mismo fue observado por Rebelatto et al.²⁰, que también realizaron un programa de RG (3 veces/semana) durante 2 años en 32 mujeres mayores (60-80 años) no institucionalizadas y, al final del ensayo clínico, no fueron observados cambios significativos en la fuerza muscular de prensión de la mano. Contrariamente a estos dos autores^{20, 269}, Cao et al.²⁶⁸, observaron cambios significativos en la fuerza muscular de los miembros inferiores, después de realizado un programa bisemanal de 12 semanas dirigido a mejorar la *performance* física y la marcha de 20 mujeres mayores institucionalizadas. Finalmente, Nakamura et al.¹⁵¹, con un programa de ejercicios de 12 semanas, realizado a diferentes frecuencias por mujeres mayores, verificaron un pequeño incremento (1,2%) significativo de la fuerza de prensión de la mano en el grupo que hizo el programa 3 veces a la semana.

Para terminar, con respecto a los que utilizan la NMES en mayores de los dos géneros, en el estudio de Cheing & Hui-Chan²²³, 62 personas con gonartrosis fueron divididos en 4 grupos: EF, NMES, EF+NMES y placebo. El ensayo se hizo a lo largo de 4 semanas con una frecuencia de 5 días/semana. Los autores lograron incrementos significativos de un 26% en el grupo EF+NMES pero, en el grupo NMES, no se han producido incrementos significativos. Ya Suetta et al.²⁸⁷,

dividieron una muestra de 36 mayores (60-86 años), sujetos a una cirugía de sustitución de cadera, en tres grupos: R+PM, R+NMES y R. Al final de las 12 semanas se observó un aumento significativo de un 24% en la CVM del cuádriceps del grupo R+PM mientras el R+NMES solo tuvo un incremento, no significativo, de un 6%. Por fin, Talbot et al.²⁸⁶ dividieron 34 mayores con gonartrosis bilateral en dos grupos: EDU y NMES+EDU. Pasadas 12 semanas el grupo NMES+EDU sufrió un incremento significativo, de la CVM de los extensores de la rodilla, superior a un 9%.

Procediendo ahora a la comparación de los resultados iniciales de la evaluación isocinética de la rodilla de nuestro ensayo clínico con los resultados de estudios similares previamente citados^{36, 112, 198, 388}, observamos que los de Aquino et al.³⁶ y Frontera et al.¹⁹⁸ son los que mejor pueden ser utilizados para comparación. De hecho, sus muestras presentan características similares a la nuestra, es decir, mujeres mayores de la misma franja etaria además de que la valoración de la fuerza muscular de la rodilla se hizo con la evaluación isocinética concéntrica a la velocidad angular de 60°/s. Al inicio del ensayo clínico, nuestras mayores presentaban promedios de extensión de la rodilla comprendidos entre los 75 y 77 Nm mientras las de flexión se situaban entre los 33 y 36 Nm. Los estudios de Aquino et al.³⁶ y Frontera et al.¹⁹⁸ han obtenido cifras iniciales del torque máximo de extensión de 76,9 Nm ($\pm 13,9$) y entre 69 y 74 Nm ($\pm 15,0$), respectivamente. También Macaluso et al.¹¹², presentaron resultados iniciales similares, es decir, de 78,7 Nm ($\pm 13,6$) y Aquino & Garcez-Leme³⁸⁸ obtuvieron, en el miembro que no haría una cirugía de PTR, cifras de extensión iguales a las nuestras; no obstante, si comparamos con sus mayores saludables, nuestras cifras de extensión son, alrededor de 10 Nm, más reducidas. En cuanto a las cifras de flexión verificamos que Aquino et al.³⁶ y las mayores saludables de Aquino & Garcez-Leme³⁸⁸ presentan promedios, alrededor de 10 Nm, superiores. No obstante, las que van hacer una cirugía³⁸⁸ tal como las del estudio de Macaluso et al.¹¹², obtuvieron promedios similares a los nuestros. El hecho de, al inicio del ensayo clínico, se haber observado que el torque presentaba siempre promedios de extensión de casi el doble de los de flexión, independientemente del miembro o velocidad angular, es algo que también los autores Lindle et al.⁶², Neder et al.²⁰¹ y Aquino et al.³⁶ encontraron en sus muestras de mayores. Así, podemos concluir que las cifras iniciales de la evaluación isocinética del torque máximo de la rodilla de nuestras mayores están de acuerdo con las divulgadas en la literatura científica consultada.

En cuanto a los resultados finales de los ensayos clínicos citados^{7, 74, 127, 160, 198, 228-230, 285, 289} nos enteramos que, exceptuando el de Palmieri-Smith et al.³⁰⁸, todos han logrado incrementos significativos de la fuerza muscular de la rodilla de las mayores. Por fin, los estudios de Rebelatto et al.²⁰ y Morey et al.²⁶⁹ tampoco han logrado incrementos significativos de la fuerza muscular, no necesariamente de la rodilla, con su programa de RG.

De los 4 estudios citados que lograron resultados significativos con la aplicación de la NMES en mujeres mayores^{160, 230, 285, 289}, dos exponen sus resultados como porcentajes^{160, 230} y los otros dos como ganancias en Nm^{285, 289}. Asimismo, según la aplicación de una corriente de baja frecuencia, Durmuş et al.²³⁰ lograron aumentos superiores a un 35% mientras Maggioni et al.¹⁶⁰ llegaron a

un 26%, estadísticamente significativos. Ya en los estudios de Paillard et al.^{285, 289}, las mayores aumentaron la fuerza isocinética (60°/s) del cuádriceps derecho en 13 (NMES) y 18 (SB+NMES) Nm. Por su lado, al final de nuestro ensayo clínico observamos un incremento de un 7,7% (5,9 Nm) del grupo EXP, en el torque máximo de extensión a 60°/s, mientras el CTL tuvo un ligero incremento de un 1,6% (1,2 Nm). De hecho, han sido las mayores del estudio de Durmuş et al.²³⁰ las que lograron aumentos más significativos con la aplicación de la NMES. Sin embargo, ellas presentaban diagnóstico de gonartrosis por lo que, probablemente, presentaban un cuádriceps debilitado y por eso más susceptible a la ganancia de fuerza muscular. No obstante, las del estudio de Palmieri-Smith et al.³⁰⁸ también presentaban osteoartrosis y, al final del ensayo, no han logrado cambios significativos de su fuerza muscular. Esto podrá deberse al hecho de los autores no utilizaren una corriente de baja frecuencia y sí de media frecuencia que pudo haber sido la responsable por la ausencia de incrementos del cuádriceps de las mayores. Así, verificamos que los incrementos de la fuerza isocinética (60°/s) del cuádriceps derecho obtenidos por nuestras mayores del grupo EXP son inferiores a los logrados por las mayores de los estudios de Paillard et al.^{285, 289}. Comparando ahora los porcentajes, verificamos que los nuestros (7,7%) también son inferiores a los 35% de Durmuş et al.²³⁰ y 26% de Maggioni et al.¹⁶⁰. Así, como explicado anteriormente, nuestras mayores son clasificadas como físicamente activas y ese hecho puede haber condicionado las ganancias de la fuerza muscular obtenidas una vez que no presentan un cuádriceps susceptible de sufrir los beneficios a corto plazo que probablemente han sufrido las mayores de Durmuş et al.²³⁰ y Maggioni et al.¹⁶⁰, ya que probablemente presentaban un cuádriceps inicialmente debilitado, sea por motivos de enfermedad²³⁰ o por inactividad¹⁶⁰.

Por fin, no queremos terminar de hablar de estudios que utilizan la NMES sin hacer referencia a los estudios de Cheing & Hui-Chan²²³, Talbot et al.²⁸⁶ y Suetta et al.²⁸⁷. El primero²²³ fue el que logró incrementos más sustanciales (+26%) de la fuerza del cuádriceps pero solo cuando agregó la NMES a un programa de ejercicios físicos; los dos últimos^{286, 287} aumentaron la fuerza del cuádriceps entre un 6 y 9%. Sin embargo nos parece pertinente destacar dos puntos que diferencian dichos estudios^{286, 287} con relación a lo de nosotros: primero, todos los mayores participantes tenían artrosis bilateral, lo que puede haber influenciado positivamente el grado de los incrementos sufridos; y segundo, el programa de NMES se hizo a lo largo de 12 semanas, o sea, tiempo 50% superior a lo por nosotros utilizado. Además, en el estudio de Talbot et al.²⁸⁶, el grupo CTL no realizó ningún programa de actividad física, lo que puede haber justificado los resultados significativos resultantes de la comparación sus dos grupos mientras nuestro CTL realizó un programa de RG.

Con relación a los estudios que utilizan programas de RG, verificamos que Cao et al.²⁶⁸ observaron un incremento significativo de un 13,5% en la fuerza muscular de los miembros inferiores al final de 12 semanas contrariamente a Morey et al.²⁶⁹ que no lograron cualquier cambio a pesar de realizaren el programa a lo largo 2 años. Sin embargo, estos dos estudios presentan muestras muy similares (mayores institucionalizados con edades en el rango de 65 y 79 años) además de un programa de ejercicios con características idénticas (dirigidas

a mejorar la *performance* física, la flexibilidad y la fuerza muscular). No obstante, creemos que 2 factores pueden ser los responsables por la diferencia de los resultados entre estos dos estudios: primero, la muestra de Cao et al.²⁶⁸ es constituida por mayores saludables, activos e independientes en las AVD; segundo, solo 47% de la muestra de Morey et al.²⁶⁹ ha completado el programa de ejercicios y, de estos, no han sido cogido los datos finales de todos ellos. Así, es posible que los mayores del estudio de Morey et al.²⁶⁹ no presenten condiciones para realizar debidamente el programa de ejercicios, sea por falta de una condición física mínima o por falta de estímulo o interés. Cualquiera uno de estos aspectos es susceptible de influenciar negativamente la eficacia del programa. En cuanto a los estudios que utilizan programas de RG pero que valoraron la fuerza muscular según la medición de la fuerza de prensión de la mano, observamos que, a pesar de que uno de ellos presentar resultados significativos¹⁵¹ y el otro no²⁰, curiosamente, el que no logró resultados significativos presenta un incremento más de 8 veces superior al del estudio que logró resultados significativos. Así, Nakamura et al.¹⁵¹ observaron un incremento de un 1,2% mientras Rebelatto et al.²⁰ llegaron a un 10%. El motivo porque el primero¹⁵¹ ha sido significativo está pendiente del hecho de los otros 3 grupos en estudio haber bajado sus cifras de la fuerza de prensión al paso que en el segundo²⁰ no existía un grupo CTL con quién comparar los resultados finales. No obstante, es importante aclarar que los resultados del estudio de Nakamura et al.¹⁵¹ son relativos a un periodo de 12 semanas mientras los de Rebelatto et al.²⁰ provienen de un programa de 2 años de duración. Es posible alegar que si el programa de Nakamura et al.¹⁵¹ se hiciera por más tiempo sus resultados serían más sustanciales quizás ultrapasando el umbral de los 10%. Finalmente, y con relación a estos 4 estudios citados^{20, 151, 268, 269} no es de todo correcto comparar sus resultados con los nuestros una vez que en ningún se valoró la fuerza muscular de la rodilla ni tampoco nosotros utilizamos las pruebas que los autores citados han utilizado.

Aunque la literatura científica no disponga de muchos estudios sobre la eficacia de la aplicación de la NMES en el fortalecimiento muscular de la población mayor no institucionalizada y físicamente activa, observamos que son varias las investigaciones que examinan la eficacia de programas de PM y, en casi todos, los incrementos logrados son sustanciales y significativos. No obstante, los aumentos reportados son valorados según distintos métodos por lo que no es de todo correcto compararlos directamente. Se conoce que resultados valorados según la 1RM presentan casi siempre los aumentos más sustanciales sobre todo cuando comparados con los de la evaluación isocinética.

Así, de los estudios revisados que utilizan programas de PM en muestras de personas mayores y evalúan los resultados de la fuerza muscular de la rodilla con otros métodos que no realizan la evaluación isocinética concéntrica a 60°/s^{7, 16, 74, 92, 111, 127, 133, 219-230} se verifican porcentajes de ganancias siempre superiores a un 20% siendo, casi todos, estadísticamente significativos. No obstante, destacamos 3 estudios^{80, 152, 198} que utilizaron la evaluación isocinética concéntrica a 60°/s para evaluar los resultados de un programa de PM realizado en muestras de personas mayores. Todos estos estudios identificados^{80, 152, 198}, reportaron incrementos en las personas mayores que quedaron alrededor de un

10%. En nuestro ensayo clínico, las mayores que hicieron la NMES lograron un incremento de un 7,7%, es decir, casi 5 veces superior al del CTL (1,6%). Sin embargo, dichas cifras son inferiores a de los autores Frontera et al.¹⁹⁸, Carmeli et al.¹⁵² y Yarasheski et al.⁸⁰ pero es pertinente aclarar algunos pormenores que pueden ayudar a justificar esta diferencia. Primero, el tiempo de duración del programa de estos investigadores varía entre 12 y 25 semanas, tiempo bastante superior a lo nuestro. Segundo, sus muestras son constituidas por mayores institucionalizados^{152, 198} o con debilidad moderada⁸⁰. Tal como explicado anteriormente, un cuádriceps debilitado es más susceptible a la ganancia de fuerza muscular. Si miramos a los estudios que presentan ganancias consecuentes de la aplicación de la NMES en la población mayor^{160, 223, 230, 241, 285-287, 289} y los dividimos entre los que evalúan la fuerza muscular con la 1RM²³⁰, CVM^{160, 223, 241, 285-287, 289} e torque isocinético^{285, 289} verificamos que sus porcentajes máximos son de 35%, 26% y 17%, respectivamente. Una vez más, se observa que los resultados obtenidos con la evaluación isocinética son los más reducidos. De hecho, si comparamos los resultados de la 1RM con los resultados de la evaluación del torque isocinético, verificamos que los últimos corresponden a un porcentaje equivalente a menos de la mitad del primero. En cuanto a los resultados de la CVM, verificamos que estos son un 50% superiores a los de la evaluación isocinética. Por consiguiente, uno puede plantear que los resultados de la 1RM o CVM pueden ser una sobrestimación de la fuerza muscular real o entonces que los resultados de la evaluación isocinética corresponden a una subestimación de dicha fuerza muscular.

6.4.4.2. Potencia máxima

Inicialmente, la potencia máxima presenta promedios de extensión de casi el triple de los de flexión, independientemente del miembro o velocidad angular. El estadístico utilizado para verificar la presencia de homogeneidad en la muestra al inicio del estudio reveló que los dos grupos son estadísticamente iguales en cuanto a la potencia máxima, para cada miembro, movimiento o velocidad angular.

En cuanto a los cambios ocurridos a lo largo del ensayo clínico, se observa que el CTL ha tenido siempre cifras inferiores a las del EXP. Al final, en el movimiento de extensión, observamos que el grupo EXP aumentó su potencia máxima un 14,4% a 60°/s y un 4,1% a 120°/s y un 12,1% a 60°/s y un 2,8% a 120°/s, para los miembros derecho e izquierdo, respectivamente. Por otro lado, el CTL, aumentó un 7,4% a 60°/s y un 0,2% a 120°/s para el derecho y un 12,1% a 60°/s y un 2,8% a 120°/s para el izquierdo. Con relación al movimiento de flexión, el EXP tuvo incrementos superiores a un 23% para el derecho y superiores a un 13% para el izquierdo. No obstante, el CTL sufrió aumentos más reducidos, o sea, superiores a un 3% en el derecho y a un 10% en el izquierdo. Los distintos estadísticos utilizados muestran que la evolución de la potencia máxima de la flexión, a lo largo del ensayo clínico, solo no logró incrementos significativos en 2 pruebas de un total de 12 mientras, en la extensión, fueron logrados 3 incrementos significativos donde 2 han sido en el miembro inferior derecho (tablas 28 y 31 del anexo IV).

Una vez pasados 6 meses del final del ensayo clínico, el *follow-up* revela que, curiosamente, los dos grupos han tenido cambios idénticos, es decir, han aumentado sus cifras a 60°/s y disminuido a 120°/s, para los dos miembros y movimientos. En cuanto a los cambios que ocurrieron en la potencia máxima entre el inicio del ensayo y el *follow-up*, verificamos que, en el miembro derecho, el EXP aumentó sus cifras de extensión en más de un 7,5% mientras los aumentos del CTL presentan como máximo los 9%. Con relación al izquierdo observamos que los dos grupos han tenido, como máximo, un aumento alrededor de un 8%. Por su lado, con respecto al movimiento de flexión, los aumentos asumen porcentajes más elevados, es decir, el EXP tuvo aumentos superiores a un 30% en el derecho y a un 13% en el izquierdo; ya el CTL evidenció aumentos superiores a un 15 y 9%, para el miembro derecho e izquierdo, respectivamente. Tal como verificado anteriormente, los estadísticos revelan que la potencia máxima de la flexión ha vuelto a ser la que logró más incrementos significativos, 8 en total siendo 6 del miembro derecho mientras en la extensión fueron logrados 3 pero ahora el miembro izquierdo tiene ventaja sobre el derecho (tablas 45 y 48 del anexo IV).

De los varios estudios revisados sobre la temática de la evaluación isocinética en mayores, verificamos que casi ninguno examina la variable de la potencia muscular. Quizás por eso, Hartmann et al.²⁰⁰ hayan alertado que la evaluación isocinética de la potencia muscular presentará, en futuro, un papel primordial en el estudio de la funcionalidad de las personas mayores. Así, destacamos solamente un artículo²¹¹ que aborda justamente la distinción entre el entrenamiento de la fuerza y de la potencia muscular. De hecho, los autores afirman que la pérdida de potencia muscular es más importante que la pérdida de masa muscular, esto porque tiene un impacto más significativo en la funcionalidad de la persona mayor. Así, Henwood et al.²¹¹ realizaron un estudio donde aplicaron 2 protocolos de entrenamiento distintos, uno dirigido al incremento de la fuerza y el otro de la potencia, con una duración de 24 semanas y una frecuencia de dos sesiones/semana, y una muestra de 67 mayores (65-84 años), divididos en tres grupos: potencia, fuerza y CTL. Los resultados fueron evaluados según la 1RM y la CVM y se obtuvieron incrementos, en los grupos experimentales, superiores a un 48%, en la 1RM, y a un 23%, en la CVM. No obstante, en ambas pruebas, el grupo de la potencia logró siempre aumentos más elevados que el grupo de la fuerza, aumentos superiores a 3 y 6 puntos porcentuales, en la 1RM y CVM, respectivamente. La conclusión de los autores ha sido la de que, independientemente del programa de ejercicios utilizado, la fuerza y potencia muscular sufren incrementos similares.

En nuestro estudio, las mayores que hicieron la NMES aumentaron la fuerza (+7,7%) y la potencia (+14,4%) muscular en la evaluación isocinética concéntrica a 60°/s del miembro estimulado. Por su lado, también el CTL aumentó su fuerza (+1,4%) y potencia (+7,4%) muscular pero de forma más modesta. Estos resultados son corroborados por los de Henwood et al.²¹¹ una vez que también nosotros aumentamos la fuerza y la potencia muscular siendo que los incrementos de la potencia fueron más elevados.

6.4.4.3. Porcentaje de flexión/extensión

En el inicio del ensayo clínico, el porcentaje de flexión/extensión presenta casi siempre cifras medias superiores en el grupo EXP exceptuando en el miembro izquierdo a 120°/s. El estadístico utilizado para examinar la homogeneidad de las muestras verificó que ambos son estadísticamente iguales, independientemente del miembro o velocidad angular.

A lo largo del ensayo clínico observamos que los dos grupos aumentaron sus porcentajes de flexión/extensión, para los dos miembros y velocidades angulares. El EXP sufrió incrementos más elevados (+6,8%) en el miembro derecho mientras el CTL sufrió los suyos (+12,5%) en el izquierdo. Los resultados de la ANOVA MR muestran que, los dos miembros y velocidades angulares, no presentan cambios significativos en cuanto a la interacción grupo/momento o con respecto al grupo aisladamente; sin embargo, en el momento, observamos cambios significativos Al final y a 60°/s, el EXP presenta promedios de 51,8 y 50,8% y el CTL 49,7 y 55,5%, para el derecho e izquierdo, respectivamente.

Con relación al *follow-up*, los grupos han vuelto a aumentar sus porcentajes. Además, el miembro con porcentaje más elevado del EXP es el derecho mientras el del CTL es el izquierdo. En este caso, el derecho del EXP aumentó un 12% al paso que, el izquierdo del CTL, aumentó un 20%. La ANOVA MR, para los dos grupos, no cambió significativamente en la interacción grupo/momento o grupo aisladamente, para ambos miembros y velocidades angulares. No obstante, fueron significativos en el momento aisladamente.

En la literatura científica encontramos dos estudios^{36, 388} con muestras de mujeres mayores que evalúan el porcentaje de flexión/extensión pero son de carácter transversal^{36, 388}, por lo que no podemos evaluar la evolución de dicha variable a lo largo del ensayo clínico.

Los estudios de carácter transversal^{36, 388} nos permiten verificar el porcentaje de flexión/extensión de las rodillas para hacer una comparación con nuestros datos iniciales. El primer estudio³⁶, según una evaluación isocinética concéntrica a 60°/s de la rodilla de 26 mujeres mayores (75-83 años), permitió verificar que el promedio del porcentaje era de 55% ($\pm 8,8$) para el miembro dominante y 52,1% ($\pm 9,5$) para el no dominante. Por su lado, Aquino & Garcez-Leme³⁸⁸ en una muestra de 45 mujeres mayores (promedio de 71,3 años), divididas en las que esperan por una cirugía de PTR (N=20) y las que sirven como CTL (N=25), fueron evaluadas en cuanto a la fuerza isocinética concéntrica a 60°/s y se obtuvieron promedios de 54,7% ($\pm 8,8$) para el dominante y 52,3% ($\pm 7,4$) para el no dominante del CTL mientras el grupo con cirugía presentaba 58,5% ($\pm 9,54$) para el miembro a operar y 47,7% ($\pm 9,4$) para el miembro a no operar. Destacamos que existen diferencias significativas entre los miembros del grupo con cirugía de PTR.

Si hacemos una comparación entre nuestros resultados iniciales y los citados por los autores^{36, 388} verificamos que nuestras mayores presentan casi siempre promedios inferiores excepto cuando las comparamos con los resultados obtenidos en el miembro que no va a ser operado de las mayores que van hacer una cirugía de PTR³⁸⁸. No obstante, si comparamos los resultados obtenidos al

final de nuestro ensayo clínico con los iniciales de los autores previamente citados, verificamos que, tanto el grupo EXP como el CTL, presentan promedios más cercanos a los de las mayores de los estudios de Aquino³⁶ et al. y Aquino & Garcez-Leme³⁸⁸.

El porcentaje de flexión/extensión es una forma de evaluar la proporción entre el torque máximo de los agonistas y antagonistas de una determinada articulación y se suele considerar el valor de 60% como el que identifica una situación de normalidad en la articulación de la rodilla⁴⁴³. Asimismo, en nuestro ensayo, verificamos que las mayores que hicieron la NMES aumentaron su porcentaje en el miembro derecho un 6,8%, o sea, terminaron el ensayo con el promedio de 51,8%. Este aumento permitió a las mayores acercarse del valor de referencia que identifica la proporcionalidad más adecuada de la rodilla.

6.4.4.4. Puntos de interés

6.4.4.4.1. Consecuencias del desentrenamiento

Entre el inicio del ensayo y el *follow-up* verificamos que el miembro derecho, a la velocidad de 60°/s, aumentó su torque máximo de extensión en casi un 10% en el EXP al paso que el CTL solo tuvo un incremento poco superior a un 1%. A 120°/s se verifica un nuevo aumento de más de un 5% para el EXP y una reducción superior a un 2% en el CTL. Ahora, con relación al miembro izquierdo, observamos cambios similares entre los dos grupos, o sea, ambos han bajado sus cifras de extensión mientras las de flexión han sufrido un incremento superior a un 10 y 20%, para el CTL y EXP, respectivamente.

En la literatura científica, encontramos varios estudios que examinaron los efectos de un periodo de desentrenamiento^{26, 92, 260, 315, 323, 371, 372, 398}. Obviamente que todos ellos son experimentales y optamos por dividirlos entre los que utilizan NMES^{26, 315, 323, 371, 372} y los que utilizan programas de PM^{92, 260, 398}. Desafortunadamente, es pertinente aclarar que ningún de los estudios citados que utilizan NMES^{26, 315, 323, 371, 372} son realizados en muestras de personas mayores siendo, al contrario, hechos en la población joven. No obstante, los tres estudios^{92, 260, 398} de PM son todos realizados en la población mayor.

En general, verificamos que en los estudios de Herrero et al.²⁶, Marqueste et al.³⁷¹ y Herrero et al.³⁷² fueron observados incrementos significativos, entre los 9 y 40%, en la CVM y, después de un periodo de desentrenamiento de 2 o 6 semanas, fueron verificados nuevos incrementos (superiores a un 6%).

Así, Herrero et al.²⁶ y Herrero et al.³⁷² observaron que después de 4 semanas de NMES de baja frecuencia fueron verificados incrementos significativos de un 40²⁶ y 9%³⁷² en la CVM del cuádriceps sin embargo, después de 2 semanas de desentrenamiento, dichos incrementos continuaron a aumentar significativamente un 6²⁶ y 8%³⁷², respectivamente. Tal como estos autores, también Marqueste et al.³⁷¹ observaron que después de 6 semanas de NMES de baja frecuencia la CVM sufrió incrementos significativos de un 14%, y después de pasado un periodo de 6 semanas de desentrenamiento, se observó un mantenimiento de dicho incremento. Por otro lado, Gondin et al.³²³ también verificaron que después de 8 semanas de NMES de baja frecuencia la CVM

aumentó significativamente (+26%) pero, después de un periodo de 4 semanas de desentrenamiento, fue observada una reducción significativa de un 9%. Contrariamente a este último estudio, Zory et al.³¹⁵ no observaron cualquier cambio en la CVM del cuádriceps al final de su ensayo clínico de 4 semanas, donde aplicaron una corriente de NMES de baja frecuencia pero, después de un desentrenamiento de 4 semanas, fueron observados incrementos significativos hasta un 21,5%.

Con respecto a los estudios que utilizaron programas de PM en mayores^{92, 260, 398}, todos sin excepción observaron al final de su periodo de desentrenamiento una reducción sustancial de la fuerza muscular. Así, Lemmer et al.⁹² observaron, después de un periodo de 31 semanas de desentrenamiento, una reducción de un 14% (± 2) en la 1RM. Ya para Taaffe & Marcus²⁶⁰, el periodo de 12 semanas de desentrenamiento fue responsable por la reducción de un 29,9% de la 1RM. Finalmente, Boyette et al.³⁹⁸ también observaron una reducción de la fuerza muscular, después de 15 meses de desentrenamiento, aunque los mayores presenten cifras superiores a las iniciales. Por fin, Andersen et al.²⁶⁴ corroboran los resultados de estos investigadores citados al afirmar que son varios los estudios que utilizan programas de PM y que, después de periodos de desentrenamiento variados, observan reducciones de la fuerza y masa muscular. No obstante, Herrero et al.²⁶ comentan que lo mismo puede no pasar después de terminado un programa de electroterapia de elevada intensidad una vez que puede ocurrir un efecto rebote que provoca un nuevo incremento de la fuerza muscular. De hecho, nuestros resultados observados en el *follow-up*, es decir, después de un periodo de desentrenamiento de 6 meses, son corroborados por los resultados obtenidos por Herrero et al.²⁶, Herrero et al.³⁷², Marqueste et al.³⁷¹ y Zory et al.³¹⁵ ya que también nosotros observamos un incremento de la fuerza muscular. No obstante, no podemos hacer una comparación directa con dichos estudios una vez que, a pesar de tener en común un programa de NMES de baja frecuencia, las características de las muestras no podían ser más distintas, es decir, todos los autores citados hicieron sus investigaciones en muestras de jóvenes en la franja etaria de los 20 años. Desafortunadamente y al menos en la literatura consultada, no hemos encontrado ningún estudio disponible que aplique una corriente de NMES de baja frecuencia y que examine los efectos que un periodo de desentrenamiento de largo plazo tiene en la fuerza muscular de la población mayor físicamente activa.

6.4.4.4.2. Fortalecimiento de los flexores

En nuestro ensayo clínico observamos que, a pesar de la NMES haber sido aplicada sobre los extensores del muslo derecho, han sido los flexores los que han logrado incrementos más sustanciales, con porcentajes que llegaron a un 17,7% a la velocidad angular de 120°/s. Curiosamente, entre el inicio del ensayo y el *follow-up*, los dos grupos aumentaron sus cifras, siendo el incremento del CTL (+11,7%) bastante inferior al del EXP (+26,2%). Desafortunadamente, no hemos encontrado en la literatura científica ningún estudio que aborde el tema del fortalecimiento muscular de los antagonistas consecuencia de la NMES aunque, en jóvenes y adultos, existan estudios que aborden el tema del fortalecimiento del músculo contralateral, fenómeno conocido como *cross-education*^{106, 237, 291, 294, 315},

369, 386, 534-537. No obstante, nosotros hemos encontrado incrementos alrededor de un 17% de los flexores homolaterales mientras la literatura refiere que, en el caso del *cross-education*, los incrementos contralaterales son de aproximadamente un 8%^{536, 537}.

Es importante aclarar que el mecanismo responsable por el *cross-education* aún no es conocido^{237, 534}. No obstante, Farthing et al.³⁸⁶ observaron que existen evidencias de que puede ser controlado por cambios que ocurren en el cerebro con el entrenamiento. Así, como el *cross-education* no produce hipertrofia muscular, parece haber un consenso de que los aumentos de la fuerza observados pueden ser consecuencia de mecanismos neuronales aunque no se conozca la ubicación exacta donde ocurren dichas adaptaciones. No obstante, Lee & Carroll⁵³⁶ y Laughman et al.²⁹⁴ comentan que el fenómeno puede estar relacionado con el aprendizaje motor, consecuencia de la plasticidad del cerebro en zonas como la corteza motora, la corteza pre-motora o el área motora suplementaria³⁸⁶. Por su lado, Herbert et al.⁵³⁸ opinan que el fortalecimiento contralateral puede ser consecuencia de la familiarización con el método de evaluación adoptado. Otra hipótesis que también se ha planteado es la de que el *cross-education* está pendiente de adaptaciones hormonales. Sin embargo, Carroll et al.⁵³⁴ critican esta posibilidad una vez que el *cross-education* es observado exclusivamente en la musculatura homóloga del miembro contralateral y no en la totalidad de la musculatura contralateral. Este hecho es corroborado por las investigaciones de Hortobágyi et al.²⁹¹ y Yue & Cole⁵³⁹ que, en sus estudios sobre el *cross-education*, no encontraron ninguna evidencia de que la musculatura contralateral no homóloga haya sufrido cualquier cambio. Irónicamente, Munn et al.⁵³⁵ identifican en su estudio que diversos autores han desarrollado investigaciones con el objetivo de examinar el *cross-education* pero no han logrado observar dicho fenómeno. Finalmente, también en estudios basados en la electroterapia se ha encontrado el fenómeno del *cross-education*²⁹⁴.

6.4.4.4.3. Diferencias entre miembro dominante y no dominante

Con relación a las asimetrías de la fuerza muscular entre el miembro dominante y no dominante, no hemos observado en nuestro ensayo clínico o en el *follow-up*, cualquier evidencia de su existencia. Tal ha sido también referido por Lindle et al.⁶² y por Hageman et al.⁵⁴⁰. Este aspecto es particularmente importante en la rehabilitación de personas mayores porque, tal como comentado por Aquino et al.³⁶, las cifras del torque máximo del lado saludable pueden servir como referencia para plantear objetivos de tratamiento del lado afectado.

6.4.4.4.4. Diferencias entre agonistas y antagonistas

En la población mayor, la PM puede contribuir para un aumento de la activación de la musculatura agonista simultáneamente que reduce la coactivación de los antagonistas. Consecuentemente, el agonista puede producir más fuerza muscular^{111, 127}. De hecho, Häkkinen et al.¹¹¹, Häkkinen et al.⁸ y Larsen et al.⁵⁴¹ afirman que las primeras ganancias de la fuerza muscular de los extensores de la rodilla son consecuencia de la reducción de la coactivación de los antagonistas. Tales evidencias son obtenidas con EMG sin embargo, Cannon et al.⁷⁴ identifican algunos estudios que, a pesar de utilizarla, no observaron dicho aumento de la

señal de los agonistas. No obstante, Häkkinen et al.¹¹¹ observaron reducciones de la coactivación de los flexores de la rodilla en mayores después de un periodo de entrenamiento muscular pero, según Macaluso et al.¹¹², los resultados pueden no ser viables una vez que, en mayores, el porcentaje de masa grasa de los muslos es hábil de tornar la evaluación de la coactivación incorrecta.

6.4.5. Parámetro de la calidad de vida

Por fin, con respecto al parámetro de la CV, lo hemos investigado según la aplicación del cuestionario de la salud SF-36. Una vez más, no encontramos ninguna diferencia significativa entre el grupo CTL y EXP en el inicio del ensayo clínico, o sea, verificamos que los dos grupos son homogéneos.

La percepción de la CV es de carácter subjetivo y personal, o sea, el bienestar de la persona según sus experiencias de vida^{141, 462}. Sin embargo, ahora hay formas, a través de escalas hechas para su evaluación, que permiten clasificar objetivamente sus resultados para posterior comparación con los de otras personas/estudios^{141, 473}. Garratt et al.⁴⁷³ hicieron un estudio para identificar las escalas utilizadas para evaluar la CV en 3921 artículos. Verificaron que la más utilizada es el SF-36, con 408 artículos, seguida de lejos por la *Sickness Impact Profile*, con 111 artículos. De hecho, son varios los estudios que aportan evidencias sobre su fiabilidad, validez y sensibilidad, y la versión española es equivalente tornándola viable en investigaciones nacionales e internacionales⁴⁶⁰. Claro que para hacerse una correcta interpretación de sus datos se debe comparar los resultados con los valores de referencia poblacionales, permitiendo identificar desviaciones en las puntuaciones individuales o grupales con relación con los esperados para sus características sociodemográficas⁴⁶³. Así, Alonso et al.⁴⁷⁶, realizaron un estudio para identificar dichos valores poblacionales de referencia para la población española y otro, por Banegas et al.⁴⁶³, exclusivamente para la población mayor de 60 años.

Inicialmente, nuestras mayores presentan, para cada escala de la CV, cifras medias de: función física (58,3%), rol físico (67,1%), dolor corporal (78,5%), salud general (60,4%), vitalidad (56,2%), función social (79,7%), rol emocional (78,4%), salud mental (63,6%), evolución declarada de la salud (62,8%), CSF (44,5%) y CSM (46,7%). Destacamos que el grupo CTL presenta cifras más elevadas en casi todas las escalas menos en la función física y en la evolución declarada de la salud, aunque con diferencias muy reducidas. No obstante, dichas diferencias entre los dos grupos no son significativas y por eso consideramos las dos muestras como homogéneas. A lo largo del ensayo clínico, fueron verificados cambios en estas cifras pero en las escalas: dolor corporal, salud general, función social, rol emocional y CSM los dos grupos han tenido evoluciones contrarias, es decir, en estas 5 escalas el grupo CTL bajó mientras el EXP aumentó. Ya en el *follow-up* verificamos que los sentidos inversos han sido en las escalas: vitalidad, función social, salud mental, evolución declarada de la salud y CSM. Tanto para la evolución como para el *follow-up* observamos que apenas la variable función social, y solo para el grupo CTL, ha sido la que presentó una diferencia significativa, obtenida con pruebas no paramétricas.

En la literatura científica obtuvimos diversos estudios con muestras de mayores que utilizan el cuestionario de salud SF-36^{313, 403, 463, 464, 474, 476, 496}. Los estudios identificados pueden ser divididos entre los que utilizan ensayos clínicos^{313, 403, 496} y los que sirven solamente para evidenciar valores de referencia^{463, 464, 474, 476}.

Así, el estudio de Alonso et al.⁴⁷⁶, se hizo con el objetivo de obtener normas o valores poblacionales de referencia de la versión española del Cuestionario de Salud SF-36 para posterior comparación con las del cuestionario original. Los datos provienen de la Encuesta Domiciliaria sobre el Uso de Drogas de febrero de 1996, constituida por una muestra aleatoria de la población no institucionalizada mayor de 18 años y con residencia en España, en una muestra final de 9151 personas. También Vilagut et al.⁴⁷⁴ utilizaron los datos de esta encuesta así como de la “Hipertensión arterial y otros factores de riesgo en ancianos”, hecha en 3004 mayores, para investigaren los componentes sumarios. En el estudio de Alonso et al.⁴⁶⁴, se hizo una presentación de los resultados iniciales del proceso de adaptación del cuestionario SF-36 para su uso en España, según una adaptación basada en el método de traducción y retrotraducción. Obtuvieron un instrumento aparentemente equivalente al original y con una fiabilidad aceptable. No obstante, no se ha evaluado su validez y sensibilidad a los cambios de salud. Los resultados de estos estudios serán comparados posteriormente con los de nosotros. Ya en el estudio de Banegas et al.⁴⁶³, se pretende investigar los valores de referencia del SF-36 pero exclusivamente para la población española mayor de 60 años. Asimismo, en una muestra de 3949 mayores de 60 a 85 años, los autores verificaron que con el aumentar de la edad disminuye la puntuación media en todas las escalas. Ya Maurer et al.⁴⁰³, en un estudio donde participaron 113 mayores, con edades entre los 50 y 80 años, hicieron o un programa de ejercicios isocinéticos concéntricos a distintas velocidades angulares o participaron en charlas educacionales sobre osteoartrosis, a lo largo de 8 semanas con frecuencia de 3 veces a la semana. Al final, los autores observaron que el grupo que hizo isocinéticos mejoró su CV con respecto al dolor, tanto con el SF-36 (+10%) como con la WOMAC (+68%). Por su lado, Avramidis et al.⁴⁹⁶, con la colaboración de 70 mayores con prótesis de rodilla divididas en dos grupos: NMES + fisioterapia o solo fisioterapia, a lo largo de 6 semanas, observaron alteraciones significativas en el CSF de la CV en el que hizo NMES, al final del ensayo así como en el *follow-up* de 21 y 52 semanas. Ya Fary et al.³¹³, con una muestra de 70 mayores con diagnóstico de osteoartrosis, con promedio de 70 años, fueron divididos en 2 grupos: NMES y placebo, a lo largo de 26 semanas. Los autores no observaron alteraciones significativas en la escala WOMAC ni en los componentes sumarios del SF-36, aunque estos últimos hayan bajado un poco. Curiosamente verificaron que hubo una mejoría clínicamente relevante, según la escala EVA, en el grupo NMES (+56%) y placebo (+44%).

Es importante empezar por referir que en nuestro estudio todas las mayores de la muestra han contestado al cuestionario de CV en su totalidad, en cualquier de sus tres momentos (inicio, final y *follow-up*). Así, cuando comparamos los resultados obtenidos por nosotros al inicio del ensayo clínico con los referenciados en los estudios que investigaron los valores de referencia para la población española^{463, 464, 476} verificamos que los tres estudios presentan

promedios, para cada una de las 8 escalas además de los 2 componentes sumarios, similares a los de nosotros. Sin embargo, destacamos que: la función física, el rol físico y el rol emocional presentan cifras siempre más bajas que los 3 estudios citados pero en el dolor corporal y la salud general se observa el contrario, o sea, presentamos siempre cifras más elevadas que los 3 estudios citados; por fin, con relación a la vitalidad, función social y salud mental observamos que nuestras cifras son superiores a las de Alonso et al.⁴⁷⁶ pero inferiores a las de Banegas et al.⁴⁶³ y Alonso et al.⁴⁶⁴. No obstante, consideramos importante destacar dos puntos: primero, que para la escala de la función física nuestras mayores presentan 15% menos que el estudio de Banegas et al.⁴⁶³, en particular para las mayores de 70 a 74 años; y segundo, en la escala del dolor corporal, verificamos que presentamos un 17% más que el estudio de Alonso et al.⁴⁷⁶. Estos dos puntos que terminamos de identificar representan los extremos, es decir, la diferencia máxima y mínima entre nuestro estudio y los otros citados que identifican los valores de referencia de la población española. Por otro lado, sí hacemos una comparación con los valores iniciales del estudio de Fary et al.³¹³ verificamos que nuestras mayores presentan para todas las 8 escalas valores siempre superiores. Para finalizar, identificamos los estudios^{313, 474} que tienen la particularidad de identificar las cifras iniciales de los componentes sumarios del SF-36. Asimismo, verificamos que nuestras cifras iniciales del CSF son superiores a ambos pero las del CSM son inferiores a ambos, no obstante, las diferencias son siempre inferiores a 5 puntos porcentuales.

Con relación a los resultados finales de los ensayos clínicos identificados anteriormente^{313, 403, 496} verificamos que todos ellos han tenido resultados distintos. Así, Fary et al.³¹³ observaron que los componentes sumarios del SF-36 bajaron ligeramente sus cifras pero de forma no significativa; Maurer et al.⁴⁰³ observaron un aumento no significativo de un 10% en la escala del dolor corporal; y Avramidis et al.⁴⁹⁶ verificaron alteraciones significativas en el CSF no solo al final del ensayo clínico pero también en el *follow-up*. Así, verificamos que, de los dos estudios que utilizaran electroterapia^{313, 496}, el único que reporta aumentos significativos⁴⁹⁶ utilizó una corriente de electroterapia con el objetivo del fortalecimiento muscular del cuádriceps, contrariamente al estudio de Fary et al.³¹³ que utilizaron una corriente de baja frecuencia con características típicamente de una corriente analgésica. Asimismo, verificamos que Fary et al.³¹³ no lograron aumentar la CV de los componentes sumarios del SF-36 mientras Avramidis et al.⁴⁹⁶, con una corriente de propiedades de PM, aumentaron significativamente el CSF, no solo al final del ensayo como también en dos *follow-ups* distintos. Abordando ahora nuestro estudio, observamos resultados similares a los de Avramidis et al.⁴⁹⁶, es decir, verificamos un incremento del CSF del SF-36 pero no significativo. Con respecto a la evolución de la escala del dolor corporal, verificamos que las mayores del grupo EXP han sufrido una mejoría de su CV mientras el CTL ha tenido una reducción, tal como ocurrió en el estudio de Maurer et al.⁴⁰³. Por su lado, la evolución de los dos componentes sumarios se hizo en el sentido de aumentar sus cifras contrariamente a lo que ocurrió en el estudio de Fary et al.³¹³, a pesar de haberse utilizado en los dos una corriente de electroterapia de baja frecuencia sin embargo, de propiedades distintas. Este hecho podrá ser el responsable por la diferencia entre los resultados pero, y a pesar de la muestra de Fary et al.³¹³ presentar un promedio de edad 5 años más

bajo, no podemos olvidar que incluyó exclusivamente mayores con diagnóstico de gonartrosis y con dolor referido en la rodilla.

Por fin, creemos que es relevante identificar 3 nuevos estudios hechos en mayores que, a pesar de utilizaren protocolos con corrientes de electroterapia, no evalúan la CV con el cuestionario SF-36 y sí según la escala WOMAC ^{230, 308} o EVA ⁴⁹⁹. Dichos estudios son los de Durmuş et al. ²³⁰, Palmieri-Smith et al. ³⁰⁸ y Cheing et al. ⁴⁹⁹.

En el primero, de Durmuş et al. ²³⁰, 50 mujeres mayores, con edades entre los 42 y 74 años, hicieron o un programa de electroterapia de baja frecuencia o un programa de ejercicios isométricos, ambos 5 días por semana a lo largo de 4 semanas. Se observaron incrementos sustanciales en la CV, según la escala WOMAC, pero sin diferencias significativas entre los dos grupos. En el de Palmieri-Smith et al. ³⁰⁸, se investigó la influencia de una corriente de NMES de media frecuencia, realizada 3 veces/semana en 4 semanas, tiene en 30 mujeres con señales de osteoartritis. Al final del ensayo, no llegaron a ser observados cambios significativos en ningún grupo con la escala WOMAC pero en el *follow-up*, 16 semanas después del inicio del ensayo, se verificaron diferencias significativas en el grupo CTL, es decir, tuvo un aumento de su dolor mientras el EXP ha mantenido sus cifras. Por fin, Cheing et al. ⁴⁹⁹, con la participación de 62 mayores, con edades entre los 50 y 75 años, hicieron uno de cuatro protocolos distintos: 1) NMES, 2) Placebo, 3) ejercicios físicos (EF) y 4) NMES+EF, todos realizados 5 días por semana a lo largo de 4 semanas. Al final de las 20 sesiones se observaron reducciones significativas en la EVA del grupo NMES (46%) y placebo (43%). Los autores observaron también que en el *follow-up* (4 semanas después del final) solamente el grupo NMES y NMES+EF lograron mantener las reducciones obtenidas en el ensayo clínico.

En estos nuevos estudios nos parece interesante resaltar que los dos que utilizaron NMES de baja frecuencia ^{230, 499} lograron incrementos de la CV en el ensayo clínico. Sin embargo, el que utilizó una corriente de electroterapia de media frecuencia (2500 Hz) ³⁰⁸ no ha logrado cambios significativos durante el ensayo pero ha sido hábil de mantener el nivel de CV de su muestra a lo largo de, por lo menos, 16 semanas, hecho que es clínicamente relevante.

Comparando ahora nuestros resultados con los tres nuevos estudios ^{230, 308, 499} se verifica que, aunque sean basados en distintos instrumentos de valoración de la CV, los que utilizaron corrientes de electroterapia de baja frecuencia han logrado resultados similares a los nuestros. Destacando solamente la escala del dolor corporal para comparar con los resultados de la WOMAC, nosotros tuvimos un aumento de la calidad en el EXP y una disminución en el CTL, como los estudios ^{230, 499} pero de forma no significativa tal como ⁴⁹⁹. Quizás el estudio de Durmuş et al. ²³⁰ ha logrado resultados significativos porque su muestra presenta un promedio más reducido, o sea, presenta una muestra más “joven”. Encima, su protocolo de aplicación de la corriente es más intensivo, o sea, hicieron 5 sesiones por semana además de utilizaren el doble de la duración del tiempo de aplicación (20 minutos).

Al final del ensayo clínico hemos observado una reducción significativa en la escala de la función social de la CV en el grupo CTL mientras el EXP ha

sufrido un incremento no significativo. En total, al final del ensayo clínico observamos que el grupo CTL ha bajado sus cifras de CV en 8 de las 11 escalas valoradas mientras el EXP solo bajó en 3 escalas. Así, la CV del grupo CTL sufrió una reducción en las escalas: función física, dolor corporal, salud general, función social, rol emocional, salud mental, evolución declarada de la salud y CSM. Por su lado, la CV del EXP solo bajó en las escalas: función física, salud mental y evolución declarada de la salud.

Abordando ahora el tema del *follow-up*, solo podemos comparar nuestros resultados con los de Avramidis et al.⁴⁹⁶ y Palmieri-Smith et al.³⁰⁸. De esta forma, Avramidis et al.⁴⁹⁶, observaron alteraciones significativas en el CSF del *follow-up* de 21 y 52 semanas y Palmieri-Smith et al.³⁰⁸, no verificaron diferencias significativas en el grupo EXP, es decir, no hubo un cambio significativo del dolor corporal en el *follow-up* (12 semanas) al paso que el CTL sí los ha tenido, aumentando su dolor. En nuestro estudio verificamos que el grupo EXP ha aumentado la CV de ambos los componentes sumarios, al final del ensayo pero, en el *follow-up*, ha bajado las cifras del CSF mientras el CSM siguió aumentando, contrariamente a lo que pasó en el estudio de Avramidis et al.⁴⁹⁶. Curiosamente, los dos componentes sumarios han bajado en el *follow-up* para el grupo CTL como también observamos en el estudio de Palmieri-Smith et al.³⁰⁸. Asimismo, observamos que la aplicación de la NMES tiene efecto mismo pasados algunos meses, provocando un aumento del CSM, en nuestro caso, o del CSF, en el caso de Avramidis et al.⁴⁹⁶.

En cuanto al *Alfa de Cronbach* del cuestionario de CV SF-36, solo podemos comparar nuestro resultado con lo de los estudios transversales^{463, 464, 476}. En los estudio de Alonso et al.⁴⁷⁶ y Alonso et al.⁴⁶⁴, se han reportado un *Alfa de Cronbach* de 0,7 en el cuestionario de CV SF-36. Esta cifra coincide con la por nosotros encontrada, o sea, 0,764 lo que revela una consistencia interna elevada. Sin embargo, destacamos que en el estudio de Banegas et al.⁴⁶³ se logró un resultado más elevado, superior a 0,84, o sea, presenta una consistencia interna más elevada que la por nosotros alcanzada.

Finalmente, no podemos dar por terminada la discusión de la CV, según el cuestionario SF-36, sin señalar algunas limitaciones de este instrumento como, por ejemplo, la ausencia de preguntas que aborden el tema de los trastornos del sueño o de las funciones familiar, cognitiva y sexual⁴⁶⁰.

6.5. PREGUNTA DE PARTIDA

En este apartado de la discusión nos dedicaremos a examinar la pregunta de partida planteada *a priori*: ¿El diseño elaborado de la corriente de electroterapia de baja frecuencia que hemos aplicado, influye en la fuerza muscular del cuádriceps, el equilibrio y flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, la condición cardiovascular y la calidad de vida de las mujeres mayores válidas no institucionalizadas y físicamente activas del municipio de Salamanca?

De hecho, en el parámetro de la fuerza muscular, la evaluación isocinética a 60°/s evidenció un incremento del torque muscular, más evidente en el grupo

EXP, consecuencia de la NMES, pero también el CTL aumentó sus cifras, ya que realizó la RG. Los porcentajes máximos logrados han sido un 7,7 y 13,3% en el EXP y un 1,6 y 13,2% en el CTL, para la extensión y flexión, respectivamente. Con relación a la potencia máxima, el EXP ha sufrido, en la extensión, incrementos superiores a un 14% mientras el CTL solo logró la mitad; en cuanto a la flexión, observamos aumentos de un 25,6 y un 14,8%, para el grupo EXP y CTL, respectivamente y siempre para el miembro derecho. Por su lado, las 4 variables del parámetro cardiovascular evaluadas (FC, FR, PAS y PAD) empezaron todas el ECA ya con cifras normales y, al final, lograron cambiar ligeramente sus promedios quedando estos ubicados más cerca de las cifras centrales de la normalidad, según la clasificación de la OMS. Con relación al equilibrio y fuerza muscular de los miembros inferiores, evaluado con la prueba *Sit&Up*, fueron logrados, en el ECA, incrementos de 10,9 y 16,6% en los grupos CTL y EXP, respectivamente. En cuanto al *Sit&Reach*, se observó en el *follow-up* que el EXP aumentó su flexibilidad en un 12,6% mientras el CTL disminuyó un 2,3%. Para finalizar, el parámetro de la CV ha sido el único que no presentó, en general, siempre aumentos. Así, fueron observados los siguientes cambios: función física (CTL: -5,3%; EXP: -7,3%), rol físico (CTL: +2,2%; EXP: +13,1%), dolor corporal (CTL: -0,8%; EXP: +1,4%), salud general (CTL: -3,1%; EXP: +0,5%), vitalidad (CTL: +5,0%; EXP: +16,4%), función social (CTL: -13,5%; EXP: +6,0%), rol emocional (CTL: -5,4%; EXP: +5,2%), salud mental (CTL: -11,8%; EXP: -5,4%), evolución declarada de la salud (CTL: -13,6%; EXP: -5,4%), CSF (CTL: +1,1%; EXP: +0,9%) y CSM (CTL: -7,4%; EXP: +2,9%). Observamos que el grupo CTL ha variado sus porcentajes entre una pérdida de un 13,6% en la escala de la evolución declarada de la salud y un incremento de un 5% en la vitalidad; por su lado, el EXP varió entre una pérdida de un 7,3% en la escala de la función física y un incremento máximo de un 16,4% en la vitalidad. Concluimos que el grupo EXP logró aumentar la CV de 8 escalas mientras el CTL solo logró mejorar 3 escalas, en 11 posibles.

En suma, basados en las evidencias empíricas obtenidas en nuestra investigación observamos que la corriente de NMES de baja frecuencia utilizada tiene influencia en la fuerza muscular del cuádriceps, en el equilibrio y flexibilidad del tronco y extremidades inferiores, en el acondicionamiento cardiovascular así como en la CV de las mujeres mayores válidas no institucionalizadas y físicamente activas del municipio de Salamanca.

6.6. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Como todos los estudios científicos, también el nuestro no está exento de limitaciones. Destacamos las que nos parecen más pertinentes y susceptibles de haber influenciado los resultados y conclusiones obtenidos. Las dividiremos en dos grandes grupos: con respecto a la muestra en estudio y con respecto a los materiales y métodos utilizados.

Con relación a las limitaciones inherentes a la muestra, enfatizamos que: primero, partimos del principio que todas las mayores de la muestra presentan algún grado de debilidad muscular. Nos basamos en la extensa literatura existente

que refiere que, en el nivel de la fuerza muscular de los extensores de la rodilla medida según la evaluación isocinética concéntrica, mujeres con más de 65 años presentan un grado de fuerza muscular entre un 35 y 55% inferior al de mujeres de 20 o 30 años de edad^{187, 189, 191}. Segundo, a pesar de tener como criterio de inclusión la ausencia de dolor en las rodillas al movimiento, no hicimos la distinción entre las mayores que tenían o no gonartrosis que, aunque asintomática, puede haber condicionado la actuación de la NMES y sus ganancias. De hecho, también Palmieri-Smith et al.³⁰⁸ consideraron este hecho como una limitación importante en su reciente estudio. Por fin, destacamos que el hecho de haberse decidido estudiar solamente mujeres mayores validas no institucionalizadas y físicamente activas hace con que la posibilidad de extrapolación sea adecuada solamente a una pequeña parte de la población mayor^{115, 205, 268, 375, 388, 463}. Sin embargo, consideramos esta selección restringida de la población mayor como esencial para obtener robustez estadística.

Con relación a las limitaciones inherentes a los materiales y métodos, enfatizamos que: primero, no hemos enmascarado el investigador responsable por las evaluaciones y reevaluaciones de las mayores³⁰⁸, por lo que es posible que se haya introducido un sesgo. Segundo, en cuanto a la fuerza muscular, presumimos que los datos obtenidos en la evaluación isocinética se refieren genuinamente a un esfuerzo máximo de cada mayor en realizar los movimientos de la rodilla. En la eventualidad de haber sido un esfuerzo sub-máximo, se supone que la efectividad de la NMES ha sido subestimada^{126, 324}. Tercero, en cuanto a la masa muscular, utilizamos una técnica indirecta para medirla, es decir, la técnica de la perimetría de los muslos a través de una cinta métrica. Dicha técnica es susceptible a varios errores e, indiscutiblemente, que la regla de oro a utilizar en la cuantificación objetiva del AST muscular es la RM. Sin embargo, no hemos tenido posibilidad de usarla.

Finalmente, queremos aclarar que hemos tenido en cuenta algunas de las limitaciones más pertinentes sugeridas por los autores de los artículos consultados como, por ejemplo, la inclusión de un grupo CTL^{268, 404} y de un *follow-up*^{160, 230, 268}.

Con relación al primero, consideramos el grupo como CTL en el sentido de que solo hacía RG y no la hacía asociada a un programa de electroterapia, como era el caso del grupo EXP. En el caso del grupo CTL no hacer ningún tipo de actividad, no sería posible distinguir si los incrementos logrados por el EXP eran consecuencia de la RG o de la electroterapia. La forma más correcta de excluir este problema sería la creación de tres grupos al inicio del ensayo: el CTL, que no hacía nada más que su vida cotidiana, el grupo RG y un tercer grupo que podía hacer la RG y NMES o, entonces, la NMES aisladamente. Por fin, en cuanto al *follow-up*, fue realizado varios meses después del final del ensayo clínico como forma de evaluar la capacidad de mantenimiento de las ganancias logradas con la aplicación de la NMES.

6.7. TRANSFERENCIA DE CONOCIMIENTOS

La realización de esta tesis doctoral se hizo con el objetivo de poder ser recreada fuera del ambiente científico, o sea, de posibilitar su utilización en la práctica clínica de los fisioterapeutas. Para eso, se tuvo en consideración la elaboración de la corriente, el aparato a utilizar así como la frecuencia y tiempo de aplicación de la NMES.

Asimismo, en cuanto a la elaboración de la corriente, decidimos utilizar las características más adecuadas para la PM de la población mayor, según las evidencias empíricas que provienen de las investigaciones que creemos tener más calidad científica. Al respecto del aparato, decidimos utilizar uno portátil y de bajo costo (<150 euros) como forma de conseguir que la aplicación de la NMES sea accesible a cualquier fisioterapeuta. Por fin, en cuanto a la frecuencia y tiempo de aplicación, nos pareció adecuado hacerlo 3 veces a la semana, con duración de 10 minutos, ya que la gran mayoría de los fisioterapeutas actualmente trabajan con el mismo paciente a diario o 3 días a la semana. La duración de 10 minutos es para permitir al fisioterapeuta la posibilidad de realizar otro tipo de técnicas, no ocupando toda su sesión con la aplicación de la electroterapia.

Abordando ahora el tema de las conclusiones que probablemente tendrán mayor impacto en la rehabilitación de las mujeres mayores en la práctica clínica, destacamos que: primero, de las mujeres que realizaron la NMES las que han sufrido incrementos más significativos en su fuerza muscular fueron las que presentaban un perímetro abdominal inferior a 88 cm; segundo, existe una relación proporcionalmente directa entre la intensidad de la corriente aplicada y los incrementos de la fuerza muscular; tercero, recomendamos la aplicación de la NMES a una frecuencia de 3 veces a la semana y a lo largo de, por lo menos, 4 semanas; cuarto, confirmamos que la evaluación isocinética concéntrica, a las velocidades angulares de 60 y 120°/s, de las rodillas de las mujeres mayores, se hace de forma segura y sin complicaciones; y quinto, todas las pruebas físicas utilizadas en las distintas evaluaciones pueden realizarse con seguridad en la población mayor.

6.8. LINEAS DE FUTURAS INVESTIGACIONES

Con el desarrollo de la presente tesis, fueron surgiendo nuevas cuestiones para las que no hemos tenido aún la oportunidad de contestar, debido a la naturaleza del material y método diseñados. Así, nos parece pertinente destacar dos puntos: primero, una posible influencia que la dieta y terapia hormonal puedan tener en la eficacia de la NMES en aumentar la fuerza muscular de las mujeres mayores; y segundo, la influencia que el método de recogida de datos de la fuerza muscular (1RM, CVM y evaluación isocinética) tiene en el grado de los incrementos observados al final del ensayo clínico.

7. CONCLUSIONES

Con la realización de este trabajo de investigación llegamos a las siguientes conclusiones:

1. La poca literatura científica disponible sobre el impacto de la NMES en el fortalecimiento muscular de las mujeres mayores validas, no institucionalizadas y físicamente activas, evidencia la necesidad de investigar esta línea científica con más frecuencia.
2. Son también pocos los estudios realizados con el objetivo de investigar los efectos a largo plazo del desentrenamiento de la NMES en la población mayor.
3. La aplicación de la NMES aumentó significativamente la potencia máxima del cuádriceps derecho en el ECA.
4. Solamente el miembro inferior donde se aplicó la NMES logró, en el *follow-up*, mantener o aumentar las ganancias de la fuerza muscular del cuádriceps aportadas en el ECA, contrariamente a lo que se observó en el CTL o miembro izquierdo del EXP.
5. La aplicación de la NMES aumentó significativamente la PAD para cifras consideradas como normales por la OMS, tanto al final del ECA como en el *follow-up*.
6. La aplicación de la NMES aumentó significativamente el equilibrio y fuerza muscular de las extremidades inferiores además de mantener sus efectos a los 6 meses de finalizar el ECA.
7. La aplicación de la NMES provocó un aumento significativo de la flexibilidad del tronco y extremidades inferiores en el *follow-up*.
8. La aplicación de la NMES aportó incrementos clínicamente relevantes en la CV de las mujeres mayores validas, no institucionalizadas y físicamente activas, al final del ECA y en el *follow-up*.
9. Las distintas pruebas utilizadas en la batería de test se hacen con seguridad y sin complicaciones, no presentando riesgo de provocar lesiones en la población mayor.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. DHHS. Physical Activity Guidelines for Americans. *U.S. Department of Health and Human Services*. 2008; Rockville (MD).
2. Williams G, Higgins M, Lewek M. Aging skeletal muscle: physiologic changes and the effects of training. *Phys Ther*. 2002; 82(1): 62-68.
3. Lexell J, Henriksson-Larsen K, Wimblod B, Sjostrom M. Distribution of different fiber types in human skeletal muscles: effects of aging studied in whole muscle cross sections. *Muscle Nerve*. 1983; 6: 588-95.
4. Frontera W, Hughes V, Lutz K, Evans W. A cross-sectional study of muscle strength and mass in 45- to 78-yr-old men and women. *J Appl Physiol*. 1991; 71: 644-650.
5. Esposito F, Cè E, Gobbo M, Veicsteinas A, Orizio C. Surface EMG and mechanomyogram disclose isokinetic training effects on quadriceps muscle in elderly people. *Eur J Appl Physiol*. 2005; 94: 549-557.
6. Esquirol J, Salas D, Bayo V, Aldeguer J, Puig J. Sarcopenia: diagnóstico, tratamiento y prevención. *Revista Multidisciplinar de Gerontología*. 2011; 21(2): 74-84.
7. Häkkinen K, Pakarinen A, Kraemer W, Häkkinen A, Valkeinen H, Alen M. Selective muscle hypertrophy, changes in EMG and force, and serum hormones during strength training in older women. *J Appl Physiol*. 2001; 91: 569-580.
8. Häkkinen K, Kraemer W, Newton R, Alen M. Changes in electromyographic activity, muscle fibre and force production characteristics during heavy resistance/power strength training in middle-aged and older men and women. *Acta Physiol Scand*. 2001; 171: 51-62.
9. Iannuzzi-Sucich M, Prestwood K, Kenny A. Prevalence of Sarcopenia and Predictors of Skeletal Muscle Mass in Healthy, Older Men and Women. *Journal of Gerontology: Medical Sciences*. 2002; 57A(12): M772-M777.
10. Doherty T. The influence of aging and sex on skeletal muscle mass and Strength. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care*. 2001; 4: 503-508.
11. Ávila-Funes J, García-Mayo E. Beneficios de la práctica del ejercicio en los ancianos. *Gac Méd Méx*. 2004; 140(4): 431-436.
12. Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, Martin FC, Michel JP, Rolland Y, Schneider SM, Topinková E, Vandewoude M, Zamboni M. Sarcopenia: European consensus on definition and diagnosis: Report of the European Working Group on Sarcopenia in Older People. *Age Ageing*. 2010; 39(4): 412-23.
13. Goodpaster BH, Park SW, Harris TB, Kritchevsky SB, Nevitt M, Schwartz AV, Simonsick EM, Tylavsky FA, Visser M, Newman AB. The loss of skeletal muscle strength, mass, and quality in older adults: The health, aging and body composition study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2006; 61: 1059-64.

14. Lynch G. Tackling Australia's future health problems: developing strategies to combat sarcopenia - age-related muscle wasting and weakness. *Internal Medicine Journal*. 2004; 34: 294-296.
15. Peterson M, Sen A, Gordon P. Influence of resistance exercise on lean body mass in aging adults: a meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc*. 2011; 43(2): 249-58.
16. Trappe S, Godard M, Gallagher P, Carroll C, Rowden G, Porter D. Resistance training improves single muscle fiber contractile function in older women. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2001; 281: C398-C406.
17. Rosenberg IH. Sarcopenia: origins and clinical relevance. *J Nutr*. 1997; 127: 990S-91S.
18. Serra Rexach JA. Clinical consequences of sarcopenia. *Nutr Hosp*. 2006; 21 Suppl 3: 46-50.
19. Parreño Rodríguez JR. *Tercera edad sana*. 1ª ed. Madrid: Colección Rehabilitación, 1983.
20. Rebelatto JR, Calvo JI, Orejuela JR, Portillo JC. Influência de um programa de atividade física de longa duração sobre a força muscular manual e a flexibilidade corporal de mulheres idosas. *Rev. bras. fisioter*. 2006; 10(1): 127-132.
21. Calvo JI. Influencia de la revitalización sobre el hueso y parámetros de aptitud física. *Tesis Doctoral*. 1997; Salamanca: Universidad de Salamanca.
22. Nogueras AM, Calvo JI. Prevención de las caídas en personas mayores a partir del tratamiento fisioterápico del desequilibrio postural. *Tesis Doctoral*. 2007; Salamanca: Universidad de Salamanca.
23. Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Electromyostimulation training effects on neural drive and muscle architecture. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2005; 37(8): 1291-1299.
24. Gondin J, Duclay J, Martin A. Neural drive preservation after detraining following neuromuscular electrical stimulation training. *Neuroscience Letters*. 2006; 409: 210-214.
25. Drummond A, Calixto M, Carvalho G. Estudo bibliográfico sobre a influência da eletroestimulação na fadiga muscular e no recrutamento de fibras tipo II. *HABILITAR - Rev. Elet. Fisiot. Centro Universitário UNIEURO*. 2008; 1.
26. Herrero A, Martín J, Martín T, Abadía O, Fernández B, García-López D. Short-term effect of strength training with and without superimposed electrical stimulation on muscle strength and anaerobic performance. A randomized controlled trial. Part I. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(6): 1609-1615.
27. Requena Sánchez B, Padial Puche P, González-Badillo J. Percutaneous electrical stimulation in strength training: an update. *J Strength Cond Res*. 2005; 19(2): 438-448.

28. Delitto A, Snyder-Mackler L. Two theories of muscle strength augmentation using percutaneous electrical stimulation. *Phys Ther.* 1990; 70(3): 158-164.
29. Langzam E, Isakov E, Nemirovsky Y, Mizrahi J. Muscle force augmentation by low-intensity electrical stimulation. *Conf Proc IEEE Eng Med Biol Soc.* 2005; 6: 5808-5811.
30. Langzam E, Nemirovsky Y, Isakov E, Mizrahi J. Partition between volitional and induced forces in electrically augmented dynamic isometric muscle contractions. *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng.* 2006; 14(3): 322-35.
31. Bax L, Staes F, Verhagen, A. Does neuromuscular electrical stimulation strengthen the quadriceps femoris? A systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med.* 2005; 35(3): 191-212.
32. Lewek M, Stevens J, Snyder-Mackler L. The use of electrical stimulation to increase quadriceps femoris muscle force in an elderly patient following a total knee arthroplasty. *Phys Ther.* 2001; 81(9): 1565-1571.
33. Organización Mundial de la Salud (OMS). Definition of an older or elderly person. *Organización Mundial de la Salud.* [En línea] Organización Mundial de la Salud, 06 de 12 de 2011. <http://www.who.int/healthinfo/survey/ageingdefnolder/en/index.html>.
34. Truchado E, García A. Indicadores Demográficos. [aut. libro] Observatorio de Personas Mayores del Inmerso. *Las personas mayores en España: informe 2008: datos estadísticos estatales y por comunidades autónomas. Tomo I.* Ministerio de Sanidad y Política Social: Editora Inmerso: 2009.
35. Alencar M, Arantes P, Dias J, Kirkwood R, Pereira L, Dias R. Muscular function and functional mobility of faller and non-faller elderly women with osteoarthritis of the knee. *Braz J Med Biol Res.* 2007; 40(2): 277-83.
36. Aquino M, Leme L, Amatuzzi M, Greve J, Terreri A, Andrusaitis F, Nardelli J. Isokinetic assessment of knee flexor/extensor muscular strength in elderly women. *Rev. Hosp. Clín. Fac. Med. S. Paulo.* 2002; 57(4): 131-134.
37. Andersen T, Christensen FB, Ernst C, Fruensgaard S, Østergaard J, Andersen JL, Rasmussen S, Niedermann B, Høy K, Helmig P, Holm R, Lindblad BE, Hansen ES, Egund N, Bünger C. The effect of electrical stimulation on lumbar spinal fusion in older patients: a randomized, controlled, multi-center trial: part 1: functional outcome. *Spine.* 2009; 34: 2241-2247.
38. Ryall J, Schertzer J, Lynch G. Cellular and molecular mechanisms underlying age-related skeletal muscle wasting and weakness. *Biogerontology.* 2008; 9: 213-228.
39. Roubenoff R. Sarcopenia and its implications for the elderly. *Eur J Clin Nutr.* 2000; 54 Suppl 3:S40-7.
40. Aniansson A, Grimby G, Rundgren A. Isometric and isokinetic quadriceps muscle strength in 70-year-old men and women. *Scand J Rehabil Med.* 1980; 12(4): 161-8.

41. Huang CH, Cheng CK, Lee YT, Lee KS. Muscle strength after successful total knee replacement: a 6- to 13-year followup. *Clin Orthop Relat Res.* 1996; 328: 147-54.
42. Knapik JJ, Wright JE, Mawdsley RH, Braun JM. Isokinetic, isometric and isotonic strength relationships. *Arch Phys Med Rehabil.* 1983; 64(2): 77-80.
43. Wu G, Zhao F, Zhou X, Wei L. Improvement of Isokinetic Knee Extensor Strength and Reduction of Postural Sway in the Elderly From Long-Term Tai Chi Exercise. *Arch Phys Med Rehabil.* 2002; 83: 1364-1369.
44. Vincent KR, Braith RW, Feldman RA, Magyari PM, Cutler RB, Persin SA, Lennon SL, Gabr AH, Lowenthal DT. Resistance exercise and physical performance in adults aged 60 to 83. *J Am Geriatr Soc.* 2002; 50(6): 1100-7.
45. Janssen I, Heymsfield S, Ross R. Low relative skeletal muscle mass (Sarcopenia) in older persons is associated with functional impairment and physical disability. *Journal of American Geriatrics Society.* 2002; 50(5): 889-896.
46. Tseng B, Marsh D, Hamilton M, Booth F. Strength and aerobic training attenuate muscle wasting and improve resistance to the development of disability with aging. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 1995; 5: 113-119.
47. Giannakouris K. Regional population projections EUROPOP2008: Most EU regions face older population profile in 2030. *Statistics in focus EUROSTAT.* 2010.
48. Giannakouris K. Ageing characterises the demographic perspectives of the European societies. *Statistics in focus EUROSTAT.* 2008.
49. Kent-Braun J, Ng A. Specific strength and voluntary muscle activation in young and elderly women and men. *J. Appl. Physio.* 1991; 87(1): 22-29.
50. Yarasheski K. Exercise, Aging, and Muscle Protein Metabolism. *Journal of Gerontology: Medical Sciences.* 2003; 58A(10): 918-922.
51. Frontera W, Hughes V, Fielding R, Fiatarone M, Evans W, Roubenoff R. Aging of skeletal muscle: a 12-yr longitudinal study. *J Appl Physiol.* 2000; 88(4): 1321-6.
52. Lexell J, Taylor CC, Sjöström M. What is the cause of the ageing atrophy? Total number, size and proportion of different fiber types studied in whole vastus lateralis muscle from 15- to 83-year-old men. *J Neurol Sci.* 1988; 84(2-3): 275-94.
53. Kent-Braun JA, Ng AV, Young K. Skeletal muscle contractile and noncontractile components in young and older women and men. *J Appl Physiol.* 2000; 88: 662-668.
54. Evans W. Skeletal muscle loss: cachexia, sarcopenia, and inactivity. *Am J Clin Nutr.* 2010; 91 (suppl): 1123S-7S.
55. Fiatarone MA, O'Neill EF, Ryan ND, Clements KM, Solares GR, Nelson ME, Roberts SB, Kehayias JJ, Lipsitz LA, Evans WJ. Exercise training and

- nutritional supplementation for physical frailty in very elderly people. *N Engl J Med*. 1994; 330(25): 1769-75.
56. Vandervoort A, McComas A. Contractile changes in opposing muscles of the human ankle joint with aging. *J Appl Physiol*. 1986; 61(1): 361-7.
 57. Roos M, Rice C, Connelly D, Vandervoort A. Quadriceps muscle strength, contractile properties, and motor Unit firing rates in young and old men. *Muscle Nerve*. 1999; 22: 1094-1103.
 58. Borst S. Interventions for sarcopenia and muscle weakness in older people. *Age and Ageing*. 2004; 33: 548-555.
 59. Kemmler W, Schliiffka R, Mayhew J, von Stengel S. Effects of whole-body electromyostimulation on resting metabolic rate, body composition, and maximum strength in postmenopausal women: the Training and ElectroStimulation Trial. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(7): 1880-1887.
 60. Deschenes M. Effects of aging on muscle fibre type and size. *Sports Med*. 2004; 34(12): 809-824.
 61. Lambert C, Evans W. Effects of aging and resistance exercise on determinants of muscle strength. *J. Amer. Aging Assoc*. 2002; 25: 73-78.
 62. Lindle R, Metter E, Lynch N, Fleg J, Fozard J, Tobin J, Roy T, Hurley B. Age and gender comparisons of muscle strength in 654 women and men aged 20-93 yr. *J. Appl. Physiol*. 1997; 83(5): 1581-1587.
 63. Macaluso A, De Vito G. Muscle strength, power and adaptations to resistance training in older people. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 91: 450-472.
 64. Harries UJ, Bassey EJ. Torque-velocity relationships for the knee extensors in women in their 3rd and 7th decades. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1990; 60(3): 187-90.
 65. Vandervoort A. Effects of ageing on human neuromuscular function: implications for exercise. *Can J Sport Sci*. 1992; 17(3): 178-184.
 66. Wilder M, Cannon J. Effect of age on muscle activation and twitch Properties during static and dynamic actions. *Muscle Nerve*. 2009; 39: 683-691.
 67. Pahor M, Kritchevsky S. Research hypotheses on muscle wasting, aging, loss of function and disability. *J Nutr Health Aging*. 1998; 2(2): 97-100.
 68. Porter MM, Vandervoort AA, Lexell J. Aging of human muscle: structure, function and adaptability. *Scand J Med Sci Sports*. 1995; 5: 129-42.
 69. Doherty T. Invited Review: Aging and sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003; 95: 1717-1727.
 70. Lauretani F, Russo CR, Bandinelli S, Bartali B, Cavazzini C, Di Iorio A, Corsi AM, Rantanen T, Guralnik JM, Ferrucci L. Age-associated changes in skeletal muscles and their effect on mobility: an operational diagnosis of sarcopenia. *J Appl Physiol*. 2003; 95(5): 1851-60.

71. Krenn M, Haller M, Bijak M, Unger E, Hofer C, Kern H, Mayr W. Safe neuromuscular electrical stimulator designed for the elderly. *Artificial Organs*. 2011; 35(3): 253-256.
72. Suetta C, Aagaard P, Magnusson S, Andersen L, Sipilä S, Rosted A, Jakobsen A, Duus B, Kjaer M. Muscle size, neuromuscular activation, and rapid force characteristics in elderly men and women: effects of unilateral long-term disuse due to hip-osteoarthritis. *J Appl Physiol*. 2007; 102: 942-948.
73. Akima H, Kano Y, Enomoto Y, Ishizu M, Okada M, Oishi Y, Katsuta S, Kuno S. Muscle function in 164 men and women aged 20-84 yr. *Med Sci Sports Exerc*. 2001; 33(2): 220-6.
74. Cannon J, Kay D, Tarpenning K, Marino F. Comparative effects of resistance training on peak isometric torque, muscle hypertrophy, voluntary activation and surface EMG between young and elderly women. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2007; 27: 91-100.
75. Narici M, Maganaris C. Adaptability of elderly human muscles and tendons to increased loading. *J. Anat*. 2006; 208: 433-443.
76. Blake AJ, Morgan K, Bendall MJ, Dallosso H, Ebrahim SB, Arie TH, Fentem PH, Bassey EJ. Falls by elderly people at home: prevalence and associated factors. *Age Ageing*. 1988; 17(6): 365-72.
77. Karamanidis K, Arampatzis A, Mademli L. Age-related deficit in dynamic stability control after forward falls is affected by muscle strength and tendon stiffness. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2008; 18: 980-989.
78. Roos MR, Rice CL, and Vandervoort AA. Age-related changes in motor unit function. *Muscle Nerve*. 1997; 20: 679-690.
79. Serra Rexach J. Clinical consequences of sarcopenia. *Nutr Hosp*. 2006; 21 Suppl 3: 46-50.
80. Yarasheski KE, Pak-Loduca J, Hasten DL, Obert KA, Brown MB, Sinacore DR. Resistance exercise training increases mixed muscle protein synthesis rate in frail women and men +76 yr old. *Am J Physiol*. 1999; 277(1 Pt 1): E118-25.
81. Muscaritoli M, Anker SD, Argilés J, Aversa Z, Bauer JM, Biolo G, Boirie Y, Bosaeus I, Cederholm T, Costelli P, Fearon KC, Laviano A, Maggio M, Rossi Fanelli F, Schneider SM, Schols A, Sieber CC. Consensus definition of sarcopenia, cachexia and pre-cachexia: joint document elaborated by Special Interest Groups (SIG) "cachexia-anorexia in chronic wasting diseases" and "nutrition in geriatrics". *Clin Nutr*. 2010; 29(2): 154-9.
82. Roubenoff R. Origins and clinical relevance of sarcopenia. *Can J Appl Physiol*. 2001; 26: 78-89.
83. Baumgartner RN, Koehler KM, Gallagher D, Romero L, Heymsfield SB, Ross RR, Garry PJ, Lindeman RD. Epidemiology of sarcopenia among the elderly in New Mexico. *Am J Epidemiol*. 1998; 147(8): 755-63.
84. Pierine D, Nicola M, Oliveira E. Sarcopenia: alterações metabólicas e consequências no envelhecimento. *R. Bras. Ci. e Mov*. 2009; 17(3): 96-103.

85. Zoico E, Francesco V, Guralnik J, Mazzali G, Bortolani A, Guariento S, Sergi G, Bosello O, Zamboni M. Physical disability and muscular strength in relation to obesity and different body composition indexes in a sample of healthy elderly women. *International Journal of Obesity*. 2004; 28: 234-241.
86. Evans WJ, Campbell WW. Sarcopenia and age-related changes in body composition and functional capacity. *J Nutr*. 1993; 123(2 Suppl):465-8.
87. Faulkner J, Larkin L, Claflin D, Brooks S. Age-related changes in the structure and function of Skeletal muscles. *Clinical and Experimental Pharmacology and Physiology*. 2007; 34: 1091-1096.
88. Young A, Stokes M, Crowe M. The size and strength of the quadriceps muscles of old and young men. *Clin Physiol*. 1985; 5(2): 145-54.
89. Rolland Y, Vellas B. Sarcopenia. *La Revue de Médecine Interne*. 2009; 30(2): 150-160.
90. Cesari M, Pahor M. Target population for clinical trials on sarcopenia. *J Nutr Health Aging*. 2008; 12(7): 470-478.
91. Strasser B, Keinrad M, Haber P, Schobersberger W. Efficacy of systematic endurance and resistance training on muscle strength and endurance performance in elderly adults - a randomized controlled trial. *Wien Klin Wochenschr*. 2009; 121(23-24): 757-64.
92. Lemmer J, Hurlbut D, Martel G, Tracy B, Ivey F, Metter E, Fozard J, Fleg J, Hurley B. Age and gender responses to strength training and detraining. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2000; 32(8): 1505-1512.
93. Abellan G. Epidemiology and consequences of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*. 2009; 13(8): 708-12.
94. Bautmans I, Van Puyvelde K, Mets T. Sarcopenia and functional decline: pathophysiology, prevention and therapy. *Acta Clin Belg*. 2009; 64(4): 303-16.
95. Morley J, Baumgartner R, Roubenoff R, Mayer J, Nair K. Sarcopenia. *J Lab Clin Med*. 2001; 137(4): 231-43.
96. Gallagher D, Visser M, De Meersman RE, Sepúlveda D, Baumgartner RN, Pierson RN, Harris T, Heymsfield SB. Appendicular skeletal muscle mass: effects of age, gender, and ethnicity. *J Appl Physiol*. 1997; 83(1): 229-39.
97. Lexell J. Human aging, muscle mass, and fiber type composition. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1995; 50: 11-16.
98. Goodpaster B, Carlson C, Visser m, Kelley D, Scherzinger A, Harris T, Stamm E, Newman A. Attenuation of skeletal muscle and strength in the elderly: The Health ABC Study. *J Appl Physiol*. 2001; 90: 2157-2165.
99. Newman A, Kupelian V, Visser M, Simonsick E, Goodpaster B, Nevitt M, Kritchevsky S, Tyllavsky F, Rubin S, Harris T. Sarcopenia: alternative definitions and associations with lower extremity function. *J Am Geriatr Soc*. 2003; 51: 1602-1609.

100. Roubenoff R, Hughes VA. Sarcopenia: current concepts. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2000; 55: M716-M724.
101. Czarkowska-Paczek B, Milczarczyk S. Age-related muscle mass loss. *Przegl Lek.* 2006; 63(8): 658-661.
102. Roubenoff R. Sarcopenia: a major modifiable cause of frailty in the elderly. *J Nutr Health Aging.* 2000; 4(3): 140-142.
103. Marini M, Sarchielli E, Brogi L, Lazzeri R, Salerno R, Sgambati E, Monaci M. Role of adapted physical activity to prevent the adverse effects of the sarcopenia. A pilot study. *Ital J Anat Embryol.* 2008; 113(4): 217-25.
104. Jespersen J, Pedersen T, Beyer N. Sarcopenia and strength training. Age-related changes: effect of strength training. *Ugeskr Laeger.* 2003; 165(35): 3307-3311.
105. Thomas D. Sarcopenia. *Clin Geriatr Med.* 2010; 26(2): 331-46.
106. Tracy B, Ivey F, Hurlbut D, Martel G, Lemmer J, Siegel E, Metter E, Fozard J, Fleg J, Hurley B. Muscle quality. II. Effects of strength training in 65- to 75-yr-old men and women. *J. Appl. Physiol.* 1999; 86(1): 195-201.
107. Pahor M, Manini T, Cesari M. Sarcopenia: clinical evaluation, biological markers and other evaluation tools. *J Nutr Health Aging.* 2009; 13(8): 724-8.
108. Visser M. Towards a definition of sarcopenia - results from epidemiologic studies. *J Nutr Health Aging.* 2009; 13(8): 713-716.
109. Castillo E, Goodman-Gruen D, Kritz-Silverstein D, Morton D, Wingard D, Barrett-Connor E. Sarcopenia in Elderly Men and Women. *Am J Prev Med.* 2003; 25(3): 226-231.
110. Thomas D. Loss of skeletal muscle mass in aging: Examining the relationship of starvation, sarcopenia and cachexia. *Clinical Nutrition.* 2007; 26: 389-399.
111. Häkkinen K, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mälkiä E, Kraemer W, Newton R, Alen M. Changes in agonist-antagonist EMG, muscle CSA, and force during strength training in middleaged and older people. *J. Appl. Physiol.* 1998; 84(4): 1341-1349.
112. Macaluso A, Nimmo M, Foster J, Cockburn M, Mcmillan N, De Vito G. Contractile muscle volume and agonist-antagonist coactivation account for differences in torque between young and older women. *Muscle Nerve.* 2002; 25: 858-863.
113. Klass M, Baudry S, Duchateau J. Voluntary activation during maximal contraction with advancing age: a brief review. *Eur J Appl Physiol.* 2007; 100: 543-551.
114. Fried LP, Tangen CM, Walston J, Newman AB, Hirsch C, Gottdiener J, Seeman T, Tracy R, Kop WJ, Burke G, McBurnie MA y Group., Cardiovascular Health Study Collaborative Research. Frailty in older adults: evidence for a phenotype. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001; 56(3): M146-56.

115. Katsiaras A, Newman A, Kriska A, Brach J, Krishnaswami S, Feingold E, Kritchevsky S, Li R, Harris T, Schwartz A, Goodpaster B. Skeletal muscle fatigue, strength, and quality in the elderly: the Health ABC Study. *J Appl Physiol.* 2005; 99: 210-216.
116. Skelton DA, Greig CA, Davies JM, Young A. Strength, power and related functional ability of healthy people aged 65-89 years. *Age Ageing.* 1994; 23(5): 371-7.
117. Stevens J, Mizner R, Snyder-Mackler L. Quadriceps strength and volitional activation before and after total knee arthroplasty for osteoarthritis. *J Orthop Res.* 2003; 21(5): 775-9.
118. Wolfson L, Judge J, Whipple R, King M. Strength is a major factor in balance, gait, and the occurrence of falls. *J Gerontol.* 1995; 50: S64-7.
119. Flynn M, Fahlman M, Braun W, Lambert C, Bouillon L, Brolinson P, Armstrong C. Effects of resistance training on selected indexes of immune function in elderly women. *J. Appl. Physiol.* 1999; 86(6): 1905-1913.
120. Visser M, Goodpaster B, Kritchevsky S, Newman A, Nevitt M, Rubin S, Simonsick E, Harris T. Muscle mass, muscle strength, and muscle fat infiltration as predictors of incident mobility limitations in well-functioning older persons. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2005; 60(3): 324-333.
121. Foster-Burns S. Sarcopenia and decreased muscle strength in the elderly woman: resistance training as a safe and effective intervention. *J Women Aging.* 1999; 11(4): 75-85.
122. Dow D, Dennis R, Faulkner J. Electrical Stimulation Attenuates Denervation and Age-Related Atrophy in Extensor Digitorum Longus Muscles of Old Rats. *Journal of Gerontology: biological sciences.* 2005; 60A(4): 416-424.
123. Alexander NB, Galecki AT, Grenier ML, Nyquist LV, Hofmeyer MR, Grunawalt JC, Medell JL, Fry-Welch D. Task-specific resistance training to improve the ability of activities of daily living-impaired older adults to rise from a bed and from a chair. *J Am Geriatr Soc.* 2001; 49(11): 1418-27.
124. Schultz AB, Alexander NB, Ashton-Miller JA. Biomechanical analyses of rising from a chair. *J Biomech.* 1992; 25(12): 1383-91.
125. Startzell JK, Owens DA, Mulfinger LM, Cavanagh PR. Stair negotiation in older people: a review. *J Am Geriatr Soc.* 2000; 48(5): 567-80.
126. Bieryla K, Anderson D, Madigan M. Estimations of relative effort during sit-to-stand increase when accounting for variations in maximum voluntary torque with joint angle and angular velocity. *Journal of Electromyography and Kinesiology.* 2009; 19: 139-144.
127. Laroche D, Roy S, Knight C, Dickie J. Elderly women have blunted response to resistance training despite reduced antagonist coactivation. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2008; 40(9): 1660-1668.
128. Burgos R. Global therapeutic approach to sarcopenia. *Nutr Hosp.* 2006; 21(3): 51-60.

129. Casale R, Rainoldi A, Nilsson J, Bellotti P. Can continuous physical training counteract aging effect on myoelectric fatigue? A surface electromyography study application. *Arch Phys Med Rehabil.* 2003; 84: 513-7.
130. Klass M, Baudry S, Duchateau J. Age-related decline in rate of torque development is accompanied by lower maximal motor unit discharge frequency during fast contractions. *J Appl Physiol.* 2008; 104: 739-746.
131. Lynch G. Update on emerging drugs for sarcopenia - age-related muscle wasting. *Expert Opin Emerg Drugs.* 2008; 13(4): 655-73.
132. Sakuma K, Yamaguchi A. Molecular mechanisms in aging and current strategies to counteract sarcopenia. *Curr Aging Sci.* 2010; 3(2): 90-101.
133. Hunter S, Thompson M, Ruell P, Harmer A, Thom J, Gwinn T, Adams R. Human skeletal sarcoplasmic reticulum Ca^+ uptake and muscle function with aging and strength training. *J. Appl. Physiol.* 1999; 86(6): 1858-1865.
134. Ribeiro F, Oliveira J. Effect of physical exercise and age on knee joint position sense. *Archives of Gerontology and Geriatrics.* 2009; 51(1): 64-67.
135. Hadley EC, Ory MG, Suzman R, Weindruch R, Fried L. Physical frailty: A treatable cause of dependence in old age. *J. Gerontol.* 1993; 48: 1-88.
136. Nevitt MC, Cummings SR, Kidd S, Black D. Risk factors for recurrent nonsyncopal falls. A prospective study. *JAMA.* 1989; 261(18): 2663-8.
137. Fiatarone M, Marks E, Ryan N, Meredith C, Lipsitz L, Evans W. High-intensity strength training in nonagenarians. Effects on skeletal muscle. *JAMA.* 1990; 263(22): 3029-34.
138. Gaines J, Talbot L. Isokinetic strength testing in research and practice. *Biol Res Nurs.* 1999; 1(1): 57-64.
139. Skinner HB. Pathokinesiology and total joint arthroplasty. *Clin. Orthop. Relat. Res.* 1993; 288, 78-86.
140. Sinaki, M., M. C. McPhee, S. F. Hodgson, J. M. Merritt, K. P. Offord. Relationship between bone mineral density of spine and strength of back extensors in healthy postmenopausal women. *Mayo Clinic Proc.* 1986; 61: 116-122.
141. American College of Sports Medicine (ACSM), Chodzko-Zajko WJ, Proctor DN, Fiatarone Singh MA, Minson CT, Nigg CR, Salem GJ, Skinner JS. American College of Sports Medicine position stand. Exercise and physical activity for older adults. *Med Sci Sports Exerc.* 2009; 41(7): 1510-30.
142. Boirie Y, Gachon P, Cordat N, Ritz P, Beaufrère B. Differential insulin sensitivities of glucose, amino acid, and albumin metabolism in elderly men and women. *J Clin Endocrinol Metab.* 2001; 86(2): 638-44.
143. Stenholm S, Harris TB, Rantanen T, Visser M, Kritchevsky SB, Ferrucci L. Sarcopenic obesity: definition, cause and consequences. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care.* 2008; 11(6): 693-700.
144. Visser M, Kritchevsky S, Goodpaster B, Newman A, Nevitt M, Stamm E, Harris T. Leg muscle mass and composition in relation to lower extremity

- performance in men and women aged 70 to 79: the health, aging and body composition study. *Journal of American Geriatrics Society*. 2002; 50(5): 897-904.
145. Svendsen, OL, Hassager, C, and Christiansen, C. Age and menopause-associated variations in body composition and fatdistribution in healthy women as measured by dual-energy X-ray absorptiometry. *Metabolism*. 1995; 4: 369-373.
 146. Velthuis M, Schuit A, Peeters P, Monnikhof E. Exercise program affects body composition but not weight in postmenopausal women. *Menopause*. 2009; 16(4): 777-784.
 147. Harridge S, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve*. 2009; 22(7): 831-9.
 148. Suetta C, Hvid L, Justesen L, Christensen U, Neergaard K, Simonsen L, Ortenblad N, Magnusson S, Kjaer M, Aagaard P. Effects of aging on human skeletal muscle after immobilization and retraining. *J Appl Physiol*. 2009; 107: 1172-1180.
 149. Kostić R, Mladenović I, Mikalački M. The relation between physical/functional fitness and the blood pressure of elderly men and women. *Physical Education and Sport*. 2007; 5(1): 75-84.
 150. Felson DT, Zhang Y. An update on the epidemiology of knee and hip osteoarthritis with a view to prevention. *Arthritis Rheum*. 1998; 41: 1343-1355.
 151. Nakamura Y, Tanaka K, Yabushita N, Sakai T, Shigematsu T. Effects of exercise frequency on functional fitness in older adult women. *Archives of Gerontology and Geriatrics*. 2007; 44: 163-173.
 152. Carmeli E, Reznick A, Coleman R, Carmeli V. Muscle strength and mass of lower extremities in relation to functional abilities in elderly adults. *Gerontology*. 2000; 46(5): 249-57.
 153. Boirie Y. Physiopathological mechanism of sarcopenia. *J Nutr Health Aging*. 2009; 13(8): 717-723.
 154. Hunter G, McCarthy J, Bamman M. Effects of resistance training on older adults. *Sports Med*. 2004; 34(5): 329-348.
 155. Kuriyan R, Thomas T, Kurpad A. Total body muscle mass estimation from bioelectrical impedance analysis & simple anthropometric measurements in Indian men. *Indian J Med Res*. 2008; 127: 441-446.
 156. Tinetti ME, Williams TF, Mayewski R. Fall risk index for elderly patients based on number of chronic disabilities. *Am. J. Med*. 1986; 80: 429-34.
 157. van Heuvelen MJ, Kempen GI, Brouwer WH, de Greef MH. Physical fitness related to disability in older persons. *Gerontology*. 2000; 46, 333-341.
 158. Evans WJ. Effects of exercise on senescent muscle. *Clin Orthop*. 2002; 403: S211-S220.

159. Parreño Rodríguez JR. *Rehabilitación en Geriatría*. 1ª ed. Madrid: Editores Médicos, 1990.
160. Maggioni M, Cè E, Rampichini S, Ferrario M, Giordano G, Veicsteinas A, Merati G. Electrical stimulation versus kinesitherapy in improving functional fitness in older women: A randomized controlled trial. *Arch. Gerontol. Geriatr.* 2010; 50(3): 19-25.
161. Narici M, Maffulli N. Sarcopenia: characteristics, mechanisms and functional significance. *Br Med Bull.* 2010; 95:139-59.
162. Morse CI, Thom JM, Davis MG, Fox KR, Birch KM, Narici MV. Reduced plantarflexor specific torque in the elderly is associated with a lower activation capacity. *Eur J Appl Physiol.* 2004; 92: 219-226.
163. Delbono O. Neural control of aging skeletal muscle. *Aging Cell.* 2003; 2: 21-29.
164. Laidlaw DH, Bilodeau M, Enoka RM. Steadiness is reduced and motor unit discharge is more variable in old adults. *Muscle Nerve.* 2000; 23: 600-612.
165. Cole K. Grasp force control in older adults. *J Motor Behav.* 1991; 23: 251-258.
166. Galganski ME, Fuglevand AJ, Enoka RM. Reduced control of motor output in a human hand muscle of elderly subjects during submaximal contractions. *J Neurophysiol.* 1993; 69: 2108-2115.
167. Larsson L, Grimby G, Karlsson J. Muscle strength and speed of movement in relation to age and muscle morphology. *J Appl Physiol.* 1979, 46: 451-456.
168. Yue GH, Ranganathan VK, Siemionow V, Liu JZ, Sahgal V. Older adults exhibit a reduced ability to fully activate their biceps brachii muscle. *Journal of Gerontology: Medical Sciences.* 1999; 54A: M249-M253.
169. Häkkinen K, Alen M, Kallinen M, Izquierdo M, Jokelainen K, Lassila H, Mälkiä E, Kraemer WJ, Newton RU. Muscle CSA, force production, and activation of leg extensors during isometric and dynamic actions in middle-aged and elderly men and women. *JAPA.* 1998; 6: 232-247.
170. Izquierdo M, Ibañez J, Gorostiaga E, Garrues M, Zúñiga A, Antón A, Larrión J, Häkkinen K. Maximal strength and power characteristics in isometric and dynamic actions of the upper and lower extremities in middle-aged and older men. *Acta Physiol Scand.* 1999; 167(1): 57-68.
171. Häkkinen K, Häkkinen A. Muscle cross-sectional area, force production and relaxation characteristics in women at different ages. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol.* 1991; 62(6): 410-4.
172. Fielding RA. Effects of exercise training in the elderly: impact of progressive resistance training on skeletal muscle and whole-body protein metabolism. *Proc Nutr Soc.* 1995; 54(3): 665-675.
173. Trappe S, Williamson D, Godard M, Porter D, Rowden G, Costill D. Effect of resistance training on single muscle fiber contractile function in older men. *J Appl Physiol.* 2000; 89(1): 143-52.

174. Bassey EJ, Fiatarone MA, O'Neill EF, Kelly M, Evans WJ, Lipsitz LA. Leg extensor power and functional performance in very old men and women. *Clin Sci (Lond)*. 1992; 82(3): 321-7.
175. Visser M, Deeg DJ, Lips P. Low vitamin D and high parathyroid hormone levels as determinants of loss of muscle strength and muscle mass (sarcopenia): the Longitudinal Aging Study Amsterdam. *J Clin Endocrinol Metab*. 2003; 88: 5766-72.
176. Corpas E, Harman SM, Blackman MR. Human growth hormone and human aging. *Endocr Rev*. 1993; 14(1): 20-39.
177. Bamman M, Hill V, Adams G, Haddad F, Wetzstein C, Gower B, Ahmed A, Hunter G. Gender differences in resistance-training-induced myofiber hypertrophy among older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003; 58(2): 108-16.
178. Kadi F, Charifi N, Denis C, Lexell J. Satellite cells and myonuclei in young and elderly women and men. *Muscle Nerve*. 2004; 29: 120-127.
179. Gallegly JC, Turesky NA, Strotman BA, Gurley CM, Peterson CA, Dupont-Versteegden EE. Satellite cell regulation of muscle mass is altered at old age. *J Appl Physiol*. 2004; 97: 1082-1090.
180. Phillips T, Leeuwenburgh C. Muscle fiber-specific apoptosis and TNF- α signaling in sarcopenia are attenuated by life-long calorie restriction. *FASEB J*. 2005; 19: 668-670.
181. Visser M, Pahor M, Taaffe DR, Goodpaster BH, Simonsick EM, Newman AB, Nevitt M, Harris TB. Relationship of interleukin-6 and tumor necrosis factor-alpha with muscle strength in elderly men and women: the Health ABC study. *J Gerontol A Biol Sci*. 2002; 57: M326-332.
182. Roubenoff R. Sarcopenic obesity: does muscle loss cause fat gain? Lessons from rheumatoid arthritis and osteoarthritis. *Ann N Y Acad Sci*. 2000; 904: 553-557.
183. Passarge E. *Genética: texto y atlas*. 2ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2004.
184. Lima R, Leite T, Pereira R, Rabelo H, Roth S, Oliveira R. ACE and ACTN3 genotypes in older women: muscular phenotypes. *Int J Sports Med*. 2011; 32(1): 66-72.
185. Kortebein P, Ferrando A, Lombeida J, Wolfe R, Evans WJ. Effect of 10 days of bed rest on skeletal muscle in healthy older adults. *JAMA*. 2007; 297: 1772-4.
186. Rolland Y, Czerwinski S, Abellan Van Kan G, Morley JE, Cesari M, Onder G, Woo J, Baumgartner R, Pillard F, Boirie Y, Chumlea WM, Vellas B. Sarcopenia: its assessment, etiology, pathogenesis, consequences and future perspectives. *J Nutr Health Aging*. 2008; 12: 433-50.
187. Murray MP, Duthie EH Jr, Gambert SR, Sepic SB, Mollinger LA. Age-related differences in knee muscle strength in normal women. *J Gerontol*. 1985; 40(3): 275-80.

188. Poulin MJ, Vandervoort AA, Paterson DH, Kramer JF, Cunningham DA. Eccentric and concentric torques of knee and elbow extension in young and older men. *Can J Sport Sci.* 1992; 17(1): 3-7.
189. Lynch NA, Metter EJ, Lindle RS, Fozard JL, Tobin JD, Roy TA, Fleg JL, Hurley BF. Muscle quality. I. Age-associated differences between arm and leg muscle groups. *J Appl Physiol.* 1999; 86(1): 188-94.
190. Murray MP, Gardner GM, Mollinger LA, Sepic SB. Strength of isometric and isokinetic contractions: knee muscles of men aged 20 to 86. *Phys Ther.* 1980; 60(4): 412-9.
191. Vandervoort AA, Kramer JF, Wharram ER. Eccentric knee strength of elderly females. *J Gerontol.* 1990; 45(4): B125-8.
192. Young A, Stokes M, Crowe M. Size and strength of the quadriceps muscles of old and young women. *Eur J Clin Invest.* 1984; 14(4): 282-7.
193. Hortobágyi T, Tunnel D, Moody J, Beam S, DeVita P. Low- or high-intensity strength training partially restores impaired quadriceps force accuracy and steadiness in aged adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2001; 56(1): B38-47.
194. Janssen I, Steven B, Heymsfield, Richard N, Baumgartner, Ross R. Estimation of skeletal muscle mass by bioelectrical impedance analysis. *J Appl Physiol.* 2000; 89: 465-471.
195. Trappe S, Gallagher P, Harber M., Carrithers J, Fluckey J, Trappe T. Single muscle fibre contractile properties in young and old men and women. *J Physiol.* 2003; 552(1): 47-58.
196. Overend TJ, Cunningham DA, Paterson DH, Lefcoe MS. Thigh composition in young and elderly men determined by computed tomography. *Clin Physiol.* 1992; 12(6): 629-40.
197. Gregory C, Bickel C. Recruitment patterns in human skeletal muscle during electrical stimulation. *Phys Ther.* 2005; 85(4): 358-364.
198. Frontera W, Hughes V, Krivickas L, Kim S, Foldvari M, Roubenoff R. Strength training in older women: early and late changes in whole muscle and single cells. *Muscle Nerve.* 2003; 28(5): 601-608.
199. Mitsipoulos N, Baumgartner RN, Heymsfield SB, Lyons W, Gallagher D, Ross R. Cadaver validation of skeletal muscle measurement by magnetic resonance imaging and computerized tomography. *J Appl Physiol.* 1998; 85: 115-122.
200. Hartmann A, Knols R, Murer K, de Bruin E. Reproducibility of an isokinetic strength-testing protocol of the knee and ankle in older adults. *Gerontology.* 2009; 55(3): 259-68.
201. Neder J, Nery L, Shinzato G, Andrade M, Peres C, Silva A. Reference values for concentric knee isokinetic strength and power in nonathletic men and women from 20 to 80 years old. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1999; 29(2): 116-26.

202. Otis J, Godbold J. Relationship of isokinetic torque to isometric torque. *J Orthop Res.* 1983; 1(2): 165-71.
203. Tomonaga M. Histochemical and ultrastructural changes in senile human skeletal muscle. *J Am Geriatr Soc.* 1977, 25: 125-131.
204. Janssen I, Heymsfield SB, Wang Z, Ross R. Skeletal muscle mass and distribution in 468 men and women aged 18-88 years. *J Appl Physiol.* 2000; 89: 81-88.
205. Tschopp M, Sattelmayer MK, Hilfiker R. Is power training or conventional resistance training better for function in elderly persons? A meta-analysis. *Age Ageing.* 2011; 40(5): 549-56.
206. Segal NA, Torner JC, Felson D, Niu J, Sharma L, Lewis CE, Nevitt M. Effect of thigh strength on incident radiographic and symptomatic knee osteoarthritis in a longitudinal cohort. *Arthritis Rheum.* 2009; 61(9): 1210-7.
207. Palmieri-Smith R, Thomas A, Karvonen-Gutierrez C, Sowers M. Isometric quadriceps strength in women with mild, moderate, and severe knee osteoarthritis. *Am J Phys Med Rehabil.* 2010; 89(7): 541-548.
208. Frontera W, Meredith C, O'Reilly K, Knuttgen H, Evans W. Strength conditioning in older men: skeletal muscle hypertrophy and improved function. *J Appl Physiol.* 1988; 64(3): 1038-1044.
209. Latham NK, Bennett DA, Stretton CM, Anderson CS. Systematic review of progressive resistance strength training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2004; 59(1): 48-61.
210. Morganti CM, Nelson ME, Fiatarone MA, Dallal GE, Economos CD, Crawford BM, Evans WJ. Strength improvements with 1 yr of progressive resistance training in older women. *Med Sci Sports Exerc.* 1995; 27(6): 906-12.
211. Henwood TR, Riek S, Taaffe DR. Strength versus muscle power-specific resistance training in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2008; 63(1): 83-91.
212. Sipilä S, Suominen H. Effects of strength and endurance training on thigh and leg muscle mass and composition in elderly women. *J Appl Physiol.* 1995; 78(1): 334-340.
213. Pyka G, Lindenberger E, Charette S, Marcus R. Muscle strength and fiber adaptations to a year-long resistance training program in elderly men and women. *J Gerontol.* 1994; 49(1): M22-7.
214. Sullivan DH, Wall PT, Bariola JR, Bopp MM, Frost YM. Progressive resistance muscle strength training of hospitalized frail elderly. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001; 80(7): 503-9.
215. Brandon L, Sharon B, Boyette L, Anderson K, Stiles R. Effects of resistive training on strength gains in older adults. *J Nutr Health Aging.* 1997; 1(2): 114-119.

-
216. de Vos NJ, Singh NA, Ross DA, Stavrinou TM, Orr R, Fiatarone Singh MA. Optimal load for increasing muscle power during explosive resistance training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2005; 60A: 638-647.
217. Misko TA, Cress ME, Slade JM, Covey CJ, Agrawal SK, Doerr CE. Effect of strength and power training on physical function in community-dwelling older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003; 58(2): 171-5.
218. Sayers S, Gibson K, Cook C. Effect of high-speed power training on muscle performance, function, and pain in older adults with knee osteoarthritis: a pilot investigation. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2012; 64(1): 46-53.
219. Lexell J, Downham D, Larsson Y, Bruhn E, Morsing B. Heavy-resistance training in older Scandinavian men and women: short- and long-term effects on arm and leg muscles. *Scand J Med Sci Sports*. 1995; 5(6): 329-341.
220. McCartney N, Hicks A, Martin J, Webber C. A longitudinal trial of weight training in the elderly: continued improvements in year 2. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1996; 51(6): B425-433.
221. Brose A, Parise G, Tarnopolsky M. Creatine supplementation enhances isometric strength and body composition improvements following strength exercise training in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2003; 58(1): 11-9.
222. Sherrington C, Lord S. Home exercise to improve strength and walking velocity after hip fracture: a randomized controlled trial. *Arch Phys Med Rehabil*. 1997; 78(2): 208-12.
223. Cheing G, Hui-Chan C. Would the addition of TENS to exercise training produce better physical performance outcomes in people with knee osteoarthritis than either intervention alone? *Clin Rehabil*. 2004; 18(5): 487-497.
224. Jubrias S, Esselman P, Price L, Cress M, Conley K. Large energetic adaptations of elderly muscle to resistance and endurance training. *J Appl Physiol*. 2001; 90: 1663-1670.
225. Greiwe JS, Cheng B, Rubin DC, Yarasheski KE, Semenkovich CF. Resistance exercise decreases skeletal muscle tumor necrosis factor alpha in frail elderly humans. *FASEB J*. 2001; 15(2): 475-82.
226. Reid K, Callahan D, Carabello R, Phillips E, Frontera W, Fielding R. Lower extremity power training in elderly subjects with mobility limitations: a randomized controlled trial. *Aging Clin Exp Res*. 2008; 20(4): 337-43.
227. Charette S, McEvoy L, Pyka G, Snow-Harter C, Guido D, Wiswell R, Marcus R. Muscle hypertrophy response to resistance training in older women. *J Appl Physiol*. 1991; 70(5): 1912-1916.
228. Taaffe D, Pruitt L, Pyka G, Guido D, Marcus R. Comparative effects of high- and low-intensity resistance training on thigh muscle strength, fiber area, and tissue composition in elderly women. *Clin Physiol*. 1996; 16(4): 381-392.
229. Holviala J, Sallinen J, Kraemer W, Alen M, Häkkinen K. Effects of strength training on muscle strength characteristics, functional capabilities, and

- balance in middle-aged and older women. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(2): 336-344.
230. Durmuş D, Alayl G, Cantürk F. Effects of quadriceps electrical stimulation program on clinical parameters in the patients with knee osteoarthritis. *Clin Rheumatol.* 2007; 26: 674-678.
231. Tsourlou T, Benik A, Dipla K, Zafeiridis A, Kellis S. The effects of a twenty-four-week aquatic training program on muscular strength performance in healthy elderly women. *J Strength Cond Res.* 2006; 20(4): 811-8.
232. Agre J, Pierce L, Raab D, McAdams M, Smith E. Light resistance and stretching exercise in elderly women: effect upon strength. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 69(4): 273-6.
233. Lewis D, Kamon E, Hodgson J. Physiological differences between genders. Implications for sports conditioning. *Sports Med.* 1986; 3(5): 357-369.
234. Aniansson A, Rundgren A, Sperling L. Evaluation of functional capacity in activities of daily living in 70-year-old men and women. *Scand J Rehabil Med.* 1980; 12: 145-154.
235. Borges O. Isometric and isokinetic knee extension and flexion torque in men and women aged 20-70. *Scand J Rehabil Med.* 1989; 21: 45-53.
236. Folland J, Williams A. The adaptations to strength training: morphological and neurological contributions to increased strength. *Sports Med.* 2007; 37(2): 145-68.
237. Adamson M, MacQuaide N, Helgerud J, Hoff J, Kemi J. Unilateral arm strength training improves contralateral peak force and rate of force development. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 103: 553-559.
238. Van Cutsem M, Duchateau J, Hainaut K. Changes in single motor unit behaviour contribute to the increase in contraction speed after dynamic training in humans. *J Physiol.* 1998; 513: 295-305.
239. Narici M, Roi GS, Landoni L, Minetti AE, Cerretelli P. Changes in force, cross-sectional area and neural activation during strength training and detraining of the human quadriceps. *Eur J Appl Physiol.* 1989; 59: 310-319.
240. Narici MV, Hoppeler H, Kayser B, Landoni L, Claassen H, Gavardi C, Conti M, Cerretelli P. Human quadriceps crosssectional area, torque and neural activation during 6 months strength training. *Acta Physiol Scand.* 1996; 157: 175-186.
241. Caggiano E, Emrey T, Shirley S, Craik R. Effects of electrical stimulation or voluntary contraction for strengthening the quadriceps femoris muscles in an aged male population. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1994; 20(1): 22-8.
242. Daly R, Ahlborg H, Ringsberg K, Gardsell P, Sernbo I, Karlsson M. Association between changes in habitual physical activity and changes in bone density, muscle strength, and functional performance in elderly men and women. *J Am Geriatr Soc.* 2008; 56(12): 2252-2260.

-
243. Cetin N, Aytar A, Atalay A, Akman M. Comparing hot pack, short-wave diathermy, ultrasound, and TENS on isokinetic strength, pain, and functional status of women with osteoarthritic knees: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2008; 87(6): 443-451.
244. Brown AB, McCartney N, Sale DG. Positive adaptations to weight-lifting training in the elderly. *J Appl Physiol.* 1990; 69: 1725-1733.
245. Delitto A, Rose S. Comparative comfort of three waveforms used in electrically eliciting quadriceps femoris muscle contractions. *Physical Therapy.* 1986; 66(11): 1704-1707.
246. Asikainen T, Kukkonen-Harjula K, Miilunpalo S. Exercise for health for early postmenopausal women: a systematic review of randomised controlled trials. *Sports Med.* 2004; 34(11): 753-78.
247. Widrick JJ, Stelzer JE, Shoepe TC, Garner DP. Functional properties of human muscle fibers after short-term resistance exercise training. *Am. J. Physiol. Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2002; 283: R408-R416.
248. Harridge S, Kryger A, Stensgaard A. Knee extensor strength, activation, and size in very elderly people following strength training. *Muscle Nerve.* 1999; 22(7): 831-9.
249. Parker ND, Hunter GR, Treuth MS, Kekes-Szabo T, Kell SH, Weinsier R, White M. Effects of strength training on cardiovascular responses during a submaximal walk and a weight-loaded walking test in older females. *J Cardiopulm Rehabil.* 1996; 16(1): 56-62.
250. Häkkinen K, Häkkinen A. Neuromuscular adaptations during intensive strength training in middle-aged and elderly males and females. *Electromyogr Clin Neurophysiol.* 1995; 35(3): 137-47.
251. Baum K. Significance of physical training on prevention in elderly patients. *Ther Umsch.* 2002; 59(7): 323-7.
252. Dehail P, Duclos C, Barat M. Electrical stimulation and muscle strengthening. *Annales de réadaptation et de médecine physique.* 2008; 51: 441-451.
253. Reeves N, Maganaris C, Longo S, Narici M. Differential adaptations to eccentric versus conventional resistance training in older humans. *Exp Physiol.* 2009; 94(7): 825-33.
254. Fielding RA. The role of progressive resistance training and nutrition in the preservation of lean body mass in the elderly. *J Am Coll Nutr.* 1995; 14(6): 587-94.
255. Dupler TL, Cortes C. Effects of a whole-body resistive training regimen in the elderly. *Gerontology.* 1993; 39: 314-319.
256. Grimby G, Aniansson A, Hedberg M, Henning G, Grangård U, Kvist H. Training can improve muscle strength and endurance in 78- to 84-yr-old men. *J Appl Physiol.* 1992; 73(6): 2517-2523.

257. Colliander EB, Tesch PA. Effects of detraining following short term resistance training on eccentric and concentric muscle strength. *Acta Physiol Scand.* 1992; 144(1): 23-9.
258. Weir JP, Housh DJ, Housh TJ, Weir LL. The effect of unilateral concentric weight training and detraining on joint angle specificity, cross-training, and the bilateral deficit. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1997; 25(4): 264-70.
259. Sforzo GA, McManis BG, Black D, Luniewski D, Scriber KC. Resilience to exercise detraining in healthy older adults. *J Am Geriatr Soc.* 1995; 43(3): 209-15.
260. Taaffe DR, Marcus R. Dynamic muscle strength alterations to detraining and retraining in elderly men. *Clin Physiol.* 1997; 17(3): 311-24.
261. Kraemer WJ, Koziris LP, Ratamess NA, Häkkinen K, Triplett-McBride NT, Fry AC, Gordon SE, Volek JS, French DN, Rubin MR, Gomez AL, Sharman MJ, Michael LJ, Izquierdo M, Newton RU, Fleck SJ. Detraining produces minimal changes in physical performance and hormonal variables in recreationally strength-trained men. *J Strength Cond Res.* 2002; 16: 373-382.
262. Mujika I, Padilla S. Muscular characteristics of detraining in humans. *Med Sci Sports Exerc.* 2001; 33: 1297-1303.
263. Hortobágyi T, Houmard JA, Stevenson JR, Fraser DD, Johns RA, Israel RG. The effects of detraining on power athletes. *Med Sci Sports Exerc.* 1993; 25: 929-935.
264. Andersen L, Andersen J, Magnusson S, Suetta C, Madsen J, Christensen L, Aagaard P. Changes in the human muscle force-velocity relationship in response to resistance training and subsequent detraining. *J Appl Physiol.* 2005; 99: 87-94.
265. Carvalho M, Marques E, Mota J. Training and detraining effects on functional fitness after a multicomponent training in older women. *Gerontology.* 2009; 55(1): 41-8.
266. Ourania M, Yvoni H, Christos K, Ionannis T. Effects of a physical activity program. The study of selected physical abilities among elderly women. *J Gerontol Nurs.* 2003; 29(7): 50-5.
267. Barroso WK, Jardim PC, Vitorino PV, Bittencourt A, Miquetichuc F. The influence of programmed physical activity on blood pressure of hypertensive elderly patients on non-pharmacological treatment. *Rev Assoc Med Bras.* 2008; 54(4): 328-33.
268. Cao Z, Maeda A, Shima N, Kurata H, Nishizono H. The effect of a 12-week combined exercise intervention program on physical performance and gait kinematics in community-dwelling elderly women. *J Physiol Anthropol.* 2007; 26(3): 325-32.
269. Morey MC, Cowper PA, Feussner JR, DiPasquale RC, Crowley GM, Samsa GP, Sullivan RJ Jr. Two-year trends in physical performance following supervised exercise among community-dwelling older veterans. *J Am Geriatr Soc.* 1991; 39(10): 986-92.

-
270. Stewart K, Bacher A, Turner K, Fleg J, Hees P, Shapiro E, Tayback M, Ouyang P. Effect of exercise on blood pressure in older persons: a randomized controlled trial. *Arch Intern Med*. 2005; 165(7): 756-62.
271. Hallage T, Krause M, Haile L, Miculis C, Nagle E, Reis R, Da Silva S. The effects of 12 weeks of step aerobics training on functional fitness of elderly women. *J Strength Cond Res*. 2010; 24(8): 2261-6.
272. Baroni G, Calvo JI. Influencia de un programa de la actividad física controlada sobre la densidad mineral ósea medida con ultrasonido y parámetros de la salud. *Tesis Doctoral*. 2011; Salamanca: Universidad de Salamanca.
273. Petrofsky J. Electrical stimulation: neurophysiological basis and application. *Basic Appl Myol*. 2004; 14(4): 205-213.
274. Herrero J, García-López J. Análisis y valoración de los efectos del entrenamiento con estimulación eléctrica neuromuscular. *RendimientoDeportivo.com*. 2002; 3.
275. Ward A. Electrical stimulation using kilohertz-frequency alternating current. *Phys Ther*. 2009; 89(2): 181-190.
276. Dolhem R. The history of electrostimulation in rehabilitation medicine. *Ann Readapt Med Phys*. 2008; 51(6): 427-31.
277. Dreibati B, Lavet C, Pinti A, Poumarat G. Influence of electrical stimulation frequency on skeletal muscle force and fatigue. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2010; 53: 266-277.
278. Delitto A. Introduction to “Russian electrical stimulation”: putting this perspective into perspective”. *Phys Ther*. 2002; 82(10): 1017-1018.
279. Ward A, Shkuratova N. Russian electrical stimulation: the early experiments. *Phys Ther*. 2002; 82(10): 1019-1030.
280. Rooney J, Currier D, Nitz A. Effect of variation in the burst and carrier frequency modes of neuromuscular electrical stimulation on pain perception of healthy subjects. *Phys Ther*. 1992; 72(11): 800-409.
281. Mohr T, Carlson B, Sulentic C, Landry R. Comparison of isometric exercise and high volt galvanic stimulation on quadriceps femoris muscle strength. *Phys Ther*. 1985; 65(5): 606-609.
282. Selkowitz DM. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Phys Ther*. 1985; 65(2): 186-96.
283. Petrofsky J, Suh H, Gunda J, Prowse M, Batt J. Interrelationships between body fat and skin blood flow and the current required for electrical stimulation of human muscle. *Medical Engineering & Physics*. 2008; 30: 931-936.
284. St Pierre D, Taylor AW, Lavoie M, Sellers W, Kots YM. Effects of 2500 Hz sinusoidal current on fibre area and strength of the quadriceps femoris. *J Sports Med Phys Fitness*. 1986; 26(1): 60-6.
-

285. Paillard T, Lafont C, Pérès C, Costes-salon M, Soulat J, Montoya R, Dupui P. Is electrical stimulation with voluntary muscle contraction of physiologic interest in aging women? *Ann Readapt Med Phys*. 2005; 48(1): 20-28.
286. Talbot L, Gaines J, Ling S, Metter E. A home-based protocol of electrical muscle stimulation for quadriceps muscle strength in older adults with osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol*. 2003; 30(7): 1571-8.
287. Suetta C, Aagaard P, Rosted A, Jakobsen AK, Duus B, Kjaer M, Magnusson SP. Training-induced changes in muscle CSA, muscle strength, EMG, and rate of force development in elderly subjects after long-term unilateral disuse. *J Appl Physiol*. 2004; 97(5): 1954-61.
288. Dreibati B, Lavet C, Pinti A, Poumarat G. Characterization of an electric stimulation protocol for muscular exercise. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2011; 54: 25-35.
289. Paillard T, Lafont C, Soulat J, Costes-Salon M, Mario B, Montoya R, Dupui P. Neuromuscular effects of three training methods in ageing women. *J Sports Med Phys Fitness*. 2004; 44(1): 87-91.
290. Malatesta, D, Cattaneo, F, Dugnani, S, and Maffiuletti, NA. Effects of electromyostimulation training and volleyball practice on jumping ability. *J Strength Cond Res*. 2003; 17: 573-579.
291. Hortobágyi T, Scott K, Lambert J, Hamilton G, Tracy J. Cross-education of muscle strength is greater with stimulated than voluntary contractions. *Motor Control*. 1999; 3(2): 205-219.
292. Amiridis I, Arabatzi F, Violaris P, Stavropoulos E, Hatzitaki V. Static balance improvement in elderly after dorsiflexors electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol*. 2005; 94(4): 424-33.
293. Paillard T, Lafont C, Costes-Salon M, Dupui P. Comparison between three strength development methods on body composition in healthy elderly women. *J Nutr Health Aging*. 2003; 7(2): 117-9.
294. Laughman R, Youdas J, Garrett T, Chao E. Strength changes in the normal quadriceps femoris muscle as a result of electrical stimulation. *Physical Therapy*. 1983; 63(4): 494-499.
295. Scott W, Causey J, Marshall T. Comparison of maximum tolerated muscle torques produced by 2 pulse durations. *Phys Ther*. 2009; 89(8): 851-857.
296. Laufer Y, Ries J, Leininger P, Alon G. Quadriceps femoris muscle torques and fatigue generated by neuromuscular electrical stimulation with three different waveforms. *Phys Ther*. 2001; 81(7): 1307-1316.
297. Snyder-Mackler L, Delitto A, Bailey S, Stralka S. Strength of the quadriceps femoris muscle and functional recovery after reconstruction of the anterior cruciate ligament. A prospective, randomized clinical trial of electrical stimulation. *J Bone Joint Surg Am*. 1995; 77(8): 1166-73.
298. Selkowitz D, Rossman E, Fitzpatrick S. Effect of burst-modulated alternating current carrier frequency on current amplitude required to produce maximally

- tolerated electrically stimulated quadriceps femoris knee extension torque. *Am J Phys Med Rehabil.* 2009; 88: 973-978.
299. Parker M, Keller L, Evenson J. Torque responses in human quadriceps to burst-modulated alternating current at 3 carrier frequencies. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2005; 35(4): 239-45.
300. Ward A, Robertson V. Variation in torque production with frequency using medium frequency alternating current. *Arch Phys Med Rehabil.* 1998; 79: 1399-1404.
301. Brooks M, Smith E, Currier D. Effect of Longitudinal Versus Transverse Electrode Placement on Torque Production by the Quadriceps Femoris Muscle during Neuromuscular Electrical Stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1990; 11(11): 530-534.
302. Merletti R, Knaflitz M, DeLuca C. Electrically evoked myoelectric signals. *Crit Rev Biomed Eng.* 1992; 19(4): 293-340.
303. Owens J, Malone T. Treatment parameters of high frequency electrical stimulation as established on the Electro-Stim 180. *J Orthop Sports Phys Ther.* 1983; 4(3): 162-8.
304. Stevenson S, Dudley G. Dietary creatine supplementation and muscular adaptation to resistive overload. *Med. Sci. Sports Exerc.* 2001; 33: 1304-1310.
305. Stevens J, Mizner R, Snyder-Mackler L. Neuromuscular electrical stimulation for quadriceps muscle strengthening after bilateral total knee arthroplasty: a case series. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2004; 34(1): 21-29.
306. Selkowitz D. Improvement in isometric strength of the quadriceps femoris muscle after training with electrical stimulation. *Phys Ther.* 1985; 65(2): 186-196.
307. Rich N. Strength training via high frequency electrical stimulation. *J Sports Med Phys Fitness.* 1992; 32(1): 19-25.
308. Palmieri-Smith R, Thomas A, Karvonen-Gutierrez C, Sowers M. A clinical trial of neuromuscular electrical stimulation in improving quadriceps muscle strength and activation among women with mild and moderate osteoarthritis. *Phys Ther.* 2010; 90(10): 1441-1452.
309. Kim K, Croy T, Saliba S. Effects of neuromuscular electrical stimulation after anterior cruciate ligament reconstruction on quadriceps strength, function, and patient-oriented outcomes: a systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* 2010; 40(7): 383-391.
310. Bennie S, Petrofsky J, Nisperos J, Tsurudome M, Laymon M. Toward the optimal waveform for electrical stimulation of human muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2002; 88: 13-19.
311. Harbour R, Miller J. A new system for grading recommendations in evidence based guidelines. *BMJ.* 2001; 323: 334-6.

312. Bjordal J, Johnson M, Lopes-Martins R, Bogen B, Chow R, Ljunggren A. Short-term efficacy of physical interventions in osteoarthritic knee pain. A systematic review and meta-analysis of randomised placebo-controlled trials. *BMC Musculoskelet Disord.* 2007; 8: 51.
313. Fary R, Carroll G, Briffa T, Briffa N. The effectiveness of pulsed electrical stimulation in the management of osteoarthritis of the knee: results of a double-blind, randomized, placebo-controlled, repeated-measures trial. *Arthritis Rheum.* 2011; 63(5): 1333-42.
314. Petrofsky J, Prowse M, Bain M, Ebilane E, Suh H, Batt J, Lawson D, Hernandez V, Abdo A, Yang T, Mendoza E, Collins K, Laymon M. Estimation of the distribution of intramuscular current during electrical stimulation of the quadriceps muscle. *Eur J Appl Physiol.* 2008; 103: 265-273.
315. Zory R, Jubeau M, Maffiuletti N. Contractile impairment after quadriceps strength training via electrical stimulation. *J Strength Cond Res.* 2010; 24(2): 458-464.
316. Romero JA, Sanford TL, Schroeder RV, Fahey TD. The effects of electrical stimulation of normal quadriceps on strength and girth. *Med Sci Sports Exerc.* 1982; 14: 194-197.
317. Singer K. The influence of unilateral electrical muscle stimulation on motor unit activity patterns in atrophic human quadriceps. *Aust. J. Physiother.* 1986; 32: 31-37.
318. Binder-Macleod S, McDemzorui L. Changes in the force-frequency relationship of the human quadriceps femoris muscle following electrically and voluntarily induced fatigue. *Phys Ther.* 1992; 72(2): 95-104.
319. Delitto A, Rose S, Mckowen J, Lehman R, Thomas J, Shively R. Electrical stimulation versus voluntary exercise in strengthening thigh musculature after anterior cruciate ligament surgery. *Phys Ther.* 1988; 68(5): 660-663.
320. Soo C-L, Currier D, Threlkeld J. Augmenting voluntary torque of healthy muscle by optimization of electrical stimulation. *Physical Therapy.* 1988; 68(3): 333-337.
321. Wigerstad-Lossing I, Grimby G, Jonsson T, Morelli B, Peterson L, Renström P. Effects of electrical muscle stimulation combined with voluntary contractions after knee ligament surgery. *Med Sci Sports Exerc.* 1988; 20: 93-98.
322. Laufer Y, Elboim M. Effect of burst frequency and duration of kilohertz-frequency alternating currents and of low-frequency pulsed currents on strength of contraction, muscle fatigue, and perceived discomfort. *Phys Ther.* 2008; 88(10): 1167-1176.
323. Gondin J, Guette M, Ballay Y, Martin A. Neural and muscular changes to detraining after electrostimulation training. *Eur J Appl Physiol.* 2006; 97: 165-173.

324. Quittan M, Wiesinger GF, Sturm B, Puig S, Mayr W, Sochor A, Paternostro T, Resch KL, Pacher R, Fialka-Moser V. Improvement of thigh muscles by neuromuscular electrical stimulation in patients with refractory heart failure: a single-blind, randomized, controlled trial. *Am J Phys Med Rehabil.* 2001; 80(3): 206-14.
325. Pekindil Y, Sarikaya A, Birtane M, Pekindil G, Salan A. ^{99m}Tc-sestamibi muscle scintigraphy to assess the response to neuromuscular electrical stimulation of normal quadriceps femoris muscle. *Ann Nucl Med.* 2001; 15(4): 397-401.
326. Reger SI, Hyodo A, Negami S, Kambic HE, Sahgal V. Experimental wound healing with electrical stimulation. *Artif Organs.* 1999; 23: 460-2.
327. Quittan M, Sochor A, Wiesinger GF, Kollmitzer J, Sturm B, Pacher R, Mayr W. Strength improvement of knee extensor muscles in patients with chronic heart failure by neuromuscular electrical stimulation. *Artif Organs.* 1999; 23: 432-5.
328. García E, Padilla I, Franco M. Metodología de la electroestimulación en el deporte. *Rev Iberoam Fisioter Kinesiol.* 2001; 4(1).
329. Maffiuletti N, Herrero A, Jubeau M, Impellizzeri F, Bizzini M. Differences in electrical stimulation thresholds between men and women. *Ann Neurol.* 2008; 63: 507-512.
330. Bourjeily-Habr G, Rochester CL, Palermo F, Snyder P, Mohsenin V. Randomised controlled trial of transcutaneous electrical muscle stimulation of the lower extremities in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Thorax.* 2002; 57: 1045-1049.
331. Trimble M, Enoka R. Mechanisms underlying the training effects associated with neuromuscular electrical stimulation. *Phys Ther.* 1991; 71(4): 273-282.
332. Delitto A, Strube M, Shulman A, Minor S. A study of discomfort with electrical stimulation. *Phys Ther.* 1992; 72(6): 410-424.
333. Currier DP, Mann R. Muscular strength development by electrical stimulation in healthy individuals. *Phys Ther.* 1983; 63(6): 915-21.
334. Kramer J. Effect of electrical stimulation current frequencies on isometric knee extension torque. *Physical Therapy.* 1987; 67(1): 31-38.
335. Henneman E, Somjen G, Carpenter D. Functional significance of cell size in spinal motoneurons. *J Neurophysiol.* 1965; 28: 560-580.
336. Sinacore D, Delitto A, King D, Rose S. Type II fiber activation with electrical stimulation: a preliminary report. *Phys Ther.* 1990; 70(7): 416-422.
337. Paillard T, Margnes E, Maitre J, Chaubet V, François Y, Jully J, Gonzalez G, Borel L. Electrical stimulation superimposed onto voluntary muscular contraction reduces deterioration of both postural control and quadriceps femoris muscle strength. *Neuroscience.* 2010; 165: 1471-1475.

338. Garnett R, Stephens JA. Changes in the recruitment threshold of motor units produced by cutaneous stimulation in man. *J Physiol (Lond)*. 1981; 31: 463-473.
339. Paillard T, Noé F, Passelergue P, Dupui P. Electrical stimulation superimposed onto voluntary muscular contraction. *Sports Med*. 2005; 35(11): 951-966.
340. Bickel C, Slade J, Warren G, Dudley G. Fatigability and variable-frequency train stimulation of human skeletal muscles. *Phys Ther*. 2003; 83(4): 366-373.
341. Delitto A, Brown M, Strube MJ, Rose SJ, Lehman RC. Electrical stimulation of quadriceps femoris in an elite weight lifter: a single subject experiment. *Int J Sports Med*. 1989; 10: 187-191.
342. Slade JM, Bickel CS, Warren GL, Dudley GA. Variable frequency trains enhance torque independent of stimulation amplitude. *Acta Physiol Scand*. 2003; 177: 87-92.
343. Binder-Macleod SA, Halden EE, Jungles KA. Effects of stimulation intensity on the physiological responses of human motor units. *Med Sci Sports Exerc*. 1995; 27: 556-565.
344. Adams GR, Harris RT, Woodard D, Dudley GA. Mapping of electrical muscle stimulation using MRI. *J Appl Physiol*. 1993; 74: 532-537.
345. Lyons C, Robb J, Irrgang J, Fitzgerald G. Differences in quadriceps femoris muscle torque when using a clinical electrical stimulator versus a portable electrical stimulator. *Phys Ther*. 2005; 85(1): 44-51.
346. Nolan M. Conductive differences in electrodes used with transcutaneous electrical nerve stimulation devices. *Phys Ther*. 1991; 71(10): 746-751.
347. Botter A, Oprandi G, Lanfranco F, Allasia S, Maffiuletti NA, Minetto MA. Atlas of the muscle motor points for the lower limb: implications for electrical stimulation procedures and electrode positioning. *Eur J Appl Physiol*. 2011; 111(10): 2461-71.
348. Alon G, Kantor G, Ho H. Effects of electrode size on basic excitatory responses and on selected stimulus parameters. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994; 20(1): 29-35.
349. Lee S, Gerdom M, Binder-Macleod S. Effects of length on the catchlike property of human quadriceps femoris muscle. *Phys Ther*. 1999; 79(8): 738-748.
350. Kubiak RJ, Whitman KM, Johnston RM. Changes in quadriceps femoris muscle strength using isometric exercise versus electrical stimulation. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1987; 8(11): 537-541.
351. Parker M, Bennett M, Hieb M, Hollar A, Roe A. Strength response in human quadriceps femoris muscle during 2 neuromuscular electrical stimulation programs. *J Orthop Sports Phys Ther*. 2003; 33(12): 719-726.

-
352. Halbach JW, Straus D. Comparison of electro-myoelectric stimulation to isokinetic training in increasing power of the knee extensor mechanism. *Journal of Orthopaedic and Sports Physical Therapy*. 1980; 2: 20-24.
353. Rodríguez Martín JM. *Electroterapia en Fisioterapia*. 2ª ed. Madrid: Editorial Medica Panamericana, 2005.
354. Grillo D, Simões A. Atividade física convencional (musculação) E aparelho eletroestimulador: um estudo da contração muscular. Estimulação elétrica: mito ou verdade? *Revista Mackenzie de Educação Física e Esporte*. 2003; 2(2): 31-43.
355. Gracanic F, Trnkoczy A. Optimal stimulus parameters for minimum pain in the chronic stimulation of innervated muscle. *Arch Phys Med Rehabil*. 1975; 56: 243-9.
356. Milner M, Quanbury AO, Basmajian JV. Force, pain and electrode size in the electrical stimulation of leg muscles. *Nature*. 1969; 223(206): 645.
357. Lai HS, DeDomenico G, Strauss GR. The effects of different electro-motor stimulation training intensities on strength improvement. *Australian J Physiother*. 1988; 34: 151-164.
358. Bergman B, Martin D, Wilkinson J. Knee extensor torque and perceived discomfort during symmetrical biphasic electromyostimulation. *J Strength Cond Res*. 2001; 15(1): 1-5.
359. Vcdovnik L, Long CP, Lippay C. Pain response to different tetanizing currents. *Arch Phys Med*. 1965; 46: 187-192.
360. Crochetiere WJ, Vcdovnik L, Reswick JB. Electrical stimulation of skeletal muscle. *Med Biol Eng*. 1967; 5: 111-125.
361. Paillard T. Combined application of neuromuscular electrical stimulation and voluntary muscular contractions. *Sports Med*. 2008; 38(2): 161-77.
362. Strojnik V. The effects of superimposed electrical stimulation of the quadriceps muscles on performance in different motor tasks. *J Sports Med Phys Fit*. 1998; 38(3): 194-200.
363. Poumarat G, Squire P, Lawani M. Effect of electrical stimulation superimposed with isokinetic contractions. *J Sports Med Phys Fitness*. 1992; 32(3): 227-233.
364. Berg HE, Tesch PA. Changes in muscle function in response to 10 days of lower limb unloading in humans. *Acta Physiol Scand*. 1996; 157: 63-70.
365. Deschenes MR, Giles JA, McCoy RW, Volek JS, Gomez AL, Kraemer WJ. Neural factors account for strength decrements observed after short-term muscle unloading. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. 2002; 282: R578-R583.
366. Gondin J, Guette M, Maffiuletti NA, Martin A. Neural activation of the triceps surae is impaired following 2 weeks of immobilization. *Eur J Appl Physiol*. 2004; 93: 359-365.

367. Labarque VL, Op't Eijnde B, Van Leemputte M. Effect of immobilization and retraining on torque-velocity relationship of human knee flexor and extensor muscles. *Eur J Appl Physiol*. 2002; 86: 251-257.
368. Urso ML, Clarkson PM, Price TB. Immobilization effects in young and older adults. *Eur J Appl Physiol*. 2006; 96: 564-571.
369. Farthing J, Krentz J, Magnus C. Strength training the free limb attenuates strength loss during unilateral immobilization. *J Appl Physiol*. 2009; 106: 830-836.
370. Hortobágyi T, Dempsey L, Fraser D, Zheng D, Hamilton G, Lambert J, Dohm L. Changes in muscle strength, muscle fibre size and myofibrillar gene expression after immobilization and retraining in humans. *J Physiol*. 2000; 524: 293-304.
371. Marqueste, T, Hug, P, Decherchi, P, and Jammes, Y. Changes in neuromuscular function after training by functional electrical stimulation. *Muscle Nerve*. 2003; 28: 181-188.
372. Herrero JA, Izquierdo M, Maffiuletti NA, García-López J. Electromyostimulation and plyometric training effects on jumping and sprint time. *Int J Sports Med*. 2006; 27(7): 533-9.
373. Maffiuletti NA, Dugnani S, Folz M, Di Pierno E, Mauro F. Effect of combined electrostimulation and plyometric training on vertical jump height. *Med Sci Sports Exerc*. 2002; 34: 1638-1644.
374. Kadi F, Schjerling P, Andersen LL, Charifi N, Madsen JL, Christensen LR, Andersen JL. The effects of heavy resistance training and detraining on satellite cells in human skeletal muscles. *J Physiol*. 2004; 558: 1005-1012.
375. Argimon JM, Jimenez J. *Metodos de investigacion clinica y epidemiologica*. 1ª ed. Madrid: Harcourt, 2000.
376. Lazcano-Ponce E, Salazar-Martínez E, Gutiérrez-Castrellón P, Angeles-Llerenas A, Hernández-Garduño A, Viramontes JL. Randomized clinical trials: variants, randomization methods, analysis, ethical issues and regulations. *Salud Publica Mex*. 2004; 46(6): 559-84.
377. Viera AJ, Bangdiwala SI. Eliminating bias in randomized controlled trials: importance of allocation concealment and masking. *Fam Med*. 2007; 39(2): 132-7.
378. Glasser SP, Howard G. Clinical trial design issues: at least 10 things you should look for in clinical trials. *J Clin Pharmacol*. 2006; 46(10): 1106-15.
379. Schulz KF, Altman DG, Moher D y Group, CONSORT. CONSORT 2010 Statement: updated guidelines for reporting parallel group randomised trials. *BMC Med*. 2010; 8: 18.
380. Vickers AJ. How to randomize. *J Soc Integr Oncol*. 2006; 4(4): 194-8.
381. Forder PM, Gebiski VJ, Keech AC. Allocation concealment and blinding: when ignorance is bliss. *Med J Aust*. 2005; 182(2): 87-9.

-
382. Pildal J, Chan AW, Hróbjartsson A, Forfang E, Altman DG, Gøtzsche PC. Comparison of descriptions of allocation concealment in trial protocols and the published reports: cohort study. *BMJ*. 2005; 330(7499): 1049-53.
383. Hróbjartsson A, Forfang E, Haahr MT, Als-Nielsen B, Brorson S. Blinded trials taken to the test: an analysis of randomized clinical trials that report tests for the success of blinding. *Int J Epidemiol*. 2007; 36(3): 654-63.
384. Attia A. Bias in RCTs: confounders, selection bias and allocation concealment. *Middle East Fertility Society Journal*. 2005; 10(3): 258-261.
385. Boutron I, Guttet L, Estellat C, Moher D, Hróbjartsson A, Ravaud P. Reporting methods of blinding in randomized trials assessing nonpharmacological treatments. *PLoS Med*. 2007; 4(2): e61.
386. Farthing J, Borowsky R, Chilibeck P, Binsted G, Sarty G. Neurophysiological adaptations associated with cross-education of strength. *Brain Topogr*. 2007; 20: 77-88.
387. Fary R, Carroll G, Briffa T, Gupta R, Briffa N. The effectiveness of pulsed electrical stimulation (E-PES) in the management of osteoarthritis of the knee: a protocol for a randomised controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disord*. 2008; 9: 18.
388. Aquino M, Garcez-Leme L. Isokinetic dynamometry in elderly women undergoing total knee arthroplasty: a comparative study. *Clinics*. 2006; 61(3): 215-22.
389. Fielding RA, LeBrasseur NK, Cuoco A, Bean J, Mizer K, Fiatarone Singh MA. High-velocity resistance training increases skeletal muscle peak power in older women. *J Am Geriatr Soc*. 2002; 50(4): 655-62.
390. Cramer J, Housh T, Coburn J, Beck T, Johnson G. Acute effects of static stretching on maximal eccentric torque production in women. *J Strength Cond Res*. 2006; 20(2): 354-8.
391. Frontera W, Hughes V, Dallal G, Evans W. Reliability of isokinetic muscle strength testing in 45- to 78-year-old men and women. *Arch Phys Med Rehabil*. 1993; 74(11): 1181-5.
392. Gür H, Cakin N. Muscle mass, isokinetic torque, and functional capacity in women with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil*. 2003; 84(10): 1534-41.
393. Theou O, Gareth J, Brown L. Effect of rest interval on strength recovery in young and old women. *J Strength Cond Res*. 2008; 22(6): 1876-81.
394. Ploutz-Snyder L, Giamis E, Formikell M, Rosenbaum A. Resistance training reduces susceptibility to eccentric exercise-induced muscle dysfunction in older women. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001; 56(9): B384-90.
395. Barbosa A, Santarém J, Filho W, Marucci Mde F. Effects of resistance training on the sit-and-reach test in elderly women. *J Strength Cond Res*. 2002; 16(1): 14-8.

396. Voorrips L, Lemmink K, van Heuvelen M, Bult P, van Staveren W. The physical condition of elderly women differing in habitual physical activity. *Med Sci Sports ExerC*. 1993; 25(10): 1152-7.
397. Rexrode KM, Carey VJ, Hennekens CH, Walters EE, Colditz GA, Stampfer MJ, Willett WC, Manson JE. Abdominal adiposity and coronary heart disease in women. *JAMA*. 1998; 280(21): 1843-8.
398. Boyette L, Sharon B, Brandon L. A follow-up study on the effects of strength training with older adults. *J Nutr Health Aging*. 1997; 1(2): 109-113.
399. Shade S. Use of transcutaneous electrical nerve stimulation for a patient with a cardiac pacemaker. *Phys Ther*. 1985; 65(2): 206-208.
400. Durmuş D, Durmaz Y, Canturk F. Effects of therapeutic ultrasound and electrical stimulation program on pain, trunk muscle strength, disability, walking performance, quality of life, and depression in patients with low back pain: a randomized-controlled trial. *Rheumatol Int*. 2010; 30(7): 901-10.
401. Corso S, Nápolis L, Malaguti C, Gimenes A, Albuquerque A, Nogueira C, De Fuccio M, Pereira R, Bulle A, McFarlane N, Nery L, Neder J. Skeletal muscle structure and function in response to electrical stimulation in moderately impaired COPD patients. *Respiratory Medicine*. 2007; 101: 1236-1243.
402. Dvir Z, David G. Suboptimal muscular performance: measuring isokinetic strength of knee extensors with new testing protocol. *Arch Phys Med Rehabil*. 1996; 77: 578-81.
403. Maurer B, Stern A, Kinossian B, Cook K, Schumacher R. Osteoarthritis of the knee: isokinetic quadriceps exercise versus an educational intervention. *Arch Phys Med Rehabil*. 1999; 80: 1293-1299.
404. Tok F, Aydemir K, Peker F, Safaz I, Taşkaynatan MA, Özgül A. The effects of electrical stimulation combined with continuous passive motion versus isometric exercise on symptoms, functional capacity, quality of life and balance in knee osteoarthritis: randomized clinical trial. *Rheumatol Int*. 2011; 31(2): 177-81.
405. Law PP, Cheing GL, Tsui AY. Does transcutaneous electrical nerve stimulation improve the physical performance of people with knee osteoarthritis? *J Clin Rheumatol*. 2004; 10(6): 295-9.
406. Benavent J, Tella V, González-Millan I, Colado J. Comparação de diferentes testes de campo para a avaliação da flexibilidade geral ativa. *Fif Perf J*. 2008; 7(1): 26-9.
407. Colombo R, Aguillar O, Gallani M, Gobatto C. Caracterização da obesidade em pacientes com infarto do miocárdio. *Rev. Latino-Am. Enfermagem*. 2003; 11(4): 461-7.
408. Organización Mundial de la Salud (OMS). *Obesity: Preventing and Managing the Global Epidemic. Report of a WHO Consultation on Obesity*. Geneva, Switzerland: World Health Organization, 2000.

-
409. Foster H, Lukaski K. Whole body impedance - what does it measure? *Am J Clin Nutr.* 1996; 64(3): 388S-396S.
410. Moreno V, Gandoy B, González M, Herranz S, Cámara A, Otero M. Validación del monitor de medición de la grasa corporal por impedancia bioeléctrica OMRON BF 300. *Atención Primaria.* 2001; 28(3): 174-181.
411. Lean MEJ, Han TS, Morrison CE. Waist circumference indicates the need for weight management. *BMJ.* 1995; 311: 158-61.
412. Han TS, van Leer EM, Seidell JC, Lean ME. Waist circumference action levels in the identification of cardiovascular risk factors: prevalence study in a random sample. *BMJ.* 1995; 311(7017): 1401-5.
413. Higgins M, Kannel W, Garrison R, Pinsky J, Stokes J 3rd. Hazards of obesity - the Framingham experience. *Acta Med Scand Suppl.* 1988; 723: 23-36.
414. Kannel WB, Cupples LA, Ramaswami R, Stokes J 3rd, Kreger BE, Higgins M. Regional obesity and risk of cardiovascular disease; the Framingham Study. *J Clin Epidemiol.* 1991; 44(2): 183-90.
415. Rexrode KM, Buring JE, Manson JE. Abdominal and total adiposity and risk of coronary heart disease in men. *Int J Obes Relat Metab Disord.* 2001; 25(7): 1047-56.
416. Santos F, Rodrigues R, Trindade-Filho E. Physical exercise versus exercise program using electrical stimulation devices for home use. *Rev Saude Publica.* 2008; 42(1): 117-22.
417. American Academy of Orthopaedic Surgeons (AAOS). *Los cuidados de urgencias y el transporte de los enfermos y los heridos.* 9ª ed. Londres: Editora Jones & Bartlett, 2011.
418. Fuzy J. *Guia De Tecnicas Para Asistentes De Enfermeria.* Albuquerque: Editora Hartman Publishing, 2003.
419. Fuller J. *Instrumentación quirúrgica: teoría, técnicas y procedimientos.* 4ª ed. Madrid: Editorial Medica Panamericana, 2007.
420. Organización Mundial de la Salud (OMS). International Society of Hipertension Guidelines for the management of hipertension. Guidelines Subcommittee. *J. Hypertens.* 1999; 17 (2): 151-183.
421. National Heart, Lung, and Blood Institute. Seventh Report of the Joint National Committee on Prevention, Detection, Evaluation, and Treatment of High Blood Pressure (JNC 7 Express). *Hypertension.* 2003; 42: 1206.
422. Monteiro H, Rolim L, Squinca D, Silva F, Ticianeli C, Amaral S. Efetividade de um programa de exercícios no condicionamento físico, perfil metabólico e pressão arterial de pacientes hipertensos. *Rev Bras Med Esporte.* 2007; 13(2): 107-112.
423. Barreto D, Roque E, Fernández R, Cañero A. The high blood pressure and the white coat effect. *Rev Cubana Cardiol Cir Cardiovasc.* 2010; 16(1): 17-24.

424. Silveira A, Mesquita A, Maldonado J, Silva JA, Polónia J. White coat effect in treated and untreated patients with high office blood pressure. Relationship with pulse wave velocity and left ventricular mass index. *Rev Port Cardiol*. 2002; 21(5): 517-30.
425. Islam M, Nasu E, Rogers M, Koizumi D, Rogers N, Takeshima N. Effects of combined sensory and muscular training on balance in Japanese older adults. *Prev Med*. 2004; 39(6): 1148-55.
426. DiBrezza R, Shadden B, Raybon B, Powers M. Exercise intervention designed to improve strength and dynamic balance among community-dwelling older adults. *J Aging Phys Act*. 2005; 13(2):198-209.
427. Hruda K, Hicks A, McCartney N. Training for muscle power in older adults: effects on functional abilities. *Can J Appl Physiol*. 2003; 28(2): 178-89.
428. Scarborough D, Krebs D, Harris B. Quadriceps muscle strength and dynamic stability in elderly persons. *Gait and Posture*. 1999; 10: 10-20.
429. Jones C, Rikli R, Beam W. A 30-s chair-stand test as a measure of lower body strength in community-residing older adults. *Res Q Exerc Sport*. 1999; 70(2): 113-9.
430. Whitney SL, Wrisley DM, Marchetti GF. Clinical measurement of sit-to-stand performance in people with balance disorders: validity of data for the Five-Times-Sit-to-Stand Test. *Phys Ther*. 2005; 85(10): 1034-1045.
431. Demura S, Yamada T. Height of chair seat and movement characteristics in sit-to-stand by young and elderly adults. *Percept Mot Skills*. 2007; 104(1): 21-31.
432. Alves R, Mota J, Costa M, Alves J. Aptidão física relacionada à saúde de idosos: influência da hidroginástica. *Rev Bras Med Esporte*. 2004; 10(1): 31-37.
433. Csuka M, McCarty DJ. Simple method for measurement of lower extremity muscle strength. *Am J Med*. 1985; 78: 77-81.
434. Lord SR, Murray SM, Chapman K, Munro B, Tiedemann A. Sit-to-stand performance depends on sensation, speed, balance, and psychological status in addition to strength in older people. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2002; 57(8): M539-43.
435. Taguchi N, Higaki Y, Inoue S, Kimura H, Tanaka K. Effects of a 12-month multicomponent exercise program on physical performance, daily physical activity, and quality of life in very elderly people with minor disabilities: an intervention study. *J Epidemiol*. 2010; 20(1): 21-9.
436. Wells K, Dillon E. The sit and reach. A test of back and leg flexibility. *Research Quarterly*. 1952; 23: 115-118.
437. Iossifidou A, Baltzopoulos V. Peak power assessment in isokinetic dynamometry. *Eur J Appl Physiol*. 2000; 82: 158-160.

-
438. Aquino C, Vaz F, Brício R, Silva P, Ocarino J, Fonseca S. A utilização da dinamometria isocinética nas ciências do esporte e reabilitação. *R. bras. Ci e Mov.* 2007; 15(1): 93-100.
439. Tunstall H, Mullineaux D, Vernon T. Criterion validity of an isokinetic dynamometer to assess shoulder function in tennis players. *Sports Biomechanics.* 2005; 4(1): 101-111.
440. Sole G, Hamrén J, Milosavljevic S, Nicholson H, Sullivan S. Test-retest reliability of isokinetic knee extension and flexion. *Arch Phys Med Rehabil.* 2007; 88: 626-31.
441. McCleary R, Andersen J. Test-retest reliability of reciprocal isokinetic knee extension and flexion peak torque measurements. *Journal of Athletic Training.* 1992; 27(4): 362-365.
442. Greenberger H, Paterno M. Relationship of knee extensor strength and hopping test performance in the assessment of lower extremity function. *JOSPT.* 1995; 22(5): 202-206.
443. Terreri A, Greve J, Amatuzzi M. Avaliação isocinética no joelho do atleta. *Rev Bras Med Esporte.* 2001; 7(5): 170-174.
444. Baltzopoulos V, Brodie D. Isokinetic dynamometry. Applications and limitations. *Sports Med.* 1989; 8(2): 101-116.
445. Kues J, Mayhew T. Concentric and eccentric force-velocity relationships during electrically induced submaximal contractions. *Physiotherapy Research International.* 1996; 1(3): 195-204.
446. Osternig L. Isokinetic dynamometry: implications for muscle testing and rehabilitation. *Exerc Sport Sci Rev.* 1986; 14: 45-80.
447. Holmes J, Alderink G. Isokinetic strength characteristics of the quadriceps femoris and hamstring muscles in high school students. *Physical therapy.* 1984; 64(6): 914-918.
448. Iossifidou A, Baltzopoulos V. Inertial effects on the assessment of performance in isokinetic dynamometry. *Int J Sports Med.* 1998; 19(8): 567-73.
449. Aagaard P, Simonsen E, Andersen J, Magnusson S, Bojsen-Møller F, Dyhre-Poulsen P. Antagonist muscle coactivation during isokinetic knee extension. *Scand J Med Sci Sports.* 2000; 10: 58-67.
450. Augustsson J, Thomee R. Ability of closed and open kinetic chain tests of muscular strength to assess functional performance. *Scand J Med Sci Sports.* 2000; 10: 164-168.
451. Kannus P. Isokinetic evaluation of muscular performance: implications for muscle testing and rehabilitation. *Int J Sports Med.* 1994; 15 Suppl 1: S11-8.
452. Iossifidou A, Baltzopoulos V, Giakas G. Isokinetic knee extension and vertical jumping: are they related? *J Sports Sci.* 2005; 23(10): 1121-7.
453. Aagaard P, Simonsen E, Trolle M, Bangsbo J, Klausen K. Isokinetic hamstring/quadriceps strength ratio: influence from joint angular velocity,

- gravity correction and contraction mode. *Acta Physiol Scand.* 1995; 154(4): 421-427.
454. Aagaard P, Simonsen E, Magnusson S, Larsson B, Dyhre-Poulsen P. A new concept for isokinetic hamstring: quadriceps muscle strength ratio. *Am J Sports Med.* 1998; 26(2): 231-237.
455. Kellis E, Katis A. Quantification of functional knee flexor to extensor moment ratio using isokinetics and electromyography. *Journal of Athletic Training.* 2007; 42(4): 477-485.
456. Hewett T, Myer G, Zazulak B. Hamstrings to quadriceps peak torque ratios diverge between sexes with increasing isokinetic angular velocity. *Journal of Science and Medicine in Sport.* 2008; 11: 452-459.
457. Ware JE Jr, Sherbourne CD. The MOS 36-item short-form health survey (SF-36). I. Conceptual framework and item selection. *Med Care.* 1992; 30: 473-483.
458. McHorney CA, Ware JE Jr, Raczek AE. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): II. Psychometric and clinical tests of validity in measuring physical and mental health constructs. *Med Care.* 1993; 31: 247-263.
459. McHorney CA, Ware JE, Lu JFR, Sherbourne CD. The MOS 36-Item Short-Form Health Survey (SF-36): III. Tests of data quality. Scaling assumptions, and reliability across diverse patient groups. *Med Care.* 1994; 32: 40-66.
460. Vilagut G, Ferrer M, Rajmil L, Rebollo P, Permanyer-Miralda G, Quintana J, Santed R, Valderas J, Ribera A, Domingo-Salvany A, Alonso J. El Cuestionario de Salud SF-36 español: una década de experiencia y nuevos desarrollos. *Gac Sanit.* 2005; 19(2): 135-50.
461. Parker SG, Bechinger-English D, Jagger C, Spiers N, Lindesay J. Factors affecting completion of the SF-36 in older people. *Age Ageing.* 2006; 35(4): 376-81.
462. Madariaga I, Antón V. Aspectos estadísticos del Cuestionario de Calidad de Vida relacionada con salud Short Form-36 (SF-36). *Estadística Española.* 2008; 50(167): 147-192.
463. Banegas JR, Artalejo F, Alonso J, López-García E, Pérez-Regadera A, Gutiérrez-Fisac JL. Valores de referencia de la versión española del Cuestionario de Salud SF-36 en población adulta de más de 60 años. *Med Clin (Barc).* 2003; 120(15): 568-73.
464. Alonso J, Prieto L, Antó JM. La versión española del SF-36 Health Survey (Cuestionario de Salud SF-36): un instrumento para la medida de los resultados clínicos. *Med Clin (Barc).* 1995; 104(20): 771-776.
465. Mahler DA, Mackowiak JI. Evaluation of the short-form 36-item questionnaire to measure health-related quality of life in patients with COPD. *Chest.* 1995; 107(6): 1585-9.

-
466. Jenkinson C, Lawrence K, McWhinnie D, Gordon J. Sensitivity to change of health status measures in a randomized controlled trial: comparison of the COOP charts and the SF-36. *Qual Life Res.* 1995; 4(1): 47-52.
467. Bombardier C, Melfi CA, Paul J, Green R, Hawker G, Wright J, Coyte P. Comparison of a generic and a disease-specific measure of pain and physical function after knee replacement surgery. *Med Care.* 1995; 33(4 Suppl): AS131-44.
468. Prieto L, Alonso J, Ferrer M, Antó JM. Are results of the SF-36 health survey and the Nottingham Health Profile similar? A comparison in COPD patients. Quality of Life in COPD Study Group. *J Clin Epidemiol.* 1997; 50(4): 463-73.
469. Alonso J, Prieto L, Ferrer M, Vilagut G, Broquetas JM, Roca J, Batlle JS, Antó JM. Testing the measurement properties of the Spanish version of the SF-36 Health Survey among male patients with chronic obstructive pulmonary disease. *J Clin Epidemiol.* 1998; 51: 1087-1094.
470. Keller SD, Ware JE Jr, Bentler PM, Aaronson NK, Alonso J, Apolone G, Bjorner JB, Brazier J, Bullinger M, Kaasa S, Leplège A, Sullivan M, Gandek B. Use of structural equation modeling to test the construct validity of the SF-36 Health Survey in ten countries: results from the IQOLA Project. International Quality of Life Assessment. *J Clin Epidemiol.* 1998; 51(11): 1179-88.
471. Lyons RA, Perry HM, Littlepage BN. Evidence for the validity of the Short-form 36 Questionnaire (SF-36) in an elderly population. *Age Ageing.* 1994; 23(3): 182-4.
472. Brazier JE, Walters SJ, Nicholl JP, Kohler B. Using the SF-36 and Euroqol on an elderly population. *Qual Life Res.* 1996; 5(2): 195-204.
473. Garratt A, Schmidt L, Mackintosh A, Fitzpatrick R. Quality of life measurement: bibliographic study of patient assessed health outcome measures. *BMJ.* 2002; 324(7351): 1417-1422.
474. Vilagut G, Valderas JM, Ferrer M, Garin O, López-García E, Alonso J. Interpretación de los cuestionarios de salud SF-36 y SF-12 en España: componentes físico y mental. *Med Clin (Barc).* 2008; 130(19): 726-35.
475. Steffen T, Seney M. Test-retest reliability and minimal detectable change on balance and ambulation tests, the 36-Item Short-Form Health Survey, and the Unified Parkinson Disease Rating Scale in people with parkinsonism. *Phys Ther.* 2008; 88(6): 733-746.
476. Alonso J, Regidor E, Barrio G, Prieto L, Rodríguez C, de la Fuente L. Valores poblacionales de referencia de la versión española del Cuestionario de Salud SF-36. *Med Clin.* 1998; 111: 410-416.
477. Vidal M, Escobar M, Salas M. Valoración psicométrica de los componentes físicos (csf) y mentales (csm) del sf-36 en pacientes insuficientes renales crónicos en tratamiento con hemodiálisis. *Ciencia y Enfermería.* 2009; XV(1): 75-88.

478. Sánchez C. Influencia sobre la aptitud física de técnicas de fisioterapia revitalizadora en una población de personas mayores. *Grado de la Universidad de Salamanca*. 1998; Salamanca: Universidad de Salamanca.
479. Calvo JI, Orejuela J, Barbero FJ, Martín AM, Sánchez C, Hernández T. Seguimiento de un programa de revitalización para personas mayores desde el ámbito universitario. *Fisioterapia*. 1999; 21(Monogr): 44-52.
480. Lennmarken C, Sandstedt S, Schenck H, Larsson J. Skeletal muscle function and metabolism in obese women. *J Parenter Enteral Nutr* 1986; 10(6): 583-7.
481. Lieber R, Kelly M. Factors influencing quadriceps femoris muscle torque using transcutaneous neuromuscular electrical stimulation. *Phys Ther*. 1991; 71(10): 725-723.
482. Giacomoni M, Edwards B, Bambaiechi E. Gender differences in the circadian variations in muscle strength assessed with and without superimposed electrical twitches. *Ergonomics*. 2005; 48(11-14): 1473-87.
483. Pietrosimone B, Hart J, Saliba S, Hertel J, Ingersoll S. Immediate effects of transcutaneous electrical nerve stimulation and focal knee joint cooling on quadriceps activation. *Med. Sci. Sports Exerc*. 2009; 41(6): 1175-1181.
484. Garland D, Holt P, Harrington J, Caldwell J, Zizic T, Cholewczynski J. A 3-month, randomized, double-blind, placebo-controlled study to evaluate the safety and efficacy of a highly optimized, capacitively coupled, pulsed electrical stimulator in patients with osteoarthritis of the knee. *Osteoarthritis Cartilage*. 2007; 15(6): 630-637.
485. Taylor P, Hallett M, Flaherty L. Treatment of osteoarthritis of the knee with transcutaneous electrical nerve stimulation. *Pain*. 1981; 11(2): 233-40.
486. Pincivero D, Campy R, Salfetnikov Y, Bright A, Coelho A. Influence of contraction intensity, muscle, and gender on median frequency of the quadriceps femoris. *J Appl Physiol*. 2001; 90: 804-810.
487. Celes R, Bottaro M, Veloso J, Ernesto C, Brown L. Effect of recovery interval between sets of isokinetic knee extensions among untrained young men. *Rev. bras. Fisioter*. 2009; 13(4): 324-329.
488. Croisier J, Malnati M, Reichard L, Peretz C, Dvir Z. Quadriceps and hamstring isokinetic strength and electromyographic activity measured at different ranges of motion: A reproducibility study. *Journal of Electromyography and Kinesiology*. 2007; 17: 484-492.
489. Rantanen T, Era P, Heikkinen E. Maximal isometric strength and mobility among 75-year-old men and women. *Age Ageing*. 1994; 23(2): 132-137.
490. Davies M, Dalsky G. Normalizing strength for body size differences in older adults. *Med Sci Sports Exerc*. 1997; 29(5): 713-7.
491. Salles B, Simão R, Miranda F, Novaes Jda S, Lemos A, Willardson J. Rest interval between sets in strength training. *Sports Med*. 2009; 39(9): 765-7.
492. Montori VM, Guyatt GH. Intention-to-treat principle. *CMAJ*. 2001; 165(10): 1339-41.

-
493. Smith GC, Pell JP. Parachute use to prevent death and major trauma related to gravitational challenge: systematic review of randomised controlled trials. *BMJ*. 2003; 327(7429): 1459-61.
494. Hsu JL, Banerjee D, Kuschner WG. Understanding and identifying bias and confounding in the medical literature. *South Med J*. 2008; 101(12): 1240-5.
495. Messier S, Loeser R, Mitchell M, Valle G, Morgan T, Rejeski W, Ettinger W. Exercise and weight loss in obese older adults with knee osteoarthritis: a preliminary study. *J Am Geriatr Soc*. 2000; 48(9): 1062-1072.
496. Avramidis K, Karachalios T, Popotonasios K, Sacorafas D, Papathanasiades AA, Malizos KN. Does electric stimulation of the vastus medialis muscle influence rehabilitation after total knee replacement? *Orthopedics*. 2011; 34(3): 175.
497. Schlicht J, Camaione DN, Owen SV. Effect of intense strength training on standing balance, walking speed, and sit-to-stand performance in older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2001; 56(5): M281-6.
498. Ng M, Leung M, Poon D. The effects of electro-acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation on patients with painful osteoarthritic knees: a randomized controlled trial with follow-up evaluation. *J Altern Complement Med*. 2003; 9(5): 641-649.
499. Cheing G, Hui-Chan C, Chan K. Does four weeks of TENS and/or isometric exercise produce cumulative reduction of osteoarthritic knee pain? *Clin Rehabil*. 2002; 16(7): 749-60.
500. Taaffe D, Duret C, Wheeler S, Marcus R. Once-weekly resistance exercise improves muscle strength and neuromuscular performance in older adults. *J Am Geriatr Soc*. 1999; 47(10): 1208-14.
501. Häkkinen K, Kallinen M, Linnamo V, Pastinen U, Newton R, Kraemer W. Neuromuscular adaptations during bilateral versus unilateral strength training in middle-aged and elderly men and women. *Acta Physiol Scand*. 1996; 158(1): 77-88.
502. Schulz KF, Grimes DA. Unequal group sizes in randomised trials: guarding against guessing. *Lancet*. 2002; 359(9310): 966-70.
503. Filipovic A, Kleinöder H, Dörmann U, Mester J. Electromyostimulation - a systematic review of the influence of training regimens and stimulation parameters on effectiveness in electromyostimulation training of selected strength parameters. *J Strength Cond Res*. 2011; 25(11): 3218-38.
504. Connelly D, Vandervoort A. Effects of isokinetic strength training on concentric and eccentric torque development in the ankle dorsiflexors of older adults. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 2000; 55(10): B465-72.
505. Jiménez Rejano JJ, Rebollo Róldan J. Tratamiento del dolor mediante corriente rectangular bifásica asimétrica continua y pulsátil en el esguince de tobillo en fase aguda. *Tesis Doctoral*. 2008; Departamento de Fisioterapia. Universidad de Sevilla.
-

506. Jiménez Rejano J, Rebollo Roldan J. Impacto de la corriente rectangular bifásica asimétrica continua y pulsátil en el dolor del esguince agudo de tobillo. *Cuestiones de Fisioterapia*. 2009; 38(3): 147-160.
507. Itoh K, Hirota S, Katsumi Y, Ochi H, Kitakoji H. A pilot study on using acupuncture and transcutaneous electrical nerve stimulation (TENS) to treat knee osteoarthritis (OA). *Chin Med*. 2008; 3: 2.
508. Dvir Z. Clinical applicability of isokinetics: a review. *Clinical Biomechanics*. 1991; 6: 133-144.
509. Wyatt M, Edwards A. Comparison of quadriceps and hamstring torque values during isokinetic exercise. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1981; 3(2): 48-56.
510. Thomas A, Sowers M, Karvonen-Gutierrez C, Palmieri-Smith R. Lack of quadriceps dysfunction in women with early knee osteoarthritis. *J Orthop Res*. 2010; 28(5): 595-9.
511. Delmonico M, Harris T, Lee J, Visser M, Nevitt M, Kritchevsky S, Tylavsky F, Newman A. Alternative definitions of sarcopenia, lower extremity performance, and functional impairment with aging in older men and women. *Journal of American Geriatrics Society*. 2007; 55: 769-774.
512. Nichols J, Hitzberger L, Sherman J, Patterson P. Effects of resistance training on muscular strength and functional abilities of community dwelling older adults. *J Aging Phys Activity*. 1995; 3: 238-250.
513. Lundin T, Grabiner M, Jahnigen D. On the assumption of bilateral lower extremity joint moment symmetry during the sit-to-stand task. *J Biomechanics*. 1995; 28(1): 109-112.
514. Ravaglia G, Forti P, Maioli F, Boschi F, Cicognani A, Gasbarrini G. Measurement of body fat in healthy elderly men: a comparison of methods. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci*. 1999; 54(2): M70-6.
515. Blew RM, Sardinha LB, Milliken LA, Teixeira PJ, Going SB, Ferreira DL, Harris MM, Houtkooper LB, Lohman TG. Assessing the validity of body mass index standards in early postmenopausal women. *Obes Res*. 2002; 10(8): 799-808.
516. Lipschitz D. Screening for nutritional status in the elderly. *Primary Care*. 1994; 21(1): 55-67.
517. Fogelholm M, Lichtenbelt W. Comparison of body composition methods: a literature analysis. *Eur J Clin Nutr*. 1997; 51(8): 495-503.
518. Walton J, Roberts N, Whitehouse G. Measurement of the quadriceps femoris muscle using magnetic resonance and ultrasound imaging. *BrJ Sports Med*. 1997; 31: 59-64.
519. Fleg J, O'Connor F, Gerstenblith G, Becker L, Clulow J, Schulman S, Lakatta E. Impact of age on the cardiovascular response to dynamic upright exercise in healthy men and women. *J Appl Physiol*. 1995; 78(3): 890-900.

-
520. Parreira VF, Bueno CJ, França DC, Vieira DS, Pereira DR, Britto RR. Breathing pattern and thoracoabdominal motion in healthy individuals: influence of age and sex. *Rev Bras Fisioter.* 2010; 14(5): 411-6.
521. Ishikawa-Takata K, Ohta T, Tanaka H. How much exercise is required to reduce blood pressure in essential hypertensives: a dose-response study. *Am J Hypertens.* 2003; 16(8): 629-33.
522. Kusuma Y, Babu B, Naidu J. Group- and sex-specific effects of age, body composition and pulse rate on blood pressure variability in some cross-cultural populations of Visakhapatnam District; South India. *J Cardiovasc Risk.* 2001; 8(6): 337-47.
523. Yoshioka S, Nagano A, Hay D, Fukushima S. Biomechanical analysis of the relation between movement time and joint moment development during a sit-to-stand task. *BioMedical Engineering OnLine.* 2009; 8: 27.
524. Judge JO, Schechtman K, Cress E. The relationship between physical performance measures and independence in instrumental activities of daily living. The FICSIT Group. Frailty and Injury: Cooperative Studies of Intervention Trials. *J Am Geriatr Soc.* 1996; 44(11): 1332-41.
525. Thapa PB, Gideon P, Fought RL, Kormicki M, Ray WA. Comparison of clinical and biomechanical measures of balance and mobility in elderly nursing home residents. *J Am Geriatr Soc.* 1994; 42(5): 493-500.
526. Mazzà C, Benvenuti F, Bimbi C, Stanhope SJ. Association between subject functional status, seat height, and movement strategy in sit-to-stand performance. *J Am Geriatr Soc.* 2004; 52(10): 1750-4.
527. Hughes MA, Myers BS, Schenkman ML. The role of strength in rising from a chair in the functionally impaired elderly. *J Biomech.* 1996; 29(12): 1509-13.
528. Youdas J, Krause D, Hollman J. Validity of hamstring muscle length assessment during the sit-and-reach test using an inclinometer to measure hip joint angle. *J Strength Cond Res.* 2008; 22(1): 303-9.
529. Shephard R, Berridge M, Montelpare W. On the generality of the "sit and reach" test: an analysis of flexibility data for an aging population. *Res Q Exerc Sport.* 1990; 61(4): 326-30.
530. Shephard RJ. *Aging and exercise. Encyclopedia of Sports Medicine and Science.* [Disponível em: <http://sportsci.org>.] s.l.: Internet Society for Sport Science, 1998.
531. Rider RA, Daly J. Effects of flexibility training on enhancing spinal mobility in older women. *J Sports Med Phys Fitness.* 1991; 31(2): 213-7.
532. Guadagnine P, Olivoto R. Comparativo de flexibilidade em idosos praticantes e não praticantes de atividades físicas. *Revista Digital - Buenos Aires.* 2004; 10(69): 1-14.
533. Araújo J, Silva R, Junior L, Lima W. A Influência do fortalecimento e alongamento muscular no desequilíbrio entre músculos flexores e extensores

- do joelho em atletas de futebol de campo. *Brazilian Journal of Biomotricity*. 2009; 3(4): 339-350.
534. Carroll T, Herbert R, Munn J, Lee M, Gandevia S. Contralateral effects of unilateral strength training: evidence and possible mechanisms. *J Appl Physiol*. 2006; 101: 1514-1522.
535. Munn J, Herbert R, Gandevia S. Contralateral effects of unilateral resistance training: a meta-analysis. *J Appl Physiol*. 2004; 96: 1861-1866.
536. Lee M, Carroll T. Cross education: possible mechanisms for the contralateral effects of unilateral resistance training. *Sports Med*. 2007; 37(1): 1-14.
537. Munn J, Herbert R, Hancock M, Gandevia S. Training with unilateral resistance exercise increases contralateral strength. *J Appl Physiol*. 2005; 99: 1880-1884.
538. Herbert RD, Dean C, Gandevia SC. Effects of real and imagined training on voluntary muscle activation during maximal isometric contractions. *Acta Physiol Scand*. 1998; 163(4): 361-8.
539. Yue G, Cole KJ. Strength increases from the motor program: comparison of training with maximal voluntary and imagined muscle contractions. *J Neurophysiol*. 1992; 67(5): 1114-23.
540. Hageman PA, Gillaspie DM, Hill LD. Effects of Speed and Limb Dominance on Eccentric and Concentric Isokinetic Testing of the Knee. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1988; 10(2): 59-65.
541. Larsen AH, Puggaard L, Hämäläinen U, Aagaard P. Comparison of ground reaction forces and antagonist muscle coactivation during stair walking with ageing. *J Electromyogr Kinesiol*. 2008; 18(4): 568-80.
542. Creditor M. Hazards of Hospitalization of the Elderly. *Annals of Internal Medicine*. 1993; 118: 219-223.
543. Jackman R, Kandarian S. The molecular basis of skeletal muscle atrophy. *Am J Physiol Cell Physiol*. 2004; 287: C834-C843.
544. Narici M, Maffulli N, Maganaris C. Ageing of human muscles and tendons. *Disabil Rehabil*. 2008; 30(20-22): 1548-54.
545. Sillanpää E, Laaksonen D, Häkkinen A, Karavirta L, Jensen B, Kraemer W, Nyman K, Häkkinen K. Body composition, fitness, and metabolic health during strength and endurance training and their combination in middle-aged and older women. *Eur J Appl Physiol*. 2009; 106(2): 285-296.
546. Rolland Y, Lauwers-Cances V, Cournot M, Nourhashémi F, Reynish W, Rivière D, Vellas B, Grandjean H. Sarcopenia, calf circumference, and physical function of elderly women: a cross-sectional study. *J Am Geriatr Soc*. 2003; 51: 1120-4.
547. Kitchen S, Bazin S. *Eletroterapia de Clayton*. 1ª ed. São Paulo: Manole, 1998.
548. Vodovnik L, Long CP, Lippay C. Pain response to different tetanizing currents. *Arch Phys Med*. 1965; 46: 187-192.

549. Conroy MB, Kwok CK, Krishnan E, Nevitt MC, Boudreau R, Carbone LD, Chen H, Harris TB, Newman AB, Goodpaster BH (Health ABC Study). Muscle strength, mass, and quality in older men and women with knee osteoarthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken)*. 2012; 64(1): 15-21.

9. ANEXOS

Anexo I: Impreso CBE-A3

Impreso CBE-A3

Declaración de consentimiento informado

He sido informado de que mi participación en este experimento es voluntaria. He sido informado de que mi participación no implica riesgo para la salud o molestia alguna. He sido informado de que el investigador adquiere el compromiso de responder a cualquier pregunta que se le haga sobre los procedimientos, diseños o hipótesis una vez concluida la investigación. He sido informado de que soy libre de retirarme del experimento en cualquier momento sin penalización de ningún tipo, y de que recibiré la bonificación correspondiente al tiempo empleado en el laboratorio.

Doy mi consentimiento informado para participar en este estudio sobre cómo las personas mayores reaccionan a un protocolo de electroterapia de fortalecimiento muscular del muslo que no causa ningún dolor o molestia durante su aplicación. Consiento la publicación de los resultados del estudio siempre que la información sea anónima o se muestre de manera agregada de modo que no pueda llevarse a cabo una clara asociación entre mi identidad y los resultados. Entiendo que, aunque se guardará un registro de mi participación en el experimento, el investigador adquiere el compromiso de que todos los datos experimentales recogidos de mi participación sólo serán identificados por un número y en ningún caso se mostrarán asociados a mi identidad.

He sido informado de la responsabilidad que asumo con mi participación para el adecuado desarrollo del conocimiento científico. De las implicaciones que este conocimiento puede tener en la formación de otros profesionales de salud, en la aplicación clínica, o de aplicaciones técnicas. Por estas razones, he sido informado de la importancia de comportarme de forma honrada, esforzándome en hacerlo lo mejor posible en las diversas situaciones de esta investigación. Por lo tanto, si mi comportamiento no fuera honrado estaría contribuyendo a que se tomaran decisiones equivocadas en cualesquiera de estos ámbitos. Me comprometo a llegar puntualmente y en condiciones normales (en un estado descansado y despejado) a la sesión del experimento. Esto es importante porque los resultados de este experimento pueden verse alterados por factores como la fatiga, el estrés, el uso de fármacos en condiciones de algunos tratamientos médicos, etc. Por último, es importante que no comente las características de los procedimientos o los objetivos de este experimento hasta que haya concluido toda la investigación.

Experimentador:

Participante:

Fecha:

Anexo II: Historia clínica actual y antecedentes patológicos

HISTÓRIA CLÍNICA

___/___/2010

Nombre y Apellidos: _____ Código: ___/___

Teléfono: _____ Móvil: _____

Fecha de nacimiento: ___/___/____ Edad: _____

Estado civil: _____

Escolaridad: _____ Años

Años jubilado: _____ Años

Centro de Mayores: _____

Hora de Gimnasia: _____

Años que la hace: _____ Años

Becario actual: _____

Déficit visual: Dto: _____

Izq: _____

Déficit auditivo: Dto: _____

Izq: _____

Cirugías:

Enfermedades actuales:

Medicación	N

OBS:

Firma del Evaluado:

Firma del Investigador:

Anexo III: Ficha de evaluación práctica

FICHA DE EVALUACIÓN PRÁCTICA

Evaluación: ___ Fecha: ___/___/2010 Código: ___/___

Talla (cm)	Peso (kg)	IMC (kg/m ²)	BIA (% ; kg)	Cintura (cm)

Perimetría (cm)	MID	MII
20 cm del PSR		
15 cm del PSR		
10 cm del PSR		
5 cm del PSR		
Polo superior de la rótula (PSR)		

Cardiovascular		
FC (ppm)	FR (rpm)	PA (mmHg)

Sit&Up (elevaciones)	Sit&Reach (cm)

Isocinéticos <i>Silla</i> ___ ; <i>Palanca</i> ___ ; <i>Apoyo</i> ___	MID				MII			
	60°/s		120°/s		60°/s		120°/s	
	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex	Ext	Flex
Torque máximo (Nm)								
Torque medio (Nm)								
Potencia máxima (Vátios)								
% F/E (%)								

SF-36	1	2	3	4	5	6
1						X
2						X
3a				X	X	X
3b				X	X	X
3c				X	X	X
3d				X	X	X
3e				X	X	X
3f				X	X	X
3g				X	X	X
3h				X	X	X
3i				X	X	X
3j				X	X	X
4a			X	X	X	X
4b			X	X	X	X
4c			X	X	X	X
4d			X	X	X	X
5a			X	X	X	X
5b			X	X	X	X
5c			X	X	X	X

SF-36	1	2	3	4	5	6
6						X
7						
8						X
9a						
9b						
9c						
9d						
9e						
9f						
9g						
9h						
9i						
10						X
11a						X
11b						X
11c						X
11d						X

Anexo IV: Tablas de estadística

EVOLUCIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES DE LA MUESTRA

Parámetro antropométrico

	Prueba de Box				Prueba de Mauchly's			
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
Peso	19,932	1,085	15	3489,9	0,364ns	0,256	9	0,000***
BIA (% grasa)	20,456	1,114	15	3489,9	0,337ns	0,169	9	0,000***
BIA (kg grasa)	27,498	1,497	15	3489,9	0,097ns	0,375	9	0,001**
Perímetro abdominal	22,473	1,224	15	3489,9	0,245ns	0,639	9	0,176ns
MID: 20 cm del PSR	31,941	1,739	15	3489,9	0,038*	0,533	9	0,037*
MID: 15 cm del PSR	25,463	1,387	15	3489,9	0,144ns	0,272	9	0,000***
MID: 10 cm del PSR	28,899	1,574	15	3489,9	0,073ns	0,294	9	0,000***
MID: 5 cm del PSR	25,737	1,402	15	3489,9	0,137ns	0,423	9	0,004**
MID: PSR	16,980	0,925	15	3489,9	0,535ns	0,400	9	0,002**
MII: 20 cm del PSR	18,281	0,996	15	3489,9	0,457ns	0,366	9	0,001**
MII: 15 cm del PSR	31,449	1,713	15	3489,9	0,042*	0,526	9	0,033*
MII: 10 cm del PSR	31,285	1,704	15	3489,9	0,044*	0,193	9	0,000***
MII: 5 cm del PSR	24,969	1,360	15	3489,9	0,158ns	0,591	9	0,093ns
MII: PSR	31,477	1,714	15	3489,9	0,042*	0,447	9	0,007**

Tabla 21. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianzas (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro antropométrico en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho	M.I. Izquierdo
		F=0,040; g.l.=1; p=0,843ns; Power=0,054	F=0,189; g.l.=1; p=0,666ns; Power=0,071
20 cm	CTL vs EXP	F=1,905; g.l.=3,151; p=0,131ns; Power=0,491	F=4,104; g.l.=2,931; p=0,009***; Power=0,826
	Momento	F=1,759; g.l.=3,151; p=0,158ns; Power=0,458	F=2,471; g.l.=2,931; p=0,068ns; Power=0,589
	Grupo vs Momento	F=0,005; g.l.=1; p=0,947ns; Power=0,050	F=0,038; g.l.=1; p=0,847ns; Power=0,054
15 cm	CTL vs EXP	F=3,515; g.l.=2,479; p=0,026*; Power=0,704	F=3,043; g.l.=4,643; p=0,004***; Power=0,883
	Momento	F=0,238; g.l.=2,479; p=0,834ns; Power=0,090	F=2,582; g.l.=3,043; p=0,057ns; Power=0,622
	Grupo vs Momento	F=0,083; g.l.=1; p=0,775ns; Power=0,059	F=0,087; g.l.=1; p=0,770ns; Power=0,059
10 cm	CTL vs EXP	F=1,260; g.l.=2,298; p=0,293ns; Power=0,283	F=2,799; g.l.=2,109; p=0,066ns; Power=0,546
	Momento	F=0,819; g.l.=2,298; p=0,460ns; Power=0,195	F=4,925; g.l.=2,109; p=0,009***; Power=0,804
	Grupo vs Momento	F=0,004; g.l.=1; p=0,952ns; Power=0,050	F=0,008; g.l.=1; p=0,930ns; Power=0,051
5 cm	CTL vs EXP	F=3,382; g.l.=2,686; p=0,026*; Power=0,711	F=2,166; g.l.=4; p=0,077ns; Power=0,625
	Momento	F=0,622; g.l.=2,686; p=0,586ns; Power=0,167	F=1,329; g.l.=4; p=0,263ns; Power=0,405
	Grupo vs Momento	F=0,024; g.l.=1; p=0,878ns; Power=0,053	F=0,000; g.l.=1; p=0,991ns; Power=0,050
PSR	CTL vs EXP	F=0,678; g.l.=2,690; p=0,553ns; Power=0,179	F=0,683; g.l.=2,878; p=0,559ns; Power=0,186
	Momento	F=5,141; g.l.=2,690; p=0,004***; Power=0,887	F=2,270; g.l.=2,878; p=0,089ns; Power=0,544
	Grupo vs Momento		

Tabla 22. Prueba ANOVA MR para el estudio de la evolución de la perimetría de los miembros inferiores en el ensayo clínico según el grupo. Leyenda: ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

Parámetro cardiovascular

	Prueba de Box				Prueba de Mauchly's			
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
FC	10,460	0570	15	3489,9	0,900ns	0,661	9	0,227ns

Tabla 23. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianzas (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro cardiovascular en el ensayo clínico. Leyenda: ns - no significativo.

Parámetro del equilibrio y flexibilidad

	Prueba de Box				Prueba de Mauchly's			
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
Sit&Reach	10,635	0,579	15	3489,9	0,893ns	0,393	9	0,002**

Tabla 24. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianzas (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro del equilibrio y flexibilidad en el ensayo clínico. Leyenda: ** - significativo a 1%; ns - no significativo.

Parámetro de la fuerza isocinética

	Prueba de <i>Box</i>					Prueba de <i>Mauchly's</i>		
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
Torque máximo 60°/s E MII	20,603	1,122	15	3489,9	0,330ns	0,658	9	0,220ns
Torque máximo 120°/s E MII	16,644	0,906	15	3489,9	0,556ns	0,352	9	0,001**
Torque medio 60°/s E MID	31,841	1,734	15	3489,9	0,038*	0,434	9	0,005**
Torque medio 60°/s E MII	14,524	0,791	15	3489,9	0,689ns	0,505	9	0,022*
Torque medio 120°/s E MID	39,831	2,169	15	3489,9	0,006**	0,264	9	0,000***
Torque medio 120°/s E MII	23,817	1,297	15	3489,9	0,195ns	0,637	9	0,172ns
Potencia máxima 60°/s E MII	27,344	1,489	15	3489,9	0,100ns	0,593	9	0,096ns
Potencia máxima 120°/s E MID	22,698	1,236	15	3489,9	0,236ns	0,628	9	0,154ns
Potencia máxima 120°/s E MII	25,984	1,415	15	3489,9	0,131ns	0,750	9	0,516ns
Torque máximo 60°/s F MII	8,528	0,464	15	3489,9	0,958ns	0,893	9	0,955ns
Torque máximo 120°/s F MID	23,873	1,300	15	3489,9	0,193ns	0,839	9	0,836ns
Torque máximo 120°/s F MII	26,627	1,450	15	3489,9	0,115ns	0,750	9	0,516ns
Torque medio 60°/s F MID	17,796	0,969	15	3489,9	0,485ns	0,787	9	0,657ns
Torque medio 60°/s F MII	13,690	0,746	15	3489,9	0,739ns	0,834	9	0,819ns
Torque medio 120°/s F MID	25,603	1,394	15	3489,9	0,140ns	0,589	9	0,090ns
Torque medio 120°/s F MII	38,748	2,110	15	3489,9	0,007**	0,373	9	0,001**
Potencia máxima 120°/s F MID	16,171	0,881	15	3489,9	0,586ns	0,516	9	0,027*
% F/E 60°/s MID	25,594	1,394	15	3489,9	0,141ns	0,647	9	0,194ns
% F/E 60°/s MII	20,229	1,102	15	3489,9	0,349ns	0,743	9	0,492ns
% F/E 120°/s MID	23,532	1,281	15	3489,9	0,205ns	0,792	9	0,675ns
% F/E 120°/s MII	28,902	1,574	15	3489,9	0,073ns	0,951	9	0,998ns

Tabla 25. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro de la fuerza isocinética en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

	M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
	CTL ^a	EXP ^a	Momento ^a	CTL vs EXP ^b	Momento ^b	Grupo vs Momento ^b
60°/s	$\chi^2=1,839$ g.l.=4 p=0,765ns	$\chi^2=8,422$ g.l.=4 p=0,077ns	$\chi^2=6,491$ g.l.=4 p=0,165ns	F=0,333 g.l.=1 p=0,568ns Power=0,086	F=4,350 g.l.=4 p=0,003** Power=0,925	F=1,475 g.l.=4 p=0,214ns Power=0,446
120°/s	$\chi^2=5,375$ g.l.=4 p=0,251ns	$\chi^2=3,766$ g.l.=4 p=0,439ns	$\chi^2=1,045$ g.l.=4 p=0,903ns	F=0,264 g.l.=1 p=0,611ns Power=0,079	F=5,887 g.l.= 2,603 p=0,002** Power=0,921	F=1,277 g.l.=2,603 p=0,288ns Power=0,306

Tabla 26. Test de *Friedman two-way ANOVA* (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad; c: *Epsilon de Greenhouse-Geisser*) para el estudio de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico. Leyenda: ** - significativo a 1%; ns - no significativo.

	M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
	CTL vs EXP ^b	Momento ^b	Grupo vs Momento ^b	CTL vs EXP ^a	Momento ^a	Grupo vs Momento ^a
60°/s	F=1,440 g.l.=1 p=0,239ns Power=0,213	F=3,878 g.l.=2,883 p=0,013* Power=0,797	F=1,896 g.l.=2,883 p=0,138ns Power=0,465	F=0,037 g.l.=1 p=0,848ns Power=0,054	F=5,875 g.l.=2,856 p=0,001** Power=0,938	F=2,226 g.l.=2,856 p=0,094ns Power=0,532
120°/s	F=1,169 g.l.=1 p=0,288ns Power=0,182	F=1,692 g.l.=2,397 p=0,186ns Power=0,378	F=1,741 g.l.=2,397 p=0,176ns Power=0,388	F=0,146 g.l.=1 p=0,705ns Power=0,066	F=6,568 g.l.=4 p=0,000*** Power=0,990	F=1,087 g.l.=4 p=0,366ns Power=0,334

Tabla 27. Test de ANOVA MR (a: con esfericidad; b: *Epsilon de Greenhouse-Geisser*) para el estudio de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	<i>CTL^a</i>	<i>EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	
	$\chi^2=6,875$ g.l.=4 p=0,143ns	$\chi^2=9,940$ g.l.=4 p=0,041*	$\chi^2=14,739$ g.l.=4 p=0,005**	F=0,335 g.l.=1 p=0,567ns Power=0,087	F=3,323 g.l.=4 p=0,013* Power=0,830	F=0,718 g.l.=4 p=0,581ns Power=0,226	
120°/s	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	
	F=2,017 g.l.=1 p=0,166ns Power=0,280	F=0,323 g.l.=4 p=0,862ns Power=0,121	F=0,455 g.l.=4 p=0,769ns Power=0,154	F=0,431 g.l.=1 p=0,516ns Power=0,097	F=1,552 g.l.=4 p=0,192ns Power=0,468	F=0,365 g.l.=4 p=0,833ns Power=0,131	

Tabla 28. Test de *Friedman two-way* ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico. Leyenda: ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	<i>CTL^a</i>	<i>EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	
	$\chi^2=17,310$ g.l.=4 p=0,002**	$\chi^2=16,420$ g.l.=4 p=0,003**	$\chi^2=31,174$ g.l.=4 p=0,000***	F=0,014 g.l.=1 p=0,905ns Power=0,052	F=15,851 g.l.=4 p=0,000*** Power=1,000	F=2,717 g.l.=4 p=0,033* Power=0,737	
120°/s	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	
	F=1,636 g.l.=1 p=0,211ns Power=0,236	F=4,026 g.l.=4 p=0,004** Power=0,902	F=2,817 g.l.=4 p=0,028* Power=0,755	F=0,178 g.l.=1 p=0,676ns Power=0,069	F=8,693 g.l.=4 p=0,000*** Power=0,999	F=1,392 g.l.=4 p=0,241ns Power=0,423	

Tabla 29. Test de *Friedman two-way* ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	<i>CTL vs EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	<i>Grupo vs Momento^a</i>	<i>CTL vs EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	<i>Grupo vs Momento^a</i>	
	F=3,431 g.l.=1 p=0,074ns Power=0,434	F=5,035 g.l.=4 p=0,001** Power=0,958	F=0,995 g.l.=4 p=0,413ns Power=0,307	F=0,141 g.l.=1 p=0,710ns Power=0,065	F=13,308 g.l.=4 p=0,000*** Power=1,000	F=3,248 g.l.=4 p=0,014* Power=0,820	
120°/s	<i>CTL vs EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	<i>Grupo vs Momento^a</i>	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	
	F=1,370 g.l.=1 p=0,251ns Power=0,205	F=3,150 g.l.=4 p=0,017* Power=0,807	F=1,967 g.l.=4 p=0,104ns Power=0,577	F=0,251 g.l.=1 p=0,620ns Power=0,077	F=2,937 g.l.=2,492 p=0,048* Power=0,620	F=2,106 g.l.=2,492 p=0,117ns Power=0,470	

Tabla 30. Test de ANOVA MR (a: con esfericidad; b: *Epsilon de Greenhouse-Geisser*) para el estudio de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	<i>CTL^a</i>	<i>EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	<i>CTL^a</i>	<i>EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	
	$\chi^2=11,560$ g.l.=4 p=0,021*	$\chi^2=15,200$ g.l.=4 p=0,004**	$\chi^2=25,832$ g.l.=4 p=0,000***	$\chi^2=22,899$ g.l.=4 p=0,000***	$\chi^2=7,340$ g.l.=4 p=0,119ns	$\chi^2=26,908$ g.l.=4 p=0,000***	
120°/s	<i>CTL vs EXP^b</i>	<i>Momento^b</i>	<i>Grupo vs Momento^b</i>	<i>CTL^a</i>	<i>EXP^a</i>	<i>Momento^a</i>	
	F=3,050 g.l.=1 p=0,091ns Power=0,394	F=5,028 g.l.=4 p=0,001** Power=0,958	F=2,653 g.l.=4 p=0,036* Power=0,726	$\chi^2=24,681$ g.l.=4 p=0,000***	$\chi^2=10,400$ g.l.=4 p=0,034*	$\chi^2=31,634$ g.l.=4 p=0,000***	

Tabla 31. Test de *Friedman two-way* ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: *Epsilon de Greenhouse-Geisser*) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	
		F=1,233 g.l.=1 p=0,276ns Power=0,189	F=9,316 g.l.=4 p=0,000*** Power=0,999	F=1,833 g.l.=4 p=0,127ns Power=0,543	F=0,062 g.l.=1 p=0,805ns Power=0,057	F=19,589 g.l.=4 p=0,000*** Power=1,000	F=2,244 g.l.=4 p=0,068ns Power=0,643
120°/s	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	
	F=0,850 g.l.=1 p=0,364ns Power=0,145	F=4,718 g.l.=4 p=0,001** Power=0,945	F=2,070 g.l.=4 p=0,089ns Power=0,602	F=0,015 g.l.=1 p=0,905ns Power=0,052	F=13,617 g.l.=4 p=0,000*** Power=1,000	F=1,145 g.l.=4 p=0,339ns Power=0,351	

Tabla 32. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; ns - no significativo.

	2 Momento		3 Momento		4 Momento		5 Momento	
	CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP	CTL	EXP
Torque máximo 60°/s E	0,457ns~	0,981ns~	0,617ns~	0,639ns~	0,634ns~	0,329ns~	0,852ns~	0,499ns~
Torque máximo 120°/s E	0,218ns~	0,809ns~	0,496ns~	0,670ns~	0,519ns~	0,382ns~	0,908ns~	0,832ns~
Torque medio 60°/s E	0,216ns~	0,876ns~	0,863ns~	0,813ns~	0,899ns~	0,166ns~	0,748ns~	0,520ns~
Torque medio 120°/s E	0,220ns~	0,852ns~	0,533ns~	0,518ns~	0,844ns~	0,390ns~	0,698ns~	0,922ns~
Potencia máxima 60°/s E	0,370ns~	0,642ns~	0,953ns~	0,984ns~	0,746ns~	0,359ns~	0,930ns~	0,632ns~
Potencia máxima 120°/s E	0,215ns~	0,914ns~	0,769ns~	0,662ns~	0,928ns~	0,534ns~	0,734ns~	0,783ns~
Torque máximo 60°/s F	0,705ns~	0,476ns~	0,400ns~	0,941ns~	0,178ns~	0,515ns~	0,048*~	0,697ns~
Torque máximo 120°/s F	0,331ns~	0,934ns~	0,242ns~	0,404ns~	0,099ns~	0,815ns~	0,238ns~	0,367ns~
Torque medio 60°/s F	0,423ns~	0,707ns~	0,416ns~	0,946ns~	0,187ns~	0,559ns~	0,070ns~	0,919ns~
Torque medio 120°/s F	0,257ns~	0,838ns~	0,370ns~	0,771ns~	0,100ns~	0,936ns~	0,120ns~	0,861ns~
Potencia máxima 60°/s F	0,717ns~	1,000ns~	0,540ns~	0,573ns~	0,153ns~	0,533ns~	0,144ns~	0,884ns~
Potencia máxima 120°/s F	0,547ns~	0,759ns~	0,415ns~	0,560ns~	0,043*~	0,919ns~	0,107ns~	0,519ns~
% F/E 60°/s	0,339ns~	0,553ns~	0,239ns~	0,895ns~	0,055ns~	0,957ns~	0,065ns~	0,753ns~
% F/E 120°/s	0,105ns~	0,649ns~	0,310ns~	0,545ns~	0,012*~	0,659ns~	0,274ns~	0,813ns~

Tabla 33. Pruebas estadísticas para el estudio de la evolución de la diferencia de las variables isocinéticas entre el miembro dominante y no dominante en el ensayo clínico. Leyenda: ~ - prueba paramétrica de *Independent Sample T test*; - prueba no paramétrica de *Mann-Whitney*; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

Parámetro de la calidad de vida

	Prueba de Box				
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p
Función física	4,169	1,289	3	369179,4	0,276ns
Vitalidad	5,467	1,690	3	369179,4	0,167ns
CSF	2,017	0,623	3	369179,4	0,600ns
CSM	6,264	1,936	3	369179,4	0,121ns

Tabla 34. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianzas (Prueba *M de Box*) de la evolución del parámetro de la calidad de vida en el ensayo clínico. Leyenda: ns - no significativo.

Función física	Prueba de ANOVA MR	
	CTL vs EXP	F=0,201; g.l.=1; p=0,657ns ; Power=0,072
Función física	Momento	F=0,411; g.l.=1; p=0,526ns ; Power=0,095
	Grupo vs Momento	F=0,015; g.l.=1; p=0,904ns ; Power=0,052
	Vitalidad	CTL vs EXP
Vitalidad	Momento	F=2,948; g.l.=1; p=0,096ns ; Power=0,383
	Grupo vs Momento	F=0,678; g.l.=1; p=0,417ns ; Power=0,125
	CSF	CTL vs EXP
CSF	Momento	F=0,146; g.l.=1; p=0,705ns ; Power=0,066
	Grupo vs Momento	F=0,000; g.l.=1; p=1,000ns ; Power=0,050
	CSM	CTL vs EXP
CSM	Momento	F=0,358; g.l.=1; p=0,554ns ; Power=0,089
	Grupo vs Momento	F=1,458; g.l.=1; p=0,237ns ; Power=0,215

Tabla 35. Prueba ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico. Leyenda: ns - no significativo.

		Prueba Wilcoxon	
Rol Físico	CTL	Z=-0,892-;	p=0,372ns
	EXP	Z=-0,322-;	p=0,748ns
	Total	Z=-0,906-;	p=0,365ns
Dolor Corporal	CTL	Z=-0,070+;	p=0,944ns
	EXP	Z=-0,318-;	p=0,750ns
	Total	Z=-0,225-;	p=0,822ns
Salud General	CTL	Z=-0,386+;	p=0,699ns
	EXP	Z=-0,568-;	p=0,570ns
	Total	Z=-0,253-;	p=0,800ns
Función Social	CTL	Z=-2,372+;	p=0,018*
	EXP	Z=-0,845-;	p=0,398ns
	Total	Z=-0,835+;	p=0,404ns
Rol Emocional	CTL	Z=-0,541+;	p=0,589ns
	EXP	Z=-0,360-;	p=0,719ns
	Total	Z=-0,029-;	p=0,977ns
Salud Mental	CTL	Z=-1,670+;	p=0,095ns
	EXP	Z=-0,668+;	p=0,504ns
	Total	Z=-1,759+;	p=0,079ns
Evolución Declarada	CTL	Z=-1,561+;	p=0,119ns
	EXP	Z=-0,966+;	p=0,334ns
	Total	Z=-1,859+;	p=0,063ns

Tabla 36. Prueba Wilcoxon para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico. Leyenda: * - significativo a 5%; ns - no significativo.

FOLLOW-UP DE LAS CARACTERÍSTICAS EXPERIMENTALES DE LA MUESTRA

Parámetro antropométrico

	Prueba de Box					Prueba de Mauchly's		
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
Peso	17,842	2,632	6	5456,1	0,015*	0,903	2	0,241ns
BIA (% grasa)	8,947	1,320	6	5456,1	0,244ns	0,979	2	0,742ns
BIA (kg grasa)	20,700	3,054	6	5456,1	0,006**	0,608	2	0,001**
Perímetro abdominal	32,513	4,797	6	5456,1	0,000***	0,965	2	0,610ns
MID: 20 cm del PSR	5,124	0,756	6	5456,1	0,605ns	0,850	2	0,103ns
MID: 15 cm del PSR	7,212	1,064	6	5456,1	0,382ns	0,750	2	0,000***
MID: 10 cm del PSR	22,737	3,354	6	5456,1	0,003**	0,427	2	0,000***
MID: 5 cm del PSR	11,543	1,703	6	5456,1	0,116ns	0,623	2	0,001**
MID: PSR	5,542	0,818	6	5456,1	0,556ns	0,540	2	0,000***
MII: 20 cm del PSR	6,011	0,887	6	5456,2	0,503ns	0,530	2	0,000***
MII: 15 cm del PSR	7,394	1,091	6	5456,2	0,365ns	0,438	2	0,000***
MII: 10 cm del PSR	19,367	2,857	6	5456,2	0,009**	0,204	2	0,000***
MII: 5 cm del PSR	4,085	0,603	6	5456,2	0,729ns	0,790	2	0,037*
MII: PSR	9,023	1,331	6	5456,2	0,239ns	0,568	2	0,000***

Tabla 38. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianzas (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro antropométrico en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho		M.I. Izquierdo	
20 cm	CTL vs EXP	F=0,099; g.l.=1; p=0,756ns; Power=0,061	F=0,002; g.l.=1; p=0,968ns; Power=0,050		
	Momento	F=1,016; g.l.=2; p=0,368ns; Power=0,219	F=1,427; g.l.=1,360; p=0,248ns; Power=0,243		
	Grupo vs Momento	F=0,806; g.l.=2; p=0,452ns; Power=0,181	F=3,061; g.l.=1,360; p=0,076ns; Power=0,464		
15 cm	CTL vs EXP	F=0,158; g.l.=1; p=0,694ns; Power=0,067	F=0,158; g.l.=1; p=0,694ns; Power=0,067		
	Momento	F=3,514; g.l.=1,398; p=0,055ns; Power=0,526	F=6,851; g.l.=1,280; p=0,008**; Power=0,791		
	Grupo vs Momento	F=0,263; g.l.=1,398; p=0,690ns; Power=0,083	F=1,738; g.l.=1,280; p=0,196ns; Power=0,278		
10 cm	CTL vs EXP	F=0,000; g.l.=1; p=0,987ns; Power=0,050	F=0,003; g.l.=1; p=0,955ns; Power=0,050		
	Momento	F=1,739; g.l.=1,271; p=0,196ns; Power=0,277	F=4,105; g.l.=1,114; p=0,047*; Power=0,528		
	Grupo vs Momento	F=1,057; g.l.=1,271; p=0,328ns; Power=0,185	F=3,962; g.l.=1,114; p=0,051ns; Power=0,514		
5 cm	CTL vs EXP	F=0,068; g.l.=1; p=0,796ns; Power=0,057	F=0,028; g.l.=1; p=0,868ns; Power=0,053		
	Momento	F=4,619; g.l.=1,453; p=0,025*; Power=0,658	F=1,492; g.l.=1,653; p=0,161ns; Power=0,349		
	Grupo vs Momento	F=0,092; g.l.=1,453; p=0,851ns; Power=0,062	F=1,909; g.l.=1,653; p=0,166ns; Power=0,343		
PSR	CTL vs EXP	F=0,961; g.l.=1; p=0,335ns; Power=0,158	F=0,053; g.l.=1; p=0,820ns; Power=0,056		
	Momento	F=0,502; g.l.=1,480; p=0,553ns; Power=0,117	F=1,106; g.l.=1,396; p=0,321ns; Power=0,200		
	Grupo vs Momento	F=0,712; g.l.=1,480; p=0,456ns; Power=0,147	F=5,892; g.l.=1,396; p=0,012*; Power=0,753		

Tabla 39. Prueba ANOVA MR para el estudio de la evolución de la perimetría de los miembros inferiores en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

Parámetro cardiovascular

	Prueba de Box					Prueba de Mauchly's		
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
PAS	5,591	0,825	6	5456,1	0,550ns	0,981	2	0,765ns

Tabla 40. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro cardiovascular en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ns - no significativo.

Parámetro del equilibrio y flexibilidad

	Prueba de Box					Prueba de Mauchly's		
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
<i>Sit&Reach</i>	3,239	0,478	6	5456,1	0,825ns	0,865	2	0,131ns

Tabla 41. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro del equilibrio y flexibilidad en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ns - no significativo.

Parámetro de la fuerza isocinética

	Prueba de Box					Prueba de Mauchly's		
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
Torque máximo 60%/s E MID	11,252	1,660	6	5456,2	0,127ns	0,989	2	0,858ns
Torque máximo 60%/s E MII	5,035	0,743	6	5456,2	0,615ns	0,971	2	0,662ns
Torque máximo 120%/s E MID	14,825	2,187	6	5456,2	0,041*	0,916	2	0,295ns
Torque máximo 120%/s E MII	2,302	0,340	6	5456,2	0,916ns	0,950	2	0,486ns
Torque medio 60%/s E MID	7,883	1,163	6	5456,2	0,323ns	0,976	2	0,717ns
Torque medio 60%/s E MII	3,390	0,500	6	5456,2	0,809ns	0,983	2	0,785ns
Torque medio 120%/s E MID	19,782	2,919	6	5456,2	0,008**	0,909	2	0,262ns
Torque medio 120%/s E MII	1,698	0,251	6	5456,2	0,959ns	0,958	2	0,549ns
Potencia máxima 60%/s E MID	18,371	2,710	6	5456,2	0,013*	0,963	2	0,593ns
Potencia máxima 60%/s E MII	8,620	1,272	6	5456,2	0,267ns	0,964	2	0,598ns
Potencia máxima 120%/s E MID	13,632	2,011	6	5456,2	0,061ns	0,716	2	0,009**
Potencia máxima 120%/s E MII	1,794	0,265	6	5456,1	0,953ns	0,965	2	0,605ns
Torque máximo 60%/s F MII	6,747	0,995	6	5456,2	0,426ns	0,995	2	0,938ns
Torque máximo 120%/s F MII	9,755	1,439	6	5456,2	0,195ns	0,987	2	0,838ns
Torque medio 60%/s F MID	22,539	3,325	6	5456,1	0,003**	0,819	2	0,061ns
Torque medio 60%/s F MII	8,499	1,254	6	5456,1	0,275ns	0,935	2	0,388ns
Torque medio 120%/s F MID	26,958	3,977	6	5456,1	0,001**	0,860	2	0,120ns
Torque medio 120%/s F MII	2,721	0,402	6	5456,1	0,878ns	1,000	2	1,000ns
Potencia máxima 60%/s F MII	8,620	1,272	6	5456,2	0,267ns	0,964	2	0,598ns
Potencia máxima 120%/s F MII	11,822	1,744	6	5456,1	0,107ns	0,965	2	0,605ns
% F/E 60%/s MID	6,496	0,958	6	5456,2	0,452ns	0,989	2	0,862ns
% F/E 60%/s MII	5,563	0,821	6	5456,2	0,554ns	0,949	2	0,482ns
% F/E 120%/s MID	12,295	1,814	6	5456,2	0,092ns	0,911	2	0,271ns
% F/E 120%/s MII	9,093	1,342	6	5456,2	0,235ns	0,982	2	0,771ns

Tabla 42. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro de la fuerza isocinética en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

	M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento
60%/s	F=1,269 g.l.=1 p=0,269ns Power=0,193	F=3,386 g.l.=2 p=0,041* Power=0,616	F=1,662 g.l.=2 p=0,199ns Power=0,336	F=0,227 g.l.=1 p=0,637ns Power=0,075	F=3,981 g.l.=2 p=0,024* Power=0,691	F=0,582 g.l.=2 p=0,562ns Power=0,142
	F=0,504 g.l.=1 p=0,483ns Power=0,106	F=0,307 g.l.=2 p=0,737ns Power=0,096	F=2,840 g.l.=2 p=0,067ns Power=0,536	F=0,715 g.l.=1 p=0,405ns Power=0,129	F=3,886 g.l.=2 p=0,026* Power=0,680	F=0,684 g.l.=2 p=0,504ns Power=0,161

Tabla 43. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque máximo de extensión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	
		F=1,025 g.l.=1 p=0,320ns Power=0,165	F=4,327 g.l.=2 p=0,018* Power=0,730	F=2,166 g.l.=2 p=0,124ns Power=0,426	F=0,067 g.l.=1 p=0,797ns Power=0,057	F=6,708 g.l.=2 p=0,002** Power=0,902	F=2,576 g.l.=2 p=0,085ns Power=0,495
120°/s	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	
	F=1,210 g.l.=1 p=0,280ns Power=0,186	F=0,870 g.l.=2 p=0,423ns Power=0,193	F=1,735 g.l.=2 p=0,186ns Power=0,350	F=0,406 g.l.=1 p=0,529ns Power=0,095	F=5,657 g.l.=2 p=0,006** Power=0,844	F=1,143 g.l.=2 p=0,326ns Power=0,242	

Tabla 44. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque medio de extensión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	CTL vs EXP ^a	Momento ^a	Grupo vs Momento ^a	CTL vs EXP ^a	Momento ^a	Grupo vs Momento ^a	
		F=1,148 g.l.=1 p=0,293ns Power=0,179	F=5,596 g.l.=2 p=0,006** Power=0,839	F=5,585 g.l.=2 p=0,560ns Power=0,143	F=0,661 g.l.=1 p=0,423ns Power=0,123	F=5,036 g.l.=2 p=0,010* Power=0,797	F=2,075 g.l.=2 p=0,135ns Power=0,410
120°/s	CTL vs EXP ^b	Momento ^b	Grupo vs Momento ^b	CTL vs EXP ^a	Momento ^a	Grupo vs Momento ^a	
	F=1,315 g.l.=1 p=0,261ns Power=0,198	F=0,670 g.l.=1,558 p=0,481ns Power=0,144	F=0,483 g.l.=1,558 p=0,573ns Power=0,116	F=0,511 g.l.=1 p=0,480ns Power=0,106	F=3,675 g.l.=2 p=0,031* Power=0,654	F=0,656 g.l.=2 p=0,523ns Power=0,155	

Tabla 45. Test de ANOVA MR (a: con esfericidad; b: *Epsilon de Greenhouse-Geisser*) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de extensión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	CTL ^a	EXP ^a	Total ^a	CTL vs EXP ^b	Momento ^b	Grupo vs Momento ^b	
		$\chi^2=19,091$ g.l.=2 p=0,000***	$\chi^2=11,844$ g.l.=2 p=0,003**	$\chi^2=30,067$ g.l.=2 p=0,000***	F=0,037 g.l.=1 p=0,849ns Power=0,054	F=14,475 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,998	F=0,981 g.l.=2 p=0,381ns Power=0,213
120°/s	CTL ^a	EXP ^a	Total ^a	CTL vs EXP ^b	Momento ^b	Grupo vs Momento ^b	
	$\chi^2=15,208$ g.l.=2 p=0,000***	$\chi^2=18,585$ g.l.=2 p=0,000***	$\chi^2=31,153$ g.l.=2 p=0,000***	F=0,080 g.l.=1 p=0,779ns Power=0,059	F=11,209 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,989	F=0,467 g.l.=2 p=0,627ns Power=0,122	

Tabla 46. Test de *Friedman two-way* ANOVA (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque máximo de flexión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; ns - no significativo.

		M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
60°/s	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	
		F=4,350 g.l.=1 p=0,046* Power=0,523	F=13,365 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,997	F=0,560 g.l.=2 p=0,574ns Power=0,138	F=0,031 g.l.=1 p=0,861ns Power=0,053	F=14,676 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,998	F=0,301 g.l.=2 p=0,742ns Power=0,096
120°/s	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	
	F=1,139 g.l.=1 p=0,295ns Power=0,178	F=12,883 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,996	F=2,310 g.l.=2 p=0,108ns Power=0,450	F=0,001 g.l.=1 p=0,974ns Power=0,050	F=7,848 g.l.=2 p=0,001** Power=0,942	F=0,118 g.l.=2 p=0,889ns Power=0,067	

Tabla 47. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del torque medio de flexión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

	M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
	CTL ^a	EXP ^a	Total ^a	CTL vs EXP ^b	Momento ^b	Grupo vs Momento ^b
60°/s	$\chi^2=8,577$ g.l.=2 p=0,014*	$\chi^2=14,179$ g.l.=2 p=0,001**	$\chi^2=22,655$ g.l.=2 p=0,000***	F=0,045 g.l.=1 p=0,833ns Power=0,055	F=8,179 g.l.=2 p=0,001** Power=0,951	F=0,144 g.l.=2 p=0,866ns Power=0,071
120°/s	$\chi^2=9,115$ g.l.=2 p=0,010*	$\chi^2=15,031$ g.l.=2 p=0,001**	$\chi^2=16,776$ g.l.=2 p=0,000***	F=0,037 g.l.=1 p=0,849ns Power=0,054	F=5,664 g.l.=2 p=0,006** Power=0,844	F=0,116 g.l.=2 p=0,891ns Power=0,067

Tabla 48. Test de *Friedman two-way ANOVA* (a) y de ANOVA MR (b: con esfericidad) para el estudio de la evolución de la potencia máxima de flexión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ** - significativo a 1%; * - significativo a 5%; ns - no significativo.

	M.I. Derecho			M.I. Izquierdo		
	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento	CTL vs EXP	Momento	Grupo vs Momento
60°/s	F=1,099 g.l.=2 p=0,303ns Power=0,174	F=14,220 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,998	F=1,198 g.l.=2 p=0,310ns Power=0,252	F=0,863 g.l.=1 p=0,360ns Power=0,146	F=12,160 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,994	F=2,817 g.l.=2 p=0,068ns Power=0,533
120°/s	F=0,883 g.l.=2 p=0,355ns Power=0,149	F=12,234 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,994	F=0,377 g.l.=2 p=0,688ns Power=0,108	F=0,428 g.l.=1 p=0,518ns Power=0,097	F=11,472 g.l.=2 p=0,000*** Power=0,991	F=0,708 g.l.=2 p=0,497ns Power=0,164

Tabla 49. Test de ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución del porcentaje de flexión/extensión en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: *** - significativo a 0,1%; ns - no significativo.

	Follow-up	
	CTL	EXP
Torque máximo 60°/s E	p=0,321ns	p=0,096ns
Torque máximo 120°/s E	p=0,223ns	p=0,207ns
Torque medio 60°/s E	p=0,315ns	p=0,110ns
Torque medio 120°/s E	p=0,506ns	p=0,112ns
Potencia máxima 60°/s E	p=0,160ns	p=0,366ns
Potencia máxima 120°/s E	p=0,404ns	p=0,253ns
Torque máximo 60°/s F	p=0,975ns	p=0,295ns
Torque máximo 120°/s F	p=0,906ns	p=0,196ns
Torque medio 60°/s F	p=0,624ns	p=0,192ns
Torque medio 120°/s F	p=0,889ns	p=0,308ns
Potencia máxima 60°/s F	p=0,603ns	p=0,302ns
Potencia máxima 120°/s F	p=0,923ns	p=0,299ns
% F/E 60°/s	p=0,221ns	p=0,732ns
% F/E 120°/s	p=0,166ns	p=0,398ns

Tabla 50. Prueba *Independent Sample T test* para el estudio del *follow-up* de la diferencia de las variables isocinéticas entre el miembro dominante y no dominante. Leyenda: ns - no significativo.

Parámetro de la calidad de vida

	Prueba de Box				Prueba de Mauchly's			
	M	F	g.l. 1	g.l. 2	p	W	g.l.	p
Vitalidad	6,473	0,955	6	5456,1	0,454ns	0,997	2	0,956ns
CSF	4,980	0,735	6	5456,1	0,622ns	0,863	2	0,126ns
CSM	9,815	1,448	6	5456,191	0,192ns	0,840	2	0,088ns

Tabla 51. Estudio de la homocedasticidad de la matriz de varianza (Prueba *M de Box*) y de la esfericidad (Prueba de *Mauchly's*) de la evolución del parámetro de la calidad de vida en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ns - no significativo.

		Prueba ANOVA MR
Vitalidad	CTL vs EXP	F=0,049; g.l.=1; p=0,826ns ; Power=0,055
	Momento	F=1,783; g.l.=2; p=0,177ns ; Power=0,358
	Grupo vs Momento	F=2,266; g.l.=2; p=0,113ns ; Power=0,443
CSF	CTL vs EXP	F=3,172; g.l.=1; p=0,085ns ; Power=0,406
	Momento	F=0,182; g.l.=2; p=0,834ns ; Power=0,077
	Grupo vs Momento	F=0,027; g.l.=2; p=0,973ns ; Power=0,054
CSM	CTL vs EXP	F=0,220; g.l.=1; p=0,643ns ; Power=0,074
	Momento	F=0,286; g.l.=2; p=0,752ns ; Power=0,093
	Grupo vs Momento	F=2,446; g.l.=2; p=0,096ns ; Power=0,473

Tabla 52. Prueba ANOVA MR (con esfericidad) para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: ns - no significativo.

		Prueba Friedman two-way ANOVA
Función Física	CTL	Ji-Cuadrado=2,039; g.l.=2; p=0,361ns
	EXP	Ji-Cuadrado=1,781; g.l.=2; p=0,410ns
	Total	Ji-Cuadrado=3,357; g.l.=2; p=0,187ns
Rol Físico	CTL	Ji-Cuadrado=1,647; g.l.=2; p=0,439ns
	EXP	Ji-Cuadrado=1,396; g.l.=2; p=0,498ns
	Total	Ji-Cuadrado=1,862; g.l.=2; p=0,394ns
Dolor Corporal	CTL	Ji-Cuadrado=0,462; g.l.=2; p=0,794ns
	EXP	Ji-Cuadrado=0,633; g.l.=2; p=0,729ns
	Total	Ji-Cuadrado=0,626; g.l.=2; p=0,731ns
Salud General	CTL	Ji-Cuadrado=3,875; g.l.=2; p=0,144ns
	EXP	Ji-Cuadrado=2,103; g.l.=2; p=0,349ns
	Total	Ji-Cuadrado=4,830; g.l.=2; p=0,089ns
Función Social	CTL	Ji-Cuadrado=7,371; g.l.=2; p=0,025*
	EXP	Ji-Cuadrado=0,500; g.l.=2; p=0,779ns
	Total	Ji-Cuadrado=2,092; g.l.=2; p=0,351ns
Rol Emocional	CTL	Ji-Cuadrado=1,040; g.l.=2; p=0,596ns
	EXP	Ji-Cuadrado=0,929; g.l.=2; p=0,629ns
	Total	Ji-Cuadrado=0,491; g.l.=2; p=0,782ns
Salud Mental	CTL	Ji-Cuadrado=4,192; g.l.=2; p=0,123ns
	EXP	Ji-Cuadrado=0,327; g.l.=2; p=0,849ns
	Total	Ji-Cuadrado=2,093; g.l.=2; p=0,351ns
Evolución Declarada	CTL	Ji-Cuadrado=1,938; g.l.=2; p=0,380ns
	EXP	Ji-Cuadrado=2,000; g.l.=2; p=0,368ns
	Total	Ji-Cuadrado=2,633; g.l.=2; p=0,268ns

Tabla 53. Test de *Friedman two-way ANOVA* para el estudio de la evolución de la calidad de vida en el ensayo clínico y su *follow-up*. Leyenda: * - significativo a 5%; ns - no significativo.

Anexo V: Comunicaciones orales

1) Variación del ángulo del torque máximo de extensión de la rodilla mediante la aplicación de la electroterapia, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas y João Nobre, presentada en el I Congreso Internacional de Fisioterapia e Investigación: “Desde la Investigación a la Práctica Clínica”, a 12/11/2011, organizado por el *Ilustre Colegio Profesional de Fisioterapeutas de Andalucía*, en Sevilla, España.

2) Comparação dos efeitos da electroterapia no torque máximo dos extensores do joelho entre dois meses consecutivos em idosas fisicamente activas, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y José Fonseca, presentada en el *Congresso PRACTICE: prevenção e reabilitação activa com o exercício*, a 23/10/2011, organizado por la Universidade Lusófona, en Lisboa, Portugal.

3) Influência da electroterapia na densidade óssea de mulheres pós-menopáusicas não medicadas, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y José Fonseca, presentada en el *VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde*, a 22/10/2011, organizado por la *Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL)*, en Lisboa, Portugal.

4) O efeito da aplicação de electroterapia na musculatura antagonista, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y José Fonseca, presentada en el *VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde*, a 22/10/2011, organizado por la *Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL)*, en Lisboa, Portugal.

5) Confiabilidade teste-reteste da flexão/extensão isocinética concêntrica do joelho em idosas fisicamente activas, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y José Fonseca, presentada en el *VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde*, a 22/10/2011, organizado por la *Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL)*, en Lisboa, Portugal.

Anexo VI: Pósteres

1) Influência da electroterapia no torque máximo de extensão do joelho de idosas fisicamente activas com excesso de peso, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y José Fonseca, presentado en el *Congresso PRACTICE: prevenção e reabilitação activa com o exercício*, a 23/10/2011, organizado por la Universidade Lusófona, en Lisboa, Portugal.

2) Estratégias para normalização dos desequilíbrios musculares dos membros inferiores em idosos, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y José Fonseca, presentado en el *VI Encontro Nacional das Ciências e Tecnologias da Saúde*, a 21/10/2011, organizado por la *Escola Superior de Tecnologia da Saúde de Lisboa (ESTeSL)*, en Lisboa, Portugal.

3) Efecto de la electroterapia y el tratamiento con psicofármacos en la calidad de vida de mujeres mayores, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y Carmen Sánchez, presentado en el *II Congreso Iberoamericano de Psicología y Salud: “bienestar físico y psicológico en personas mayores”*, a 22/09/2011, organizado por la Facultad de Fisioterapia da Universidad de Vigo, en Pontevedra, España.

4) Calidad de vida inicial de una muestra de mujeres mayores participantes en un programa de Revitalización Geriátrica, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y Carmen Sánchez, presentado en el *II Congreso Iberoamericano de Psicología y Salud: “bienestar físico y psicológico en personas mayores”*, a 22/09/2011, organizado por la Facultad de Fisioterapia da Universidad de Vigo, en Pontevedra, España.

5) Influencia de la electroterapia en el dolor corporal de mujeres sin medicación analgésica o antiinflamatoria participantes en un programa de Revitalización Geriátrica, de la autoría de Tiago Parente, Calvo Arenillas, João Nobre y Carmen Sánchez, presentado en el *II Congreso Iberoamericano de Psicología y Salud: “bienestar físico y psicológico en personas mayores”*, a 22/09/2011, organizado por la Facultad de Fisioterapia da Universidad de Vigo, en Pontevedra, España.

