

**UNIVERSIDAD DE SALAMANCA**

DEPARTAMENTO DE MEDICINA



**TESIS DOCTORAL**

“INFLUENCIA DE LAS TÉCNICAS DE FACILITACIÓN  
NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA SOBRE LA  
MUSCULATURA RESPIRATORIA EN UNA  
POBLACIÓN DE MUJERES MAYORES”

**JESÚS OREJUELA RODRÍGUEZ**

**DIRECTORES**

Dr. Juan Jesús Cruz Hernández

Dr. José Ignacio Calvo Arenillas

Dra. Ana María Martín Nogueras

Salamanca, 2015



**D. Juan Jesús Cruz Hernández, D. José Ignacio Calvo Arenillas y Dña.  
Ana María Martín Nogueras, Profesores de la Universidad de Salamanca**

CERTIFICAN:

Que el trabajo titulado **“Influencia de las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva sobre la musculatura respiratoria en una población de mujeres mayores”** realizado por D. Jesús Orejuela Rodríguez 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, extienden el presente certificado con fecha 15 de Junio de 2015.

Fdo. Juan Jesús Cruz Hernández  
Catedrático de Universidad

Fdo. José Ignacio Calvo Arenillas  
Catedrático de Escuela Universitaria

Fdo. Ana María Martín Nogueras  
Titular de Escuela Universitaria



“A Pilar, a Carla y a Jesús; ellos son el aire y la fuerza de mi vida”

“Aurora, siempre estarás conmigo”

A mi madre, la mujer valiente

A mi gente



# AGRADECIMIENTOS

Al Profesor D. José Ignacio Calvo Arenillas, maestro, compañero, amigo y hermano cómplice en la difícil tarea de la docencia y la investigación. Tu entrega, tu generosidad y tu apuesta por la Fisioterapia Universitaria son impagables. Todos estaremos siempre en deuda contigo, te mereces el mayor respeto y la máxima consideración profesional y personal. Te has ganado un lugar en nuestra corta historia.

Al Profesor D. Juan Jesús Cruz Hernández, por habernos apoyado a los Diplomados en Ciencias de la Salud y a los Profesores Titulares de Escuela no doctores, cuando pasábamos momentos difíciles. Su actitud integradora ha sido básica para que, hoy, tengamos las mismas oportunidades que el resto de los universitarios. Gracias por abrirnos las puertas.

A la Profesora Dña. Ana María Martín Noguerras, que alberga los mejores ejemplos de preparación profesional, amistad, compañerismo, lealtad, valentía, disposición y la mayor capacidad de trabajo que alguien pueda imaginar. Trabajar con ella es un regalo, todo lo difícil lo convierte en fácil.

A la Profesora Dña. Carmen Sánchez Sánchez, representación ideal de equilibrio y claridad de ideas, resolución profesional, amiga y compañera. Sin ruido; pero omnipresente cuando se le necesita.

A mis compañeros D. Fausto José Barbero Iglesias, D. Carlos Moreno Pascual, D. José Luis Sánchez Sánchez, D. Roberto Méndez Sánchez y D. Ignacio

Rubio López por los años compartidos de trabajo, por la superación de las dificultades del camino y por haber confiado en el proyecto común del Área de Fisioterapia.

Al Profesor D. José Javier Gonzalo Martín, por contar con su ayuda y su amistad desde el primer día que entré en la Escuela. Por su lealtad y sinceridad inquebrantables.

A la Profesora Dña. Rosa González del Río, por confiar en nosotros cuando éramos una representación simbólica de la Fisioterapia. Por su amistad y por estar siempre ahí.

Al Profesor Josep Nonell Sisquella, por enseñarnos la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva de manera tan sencilla y completa. Gracias, maestro.

A todos mis profesores de la Diplomatura de Fisioterapia, del Grado en Fisioterapia y del Máster en Oncología; por contribuir a mi formación docente e investigadora.

A los becarios del Área de Fisioterapia que a lo largo de veinte años han contribuido al desarrollo del Programa de Revitalización Geriátrica.

Al Ayuntamiento de Salamanca, por su colaboración y financiación en el Programa de Revitalización.

A las mujeres que participaron en este estudio y lo hicieron posible. Fue un privilegio trabajar con ellas. Les doy las gracias de corazón.



# RESUMEN

*Objetivo:* Evaluar la eficacia de un protocolo de ejercicios con Patrones de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva en la mejora de la fuerza de la musculatura respiratoria.

*Material y Métodos:* Participaron 69 mujeres entre 65-76 años no institucionalizadas participantes en el programa de Revitalización Geriátrica y divididas aleatoriamente en dos grupos de trabajo: control (GC) y tratamiento (GT). Se registraron valores de la presión inspiratoria máxima (PIM) y espiratoria (PEM), índice de masa corporal (IMC), perímetro abdominal, prueba marcha 6 minutos y masa grasa. El GT participó en un programa específico de tratamiento de 8 semanas para la musculatura respiratoria.

*Resultados:* Al finalizar el programa se registraron diferencias estadísticamente significativas (ES) entre grupos (PIM: 20,00mb; IC 95% [11,13 – 28,88]; PEM: 27,00 mb; IC95% [19,75 – 35,012]) ( $p < 0,001$ ) y en el GT para la PIM (13,84 mb; IC95% [9,017 – 18,671]) ( $p < 0,001$ ) y la PEM (25,69 mb; IC95% [20,373–31,002]) ( $p < 0,001$ ). No se encontró correlación de la PIM ni la PEM con el IMC, la prueba marcha 6 minutos, la masa grasa o el perímetro abdominal. La edad correlacionó mínimamente y ES con la PIM al inicio.

*Conclusiones:* El protocolo de tratamiento para la musculatura respiratoria resultó eficaz en la mejora de las presiones respiratorias máximas en la población estudio.

**Palabras clave:** facilitación neuromuscular propioceptiva, personas mayores, ancianos, mujeres, presiones respiratorias, musculatura respiratoria, trabajo muscular.



# ÍNDICE

1. PRÓLOGO .....	1
2. MARCO TEÓRICO .....	5
2.1. EL ENVEJECIMIENTO .....	7
2.1.1. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS DE LAS PERSONAS MAYORES .....	7
2.1.2. CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y FUNCIONALES EN LAS PERSONAS MAYORES .....	10
2.2. LA FUERZA MUSCULAR RESPIRATORIA .....	19
2.2.1. MÚSCULOS RESPIRATORIOS .....	19
2.2.2. EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR RESPIRATORIA .....	24
2.2.3. ENVEJECIMIENTO Y FUERZA MUSCULAR .....	28
2.3. FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA (FNP) .....	34
2.3.1. DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS DE LA FNP .....	36
2.3.2. PATRONES DE MOVIMIENTO .....	38
2.3.3. PROCEDIMIENTOS BÁSICOS .....	50
2.3.4. TÉCNICAS ESPECÍFICAS .....	55
2.3.5. TÉCNICAS DE RELAJACIÓN .....	59
2.3.6. ESTIMULACIÓN DE FUNCIONES VITALES .....	61
2.3.7. EL MOVIMIENTO ACTIVO LIBRE .....	63
3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS .....	67
3.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO .....	69
3.2. OBJETIVOS .....	69
4. MATERIAL Y MÉTODOS .....	71
4.1. ESTUDIO .....	73
4.2. POBLACIÓN .....	74
4.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN .....	74
4.3. EVALUACIÓN .....	77
4.4. INTERVENCIÓN .....	80
4.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS .....	98
5. RESULTADOS .....	101
5.1. POBLACIÓN .....	103
5.2. VARIABLES DE PRESIONES RESPIRATORIAS .....	105

6. DISCUSIÓN.....	115
6.1. PROTOCOLO DE FNP.....	117
6.2. ADHERENCIA AL PROGRAMA.....	120
6.3. VIABILIDAD DEL FORMATO.....	124
6.4. VALORES DE PIM Y PEM RESPECTO A VALORES REFERENCIA.....	126
6.5. VALORES DE PIM Y PEM EN PROTOCOLO DE FISIOTERAPIA.....	134
6.6. CORRELACIONES DE VALORES DE PIM Y PEM.....	142
6.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.....	146
7. CONCLUSIONES.....	149
8. BIBLIOGRAFIA.....	153
9. ANEXOS.....	175
ANEXO I. Resolución del Comité de Bioética.....	177

---

# **1. PRÓLOGO**



Desde que en 1982 se reconocieran en España los Estudios de Fisioterapia como Diplomatura, hasta hoy, se han producido importantes cambios en las directrices académicas y científicas de la titulación.

En 1986 el Consejo de Universidades acuerda la creación del Área de Conocimiento de Fisioterapia, lo que significa el reconocimiento de la plena capacidad para la formación de Departamentos Universitarios y, por lo tanto, la organización de la docencia y el desarrollo de la investigación de su propia área de conocimiento.

Sin embargo, estas atribuciones no han sido reales en lo que se refiere a la plena capacidad investigadora, puesto que los Estudios de Fisioterapia se han visto limitados durante todos estos años, al no conseguir un Segundo y Tercer Ciclo Universitarios que posibilitaran la realización de la correspondiente Tesis Doctoral.

En Diciembre de 2007 el Consejo de Ministros aprueba la puesta en marcha de los acuerdos del Plan de Bolonia, donde se recogen toda una serie de cambios con el objetivo de iniciar un proceso de convergencia en las titulaciones que se imparten en la Unión Europea. Esta nivelación de los estudios supone un cambio radical de las expectativas investigadoras en Fisioterapia, puesto que abre las puertas de la igualdad de oportunidades en el acceso a los Títulos de Grado Universitario, Master y Doctorado.

Este Espacio Europeo de Educación Superior nos va a permitir ampliar y mejorar nuestra formación, porque va a favorecer el desarrollo y avances en el Área de Fisioterapia a través de la actividad investigadora.

Tenemos ante nosotros un espectro amplísimo para llevar a cabo trabajos en los más diversos campos de actuación de la Fisioterapia, y que nos permitan conocer la eficacia de sus métodos y técnicas mediante los estudios basados en la evidencia científica.

Uno de esos estudios es el que vamos a presentar aquí y con el que pretendemos diseñar un protocolo de ejercicios con patrones de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva, para mejorar la fuerza de la musculatura respiratoria, en mujeres mayores de 65 años, y que participan en el Programa de Revitalización Geriátrica dirigido por el Prof. Dr. D. José Ignacio Calvo Arenillas.

La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva o Método Kabat es una de las Metodologías más conocidas de la Fisioterapia. Sus indicaciones son múltiples en el tratamiento de las patologías neurológicas, traumatológicas, reumáticas o deportivas. También se aplica como método de entrenamiento en personas sanas o deportistas para mejorar la fuerza muscular, la elasticidad, la flexibilidad la propiocepción y el equilibrio estático y dinámico.

Sin embargo, aunque es uno de los más utilizados en Fisioterapia, ya sea como método de elección o como técnica complementaria, existen muy pocos estudios acerca de la eficacia del mismo en las diversas patologías.



---

## **2. MARCO TEÓRICO**



## **2.1. EL ENVEJECIMIENTO**

### **2.1.1. ASPECTOS DEMOGRÁFICOS DE LAS PERSONAS MAYORES**

En España, según los datos oficiales del Censo de 2011 había 46.815.916 habitantes. De ese conjunto de población, las personas de 65 y más años representaban el 17,3% (8.116.350 personas) frente al 16,6% en el año 2009. Y de ese colectivo formado por personas mayores, nada menos que el 5,2% tenía 80 y más años (2.456.908 habitantes).

Las mejoras en las condiciones de vida de la población española han permitido un aumento significativo del número de habitantes. Desde 1900 hasta la actualidad se ha multiplicado por 2,5, siendo el grupo de edad de 65 años o más el que ha experimentado un mayor crecimiento, puesto que en este rango se ha multiplicado por algo más de 8. La proporción de esta población ha pasado de un 11,2% de 1981 a un 17,3% en 2011. Además, las proyecciones de población apuntan a que, en las próximas décadas, este grupo de edad seguirá aumentando. En el año 2050 habrá más de 15 millones, casi el doble que en la actualidad, y representarán un 36,4% de la población española (1) (Tabla 1 y Gráfico 1).

El envejecimiento de la población es una característica que afecta a la población mundial (1, 2). Las sociedades envejecen en todas las partes del mundo. Entre el año 2011 y 2050 se estima que la población mundial de 65 años se multiplique por tres, pasando de 524 a 1510 millones de habitantes (2).

Años	Población total	Población de 65 años y más		Población de 65-79 años		Población de 80 años y más	
	Absoluto	Absoluto	Porcentaje	Absoluto	Porcentaje	Absoluto	Porcentaje
1900	18.618.086	967.774	5,2	851.859	4,6	115.385	0,6
1910	19.995.686	1.105.569	5,5	972.954	4,9	132.615	0,7
1920	21.389.842	1.216.693	5,7	1.073.679	5,0	143.014	0,7
1930	23.677.794	1.440.739	6,1	1.263.626	5,3	177.113	0,7
1940	26.015.907	1.699.860	6,5	1.475.702	5,7	224.158	0,9
1950	27.976.755	2.022.523	7,2	1.750.045	6,3	272.478	1,0
1960	30.528.539	2.505.165	8,2	2.136.190	7,0	368.975	1,2
1970	34.040.989	3.290.800	9,7	2.767.061	8,1	523.739	1,5
1981	37.683.363	4.236.724	11,2	3.511.593	9,3	725.131	1,9
1991	38.872.268	5.370.252	13,8	4.222.384	10,9	1.147.868	3,0
2001	41.116.842	7.037.553	17,1	5.404.513	13,1	1.633.040	4,0
2011	46.815.916	8.116.350	17,3	5.659.442	12,1	2.456.908	5,2
2020	45.312.312	9.144.284	20,2	6.305.715	13,9	2.838.569	6,3
2030	44.050.312	11.300.064	25,7	7.767.119	17,6	3.532.945	8,0
2040	42.977.420	13.796.012	32,1	9.096.509	21,2	4.699.503	10,9
2050	41.836.016	15.221.239	36,4	8.986.586	21,5	6.234.653	14,9

Tabla 1. Evolución de la población mayor en España, 1900-2050 (Valores absolutos y porcentajes). Fuente. Instituto de Mayores y Servicios Sociales. Informe 2012: Las personas mayores en España. Serie Documentos Estadísticos 22027. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; 2014.

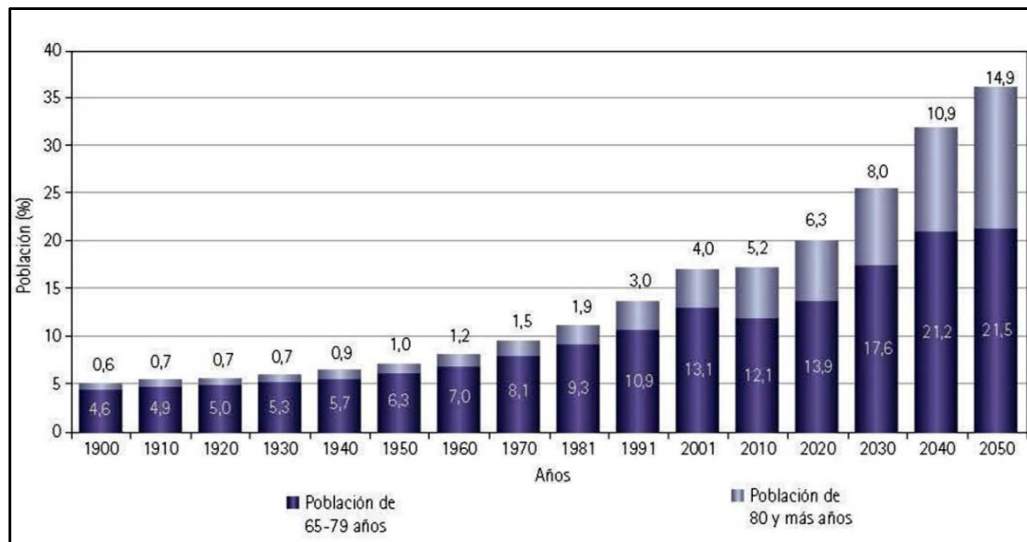


Figura 1. Evolución de la población mayor en España, 1900-2050 (porcentaje). Fuente. Instituto de Mayores y Servicios Sociales. Informe 2012: Las personas mayores en España. Serie Documentos Estadísticos 22027. Madrid: Ministerio de Sanidad, Servicios Sociales e Igualdad; 2014.

En cuanto a la distribución por sexo de la población española de personas mayores, el predominante es el femenino. A principios del siglo XX el número de mujeres mayores superaba al de varones en un 10,3%, en la actualidad esta cifra ha ascendido hasta el 35%.

El mayor número de mujeres que de hombres en las edades avanzadas es una característica mundial y esto tiene implicaciones para la sociedad y los propios individuos (1). La tendencia de la relación entre sexos ilustra la mayor supervivencia de las mujeres a lo largo del curso de la vida. Aunque las diferencias de mortalidad van disminuyendo, la longevidad masculina es todavía inferior a la femenina.

El triunfo femenino en la vejez supone una victoria con un alto coste, ya que esa mayor esperanza de vida no se traduce siempre en una mejor calidad de la misma. Puesto que la ganancia de años con respecto a los hombres se realiza, fundamentalmente, a expensas de años vividos en situación de discapacidad. Las mujeres viven más años, pero con un peor estado de salud.

En España, la tasa global de discapacidad de toda la población se sitúa en un 8,5%, con una cifra absoluta de 3.847.900 personas. Por sexo, más de 2,30 millones de mujeres afirman tener una discapacidad, frente a 1,55 millones de hombres. Las tasas de discapacidad de las mujeres son más elevadas que las de los hombres en edades superiores a 45 años. En los tramos de edad inferiores a 44 años las tasas de los varones superan a la de las mujeres (3).

Los problemas de movilidad son el primer tipo de discapacidad. Los principales grupos de discapacidad de las personas de seis años y más, residentes en hogares, son los de movilidad, vida doméstica y autocuidado.

Por sexo, las mujeres presentan mayores tasas que los hombres en todos los tipos de discapacidad. Y tanto para las mujeres como los varones la movilidad es el principal motivo de restricción de la actividad (3).

### **2.1.2. CAMBIOS MORFOLÓGICOS Y FUNCIONALES EN LAS PERSONAS MAYORES**

La Organización Mundial de la Salud (OMS) define el envejecimiento como: “el proceso fisiológico que comienza en la concepción y ocasiona cambios en las características de las especies durante todo el ciclo de la vida; esos cambios producen una limitación de la adaptabilidad del organismo en relación con el medio. Los ritmos a que estos cambios se producen en los diversos órganos de un mismo individuo o en distintos individuos no son iguales”(4).

#### ***2.1.2.1. APARATO DIGESTIVO***

Existen una serie de factores generales que se han asociado a los cambios relacionados con la edad en el aparato digestivo. Se producen alteraciones del gusto, del olfato, de la producción de saliva, de la masticación, de la deglución (5), de la motilidad gástrica y cambios en la liberación hormonal intestinal que pueden ser responsables de la anorexia fisiológica del envejecimiento (6-8).

Las alteraciones funcionales de la motilidad gastrointestinal asociada con la edad avanzada incluyen la ralentización del vaciado gástrico, disminución del

peristaltismo y enlentecimiento del tránsito colónico. Estos cambios de la función motora gastrointestinal suelen atribuirse al deterioro de la función del sistema nervioso autónomo (9).

#### **2.1.2.2. APARATO CARDIOVASCULAR**

Los principales cambios que se producen en el corazón de una persona mayor son los siguientes (10):

- Disminución del gasto cardíaco en un 40% de los 25 a los 65 años.
- Aumento del tiempo de contracción, lo que implica un mayor gasto cardíaco y un mayor requerimiento de oxígeno.
- Durante el ejercicio el corazón de la persona mayor incrementa su volumen por latido para compensar el deficiente incremento de la frecuencia cardíaca.
- La diferencia arteriovenosa de oxígeno en reposo es mayor.
- Durante el ejercicio se incrementa esta diferencia, pero nunca alcanza los niveles de un adulto joven. Este hecho conduce al establecimiento de una deficiencia de oxígeno tisular que desencadena la persistencia de la taquicardia después del ejercicio.

Con la vejez también se producen alteraciones vasculares importantes, principalmente la remodelación de las arterias, el corazón y la microcirculación (11). Estos cambios progresivos representan un importante factor de riesgo para el desarrollo de enfermedades cardiovasculares. La remodelación de las arterias se produce por un engrosamiento de las capas íntima y media, con fractura de las fibras

elásticas que son sustituidas por colágeno (12). Estas alteraciones inducen al aumento de la onda de pulso y la impedancia aórtica, con mayor resistencia a la expulsión ventricular, con el consiguiente aumento de la presión sistólica y el engrosamiento parietal del ventrículo izquierdo (13).

### **2.1.2.3. APARATO RESPIRATORIO**

Durante el proceso de envejecimiento los pulmones empiezan a perder parte del tejido. Se produce una disminución del número de alvéolos, de capilares, de la elasticidad pulmonar y de la capacidad de los cilios, que recubren las vías respiratorias, para movilizar el moco hacia arriba y fuera de las mismas. Disminuye también la producción de Inmunoglobulina A (IgA) de los conductos respiratorios, aumentando la incidencia de las infecciones virales. También se afecta la arquitectura ósea y muscular del tórax. Se modifica el diámetro torácico anteroposterior y se produce un aumento de las curvaturas en el plano sagital, bien de la cifosis dorsal o de la lordosis lumbar. El diafragma y los músculos intercostales se debilitan (14, 15). Los efectos de estos cambios se traducen en:

- La disminución de la función pulmonar máxima y de la cantidad de oxígeno que se transfiere (16).
- Disminución de la fuerza muscular, pudiendo afectar la tos eficaz, lo cual es importante para la remoción de las vías respiratorias (17, 18).
- La disminución de la inspiración y la espiración máxima, lo que produce una menor tolerancia al ejercicio.



- Mayor tendencia al colapso de las vías respiratorias, al no respirar profundamente.
- Menor respuesta a la disminución de los niveles de oxígeno y a un aumento de los niveles de dióxido de carbono (14).

#### **2.1.2.4. APARATO LOCOMOTOR**

El envejecimiento produce un descenso de la masa corporal magra, al mismo tiempo que aumenta la masa grasa. Este proceso se denomina sarcopenia y se define como la pérdida de la masa muscular y la fuerza relacionada con la edad (19, 20). Los mecanismos de producción de estos cambios pueden estar relacionados con factores metabólicos del músculo, la pérdida de fibras musculares y alteraciones de la función neuromuscular (21). La sarcopenia representa un aumento en el riesgo de caídas, una menor capacidad para realizar las actividades de la vida diaria, una disminución de la independencia funcional y un mayor riesgo de lesión (22).

Al igual que el músculo, el hueso también presenta cambios asociados a la edad, el más importante es la pérdida de masa ósea que conduce a la fragilidad ósea y a un mayor riesgo de fracturas. Siendo la disfunción osteoblástica la causa principal de esta pérdida tanto en hombres como en mujeres (23). En las mujeres la pérdida de masa ósea más rápida se produce después de la menopausia real, a partir de entonces la tasa de pérdida de la sustancia ósea disminuye al mismo ritmo de los hombres mayores (24).

Durante el envejecimiento se reduce considerablemente la amplitud de los movimientos articulares, aunque el ritmo de deterioro es diferente para cada una de las articulaciones, de tal manera que la columna vertebral sufre una reducción de casi la mitad en su capacidad de extensión, entre los 20 y los 70 años; mientras que la extensión de la cadera lo hace en un 20% o la flexión de la rodilla lo hace en un 2% (25).

Con la edad el cartílago articular va degenerando y tiende a fijar el calcio que libera constantemente el hueso, sobre todo en las zonas de máxima presión. La cápsula y los ligamentos se endurecen, el líquido sinovial pierde parte de sus propiedades lubricantes, se torna más viscoso y aparecen fijaciones y cuerpos extraños dentro de la articulación (26). Este proceso degenerativo denominado osteoartritis es la causa más frecuente de discapacidad crónica en los adultos mayores (27).

#### ***2.1.2.5. SISTEMA NERVIOSO***

El sistema nervioso es especialmente vulnerable al envejecimiento, tanto por la magnitud de los cambios como por su impacto funcional. Su vulnerabilidad se manifiesta por la existencia de patologías neurodegenerativas, aunque numerosos cambios también pueden ser observados en muchos individuos durante el envejecimiento no patológico (28).

Macroscópicamente puede apreciarse una disminución del peso del cerebro entre un 10-15% del peso máximo alcanzado en la juventud. Esta reducción se acompaña también de la pérdida del 10% de las neuronas, cifra que jamás llega a

reponerse y que conduce a un adelgazamiento del cerebro en el envejecimiento. La mayor pérdida neuronal en el anciano sano es en la corteza cerebral, especialmente en el polo frontal, giro precentral, giro cingulado y corteza visual primaria (29).

El normal funcionamiento de las neuronas motoras es esencial para la supervivencia de las fibras musculares. Los procesos neurodegenerativos de las mismas pueden contribuir de manera importante a los efectos sobre la estructura muscular, incluyendo la pérdida de fibras musculares y la atrofia muscular. También se han observado cambios en la unión neuromuscular con una reducción del número de áreas terminales y vesículas sinápticas (21, 30).

Con el envejecimiento se produce una alteración de los receptores específicos para cada uno de los neurotransmisores, y también de las moléculas encargadas de su destrucción y reciclaje (31). La síntesis y la degradación de los neurotransmisores son efectuadas por enzimas. Los cambios en la cantidad de producción de éstas o la reducción en la eficacia de sus acciones, en la edad avanzada, podrían explicar algunas de las características del envejecimiento: cambios en el patrón del sueño, del humor, del apetito, de las funciones neuroendocrinas, de la actividad motora y de la memoria (32).

Dentro de este apartado hay que considerar también los órganos de los sentidos como receptores integrantes del sistema nervioso.

Incluso en los individuos sanos, el envejecimiento conduce a un deterioro de la agudeza visual, de la sensibilidad al contraste, del campo visual y de la adaptación a la oscuridad. Poco se sabe acerca de los mecanismos neuronales que

conducen a los cambios relacionados con la edad, de la retina y de los fotorreceptores (33).

Por lo que se refiere a los cambios en el oído se observa un aumento de los pabellones auditivos, una disminución de la producción de cera que al ser más seca predispone a la formación de tapones, un adelgazamiento del tímpano acompañado de una pérdida de elasticidad, y una atrofia de las células cocleares y de las neuronas que participan en la audición. Estos cambios se traducen funcionalmente en una presbiacusia y a la pérdida auditiva a expensas de las frecuencias más altas (34, 35).

Como ya se indicó en el apartado del aparato digestivo, se producen trastornos del olfato y del gusto relacionados con la edad avanzada (36). En cuanto al olfato, no sólo disminuye sino que se pierde la capacidad de discriminar entre los olores. Estas alteraciones pueden estar relacionadas con la pérdida de fibras en el bulbo olfatorio, la disminución de receptores olfativos y el deterioro de las funciones cognitivas de procesamiento del sistema nervioso central (37).

Los cambios en el gusto se traducen por una disminución del número de papilas gustativas, en la dificultad para discriminar sabores y el aumento del umbral para detectar sabores amargos, ácidos y salados (38).

Con respecto al sentido del tacto hay que apuntar el incremento de los umbrales táctiles de diversas modalidades con el envejecimiento, esto puede ser atribuible a una disminución en la densidad y distribución de los corpúsculos de Pacini, corpúsculos de Meisner y discos de Merkel en la piel; causando una disminución de la agudeza espacial (39).

#### **2.1.2.6. PIEL**

El envejecimiento cutáneo es un fenómeno biológico complejo. Al parecer, la mayor parte de los cambios asociados al mismo, tales como las manchas, arrugas, pigmentación moteada, telangiectasias y queratosis se deben al envejecimiento extrínseco o fotoenvejecimiento. El envejecimiento cronológico es el que está provocado por la disminución de las funciones metabólicas de las células, debido al paso del tiempo. En el caso de las mujeres hay que añadir el efecto de la falta de estrógenos en la menopausia, cuyo déficit produce adelgazamiento de la piel y pérdida de la elasticidad (40).

Se ha observado que en las personas mayores hay un marcado aumento de la susceptibilidad a las infecciones cutáneas, y una mayor incidencia de ciertos tumores malignos cutáneos, que indican una alteración de la inmunidad cutánea asociada a la edad (41).

#### **2.1.2.7. SISTEMA INMUNE**

En general, el envejecimiento conlleva una disminución de la respuesta inmunitaria. Eso hace que las personas mayores sean más susceptibles a enfermedades infecciosas como la gripe y la neumonía, a la reaparición de infecciones latentes como el herpes zoster y también a la infección por microorganismos oportunistas (42). Estas infecciones contribuyen significativamente a la morbilidad, en este grupo de edad, y con frecuencia conducen a la fragilidad y la dependencia irreversible. Uno de los factores centrales en este deterioro inmunológico es la edad ligada a la atrofia del timo (43).

#### **2.1.2.8. METABOLISMO**

El metabolismo de las personas mayores está directamente relacionado con las pequeñas alteraciones que se aprecian en las glándulas endocrinas. Está demostrado que en el envejecimiento se produce una disfunción del eje hipotálamo – glándula pituitaria – glándula suprarrenal (38). Esto supone un aumento del cortisol, una disminución de la hormona del crecimiento, de la testosterona y de los estrógenos. Como consecuencia existe una mayor predisposición a la pérdida neuronal en el hipocampo, a una menor densidad mineral ósea y a la sarcopenia.

Se modifica la tolerancia a la glucosa y aumentan los valores basales de la misma por encima de los 50 años, lo cual es debido a una pérdida de sensibilidad celular a los efectos de la insulina causada, probablemente, por una alteración en la captación de la glucosa mediada por la insulina a nivel periférico, o bien a una disminución en el número de receptores insulínicos tisulares (14).

#### **2.1.2.9. SISTEMA NEFROUROLÓGICO**

Desde el punto de vista morfológico se produce una reducción en la masa renal, afectando fundamentalmente a la corteza. El flujo sanguíneo renal disminuye progresivamente con la edad, debido a la pérdida de masa renal y a los cambios anatómicos vasculares permanentes.

La alteración funcional predominante es la disminución de la tasa de filtrado glomerular (44). Este descenso se refleja en el aclaramiento de creatinina que se mantiene estable hasta los 40 años, y que disminuye progresivamente en alrededor de los dos tercios de las personas mayores sin patología renal.

En cuanto al tracto urinario inferior, la próstata, la vejiga y el sistema nervioso se produce una serie de alteraciones que conducen a un problema de salud común entre los adultos mayores: la incontinencia urinaria, con una prevalencia de 17 a 55% en las mujeres mayores y de 11 a 34% en los hombres mayores (45). Este problema puede generar una serie de repercusiones muy variadas que dependerán de la influencia de factores individuales (edad, sexo, situación funcional, estilo de vida), y del tipo de incontinencia (sobre todo la de urgencia). Estas repercusiones pueden afectar a distintas esferas del paciente (física, social, económica), deteriorando su calidad de vida (14).

## **2.2. LA FUERZA MUSCULAR RESPIRATORIA**

La función principal de los músculos respiratorios es movilizar un volumen de aire que sirva para llevar oxígeno a los diferentes tejidos, tras un intercambio gaseoso apropiado. Para realizar esa función existe un equilibrio y una interdependencia entre los diversos músculos respiratorios, que funcionan de forma coordinada tanto en situaciones de normalidad como en situaciones de desventaja. Esta función de bomba ventilatoria es la que va a condicionar la estructura, la anatomía, la adaptación y la interrelación de los diferentes grupos musculares.

### **2.2.1. MÚSCULOS RESPIRATORIOS**

El ciclo ventilatorio está compuesto por las fases inspiratoria y espiratoria, en las que intervienen directa o indirectamente una serie de músculos que pueden clasificarse en:

1.- Músculos productores de la fase: son los que directamente generan el movimiento durante la fase.

2.- Músculos facilitadores de la fase: son aquellos que por su acción facilitan la realización de la fase.

3.- Músculos accesorios de la fase: son los que se utilizan en condiciones no fisiológicas, ayudan a los músculos productores en la realización de la fase (46).

#### ***2.2.1.1. MÚSCULOS PRODUCTORES DE LA FASE INSPIRATORIA***

Fisiológicamente la inspiración es posible gracias al gradiente de presión generado por el incremento en el volumen intratorácico, producido por la contracción simultánea del diafragma y los intercostales.

##### **2.2.1.1.1. Diafragma**

De los músculos que forman la bomba respiratoria el más importante es el diafragma, que cumple su función al desplazar volumen e inflar el pulmón en la inspiración (47). El diafragma es un músculo estriado cuyas fibras se orientan de forma radial desde su zona central tendinosa a las estructuras óseas de la periferia, y que representa un plano de separación de la caja torácica y el abdomen. La contracción de este músculo produce un descenso de su cúpula, lo que conlleva un aumento de los diámetros anteroposterior y transversal del tórax (48). Su inervación corre a cargo de los nervios frénicos derecho e izquierdo.



### **2.2.1.1.2. Intercostales externos**

Junto con los intercostales internos son los músculos más importantes que actúan sobre la caja torácica. Discurren en dirección antero inferior desde la costilla superior a la inferior. Son activos durante la inspiración, mantienen o aumentan el tono del espacio intercostal y elevan las costillas durante la inspiración forzada (49).

### **2.2.1.2. MÚSCULOS FACILITADORES DE LA FASE INSPIRATORIA**

Durante la inspiración, en condiciones normales, intervienen una serie de músculos extratorácicos que generan tres efectos facilitadores de la misma (46):

- Dilatan la faringe para conservar la permeabilidad de la vía aérea superior.
- Estabilizan la vía aérea superior durante la fase inspiratoria.
- Compensan y se oponen al efecto de succión del diafragma durante la inspiración, el cual tiende a colapsar la vía aérea superior.

Estos músculos son: geniogloso, geniohioideo, esternohioideo, tirohioideo, esternotiroideo y periestafilino interno.

### **2.2.1.3. MÚSCULOS ACCESORIOS DE LA FASE INSPIRATORIA**

Actúan durante la inspiración forzada, ampliando el volumen de la caja torácica. Los principales son el esternocleidomastoideo y los escalenos.

#### **2.2.1.3.1. Esternocleidomastoideo**

Es el más importante de todos los músculos accesorios de la inspiración. Tiene su doble origen en el manubrio y en el tercio interno de la clavícula, insertándose en la apófisis mastoides. Está inervado por el nervio accesorio y su acción inspiratoria la desarrolla desplazando el esternón hacia arriba y adelante, contribuyendo al aumento de volumen de la caja torácica (50). Esta función se ha estudiado en pacientes tetrapléjicos, constatándose una importante hipertrofia de este músculo (47).

#### **2.2.1.3.2. Escalenos**

Estos músculos se originan en las apófisis transversas de las vértebras cervicales, de C<sub>2</sub> a C<sub>7</sub>, insertándose los músculos escaleno anterior y escaleno medio en la cara superior de la primera costilla, y el músculo escaleno posterior en la cara superior de la segunda costilla. Están inervados por los ramos ventrales de C<sub>3</sub> a C<sub>8</sub>, actúan como estabilizadores de la cabeza y se activan con la inspiración (51).

Otros músculos accesorios de la fase inspiratoria son: el pectoral mayor, el pectoral menor, el trapecio y el serrato mayor.

#### **2.2.1.4. MÚSCULOS PRODUCTORES DE LA FASE ESPIRATORIA**

La espiración normal es un proceso pasivo de retorno del tórax sobre sí mismo, por simple elasticidad de los elementos osteocartilaginosos y del parénquima pulmonar. Por lo tanto, la energía necesaria para la espiración es en realidad una restitución de la energía desarrollada en la inspiración por los músculos inspiradores, y que está almacenada a nivel de los elementos elásticos del tórax y del pulmón (52).

### ***2.2.1.5. MÚSCULOS FACILITADORES DE LA FASE ESPIRATORIA***

#### **2.2.1.5.1. Intercostales internos**

Son los músculos facilitadores de la espiración. Se originan en el surco costal y se insertan en el borde superior de la costilla inferior. Sus fibras se dirigen hacia abajo y afuera. Esta musculatura desciende las costillas y ayuda a realizar la espiración (53).

### ***2.2.1.6. MÚSCULOS ACCESORIOS DE LA FASE ESPIRATORIA***

Actúan durante la espiración forzada y en aquellos procesos que requieren la fijación de la pared abdominal y la elevación de la presión en esta cavidad, incremento de presión que se transmite a la cavidad torácica para facilitar la tos, el estornudo o el soplo.

Los más importantes son los músculos abdominales, fundamentalmente rotadores y flexores del tronco, que constituyen la pared ventrolateral del abdomen y son: el recto del abdomen, el oblicuo interno, el oblicuo externo y el transverso del abdomen. Esta musculatura abdominal tiene un papel importante en la ventilación, participando en el tiempo espiratorio al colaborar en el ascenso del diafragma durante el proceso respiratorio normal, y en la generación de flujos espiratorios que inducen a la tos. En los casos en los que este grupo muscular se encuentra parético aparecen alteraciones de la mecánica ventilatoria, así como deficiencias en los actos que requieren del aumento súbito de los flujos espiratorios, como es el caso de la tos o las espiraciones forzadas (54).

### **2.2.2. EVALUACIÓN DE LA FUERZA MUSCULAR RESPIRATORIA**

Las personas mayores experimentan una reducción de la masa muscular y la fuerza en la musculatura respiratoria, que puede obstaculizar la capacidad de generar la fuerza necesaria en el conducto espiratorio, tanto para las actividades de ventilación como para las no ventilatorias. Aumentar la fuerza muscular espiratoria puede incrementar la capacidad de un individuo de edad avanzada, para generar y mantener la fuerza espiratoria fundamental para toser, hablar y tragar (55).

Las enfermedades respiratorias son más frecuentes cuando se altera el funcionamiento de la musculatura respiratoria. La afectación de los músculos respiratorios puede repercutir en la tolerancia a las exigencias de las actividades de la vida diaria, la reducción de la hiperventilación y, en casos extremos, al fracaso de las vías respiratorias. Por todas estas razones la evaluación de la fuerza muscular respiratoria, en las personas mayores, es de gran importancia clínica y se puede realizar mediante una metodología sencilla que mide las presiones inspiratorias y espiratorias que se reflejan en la boca, generadas por los músculos de la inspiración y de la espiración (56). Estas mediciones se realizan a través de un manómetro o un transductor de presión que mide la Presión Espiratoria Máxima (PEM o  $P_{e\ max}$ ), solicitando a la persona un esfuerzo espiratorio máximo partiendo de la capacidad pulmonar total contra un circuito cerrado.

Para determinar la Presión Inspiratoria Máxima (PIM o  $P_{i\ max}$ ) se solicita a la persona un esfuerzo inspiratorio máximo, partiendo del volumen residual contra un circuito cerrado. Se recomienda realizar un mínimo de seis maniobras técnicamente correctas, con tres de ellas que no difieran  $\pm 10\%$ . Se toma el valor

máximo de esas tres lecturas como valor representativo. Los valores obtenidos deben compararse con los valores de referencia obtenidos de la aplicación de diferentes escalas como la de Black y Hyatt, Rochester o Morales (57).

La PIM también se puede medir en la nariz insertando una oliva conectada y esnifando con la otra fosa nasal abierta; este procedimiento se denomina Presión Inspiratoria Esnifando (SPIM) y tiene las mismas indicaciones que la PIM. Su ventaja es que permite medir presiones en pacientes con enfermedades neuromusculares que no pueden cerrar bien la boca o debilidad facial, ya que esnifar es una maniobra natural más fácil de entender por el paciente y le resulta más sencilla su ejecución. Habitualmente se miden las dos y se considera más representativa la mejor (58).

Por último, la fuerza del diafragma puede medirse de forma invasiva mediante la Presión transdiafragmática (Pdi). Dado que la contracción de este músculo genera simultáneamente cambios de presión en el tórax (presión negativa) y en el abdomen (presión positiva), la diferencia de estas dos representa exclusivamente la presión generada por el diafragma, así:  $Pdi = Pga - Pes$ ; donde Pga es la presión gástrica y Pes la presión esofágica. La medición de estas presiones se realiza habitualmente con dos sondas que incorporan un balón distal. Uno se sitúa en la luz esofágica y otro en la cavidad gástrica. Las sondas se insertan por la nariz y se conectan a sendos transductores de presión y a un sistema de registro. La fuerza que el diafragma es capaz de generar en una contracción máxima (Pdi max.) se evalúa especialmente durante la ejecución de maniobras inspiratorias máximas (59).

Black y Hyatt (60) describieron en 1969 los valores normales de las presiones respiratorias máximas relacionadas con la edad y el sexo (Tabla 2). Realizaron el estudio de la PIM y la PEM en 120 sujetos, mujeres y hombres, con un rango de edad de 20 a 74 años. Los grupos etarios eran de 10 hombres y 10 mujeres por cada década desde los 20 a los 70 años. No observaron disminuciones en las presiones con la edad en sujetos menores de 55 años. En los mayores de 55 años encontraron disminución importante en la PEM, tanto en mujeres como en hombres. En las mujeres la PIM disminuye con la edad.

Presiones (cm. H <sub>2</sub> O)	Sexo	20-54 años	55-59 años	60-64 años	65-69 años	70-74 años
PIM	Hombre	124 ± 44	103 ± 32	103 ± 32	103 ± 32	103 ± 32
	Mujer	87 ± 32	77 ± 26	73 ± 26	70 ± 26	65 ± 26
PEM	Hombre	233 ± 84	218 ± 74	209 ± 74	197 ± 74	185 ± 74
	Mujer	152 ± 54	145 ± 40	140 ± 40	135 ± 40	128 ± 40

Tabla 2. Presiones respiratorias máximas: valores normales y sus relaciones con la edad y el sexo. Fuente: Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969; 99(5):696-702.

En 1983, Rochester y Arora (61) publican los valores normales de las presiones máximas respiratorias, según el sexo y el grupo de edad (Tabla 3), en un estudio realizado sobre cuatro grupos de mujeres y hombres, cuyas edades oscilaron entre los 9 y 70 años o más.

Observaron que, en general, la fuerza muscular respiratoria disminuye un 1% cada año entre los 20 y los 70 años de edad. Y que la fuerza muscular respiratoria de las mujeres representa el 75% de la fuerza de los hombres.

Sexo-Presiones	9-18 años	19-49 años	50-69 años	≥70 años
<b>Hombres</b>				
PIM (cm. H <sub>2</sub> O)	-96 ± 35	-127 ± 28	-112 ± 20	-76 ± 27
PEM (cm. H <sub>2</sub> O)	170 ± 32	216 ± 45	196 ± 45	133 ± 42
Número	13	80	27	6
<b>Mujeres</b>				
PIM (cm. H <sub>2</sub> O)	-90 ± 25	-91 ± 25	-77 ± 18	-66 ± 18
PEM (cm. H <sub>2</sub> O)	136 ± 34	138 ± 39	124 ± 37	108 ± 28
Número	12	121	28	12

Tabla 3. Valores normales de las presiones máximas respiratorias, según el sexo y el grupo de edad. Fuente: Rochester DF, Arora NS. Respiratory muscle failure. Med Clin North Am 1983;67(3):573-97.

Morales et al. (62) realizaron un estudio para establecer los valores de referencia de la PIM y la PEM para una población adulta mediterránea de hombres y mujeres, con un rango de edad entre 18 y 83 años. Los individuos fueron distribuidos por décadas en 6 subgrupos de 20 hombres y 20 mujeres, como mínimo. Estudiaron los siguientes tipos de variables: sociológico (empleo, nivel de educación y el ejercicio), biométrica (edad, altura y peso) y los resultados de la espirometría. Los resultados y el análisis estadístico determinaron las siguientes ecuaciones:

**Hombres**

$$\text{PIM (- cm H}_2\text{O)} = 133,07 - 1,03 \times \text{Edad} + 0,59 \times \text{Peso}$$

$$\text{PEM (cm H}_2\text{O)} = 263,12 - 1,31 \times \text{Edad}$$

**Mujeres**

$$\text{PIM (- cm H}_2\text{O)} = 125,18 - 0,64 \times \text{Edad}$$

$$\text{PEM (cm H}_2\text{O)} = 116,26 - 0,57 \times \text{Edad} + 0,65 \times \text{Peso}$$

En ambos sexos las presiones respiratorias máximas disminuyen con la edad (63-65). La PIM lo hace de forma lineal (0,93 cm H<sub>2</sub>O/año en los varones y 1,2 cm H<sub>2</sub>O/año en las mujeres) y la PEM de forma exponencial a partir de los

40-50 años. Las presiones en boca son un 30% mayores en los varones que en las mujeres, tanto la PIM como la PEM, siendo a su vez mayor la segunda que la primera. Antes de los tres años no existen diferencias entre los niños y las niñas, pero éstas ya se evidencian antes de la pubertad. En general, se acepta que una PIM >80 cm H<sub>2</sub>O permite excluir una afectación muscular significativa y valores <50 cm H<sub>2</sub>O deben llevar a sospecharla (63).

### **2.2.3. ENVEJECIMIENTO Y FUERZA MUSCULAR**

El envejecimiento se puede definir como un proceso de modificaciones biológicas que implican una reducción gradual de la capacidad de adaptación y un aumento de la vulnerabilidad a los innumerables problemas de salud, como las enfermedades crónicas no transmisibles y los trastornos musculoesqueléticos. En términos generales, el envejecimiento sedentario implica una restricción de la capacidad física, en asociación con déficits funcionales, como la reducción de los niveles de fuerza muscular respiratoria y la fuerza muscular, disminución de la capacidad cardiorrespiratoria y de la movilidad; lo que hace más difícil la realización de las actividades de la vida diaria (66).

La participación en la actividad física regular es una parte importante de un envejecimiento saludable, mediante la prevención o el retraso de la progresión de algunas enfermedades crónicas. Sin embargo, a pesar de los beneficios potenciales, la OMS emitió una advertencia en 2003 de que la inactividad física es un problema de salud en todo el mundo. Más del 85% de los adultos mayores presentan al menos una enfermedad crónica y estas personas tienen un mayor riesgo de inactividad. Existe poca información sobre la actividad física en el tiempo libre para



los adultos mayores y, mucho menos, para las personas con enfermedades crónicas, sin embargo, esta información es necesaria para el desarrollo de intervenciones eficaces (67).

La inactividad física tiene un impacto importante en la salud del mundo. La desaparición de la inactividad física eliminaría entre el 6% y el 10% de las principales enfermedades no transmisibles como son las enfermedades del corazón, la diabetes tipo 2 y los cánceres de mama y de colon; a la vez que aumentaría la esperanza de vida (68).

El sedentarismo es un fuerte predictor de discapacidad física en las personas mayores. Un motivo frecuente del mismo es la insuficiencia respiratoria. Las personas mayores corren un alto riesgo de padecerla, debido a los efectos acumulativos de la exposición al humo del tabaco, las infecciones respiratorias, los contaminantes del aire y el polvo en el trabajo. Además el envejecimiento reduce la capacidad fisiológica del sistema respiratorio, a través de un aumento en la rigidez de la pared torácica y una disminución de la retracción elástica del pulmón (69).

La fuerza muscular respiratoria disminuye en las personas mayores con atrofia de la fibra muscular, sarcopenia, en aproximadamente un 20% a la edad de 70 años. Este cambio relacionado con la edad en los músculos respiratorios se combina a menudo con un estilo de vida sedentario. La inactividad debido a la falta de ejercicio físico puede acelerar la reducción de la capacidad de generación de fuerza muscular respiratoria, que resulta en una disminución en la presión intratorácica y tasas de flujo espiratorio durante la tos. La capacidad de generación

de la fuerza de los músculos espiratorios se reduce más que la de los músculos inspiratorios. Esto es debido a que se producen mayores reducciones del área de sección transversal de las fibras musculares de los músculos espiratorios que en la de los músculos inspiratorios (70).

Muchos estudios han planteado la hipótesis de que los programas específicos de ejercicio físico podrían representar el enfoque más eficaz para frenar la disminución de la masa muscular y la fuerza, asociada con el envejecimiento, y para el tratamiento de la sarcopenia (66, 71). Es una evidencia que el ejercicio de resistencia promueve ganancias musculares en los hombres y mujeres de todas las edades, mediante la realización de sesiones relativamente breves de entrenamiento regular (de 10 a 20 series de ejercicios en total), de dos o tres días por semana y no consecutivas (72).

En una revisión llevada a cabo por Dods en 2014 (73), se exponen los últimos acontecimientos recientes sobre el diagnóstico y el tratamiento de la sarcopenia. Los criterios diagnósticos son esenciales para el reconocimiento de la sarcopenia en la práctica clínica y para el uso en los ensayos clínicos. Destaca los progresos recientes en este ámbito, con la publicación de varias declaraciones similares (aunque no idénticas) de consenso sobre las medidas a utilizar para el diagnóstico. Los algoritmos publicados por el Grupo de Trabajo Europeo sobre la sarcopenia en Personas Mayores (EWGSOP), en 2010, y el Grupo de Trabajo Internacional sobre la sarcopenia, en 2011, establecen tres grandes grupos para determinar el diagnóstico: el rendimiento físico (por ejemplo la velocidad de la marcha), la fuerza muscular y la masa muscular.

Este autor resalta la gama de tratamientos potenciales para la sarcopenia, como los programas de ejercicios, la modificación de la dieta y la farmacología. También advierte que existe una marcada variación entre las personas mayores en términos de fuerza y de rendimiento, lo que sugiere que factores como el estilo de vida pueden contribuir al desarrollo de la sarcopenia. En cuanto al ejercicio destaca que el entrenamiento de resistencia progresiva es la forma más estudiada de intervención, y los entrenamientos de equilibrio y de flexibilidad, de funcionalidad y el ejercicio aeróbico son menos estudiados con respecto a los resultados relacionados con la sarcopenia. En lo que se refiere a la dieta expone que existe una considerable literatura que sugiere la importancia de algunos aspectos de la misma, pero que actualmente se sabe menos del papel que juegan las intervenciones dietéticas que de los ejercicios de resistencia. Por último, relata que la sarcopenia es ahora un foco importante para el descubrimiento de fármacos. Esto se desprende en parte del hecho de que aunque el entrenamiento de resistencia ha demostrado ser eficaz, muchas personas de edad avanzada pueden ser incapaces o no están dispuestos a hacer ejercicio con la intensidad requerida. Una de las áreas que se ha explorado es la administración de hormonas, aunque los resultados no son del todo satisfactorios. Actualmente la investigación sobre esta afección se está expandiendo de manera exponencial y se espera generar beneficios para las personas mayores con sarcopenia.

Estudios previos muestran que el ejercicio aeróbico general se acompaña de beneficios fisiológicos, incluyendo aumentos de la fuerza y resistencia de la musculatura respiratoria. Además parece ser que estos beneficios son mayores cuando éste se combina con el entrenamiento específico de dicha musculatura.

Algunas personas mayores no son capaces de realizar ejercicio aeróbico general, y en ese caso el entrenamiento específico de la musculatura respiratoria puede considerarse como alternativa, evitando así el deterioro de la población mayor (74). Estudios recientes apuntan la necesidad del entrenamiento de la musculatura respiratoria en la población de personas mayores con dificultades para realizar ejercicio aeróbico (por ejemplo la deambulación) (75), y en general en la población que presenta debilidad de esos grupos musculares (76).

Según señala Harms (77) la investigación de los efectos del ejercicio sobre diversos sistemas fisiológicos se ha incrementado notablemente en las últimas décadas. Sin embargo, la gran mayoría de esta investigación se ha centrado en las respuestas fisiológicas en el hombre, mientras que comparativamente pocos artículos se han centrado en las mujeres o en las diferencias de sexo. En consecuencia, la investigación de género en diversos componentes del rendimiento físico y en varios sistemas fisiológicos sigue evolucionando. Por ejemplo, se sabe que la mujer mayor presenta valores inferiores en la función pulmonar y, por lo tanto, mayor limitación para la actividad física que el hombre mayor. Además, la mujer presenta una mayor esperanza de vida y, consecuentemente, una mayor limitación funcional en la edad avanzada (74).

Está claro que los beneficios de la actividad física no distinguen edades ni género, pero también es verdad que dependen de una participación continua y regular. Esto es difícil para las personas mayores que presentan una mayor comorbilidad, menor apoyo social y más discapacidad y depresión que población general.

En un estudio realizado por Picorelli et al. (78) en el que analizaban la adhesión a los programas de ejercicio para las personas mayores, encontraron que está influenciada por las características del mismo y los factores personales de los participantes. Las tasas de adherencia fueron mayores en las fases supervisadas de los programas de ejercicios, y los factores asociados fueron de tipo demográfico y los relacionados con la salud física y psicológica. Es decir, aquellas personas que presentaban un mayor nivel socioeconómico, que vivían solas, con un menor número de problemas de salud, una mejor autopercepción de la salud, mejores habilidades físicas, mejor capacidad cognitiva y menos síntomas depresivos, mostraron una mayor adherencia al programa.

En otro trabajo, Picorelli et al. (79), analiza la adhesión de mujeres mayores de 65 años o más con el entrenamiento de fuerza y ejercicios aeróbicos. Los resultados de su estudio sugieren que existen muchas barreras para dicha adherencia. La principal fue la mala salud y la segunda barrera más común fue la dificultad para realizar ejercicio debido al dolor. En cuanto a los motivos de ausencia a las sesiones, la razón más frecuente fue la de los cambios en el estado de salud, seguida de la falta de tiempo.

Los profesionales de la salud han hecho un esfuerzo importante para identificar los factores relacionados a la adhesión con el ejercicio terapéutico por personas de edad avanzada, sin embargo no hay consenso en la literatura sobre estos factores.

Los servicios de salud, centros comunitarios y centros deportivos que implementan programas de ejercicio para las personas mayores deben desarrollar estrategias para alentar a estas personas a hacer ejercicio.

## **2.3. FACILITACIÓN NEUROMUSCULAR PROPIOCEPTIVA (FNP)**

Este método, que en un principio se denominó “Técnicas de Facilitación Propioceptiva” y “Rehabilitación Neuromuscular”, y que en la actualidad se conoce como Facilitación Neuromuscular Propioceptiva (FNP) (80) tiene su origen en la década de 1940. Su creador, el Dr. Herman Kabat, neurofisiólogo de la Universidad de Minnesota, tomó como referencia los trabajos de la enfermera australiana Elizabeth Kenny sobre el tratamiento de los enfermos de poliomielitis anterior, que había dejado la epidemia en el estado de Minneapolis. El “método Kenny” (81) se basaba en la aplicación de compresas de lana calientes y ejercicios de fortalecimiento, en contraposición a la sistemática estándar de inmovilización prolongada.

Kabat analizó el “método Kenny” y observó que algunas de sus facetas carecían de una base neurofisiológica sólida (80). Su interés por el tratamiento de los pacientes se vio reforzado por la clara impresión de que, quienes habían acudido con la idea de aprender la metodología de la hermana Kenny, carecían de conocimientos de neurofisiología. Estaba convencido que los principios de neurofisiología, basados en los trabajos de Sherrington (82), debían aplicarse al tratamiento de la parálisis.

Con la creación del Instituto Kabat-Kaiser de Rehabilitación Neuromuscular de Washington en 1946, el de Vallejo en California en 1948, el de Santa Mónica en 1950 y la incorporación de fisioterapeutas tan importantes como Margaret Knott y Dorothy E. Voss; Kabat empieza a trabajar con pacientes, hasta que consigue combinaciones de movimiento que parecían adecuadas, identificando patrones en masa y elaborando técnicas fundamentadas en los principios neurofisiológicos establecidos por Sherrington de inducción sucesiva, posdescarga, sumación temporal, sumación espacial, inervación e inhibición recíprocas y el proceso de irradiación (80, 83).

A partir de 1950 se buscan y diseñan los patrones específicos en espiral y diagonal, estableciendo los componentes de movimientos exactos tridimensionales. Al mismo tiempo se van elaborando las distintas técnicas básicas y específicas, que podrán desarrollarse dentro de los patrones de movimiento y que se aplicarán en función de las necesidades del paciente (80).

Desde 1952, fisioterapeutas de todo el mundo viajaron a Vallejo en California para aprender el Método Kabat. Además, Knott y Voss impartieron cursos de introducción por Estados Unidos para divulgarlo (80, 83).

En 1956 se publicó el primer libro de FNP, el Knott y Voss. Desde entonces los avances en el concepto de la FNP han llamado la atención en todo el mundo, puesto que su enfoque inicial que era el tratamiento de pacientes con poliomielitis se ha ampliado a otras patologías como la ortopedia, geriatría, neurología, medicina deportiva y reumatología (80, 84-88).

### **2.3.1. DEFINICIÓN Y PRINCIPIOS DE LA FNP**

Para el desarrollo de las técnicas de FNP es necesaria la aplicación de una resistencia máxima a lo largo de todo el rango de movimiento, empleando muchas combinaciones del movimiento relacionadas con los patrones primitivos y solicitando los reflejos posturales y de enderezamiento. A principios de 1951 se analizaron detalladamente estas combinaciones, y se halló que las más eficaces eran las que permitían la elongación máxima de grupos musculares afines, para obtener de esta manera el reflejo de estiramiento a través de un “patrón”. Estos patrones resultaron ser de carácter espiral y diagonal y, al estudiarlos, se descubrió su similitud con los patrones funcionales de los movimientos naturales (80). Desde ese año se aplicaron en actividades de colchoneta, de marcha y de actividades de la vida diaria, como medios para acelerar el proceso de aprendizaje y para mejorar la fuerza y el equilibrio.

Por definición, Facilitación significa:

- Convertir en fáciles las actividades del mecanismo neuromuscular.
- Hacerlo más fácil.
- Promover o acelerar cualquier proceso natural, o sea lo contrario de inhibir.

Neuromuscular significa:

- Pertinente a los nervios y músculos.



Y Propioceptiva significa:

- Recibir estímulos dentro de los tejidos del cuerpo.
- Relacionado con los receptores sensoriales que dan la información al movimiento y a la posición corporal (80, 83, 88, 89).

El análisis de la expresión “Facilitación Neuromuscular Propioceptiva” nos proporciona una definición del método: el uso de las informaciones de origen superficial (táctiles) y de origen profundo (posición articular, estiramiento de los tendones y de los músculos) para la excitación del sistema nervioso, que por su parte hace funcionar la musculatura (89).

La FNP es un concepto de tratamiento. Basado en un principio filosófico fundamental que defiende la existencia de un potencial real sin explotar en todos los seres humanos, incluyendo a los que presentan algún tipo de discapacidad. De acuerdo con esta filosofía, se establecen algunos principios básicos en FNP:

- La FNP es un método integral, cuyo tratamiento se dirige a la globalidad del ser humano, no a un problema aislado o segmento corporal.
- La FNP se relaciona con las respuestas normales del mecanismo neuromuscular.
- El enfoque del tratamiento es siempre positivo, reforzando y empleando lo que el paciente puede hacer, en un nivel físico y psicológico.

- El objetivo principal de todo tratamiento es ayudar a los pacientes a que alcancen el mayor nivel de funcionalidad posible (80, 83).

### **2.3.2. PATRONES DE MOVIMIENTO**

El movimiento funcional normal está compuesto por los patrones de movimiento en masa de las extremidades y de los músculos sinergistas del tronco. La corteza motora genera y organiza estos patrones de movimiento y el individuo no puede aislar, de manera voluntaria, un músculo del patrón de movimiento al que pertenece. Esto no significa que no podamos contraer los músculos individualmente, si no que cada movimiento aislado proviene de los patrones en masa (83). Las modalidades de movimientos en masa de la facilitación son de carácter espiral y diagonal (80, 83, 90, 91). Estos dos aspectos están en consonancia con los movimientos deportivos y de la vida diaria, con las características espirales y rotativas de los huesos y articulaciones del esqueleto y con sus respectivas estructuras ligamentosas (80). Las técnicas de FNP fueron desarrolladas como patrones de movimiento espirales para aumentar la fuerza, la coordinación y la flexibilidad en todo el rango de movimiento de una articulación (90).

Existen dos diagonales de movimiento para cada una de las principales partes corporales: cabeza, cuello, tronco superior, tronco inferior y extremidades (91). Cada diagonal contiene dos patrones antagónicos entre sí (80). Cada patrón espiral y diagonal combina el movimiento en tres planos:

- 1.- El plano sagital: flexión y extensión.

2.- El plano frontal: abducción y aducción de las extremidades o inclinación lateral de la columna vertebral.

3.- El plano transversal: rotación (83).

#### ***2.3.2.1. DENOMINACIÓN***

Los patrones de las extremidades reciben el nombre de los tres componentes de movimiento que se producen a nivel de las articulaciones proximales o pivotes de acción: el hombro y la cadera (80, 83). Las articulaciones intermedias, codo y rodilla, pueden permanecer en extensión o flexionarse y extenderse. Cuando intervienen hay que añadir a la denominación del patrón el componente de flexión o de extensión que ejecutan. Las articulaciones distales realizan componentes de movimiento que se combinan con los proximales, independientemente de los que realice la articulación intermedia (80, 83).

Los patrones de movimiento también pueden codificarse mediante una serie de abreviaturas. Se pueden tomar como ejemplos los dos pares de patrones diagonales antagonistas en las extremidades superiores e inferiores. Uno de estos pares se denomina “la primera diagonal” y el otro “la segunda diagonal”. Las abreviaturas derivan de la primera (D1) y la segunda (D2) diagonal en combinación con la denominación del principal componente, flexión (fl) y extensión (ex). De esta manera se dan los nombres de los patrones con sus abreviaturas correspondientes (Tablas 4 y 5) (80).

<b>Patrones de la extremidad superior</b>	<b>Abreviaturas</b>
<i>Flexión, aducción y rotación externa</i>	<i>D1 fl</i>
<i>Extensión, abducción y rotación interna</i>	<i>D1 ex</i>
<i>Flexión, abducción y rotación externa</i>	<i>D2 fl</i>
<i>Extensión, aducción y rotación interna</i>	<i>D2 ex</i>
<b>Patrones de la extremidad inferior</b>	<b>Abreviaturas</b>
<i>Flexión, aducción y rotación externa</i>	<i>D1 fl</i>
<i>Extensión, abducción y rotación interna</i>	<i>D1 ex</i>
<i>Flexión, abducción y rotación interna</i>	<i>D2 fl</i>
<i>Extensión, aducción y rotación externa</i>	<i>D2 ex</i>

Tabla 4. Abreviaturas de los patrones de las extremidades. Fuente: Voss D, Ionta M, Myers BJ. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.

<b>Patrones de la cabeza y cuello, tronco superior y tronco inferior</b>	<b>Abreviaturas</b>
<i>Flexión con rotación hacia la derecha</i>	<i>D, fl, Der</i>
<i>Extensión con rotación hacia la izquierda</i>	<i>D, ex Izq</i>
<i>Flexión con rotación hacia la izquierda</i>	<i>D, fl Izq</i>
<i>Extensión con rotación hacia la derecha</i>	<i>D, ex Der</i>

Tabla 5. Abreviaturas de los patrones de cabeza y cuello, tronco superior e inferior. Fuente: Voss D, Ionta M, Myers BJ. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.

Los patrones de la cabeza, cuello, tronco superior y tronco inferior se describen como flexión o extensión, con rotación hacia la izquierda o hacia la derecha (80). Adler et al. (83) añaden un componente de inclinación lateral izquierda o derecha a los de cabeza y cuello y tronco. Los patrones de la cabeza y cuello son la clave de los patrones del tronco superior. El tronco y las extremidades trabajan juntos para formar sinergias completas.

Otra denominación (89) viene determinada por la codificación de las diagonales tal y como se refleja en la Figura 2, y la correspondencia con los patrones de las extremidades sería la que se recoge en la Tabla 6. Esto permite decir que un movimiento se dirige de A a B o de C hasta D. También es posible referirse a una “posición de partida en A”.

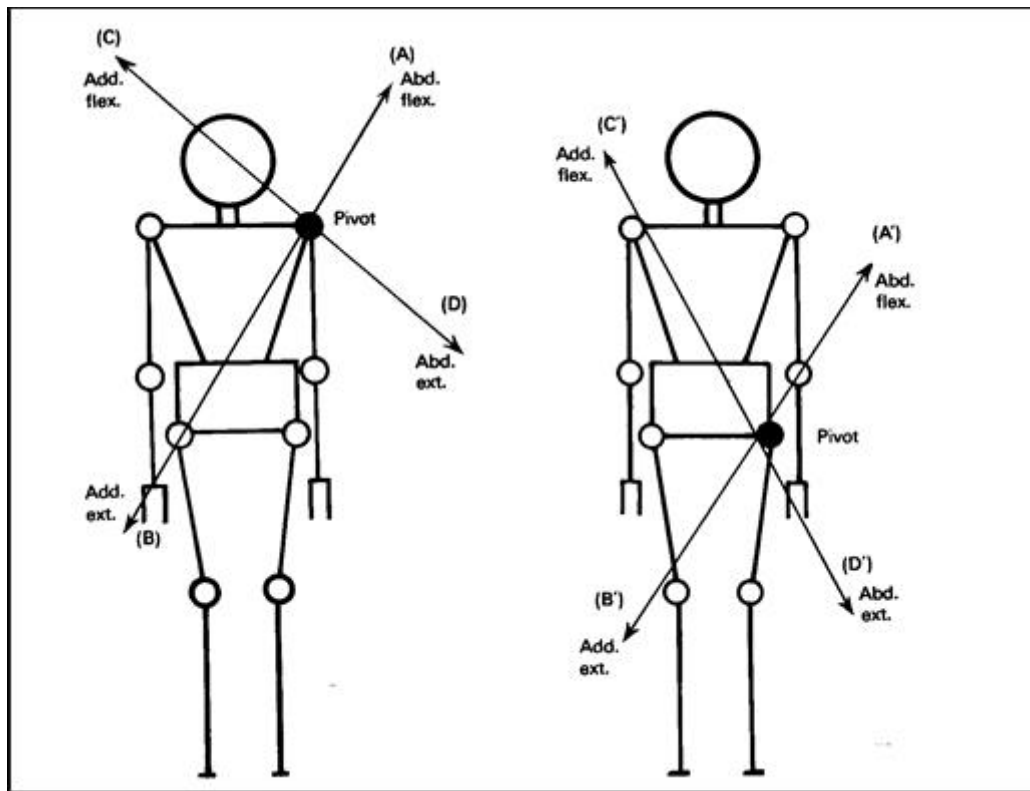


Figura 2. Esquema de las diagonales de las extremidades. Fuente: Viel E. *El Método Kabat: Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. Paris: Editorial Masson; 1989.

<i>Patrones de las extremidades</i>	<i>Codificación</i>
<i>Extremidad Superior</i>	
<i>Extensión, aducción y rotación interna</i>	<i>A - B</i>
<i>Flexión, abducción y rotación externa</i>	<i>B - A</i>
<i>Extensión, abducción y rotación interna</i>	<i>C - D</i>
<i>Flexión, aducción y rotación externa</i>	<i>D - C</i>
<i>Extremidad Inferior</i>	
<i>Extensión, aducción y rotación externa</i>	<i>A' - B'</i>
<i>Flexión, abducción y rotación interna</i>	<i>B' - A'</i>
<i>Extensión, abducción y rotación interna</i>	<i>C' - D'</i>
<i>Flexión, aducción y rotación externa</i>	<i>D' - C'</i>

Tabla 6. Codificación de los patrones de las extremidades. Fuente: Viel E. *El Método Kabat: Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. Paris: Editorial Masson; 1989

### **2.3.2.2. PRINCIPALES COMPONENTES MUSCULARES**

Los principales componentes musculares de un determinado patrón guardan relación con su alineación topográfica con respecto al aparato esquelético, y son los mayores responsables del movimiento. Por ejemplo, en el patrón de flexión, aducción y rotación externa de la extremidad inferior intervienen sobre todo los músculos que están situados por delante y por dentro. En las Tablas 7 a 18 se recogen los principales componentes musculares de los patrones de movimiento de las extremidades, del tronco superior y la cabeza.

EXTENSIÓN - APROXIMACIÓN – ROTACIÓN INTERNA (A – B)					
M. SUPERIOR	HOMBRO	CODO	ANTEBRAZO	MUÑECA	DEDOS
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Pectoral mayor (porción esternal) Subescapular Dorsal ancho Redondo mayor	Bíceps (estabilizador codo)	Pronador redondo Pronador cuadrado	Cubital anterior Palmar mayor	Flexor común superficial Flexor común profundo Interóseos palmares Lumbricales Flexor corto pulgar Flexor largo pulgar Aductor del pulgar Oponente del pulgar Ídem
<b>FLEXIONANDO EL CODO</b>	Ídem	Bíceps braquial Braquial anterior	Ídem	Ídem	Ídem
<b>EXTENDIENDO EL CODO</b>	Ídem	Tríceps Ancóneo	Ídem	Ídem	Ídem

Tabla 7. Patrón A-B del miembro superior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

FLEXIÓN - SEPARACIÓN – ROTACIÓN EXTERNA (B – A)					
M.SUPERIOR	HOMBRO	CODO	ANTEBRAZO	MUÑECA	DEDOS
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Deltoides medio Supraespinoso Porción larga del bíceps Infraespinoso Redondo menor	Tríceps (estabilizador codo)	Supinador largo	Radiales Cubital posterior	Extensor común Extensor propio índice Extensor propio meñique Interóseos dorsales Lumbricales Abductores del pulgar Extensores del pulgar Ídem
<b>FLEXIONANDO EL CODO</b>	Ídem	Supinador largo Bíceps braquial Braquial anterior	Ídem	Ídem	Ídem
<b>EXTENDIENDO EL CODO</b>	Ídem	Tríceps Ancóneo	Ídem	Ídem	Ídem

Tabla 8. Patrón B-A del miembro superior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

<b>EXTENSIÓN - SEPARACIÓN – ROTACIÓN INTERNA (C – D)</b>					
<b>M. SUPERIOR</b>	<b>HOMBRO</b>	<b>CODO</b>	<b>ANTEBRAZO</b>	<b>MUÑECA</b>	<b>DEDOS</b>
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Dorsal ancho Redondo mayor Deltoides posterior Porción larga tríceps	Tríceps (estabilizador codo)	Pronador redondo Pronador cuadrado	Cubital posterior Radiales	Extensor común índice Extensor propio meñique Aductores pulgar Extensores del pulgar Interóseos dorsales Lumbricales Abductor del meñique Ídem
<b>FLEXIONANDO EL CODO</b>	Ídem	Bíceps braquial Braquial anterior Supinador largo	Ídem	Ídem	Ídem
<b>EXTENDIENDO EL CODO</b>	Ídem	Tríceps Ancóneo	Ídem	Ídem	Ídem

Tabla 9. Patrón C-D del miembro superior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

<b>FLEXIÓN - APROXIMACIÓN – ROTACIÓN EXTERNA (D – C)</b>					
<b>M. SUPERIOR</b>	<b>HOMBRO</b>	<b>CODO</b>	<b>ANTEBRAZO</b>	<b>MUÑECA</b>	<b>DEDOS</b>
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Pectoral mayor (porción clavicular) Deltoides anterior Coracobraquial Bíceps braquial Infraespinoso Redondo menor	Bíceps (estabilizador codo)	Supinador largo Bíceps	Palmares Cubital anterior	Flexor corto pulgar Flexor largo pulgar Aductor del pulgar Oponente del pulgar Flexor común profundo Flexor común superficial Flexor meñique Oponente meñique Interóseos palmares Lumbricales Ídem
<b>FLEXIONANDO EL CODO</b>	Ídem	Supinador largo Bíceps braquial Braquial anterior	Ídem	Ídem	Ídem
<b>EXTENDIENDO EL CODO</b>	Ídem	Tríceps Ancóneo	Ídem	Ídem	Ídem

Tabla 10. Patrón D-C del miembro superior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).



<b>EXTENSIÓN - APROXIMACIÓN – ROTACIÓN EXTERNA (A-B)</b>				
<b>M. INFERIOR</b>	<b>CADERA</b>	<b>RODILLA</b>	<b>TOBILLO</b>	<b>DEDOS</b>
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Glúteo mayor	Isquiotibiales	Tríceps	Flexor común
	Piramidal	Gemelos	sural	Flexor largo
	Géminos	(estabilizadores de	Tibial	dedo gordo
	Obturador interno	rodilla)	posterior	Flexor corto del
	Cuadrado crural			dedo gordo
	Aductores		Flexor corto	
	Isquiotibiales		plantar	
	(componente extensor)		Interóseos	
			plantares y	
			Lumbricales	
			Ídem	
<b>FLEXIONANDO LA RODILLA</b>	Ídem	Isquiotibiales	Ídem	Ídem
		(predominio bíceps		
		femoral)		
		Gemelos		
<b>EXTENDIENDO LA RODILLA</b>	Ídem	Cuádriceps	Ídem	Ídem

Tabla 11. Patrón A-B del miembro inferior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

<b>FLEXIÓN - SEPARACIÓN – ROTACIÓN INTERNA (B-A)</b>				
<b>M. INFERIOR</b>	<b>CADERA</b>	<b>RODILLA</b>	<b>TOBILLO</b>	<b>DEDOS</b>
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Psoas ilíaco	Cuádriceps	Peroneo lateral corto	Extensor común
	Glúteo mediano	(estabilizador	Peroneo anterior	dedos
	Glúteo menor	articulación rodilla)	Extensor común	Extensor propio
	Glúteo mayor (fibras		dedos	dedo gordo
	ants.)			Pedio
	Tensor de la fascia			Abductor dedo
	lata			pequeño
	Recto anterior			Interóseos dorsales
<b>FLEXIONANDO LA RODILLA</b>	Ídem	Isquiobiales	Ídem	Ídem
		(predominio bíceps		
		femoral)		
<b>EXTENDIENDO LA RODILLA</b>	Ídem	Cuádriceps	Ídem	Ídem
		(predominio vasto		
		externo)		

Tabla 12. Patrón B-A del miembro inferior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

<b>EXTENSIÓN - SEPARACIÓN – ROTACIÓN INTERNA (C-D)</b>				
<b>M. INFERIOR</b>	<b>CADERA</b>	<b>RODILLA</b>	<b>TOBILLO</b>	<b>DEDOS</b>
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Glúteo mayor	Isquiotibiales	Triceps sural	Flexor común
	Glúteo mediano Glúteo menor Tensor de la fascia lata Isquiotibiales (componente extensor)	Gemelos (estabilizadores de rodilla)	Peroneo lateral largo	Flexor corto plantar Flexor largo dedo gordo Flexor corto del dedo gordo Aductor dedo gordo Interóseos plantares y lumbricales
<b>FLEXIONANDO LA RODILLA</b>	Ídem	Isquiotibiales (predominio del grupo interno) Poplíteo Recto interno Gemelos	Ídem	Ídem
<b>EXTENDIENDO LA RODILLA</b>	Ídem	Cuádriceps	Ídem	Ídem

Tabla 13. Patrón C-D del miembro inferior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

<b>FLEXIÓN - APROXIMACIÓN – ROTACIÓN EXTERNA (D-C)</b>				
<b>M. INFERIOR.</b>	<b>CADERA</b>	<b>RODILLA</b>	<b>TOBILLO</b>	<b>DEDOS</b>
<b>GRAN DIAGONAL</b>	Psoas ilíaco Sartorio Recto anterior Adductores Recto interno Pectíneo Obturadores Piramidal Géminos	Cuádriceps (estabilizador articulación rodilla)	Tibial anterior	Extensor común dedos Extensor propio dedo gordo Pedio Abductor dedo gordo Interóseos dorsales y lumbricales
	<b>FLEXIONANDO LA RODILLA</b>	Ídem	Semitendinoso Semimembranoso Recto interno Sartorio	Ídem
<b>EXTENDIENDO LA RODILLA</b>	Ídem	Cuádriceps (predominio vasto interno)	Ídem	Ídem

Tabla 14. Patrón D-C del miembro inferior (con permiso de Josep Nonell Sisquella).

<b>FLEXIÓN DEL TRONCO SUPERIOR CON ROTACIÓN IZQUIERDA</b>		
<b>TRONCO SUPERIOR</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>MÚSCULOS</b>
	Flexión del tronco superior con rotación a la izquierda (D, fl, Izq)	Cuadrado lumbar Oblicuo mayor derecho Oblicuo menor izquierdo Recto del abdomen (porción izquierda) Intercostales internos Infracostales Diafragma, ascenso de la cúpula

Tabla 15. Patrón flexión de tronco superior. Fuente: Voss D, Ionta M, Myers BJ. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.*

<b>EXTENSIÓN DEL TRONCO SUPERIOR CON ROTACIÓN DERECHA</b>		
<b>TRONCO SUPERIOR</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>MÚSCULOS</b>
	Extensión del tronco superior con rotación a la derecha (D, ex, Der)	Iliocostales derechos Dorsal largo derecho Espinoso dorsal derecho Semiespinoso dorsal Multífidos Transversoespinosos Transverso del abdomen derecho Intercostales externos Serrato menor posterior superior Diafragma (descenso de la cúpula)

Tabla 16. Patrón extensión de tronco superior. Fuente: Voss D, Ionta M, Myers BJ. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.

<b>FLEXIÓN DE LA CABEZA CON ROTACIÓN IZQUIERDA</b>		
<b>CABEZA</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>MÚSCULOS</b>
	Flexión con rotación a la izquierda (D, fl, Izq)	Cutáneo del cuello Angular de la escápula Esternocleidomastoideo Suprahioideos Infrahioideos Recto anterior de la cabeza Largo del cuello Largo de la cabeza Escalenos

Tabla 17. Patrón flexión de cabeza. Fuente: Voss D, Ionta M, Myers BJ. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.

<b>EXTENSIÓN DE LA CABEZA CON ROTACIÓN DERECHA</b>		
<b>CABEZA</b>	<b>PATRÓN</b>	<b>MÚSCULOS</b>
	Extensión con rotación a la derecha (D, fl, Izq)	Trapezio Recto posterior menor de la cabeza Recto posterior mayor de la cabeza Oblicuo inferior de la cabeza Oblicuo superior de la cabeza Esplenio de la cabeza Esplenio del cuello Complexo mayor Iliocostal del cuello Interespinosos Intertransversos Semiespinoso de la cabeza Semiespinoso del cuello (contralateral) Multífido (contralateral)

Tabla 18. Patrón extensión de cabeza. Fuente: Voss D, Ionta M, Myers BJ. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.

### **2.3.2.3. LINEA DE MOVIMIENTO**

El surco del patrón (80, 83) es la línea que traza el componente distal (mano o pie) cuando la extremidad se mueve a través de su recorrido. Para la cabeza o el cuello, el surco se traza por un plano que pasa por la nariz, la barbilla y el vértex de la cabeza. El surco para el tronco superior lo dibuja el extremo del hombro, y para el tronco inferior la cadera.

En la posición inicial de un determinado patrón, todos los músculos asociados (agonistas) están en una posición de alargamiento máximo. Esta posición inicial se denomina posición alargada. Cuando los principales componentes musculares se contraen, para moverse concéntricamente, el sujeto o paciente mueve la estructura corporal desde la posición alargada hasta la posición acortada, pasando por el recorrido de movimiento disponible. El punto medio entre las posiciones alargada y acortada se conoce como posición intermedia (80).

El sincronismo normal del patrón es el siguiente:

- La parte distal (mano y muñeca o pie y tobillo) se mueve inicialmente a través de su rango de movimiento completo.
- Los otros componentes se combinan armónicamente y completan su movimiento casi en forma simultánea.
- La rotación es una parte esencial del movimiento y se opone resistencia desde el comienzo al final del mismo (80, 83, 88, 89, 91).

#### **2.3.2.4. TIPOS DE PATRONES**

La combinación de los patrones unilaterales, en los que sólo interviene una extremidad, determina una serie de patrones que se van a denominar dependiendo de las relaciones que se establezcan entre las extremidades:

- Bilateral: combinación de las extremidades superiores o inferiores.
  - o Simétrico: las extremidades se mueven en el mismo patrón.
  - o Asimétrico: las extremidades se mueven en patrones opuestos.
  - o Simétrico recíproco: las extremidades se mueven en la misma diagonal pero en sentidos opuestos.
  - o Asimétrico recíproco: las extremidades se mueven en diagonales opuestas y en sentidos opuestos (83).
  
- Combinación de las extremidades superiores e inferiores:
  - o Homolateral: las extremidades del mismo lado se mueven en la misma dirección y al mismo tiempo.
  - o Contralateral: las extremidades de lados opuestos se mueven en la misma dirección al mismo tiempo.
  - o Diagonal recíproco: las extremidades contralaterales se mueven en la misma dirección y al mismo tiempo, mientras que las extremidades contralaterales opuestas se mueven en dirección contraria (80).
  
- Combinación de patrones bilaterales asimétricos de refuerzo de la extremidad superior con los patrones de cuello para ejercitar los músculos del tronco. Los miembros superiores resisten como si

formaran una unidad. La mano de una extremidad (secundaria) toma la muñeca de la otra (principal). Se conoce como patrón de cortar leña (83) o de hachar (80).

### **2.3.3. PROCEDIMIENTOS BÁSICOS**

Debido al amplio repertorio de técnicas que se superponen a los movimientos y a la postura, existen ciertos procedimientos que se consideran esenciales para enfocar el tratamiento de los pacientes. Estos procedimientos básicos para la facilitación proporcionan herramientas al fisioterapeuta para mejorar las funciones motoras del paciente y se utilizan para:

- Aumentar la capacidad del paciente para moverse o mantener el equilibrio.
- Ayudar al paciente a conseguir movimientos coordinados.
- Aumentar la resistencia del paciente y evitar la fatiga (83).

#### ***2.3.3.1. CONTACTOS MANUALES***

Las presas manuales del fisioterapeuta estimulan los receptores cutáneos del paciente, empleando la presión como mecanismo facilitador. Este contacto ofrece al paciente información sobre la correcta dirección del movimiento. Las manos del fisioterapeuta deben colocarse para aplicar la presión en sentido contrario al movimiento, estimular la percepción táctil y cinestésica y ofrecer seguridad al paciente (80, 83, 89, 91).

El cuerpo del fisioterapeuta debe estar alineado con el movimiento o fuerza deseada. Para hacerlo correctamente debe ubicarse de frente a la dirección de movimiento. La resistencia proviene del cuerpo del fisioterapeuta, al tiempo que los brazos y las manos permanecen comparativamente relajadas. La utilización del peso corporal permite una resistencia prolongada sin producir fatiga. La relajación de las manos permite al fisioterapeuta sentir las respuestas del paciente (83).

### **2.3.3.2. CONSIGNAS Y COMUNICACIÓN**

La comunicación con el paciente depende de las indicaciones sensoriales. El contacto manual con su piel, la petición de lo que debe hacer y la orientación de su mirada para seguir la dirección del movimiento; son medios de comunicación que exigen la atención del paciente (80). Las instrucciones preparatorias deben ser claras y concisas y pueden combinarse con movimientos pasivos para enseñarle al paciente el movimiento deseado. Las órdenes e indicaciones verbales le dicen al paciente qué hacer y cuándo debe hacerlo. La orden “tire” corresponde a un movimiento que se aleja del fisioterapeuta y “empuje” corresponde a un movimiento que se acerca a él. La orden “mantenga” o “no se mueva” corresponden a contracciones estáticas de la cadena muscular o a la estimulación de reflejos posturales (91). El sincronismo de las mismas es importante para coordinar las reacciones del paciente con las manos y la resistencia del fisioterapeuta.

### **2.3.3.3. RESISTENCIA MÁXIMA**

El movimiento que se realiza venciendo una resistencia y que exige un esfuerzo máximo produce aumento de la fuerza muscular (80, 92-95). La resistencia máxima, tal como se aplica en las técnicas de FNP, puede definirse como la mayor

cantidad de resistencia que se puede aplicar a una contracción isotónica, permitiendo que el movimiento se complete en su totalidad. En una contracción isométrica es la mayor resistencia que puede oponerse sin vencer ni quebrar la resistencia del paciente (80, 83, 91).

Varios autores han afirmado que una contracción muscular resistida aumenta la estimulación cortical (83). Además han comprobado que la tensión muscular activa que produce la resistencia constituye la facilitación propioceptiva más eficaz. La magnitud de esta facilitación está en relación directa con la intensidad de la resistencia (83, 88).

La resistencia aplicada correctamente produce irradiación o desbordamiento de energía y refuerzo. Esta respuesta puede darse como un aumento en la facilitación (contracción) o de la inhibición (relajación) en los músculos sinérgicos y patrones de movimiento (83). La irradiación es un aspecto útil para los pacientes con debilidad muscular en las áreas que no se pueden trabajar directamente. Este principio se basa en el hecho de que, la estimulación de los grupos musculares fuertes y conservados produce una fuerte activación de los músculos lesionados y débiles, facilitando la contracción muscular (96).

La irradiación se utiliza desde los músculos proximales hacia los distales. Esto permite reforzar primero los músculos tónicos, más fáciles de recuperar y de utilizar su potencial energético, para desencadenar la contracción de los músculos fásicos. En realidad, se sigue el proceso habitual del individuo normal, que primero estabiliza la cintura antes de exigir un esfuerzo fásico a la extremidad correspondiente.



Es muy importante que la resistencia no provoque dolor, fatiga no deseada o irradiación no pretendida (83).

#### **2.3.3.4. ESTIRAMIENTO**

El reflejo de estiramiento es el que provoca la contracción del músculo como respuesta a un estiramiento inesperado o con demasiada rapidez (89, 97, 98).

Es un hecho fisiológico que el músculo responde con mayor fuerza cuando se le somete a un estiramiento (80), por esta razón se puede recurrir al estiramiento como estímulo. Para conseguir un estímulo de estiramiento en cualquier patrón de movimiento, debe colocarse la estructura anatómica correspondiente en la posición alargada máxima de ese patrón, que coincide con la posición acortada máxima del patrón antagonista directo. Se deben tener en cuenta todos los componentes del patrón, especialmente la rotación ya que es el componente que elonga las fibras musculares de la musculatura de un determinado patrón (80). El reflejo de estiramiento se obtiene de los músculos que están bajo tensión, ya sea por elongación o por contracción (83).

El reflejo de estiramiento está indicado en la iniciación del movimiento voluntario, para aumentar la fuerza y favorecer una respuesta más rápida en los movimientos más débiles (80, 83, 88). Y está contraindicado en los casos de dolor o en aquellos en los que las estructuras óseas o de partes blandas no deban someterse a movimientos súbitos.

### **2.3.3.5. TRACCIÓN Y APROXIMACIÓN**

La tracción, en la que las superficies articulares se separan, y la aproximación, en la que las superficies articulares se comprimen; están orientadas hacia los receptores de las articulaciones (80). Las dos técnicas estimulan los propioceptores articulares (80, 83, 99-101).

Se aplica la tracción en los casos en que el movimiento consiste en traccionar y que coincide con la orden “tire”, mediante la cual la estructura movida por el paciente se aleja del fisioterapeuta. Se aplica la aproximación cuando el movimiento consiste en empujar coincidiendo con la orden “empuje”, y en la que se produce un movimiento de acercamiento de la estructura con respecto al fisioterapeuta (91).

La tracción aumenta la respuesta muscular, activa el movimiento y ayuda en las contracciones isotónicas. La aproximación aumenta la respuesta muscular estimula la estabilidad y ayuda en las contracciones isométricas (99). Por lo tanto, en el tratamiento fisioterápico se emplea la tracción para promover el movimiento, y la aproximación se aplica para fomentar la estabilidad, el mantenimiento de la postura y el equilibrio.

La tracción y la aproximación están contraindicadas en casos de dolor, inflamación de las articulaciones, osteoartritis, fracturas mal consolidadas o lesiones de partes blandas (89).

#### **2.3.3.6. SINCRONISMO NORMAL**

El sincronismo normal es la secuencia de contracciones musculares que se produce en una actividad motora, dando como resultado un movimiento coordinado. En el proceso normal de desarrollo el control proximal se manifiesta antes que el control distal, una vez alcanzada la coordinación y eficiencia de movimientos el sincronismo se produce de lo distal a lo proximal (80). Cuando este proceso normal, que Viel (89) denomina cronometría de ejecución, no puede producirse por causas de debilidad muscular aislada, se modifica la secuencia para proporcionar una facilitación a los grupos musculares débiles; convirtiéndose de esta forma en el sincronismo para el énfasis (80,83,102) o cronometría adaptada (89). La técnica consiste en impedir todos los movimientos de un patrón salvo el que requiere el énfasis o resistir una contracción isométrica de los movimientos fuertes del patrón, trabajando a la vez los músculos más débiles (83).

#### **2.3.4. TÉCNICAS ESPECÍFICAS**

El objetivo de las técnicas de FNP es activar el movimiento funcional mediante la facilitación, la inhibición, el fortalecimiento y la relajación de los grupos musculares. Las técnicas utilizan contracciones musculares isotónicas e isométricas que, con la resistencia adecuada y los procedimientos básicos de facilitación indicados, se combinan y ajustan para adaptarse a las necesidades de cada paciente (83).

### **2.3.4.1. DIRIGIDAS AL AGONISTA**

#### **2.3.4.1.1. Iniciación Rítmica**

La iniciación rítmica es una técnica que se aplica cuando hay que mejorar la capacidad de iniciar el movimiento (103). Se realiza de forma progresiva empezando con el movimiento pasivo, seguido del movimiento asistido y finalizando con el movimiento activo resistido a través del patrón agonista (99).

La iniciación rítmica está indicada en aquellos pacientes que no pueden iniciar movimientos a causa de la rigidez o la espasticidad, y los que presentan alteraciones de la coordinación (83). Está contraindicada en los casos de dolor.

#### **2.3.4.1.2. Contracciones Repetidas**

Esta técnica se basa en la latencia de los impulsos facilitadores que siguen a la contracción muscular; las contracciones son cada vez más fuertes. Este mecanismo constituye la base del calentamiento muscular en los deportistas (89). La excitación repetida de una vía del sistema nervioso central facilita la transmisión de impulsos por esa vía (80).

Se trata de una serie de contracciones repetidas en el mismo patrón de movimiento, aumentando progresivamente la resistencia (91). Está indicada para aumentar la respuesta de un patrón débil o alguno de sus componentes, el movimiento se repite hasta que aparezca la fatiga (99). Está contraindicada en los casos de inestabilidad articular, dolor, alteraciones óseas por fracturas u osteoporosis y lesiones de partes blandas (83).

Existen dos modalidades distintas de contracciones repetidas: la simple y la compleja. En su forma menos avanzada, las contracciones repetidas solo presentan contracciones isotónicas estimuladas mediante el reflejo de estiramiento, cuando el paciente intenta el movimiento. En su forma más avanzada emplea contracciones isotónicas e isométricas al mismo tiempo. Estas dos fórmulas permiten trabajar en tres indicaciones concretas: para poner en marcha el movimiento, para aumentar la fuerza en el recorrido interno y para aumentar la fuerza en el recorrido externo (89).

#### **2.3.4.2. DIRIGIDAS AL ANTAGONISTA: *Inversión de Antagonistas***

Las técnicas se basan en el principio de la inducción sucesiva de Sherrington, según el cual después de una fuerte contracción del grupo muscular antagonista, la potencia del grupo muscular agonista aumenta (89, 104-106).

La inversión de antagonistas está relacionada con las respuestas normales de movimiento, y una correcta ejecución del mismo indica que la función se realiza de forma coordinada y con la fuerza y destreza necesarias. En la actividad física cotidiana desempeña un papel básico en funciones tan inherentes al ser humano como andar, correr, asir, y soltar objetos (80, 83). Por lo tanto, cuando los antagonistas no se invierten tal y como exige la actividad, la función se compromete de manera muy importante. Determinando el objetivo del tratamiento neuromuscular que consistirá en restablecer la inversión fisiológica de antagonistas, a través de un recorrido de movimiento normal (80).

Estas técnicas están indicadas en la disminución del rango de movimiento, debilidad del grupo agonista, alteración de la capacidad de inversión del sentido de

movimiento y relajación de los músculos hipertónicos (83). Están contraindicadas en los casos de dolor articular o de partes blandas.

Para la aplicación de las técnicas se tendrá en cuenta la importancia de empezar por el patrón más fuerte y finalizar por el patrón más débil.

Estas técnicas se aplican dentro de los patrones de movimiento y ofrecen distintas modalidades derivadas de las variantes posibles. Se puede trabajar con contracciones isotónicas, isométricas o mediante la combinación de los dos tipos de contracción muscular.

#### ***2.3.4.2.1. Inversión lenta***

La inversión lenta consiste en una contracción isotónica del antagonista con una resistencia máxima, seguida de una contracción isotónica del agonista (103,107) y sin periodo de reposo en el cambio de patrón (89). La secuencia se repite para aumentar la respuesta del grupo muscular agonista.

#### ***2.3.4.2.2. Inversión lenta y sostén***

Se trata de la misma técnica que las inversiones lentas introduciendo una contracción isométrica al final de cada patrón. Se emplea para aumentar la estabilidad articular, la fuerza o la resistencia en el patrón agonista (91).

#### ***2.3.4.2.3. Inversión rápida***

Se realiza una contracción isotónica del patrón antagonista con lentitud, venciendo una resistencia máxima, y cerca del recorrido acortado se efectúa una inversión rápida con una contracción isotónica del agonista, atendiendo al recorrido

acortado lo más rápido posible, y solicitando una contracción isométrica del agonista con una resistencia máxima. Está indicada para aumentar la amplitud articular y el refuerzo muscular (80, 107).

#### ***2.3.4.2.4. Estabilización rítmica***

Esta técnica de inversión de antagonistas se basa en la inducción sucesiva y la irradiación. Se utilizan contracciones alternas isométricas de patrones antagonistas para aumentar la capacidad de co-contracción de los grupos musculares y la estabilidad articular (80, 89).

La estabilización rítmica puede aplicarse en cualquier punto del patrón (80), y en cualquier posición corporal para la estabilidad postural o la irradiación muscular (91), el equilibrio y para tratar el dolor (83, 87, 108). Está contraindicada en los casos de rigidez muscular y de hipertonia espástica.

### **2.3.5. TÉCNICAS DE RELAJACIÓN**

Cualquier técnica que suponga la contracción de un patrón de facilitación exige una reacción de alargamiento, relajación o inhibición en el patrón antagonista. De la misma forma, toda técnica que demande o posibilite una ampliación del recorrido de movimiento en un patrón tiene que conseguir la relajación de su patrón antagonista. Esta relajación o inhibición del antagonista durante la facilitación del agonista depende de la inervación recíproca de Sherrington (80).

Las técnicas de relajación están encaminadas a la eliminación de la contracción y obtener la relajación, tanto de la musculatura no afecta como la

espástica (109) y la inhibición; permitiendo ganancias de amplitud articular (91). Pueden ayudar a prevenir el daño en la vida diaria o los deportes, a reducir el dolor muscular, mejorar la capacidad muscular y el rendimiento deportivo (110-114).

Estas técnicas de relajación constituyen la base de los estiramientos facilitados en la que se aplican fundamentalmente dos tipos principales: contracción – relajación y sostén – relajación.

Las técnicas más utilizadas para mejorar la extensibilidad muscular y el rango de movimiento articular son el estiramiento estático y las técnicas de relajación o de estiramiento de la FNP.

#### ***2.3.5.1. CONTRACCIÓN-RELAJACIÓN***

Se aplica en pacientes que presentan una notable limitación en la amplitud de movimiento. En ella se combina el trabajo isotónico e isométrico en los patrones de facilitación. Para ello se lleva el miembro de forma pasiva a la máxima amplitud articular, se le pide una contracción isotónica de la musculatura limitante resistiendo todos los componentes de movimiento, excepto el de rotación, se mantiene la contracción isométrica 6-8 segundos, se le pide al paciente que relaje durante un intervalo de tiempo idéntico al de la contracción y, posteriormente, se mueve el miembro de forma pasiva hacia un nuevo rango de movimiento. Después de varias repeticiones, se le enseña al paciente la movilización activa de la extremidad en el nuevo rango de movimiento (90).



### **2.3.5.2. SOSTÉN-RELAJACIÓN**

Es muy similar a la técnica anterior, la diferencia reside en la ausencia de trabajo muscular isotónico. Se lleva el miembro a su mayor amplitud de movimiento, se le pide al paciente una contracción de los músculos limitantes, que se resiste isométricamente, se pide relajación y se procede igual que en la contracción – relajación.

### **2.3.6. ESTIMULACIÓN DE FUNCIONES VITALES**

Las funciones vitales pueden definirse como las funciones corporales que están bajo control reflejo, pero que se pueden inhibir de forma voluntaria. Abarcan los movimientos respiratorios, los movimientos faciales, los movimientos oculares, la apertura y cierre de la boca, los movimientos de la lengua, la deglución, la micción y la defecación. La realización de los patrones de facilitación venciendo una resistencia máxima estimula las funciones vitales.

En este trabajo vamos a centrarnos en la relación que se puede establecer entre las técnicas de FNP y la respiración, ya que constituye un elemento fundamental en el desarrollo del mismo.

#### **2.3.6.1. ESTIMULACIÓN Y FACILITACIÓN DE LA RESPIRACIÓN**

Las técnicas de FNP se pueden aplicar para estimular la respuesta y para fortalecer los músculos relacionados con la respiración (80, 83, 85, 115). El trabajo con patrones del cuello, el tronco y las extremidades produce una respiración más adecuada. Los patrones más relacionados con la inspiración son la extensión del cuello, la extensión del tronco superior e inferior y los patrones flexores de las

extremidades superiores. Los patrones más indicados para la espiración son la flexión del cuello, la flexión del tronco superior e inferior y los patrones de extensión de las extremidades superiores.

Las combinaciones de los patrones del tronco superior, con los patrones bilaterales simétricos y asimétricos de la extremidad superior, producen situaciones de estrés mecánico que estimulan a los músculos accesorios de la respiración y al propio mecanismo respiratorio (80).

La estimulación de los músculos intrínsecos de la respiración y la excursión más amplia del tórax y el diafragma, se consiguen con la aplicación directa de técnicas específicas de FNP.

Se puede aplicar resistencia a los movimientos de las paredes laterales del tórax, del tórax superior, el esternón y el diafragma. El tratamiento de los desequilibrios consiste en aplicar una resistencia máxima a la región más fuerte, y contracciones repetidas para potenciar la región más débil (80, 83).

El tratamiento en la zona esternal, costal y diafragmática mejora la inspiración. El trabajo de los músculos abdominales fortalece la espiración forzada (83).

El paciente debe realizar los ejercicios respiratorios en todas las posiciones: decúbito supino, decúbito lateral, decúbito prono, decúbito prono sobre los antebrazos (posición de esfinge) y en sedestación (80, 83).

### **2.3.7. EL MOVIMIENTO ACTIVO LIBRE**

La fase inicial del aprendizaje de la FNP es la realización activa de patrones espirales y diagonales mediante el movimiento activo libre. Para el aprendizaje motor es necesaria la repetición de los patrones con autocorrección frente a un espejo, o la corrección de un profesional. La ejecución activa de los movimientos permite valorar la coordinación, las habilidades motoras y las limitaciones de las trayectorias del movimiento cuando se comparan muchas combinaciones (80, 90).

Se pueden realizar patrones diagonales en cualquier posición que permita obtener el recorrido de movimiento deseado. Si se modifica la posición del cuerpo también se modificarán las demandas, debido a las influencias de la gravedad y de los reflejos posturales y de enderezamiento.

En la posición de bipedestación se pueden realizar todos los patrones de la cabeza y el cuello, el tronco superior y patrones unilaterales y bilaterales de la extremidad superior. También se podrán realizar los patrones unilaterales de la extremidad inferior, soportando la otra el peso del cuerpo.

En sedestación se pueden realizar todos los patrones y combinaciones de la extremidad superior, así como los patrones de la cabeza, el cuello y el tronco superior. En la extremidad inferior pueden hacerse todos los patrones unilaterales y bilaterales, con limitación de la flexión y extensión de rodilla y cadera. En decúbito supino, ya sea en una colchoneta o camilla, podrán realizarse todos los componentes de movimiento que permita el medio. En decúbito lateral podrán realizarse patrones unilaterales de la extremidad superior e inferior y patrones homolaterales. En la

posición de pronación pueden ejecutarse patrones unilaterales de la extremidad superior e inferior.

La incorporación de los patrones de FNP a un programa de ejercicios puede aportar importantes beneficios fisiológicos. La utilización de estos patrones mejora la fuerza, la resistencia y la coordinación durante estos movimientos (90,116).

La FNP es una técnica de terapia física que se ha utilizado para mejorar el rendimiento físico de los atletas o pacientes con alteraciones orgánicas y sedentarios, mediante ejercicios terapéuticos específicos derivados de los patrones diagonales de movimiento, y los estímulos aferentes que promueven la aparición del potencial neuromuscular y la obtención de mejores respuestas músculo – esqueléticas (117).

Existen distintas formas de trabajar con los patrones, tanto en el gimnasio como en casa. Para ello es necesaria la utilización de elementos que permitan trabajar de forma libre, básicamente se utilizan las poleas murales, las pesas, muñequeras y tobilleras lastradas, las bandas elásticas y los balones de estabilidad (90).

Aunque la combinación de la FNP con las poleas produce beneficios en la fuerza de los músculos respiratorios, se ha demostrado que las bandas elásticas se pueden utilizar de manera más eficaz en comparación a otros dispositivos, tales como los pesos y las máquinas asociadas con los movimientos unidireccionales libres (85).

De acuerdo con las bases del desarrollo de la FNP, un programa que utilice poleas o bandas elásticas estará dirigido a fortalecer los movimientos de la cabeza y del cuello y del tronco, antes de dar énfasis a los movimientos de las partes distales como la apertura y cierre de la mano (80).

El trabajo de movimiento libre supone una modificación y una adaptación de la metodología de la FNP. Esto permite trabajar con grupos numerosos de población en los estudios de investigación que se llevan a cabo, pero también plantea una hipótesis que habría que confirmar: los resultados que se obtienen en el trabajo libre son los mismos que en el trabajo manual con un fisioterapeuta.



---

### **3. HIPÓTESIS Y OBJETIVOS**





### **3.1. HIPÓTESIS DE TRABAJO**

La hipótesis de trabajo es la siguiente: “Un protocolo de tratamiento fisioterápico de la musculatura respiratoria mejora la fuerza de dicha musculatura en mujeres mayores, participantes en un Programa de Revitalización Geriátrica”.

### **3.2. OBJETIVOS**

1.- Diseñar un protocolo de ejercicios con Patrones de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva, del Método Kabat, para mejorar la fuerza de la musculatura respiratoria.

2.- Aplicar este protocolo de tratamiento fisioterápico a un grupo de mujeres mayores de 65 años y menores de 76 años, participantes en los Programas de Revitalización Geriátrica, que el Área de Fisioterapia de la Universidad de Salamanca desarrolla en los centros y hogares de la Tercera Edad del municipio de Salamanca.

3.- Evaluar la eficacia del protocolo de tratamiento fisioterápico en la ganancia de la fuerza muscular inspiratoria y espiratoria.

4.- Conocer la relación entre las presiones respiratorias y las distintas variables de estudio.



---

## **4. MATERIAL Y MÉTODOS**



## **4.1. ESTUDIO**

Se llevó a cabo un estudio experimental, de ocho semanas de duración, que tenía como finalidad la evaluación de la fuerza muscular respiratoria en la población de estudio, la aplicación del protocolo de intervención y la comparación entre los grupos de tratamiento y de control.

Se recogieron valores previos y posteriores a la intervención, de la Presión Inspiratoria Máxima (PIM) y de la Presión Espiratoria Máxima (PEM), comparándose entre los grupos de intervención y control.

La intervención consistió en la aplicación de un protocolo de ejercicios basados en la metodología fisioterápica de la Facilitación Neuromuscular Propioceptiva: Método Kabat, para mejorar la fuerza respiratoria.

Previo al inicio de la evaluación se les informó detalladamente a todas las participantes sobre los objetivos y la metodología de la misma, solicitándoles la firma de un consentimiento informado.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca, con fecha 25 de Mayo de 2011 (Anexo I).

## **4.2. POBLACIÓN**

El estudio se realizó en una población de mujeres mayores de 65 años, válidas, no institucionalizadas, residentes en la ciudad de Salamanca y participantes en el programa de Revitalización Geriátrica.

Anualmente los Servicios Sociales del Ayuntamiento de Salamanca recogen las solicitudes que, las personas mayores, presentan en los diferentes Centros y Asociaciones de Mayores de la ciudad de Salamanca para participar en el Programa de Revitalización Geriátrica que, desde hace más de veinte años, vienen desarrollando fisioterapeutas becarios del Área de Fisioterapia bajo la dirección del Profesor Dr. D. José Ignacio Calvo Arenillas.

Previamente a la admisión en dicho Programa a todos los participantes se les realiza una valoración clínica individualizada, con el fin de determinar la presencia de alguna de las contraindicaciones absolutas o relativas para la realización de la actividad física, y que constituyen los criterios de exclusión del mismo.

### **4.2.1. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN**

Para participar en el estudio objeto de esta tesis se establecieron los siguientes criterios de inclusión:

1.- Ser mujer y participante en el Programa de Revitalización Geriátrica y no presentar en la evaluación clínica, previa al comienzo del mismo, ninguna de las contraindicaciones absolutas o relativas para la realización de dicho programa (118).

- 2.- Tener una edad entre 65 y 76 años.
- 3.- Haber participado al menos durante un curso en el Programa de Revitalización Geriátrica y en el 75% de las sesiones del Programa en el curso anterior.
- 4.- No presentar ninguna de las contraindicaciones absolutas o relativas específicas para la realización de las pruebas respiratorias de la PIM y la PEM (119-123):

**. Contraindicaciones absolutas:**

- Angina inestable
- Infarto de miocardio reciente (4 semanas siguientes al evento) o miocarditis
- Hipertensión arterial sistémica no controlada
- Neumotórax reciente
- Postoperatorio de biopsia pulmonar (semana siguiente)
- Postoperatorio de cirugía abdominal o génitourinaria
- Incontinencia urinaria
- Aneurisma aórtico complicado
- Aneurisma cerebral complicado
- Desprendimiento de retina reciente (1 mes)
- Síndrome de hipertensión endocraneana
- Hernias abdominales

- Problemas agudos de oído medio

**. Contraindicaciones relativas:**

- Presión arterial diastólica  $> 100$  mm Hg o sistólica  $> 200$  mm Hg
- Aneurisma aórtico no complicado
- Aneurisma cerebral no complicado
- Lesión espinal reciente
- Lesión ocular reciente
- Pacientes poco colaboradores o incapaces de realizar la prueba por debilidad, dolor, fiebre, disnea o falta de coordinación

Como criterio de exclusión se estableció una adherencia mínima del 75% de las sesiones de Revitalización Geriátrica, para los dos grupos, durante las ocho semanas de duración del Protocolo de Tratamiento.

Se calculó el tamaño muestral para detectar diferencias de al menos 12 cm de H<sub>2</sub>O en la PIM. Se utilizó la varianza de la PIM referenciada por Rochester (61) para los grupos de 50-69 años y más de 70 años y se estableció un nivel de seguridad del 95% junto con un poder estadístico del 80%. El número se ajustó a un posible 15% posible de pérdidas. Se precisaban de al menos 33 sujetos en cada grupo. A partir de todos los participantes en el Programa de Revitalización Geriátrica que cumplían todos los criterios de inclusión iniciales se extrajo una muestra aleatoria de 69 sujetos.

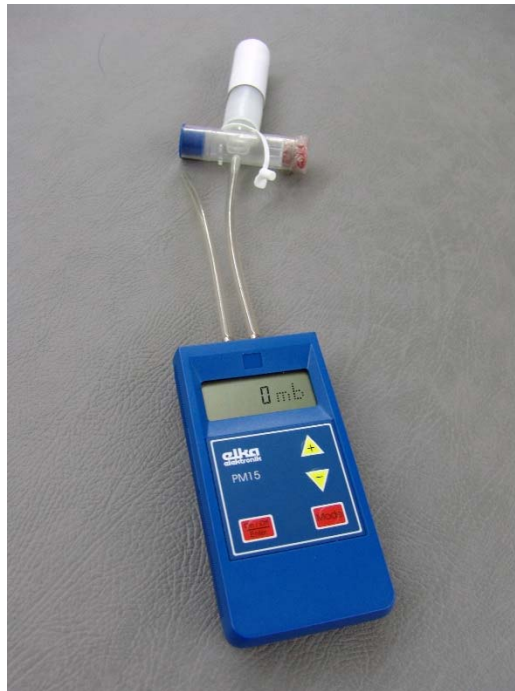


### 4.3. EVALUACIÓN

La evaluación inicial del estudio coincidió con la primera evaluación anual del Programa de Revitalización Geriátrica. Se recogieron datos sociodemográficos (edad, estado civil, si vive solo), antropométricos (talla, peso, masa corporal, perímetro abdominal) y clínicos (medicación, enfermedades) y se evaluó la fuerza respiratoria a través de las Presiones máximas (PIM y PEM).

La evaluación de las Presiones máximas se llevó a cabo con un transductor de presión, Elka 15 (Figura 3), que mide en bares y milibares; eligiéndose entre ellas el milibar (mbar) por su equivalencia con la unidad de referencia, el centímetro de agua (cm H<sub>2</sub>O) (1 mbar = 1,01973 cm H<sub>2</sub>O) (124). El aparato presenta dos tubos (uno para medir la PIM y otro para medir la PEM) cuyos extremos se conectan a un dispositivo de plástico, con un orificio de 2 mm de diámetro interno y 30 mm de longitud, que dota al sistema de una pequeña fuga para evitar el cierre de la glotis durante la PIM y reducir la acción de los músculos bucales durante la PEM (119, 120, 125, 126); y al que se ajusta una boquilla desechable de 32 mm para cada individuo que vaya a realizar la prueba. Su rango de medida es de -2000 a +2000 mbar.

Previa a cualquier maniobra respiratoria se explicó y demostró minuciosamente a cada participante cómo debía realizarla, informándole de que durante la realización de la misma podían aparecer determinados síntomas como zumbidos en los oídos, mareo o cefalea.



*Figura 3. Transductor digital de presión Elka 15.*

Las pruebas se realizaron con los sujetos en bipedestación y una pinza nasal (122, 123) para evitar la fuga de aire por las fosas nasales. Se realizaron en cada una de ellas un mínimo de tres intentos, registrándose el valor más alto de los tres efectuados correctamente, con una diferencia del 10% o menos entre ellos (119, 120, 127-129) y con un intervalo de 60 segundos entre cada repetición. El esfuerzo respiratorio máximo se mantuvo durante un segundo.

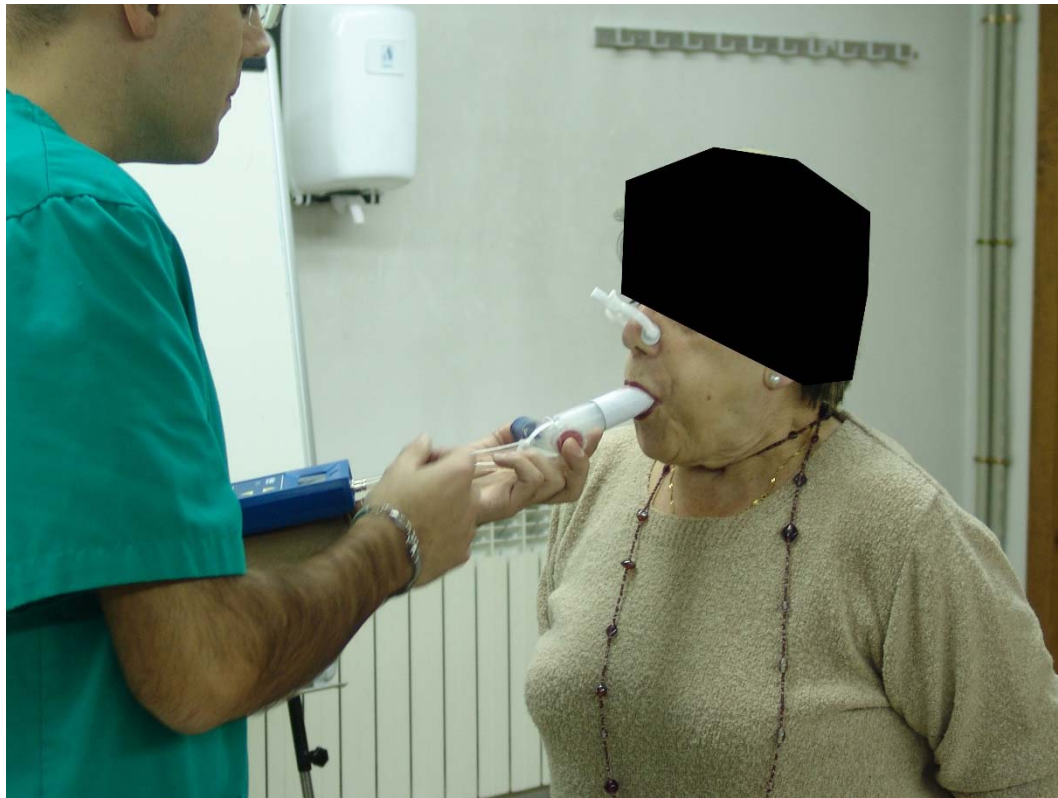
Para la medida de la PIM se le pidió al sujeto que exhalase con suavidad pero completamente, con el fin de llegar al volumen residual (119, 126, 127, 130) y que, posteriormente, inhalase tan fuerte y rápido como pudiera a través de la boquilla del transductor (Figura 4).



*Figura 4. Medida de la PIM.*

Para la medida de la PEM se le solicitó al sujeto que inhalara profundo y completamente, con el fin de llegar a la capacidad pulmonar total (119, 128, 129, 131), para que a continuación exhalara tan rápido y fuerte como pudiera, indicándole que evitase las fugas de aire (Figura 5).

Al finalizar el periodo de intervención en el grupo de tratamiento se llevó a cabo una evaluación final en ambos grupos, que incluyó la evaluación de las Presiones máximas y la valoración subjetiva de la evolución durante el periodo de las ocho semanas.



*Figura 5. Medida de la PEM.*

#### **4.4. INTERVENCIÓN**

Los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos: grupo de tratamiento y grupo control.

El grupo de control participó durante el periodo de estudio en el programa de Revitalización Geriátrica mientras que el grupo de tratamiento, además de asistir a las sesiones del programa de Revitalización Geriátrica, realizó el protocolo de tratamiento respiratorio específico diseñado para este estudio.

#### **4.4.1. SESIÓN BÁSICA DE REVITALIZACIÓN GERIÁTRICA**

El programa de Revitalización Geriátrica se desarrolla habitualmente en cada curso académico (octubre-junio), llevándose a cabo tres sesiones semanales de 50-55 minutos de duración.

La sesión básica de Revitalización Geriátrica (118, 132-138) se compone de una serie de ejercicios físicos variados cuyo orden secuencial es el siguiente:

- Estiramientos estáticos, sin rebotes, de los grupos musculares más importantes.
- Calentamiento suave mediante desplazamiento andando y con trote lento.
- Ejercicios ventilatorios abdomino – diafragmáticos.
- Ejercicios para mantener y aumentar el rango articular y la fuerza muscular.
- Desplazamiento en trote lento durante tres minutos.
- Hidratación y descanso de 5’.
- Actividades de coordinación, agilidad y equilibrio.
- Desplazamientos con trote y marcha.
- Enfriamiento progresivo dinámico, caminando y ventilando relajadamente.
- Hidratación.

El desarrollo de las sesiones de Revitalización lo llevaron a cabo cinco fisioterapeutas, becados por la Universidad de Salamanca, con cargo al 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 Salamanca.

#### ***4.4.2. PROTOCOLO DE TRATAMIENTO RESPIRATORIO ESPECÍFICO***

El protocolo de tratamiento se desarrolló en un periodo de ocho semanas, comprendido entre el 19 de octubre y el 10 de diciembre de 2010, realizándose dos sesiones a la semana de 45/50 minutos de duración, las cuales se llevaron a cabo en las Salas de Prácticas de la E.U. de Enfermería y Fisioterapia.

Para la administración del protocolo se dividió al grupo de tratamiento ( 33 participantes) en dos subgrupos, el subgrupo A con 15 participantes y el subgrupo B con 18 participantes, con la finalidad de que compatibilizaran las sesiones de tratamiento con las de Revitalización Geriátrica y para hacer una buena supervisión de mismo. El subgrupo A trabajó los martes y jueves y el subgrupo B los miércoles y viernes, el horario fue el mismo en ambos subgrupos: de 12 a 12:45.

El protocolo de tratamiento específico incluyó una serie de ejercicios basados en la FNP y actividades físicas. Las actividades físicas hacen referencia a los desplazamientos que las participantes realizaron durante el calentamiento previo a la sesión y entre las series de ejercicios de FNP, así como los estiramientos y el enfriamiento activo lento con el que finalizaron todas las sesiones.

Los ejercicios fueron Patrones de Kabat modificados, realizados de forma libre, sin la colaboración de ningún fisioterapeuta, con y sin la aplicación de resistencias y adaptados a las capacidades y rangos de movimiento que cada participante presentó en las extremidades, la cabeza, el cuello y el tronco. Se seleccionaron patrones en función del trabajo muscular que producen en la musculatura respiratoria, además de la propia, y que fueron los siguientes (80, 83):

- Patrón unilateral de extremidad superior de extensión, aproximación y rotación interna (A-B): trabajo muscular del Pectoral Mayor y Pectoral Menor.
- Patrón unilateral de extremidad superior de flexión, separación y rotación externa (B-A): trabajo del músculo Trapecio (139,140).
- Patrón unilateral de extremidad superior de extensión, separación y rotación interna (C-D): trabajo del músculo Dorsal Ancho.
- Patrón unilateral de extremidad superior de flexión, aproximación y rotación externa (D-C): trabajo del Pectoral Mayor.
- Patrón de flexión y rotación izquierda/derecha de la cabeza y el cuello: patrón idóneo para los músculos Escalenos y Esternocleidomastoideo.
- Patrón de extensión y rotación izquierda/derecha de la cabeza y el cuello: patrón de trabajo para el músculo Trapecio.
- Patrón de extensión del tronco superior con rotación izquierda/derecha: patrón más indicado para los músculos Diafragma, en el que produce

un descenso de la cúpula; Intercostales Externos, Serrato Menor Posterior Superior y Transverso del Abdomen.

- Patrón de flexión del tronco superior con rotación izquierda/derecha: patrón ideal para los músculos Diafragma, en el que produce un ascenso de la cúpula; Intercostales Internos, Oblicuo Mayor del Abdomen, Oblicuo Menor del Abdomen y el Recto Abdominal.

Estos patrones se realizaron de manera específica y aislada en sus respectivas estructuras y en combinaciones de los mismos, es decir, en las extremidades se realizaron unilaterales y bilaterales simétricos y asimétricos; y se combinaron los patrones de extremidades, de cabeza y cuello y tronco entre sí. De la misma forma se combinaron con patrones quebrados y no quebrados de las extremidades superiores.

Las sesiones de trabajo se diseñaron con un objetivo terapéutico, una progresividad en los ejercicios que fuera realizable por todas las participantes y que no produjeran fatiga en ningún momento. Por eso, se ejecutaron de forma lenta, gradual y con periodos de descanso amplios entre uno y otro.

Estas sesiones se iniciaban con el saludo y recuento de las participantes en la misma, para establecer el control de asistencia al programa de cada una de ellas.

Se les recordó la conveniencia de tomar la sesión de trabajo como una forma de trabajar divirtiéndose, y aclarando que cada una de ellas debía hacerlo según sus condiciones y posibilidades; sin entrar en comparaciones con nadie. De la misma forma, se les informó que debían comunicar cualquier situación o estado que se



produjera durante el desarrollo de la sesión, como mareos, náuseas, vértigo, disnea, etc.

Durante el desarrollo del programa, la estructura básica de las sesiones fue la siguiente:

- Calentamiento aeróbico de 5 minutos.
- Trabajo con patrones de FNP.
- Desplazamientos de 3 minutos de recuperación.
- Trabajo con patrones de FNP.
- Desplazamientos de 3 minutos de recuperación.
- Trabajo con patrones de FNP.
- Desplazamientos de 3 minutos de recuperación.
- Trabajo con patrones de FNP.
- Estiramientos 7/8 minutos.
- Desplazamientos de 3 minutos de enfriamiento activo y finalización de la sesión.

Los contenidos semanales del programa fueron los siguientes:

### **1ª Semana**

Se comenzó con un calentamiento aeróbico mediante desplazamiento caminando en círculo durante 5 minutos por el amplio vestíbulo que da acceso a las distintas Salas de Prácticas de Fisioterapia, de la Escuela de Enfermería y

Fisioterapia de Salamanca (Figura 6). A continuación pasaban a la Sala de Fisioterapia correspondiente y empezaban el trabajo con los patrones de FNP.



*Figura 6. Desplazamientos.*

Se inició el aprendizaje de los Patrones de Movimiento de las extremidades superiores en bipedestación y combinados con patrones de cabeza y cuello, inspiración o espiración (Figura 7). La ejecución de estos patrones se efectuó mediante la imitación de los ejercicios que realizó el investigador y las correcciones y órdenes del mismo. Se les enseñó a seguir con la vista todo el recorrido de movimiento del patrón, puesto que cuando las participantes miran su propia extremidad mientras la ejercitan logran una contracción muscular más intensa. El movimiento de los ojos influye en los movimientos de la cabeza y el cuerpo. El movimiento de la cabeza permite un mayor y más intenso movimiento del tronco.

Y en el caso de pacientes mayores, el estímulo visual puede ser más importante que la voz del fisioterapeuta (83).



*Figura 7. Patrones de extremidades superiores*

El seguimiento con la mirada de todos los patrones unilaterales y bilaterales asimétricos de las extremidades superiores implicó, en estos casos, la realización de los patrones de cabeza y cuello.

Fue necesario recordarles en todo momento las combinaciones de los patrones de movimiento con la inspiración y la espiración; insistiendo en la necesidad de realizar estas maniobras de forma lenta y pausada para que no se produjeran situaciones de hiperventilación.

También se les recordaba que debían realizar los movimientos del cuello y de la cabeza de manera muy lenta, para que no aparecieran mareos, vértigos o alteraciones del equilibrio y no se produjera ninguna caída.

Se inició el aprendizaje empezando por las diagonales de movimiento de los patrones básicos de las extremidades superiores. Comenzando cada diagonal con el patrón que se combina con la inspiración y completándola con su antagónico y la espiración

Se realizaron cinco repeticiones de cada uno de ellos, descansando cuando se completaban todos los patrones de las dos diagonales.

- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda B-A, con inspiración, y patrón de extensión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda A-B, con espiración, y patrón de flexión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda D-C, con inspiración, y patrón de extensión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda C-D, con espiración, y patrón de flexión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.

Continuaron con una marcha de 3 minutos andando para la recuperación del trabajo realizado con las extremidades superiores.

A continuación trabajaron con los patrones quebrados de las extremidades superiores. Estos patrones ofrecen posibilidades de trabajo más amplias que los patrones básicos, puesto que interviene la articulación del codo con los movimientos de flexión o extensión, se acorta el brazo de palanca y participan más grupos musculares en la realización del patrón de movimiento. Para su ejecución se sigue la misma secuencia y criterios que con los anteriores.

- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda B-A, con flexión de codo e inspiración, y patrón de extensión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda A-B, con extensión de codo y espiración, y patrón de flexión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda B-A, con extensión de codo e inspiración, y patrón de extensión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda A-B, con flexión de codo y espiración, y patrón de flexión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda D-C, con extensión de codo e inspiración, y patrón de extensión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.

- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda C-D con flexión de codo y espiración, y patrón de flexión derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda D-C, con flexión de codo e inspiración, y patrón de extensión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.
- Patrón unilateral de extremidad superior derecha/izquierda C-D con extensión de codo y espiración, y patrón de flexión y rotación derecha/izquierda de la cabeza y el cuello.

De nuevo se realizaron otros 3 minutos de marcha para la recuperación del trabajo realizado con las extremidades superiores.

A continuación se realizaron los patrones bilaterales simétricos quebrados de extremidades superiores, siguiendo la misma metódica secuencial que en los anteriores.

- Patrones bilaterales simétricos de extremidades superiores: D-C con flexión de codos e inspiración y C-D con extensión de codos y espiración.
- Patrones bilaterales simétricos de extremidades superiores: D-C con extensión de codos e inspiración y C-D con flexión de codos y espiración.

- Patrones bilaterales simétricos de extremidades superiores: B-A con flexión de codos e inspiración y A-B con extensión de codos y espiración.
- Patrones bilaterales simétricos de extremidades superiores: B-A con extensión de codos e inspiración y A-B con flexión de codos y espiración.

Continuaron con una marcha de 3 minutos andando para la recuperación del trabajo realizado con las extremidades superiores.

Prosiguieron con una nueva y última tanda de patrones:

- Patrones bilaterales asimétricos de extremidades superiores: D-C para la extremidad superior derecha y B-A para la extremidad superior izquierda; y patrón de cabeza y cuello con extensión y rotación izquierda, combinado con la inspiración.
- Patrones bilaterales asimétricos de extremidades superiores: C-D para la extremidad superior derecha y A-B para la extremidad superior izquierda; y patrón de cabeza y cuello con extensión y rotación derecha, combinado con la espiración.
- Patrones bilaterales asimétricos de extremidades superiores: A-B para la extremidad superior derecha y C-D para la extremidad superior izquierda; y patrón de cabeza y cuello con flexión y rotación izquierda, combinado con la espiración.

- Patrones bilaterales asimétricos de extremidades superiores: B-A para la extremidad superior derecha y D-C para la extremidad superior izquierda; y patrón de cabeza y cuello con extensión y rotación derecha, combinado con la inspiración.
- Estiramiento individual estático adaptado, adoptando la posición máxima de partida de cada patrón unilateral de extremidad superior y manteniéndola durante 5/7 segundos combinándola con 5/7 segundos de relajación; con un máximo de cuatro repeticiones por patrón.

Finalizaron con otra marcha de 3 minutos para el enfriamiento activo y finalización de la sesión.

## **2ª Semana**

El mismo trabajo que la semana anterior, pero sustituyendo los patrones bilaterales asimétricos de extremidades superiores por patrones del tronco superior en sedestación, combinados con patrones de refuerzo asimétricos de extremidades superiores (patrones de hachar o de cortar leña). Los patrones fueron los siguientes:

- Patrón de tronco superior con extensión y rotación derecha, combinado con patrón de extensión y rotación derecha de cabeza y cuello, y patrón de hachar B-A para la extremidad superior derecha (principal) y D-C para la extremidad superior izquierda (secundaria); combinados con la inspiración.
- Patrón de tronco superior con flexión y rotación izquierda, combinado con patrón de flexión y rotación izquierda de cabeza y cuello, y patrón



de hachar A-B para la extremidad superior derecha (principal) y C-D para la extremidad superior izquierda (secundaria); combinados con la espiración.

- Patrón de tronco superior con extensión y rotación izquierda, combinado con patrón de extensión y rotación izquierda de cabeza y cuello, y patrón de hachar B-A para la extremidad superior izquierda (principal) y D-C para la extremidad superior derecha (secundaria); combinados con la inspiración.
- Patrón de tronco superior con flexión y rotación derecha, combinado con patrón de flexión y rotación derecha de cabeza y cuello, y patrón de hachar A-B para la extremidad superior izquierda (principal) y C-D para la extremidad superior derecha; combinados con la espiración.

En estas dos primeras semanas de actividad, el trabajo consistió en que las participantes adquiriesen el dominio de los Patrones de Movimiento, a través de un trabajo libre de ejecución de los mismos y sin más resistencia que la de la gravedad. A partir de la tercera semana se incorporaron elementos de resistencia progresiva para ese mismo trabajo, como fueron las bandas elásticas de Thera-Band y las muñequeras lastradas.

### **3ª Semana**

#### *Primer día:*

Se realizó el mismo trabajo que la semana anterior, pero sustituyendo los ejercicios de tronco por patrones unilaterales de extremidad superior B-A e inspiración y C-D con extensión de codo y espiración. Estos patrones se realizan en bipedestación, trabajando en una serie de cinco repeticiones cada uno y utilizando como resistencia una banda elástica de Thera - Band beige, que junto con la de color amarillo se usa en Rehabilitación y en el entrenamiento de personas mayores, de 2 metros de longitud. La banda beige está calificada con una resistencia extra suave y cuando es elongada un 100% es necesario realizar una fuerza de 0,9 Kg. La banda amarilla está calificada con una resistencia suave y es necesario realizar una fuerza de 1,12 Kg para elongarla un 100% (141). Dichas bandas estaban ancladas a las espalderas y a las barras paralelas de una de las Salas de Fisioterapia, y sujetas enrolladas en las manos de las participantes para realizar los ejercicios (Figuras 8 y 9). De esta forma, mientras un grupo trabajaba en las bandas de las espalderas el otro lo hacía en las paralelas; realizándose el cambio cuando completaban las cinco repeticiones de cada patrón con ambas extremidades y la marcha de 3/5 minutos andando.

#### *Segundo día*

El mismo trabajo que el día anterior, aumentando a dos series con la banda elástica beige. A partir de este momento empiezan a disminuir el número de las series de patrones activos libres en la misma proporción que se incrementan las de patrones resistidos.



*Figura 8. Patrones con banda elástica beige.*



*Figura 9. Patrones con banda elástica amarilla.*

#### **4ª Semana**

##### *Primer día*

El mismo trabajo que el día anterior, aumentando a tres las series con la banda elástica beige.

##### *Segundo día*

El mismo trabajo que el día anterior, aumentando a cuatro las series con la banda elástica beige.

#### **5ª Semana**

##### *Primer día*

El mismo trabajo que el día anterior, pero una de las cuatro series con la banda elástica beige se realizó con la banda elástica amarilla.

##### *Segundo día*

El mismo trabajo que el día anterior, pero dos de las cuatro series se realizaron con la banda elástica amarilla.

#### **6ª semana**

##### *Primer día*

El mismo trabajo que el día anterior, pero tres de las cuatro series se realizaron con la banda elástica amarilla.

##### *Segundo día*

El mismo trabajo que el día anterior, completándose las cuatro series con la banda elástica amarilla.

### **7ª semana**

#### *Primer día*

El mismo trabajo que el día anterior, aumentando a cinco las series con la banda elástica amarilla.

#### *Segundo día*

El mismo trabajo que el día anterior, incrementando a seis las series con la banda elástica amarilla.

### **8ª Semana**

#### *Primer día*

El mismo trabajo que el día anterior, sustituyendo una de las series con la banda elástica amarilla por unas muñequeras lastradas de 1/2 Kg, cambiando el tipo de trabajo realizado hasta el momento en el que las participantes ejecutaban un patrón en cada ejercicio, para pasar a realizar los dos patrones de la diagonal y combinar el trabajo excéntrico y el trabajo concéntrico (Figura 10).

#### *Segundo día*

El mismo trabajo que el día anterior, sustituyendo dos de las seis series con la banda elástica amarilla por unas muñequeras lastradas de 1/2 Kg.



*Figura 10. Patrones con muñequeras lastradas.*

## **4.5. ANÁLISIS DE LOS DATOS**

Para llevar a cabo el análisis estadístico de los datos se crearon las variables de trabajo y se incorporaron al paquete estadístico IBM-SPSS versión 21.0.

Se estableció inicialmente un análisis descriptivo a partir de la media y desviación típica (DT) para las variables cuantitativas y recuentos y porcentajes para las variables categóricas.

Una vez comprobada la normalidad en la distribución de los datos de las variables cuantitativas a partir de pruebas de Kolmogorov-Smirnov, se llevó a cabo

el análisis inferencial a partir de pruebas T de Student intra e intergrupo, ANOVA de un factor y correlaciones de Pearson.

La relación entre variables categóricas se llevó a cabo mediante pruebas basadas en el estadístico Chi-cuadrado.

La variable edad se había registrado como años cumplidos, razón por la cual fue recalculada en edad corregida a partir de la edad+0,5 años.

Para completar el análisis se codificaron las variables cuantitativas IMC y perímetro abdominal en variables categóricas, contemplándose las categorías de normal, sobrepeso y obesidad en el IMC y las de con riesgo cardiovascular o sin riesgo cardiovascular en el caso del perímetro abdominal.

Se estableció un nivel de seguridad del 95%, contemplándose un  $\alpha$  de 0,05.





---

## **5. RESULTADOS**



## 5.1. POBLACIÓN

De las 316 mujeres participantes en el Programa de Revitalización Geriátrica durante el curso 2010-2011, 157 mujeres cumplían los criterios de inclusión de este estudio. De las 157 participantes, se extrajo una muestra aleatoria de 69 mujeres que fueron distribuidas aleatoriamente en dos grupos de trabajo: un grupo Control formado por 36 mujeres y un grupo de Tratamiento constituido por 33 mujeres (Figura 11).

La edad de la muestra estaba comprendida entre 65,5 y 75,5 años, con una media de edad de 70,92 años (DT 2,97 años), el 66,7% estaban casadas y tan sólo el 24,6% vivían solas. El IMC tuvo una media 29,67 kg/cm<sup>2</sup> (DT 4,312), el perímetro abdominal de 97,11cm (DT 9,132) y en la prueba de 6 minutos marcha realizada al inicio del programa la distancia media recorrida fue de 531,99 metros (DT 56,66). El tiempo de permanencia en el Programa de Revitalización presentó un rango entre 1 y 16 años, siendo la media de 7,09 años (DT 3,75). No se registraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos con respecto a ninguna de las variables sociodemográficas y clínicas (Tabla 19).

El programa se desarrolló con normalidad durante las ocho semanas comprendidas entre el 19 de Octubre y el 10 de Diciembre de 2010. Se realizaron 16 sesiones de tratamiento en las que no hubo que reseñar ninguna incidencia.

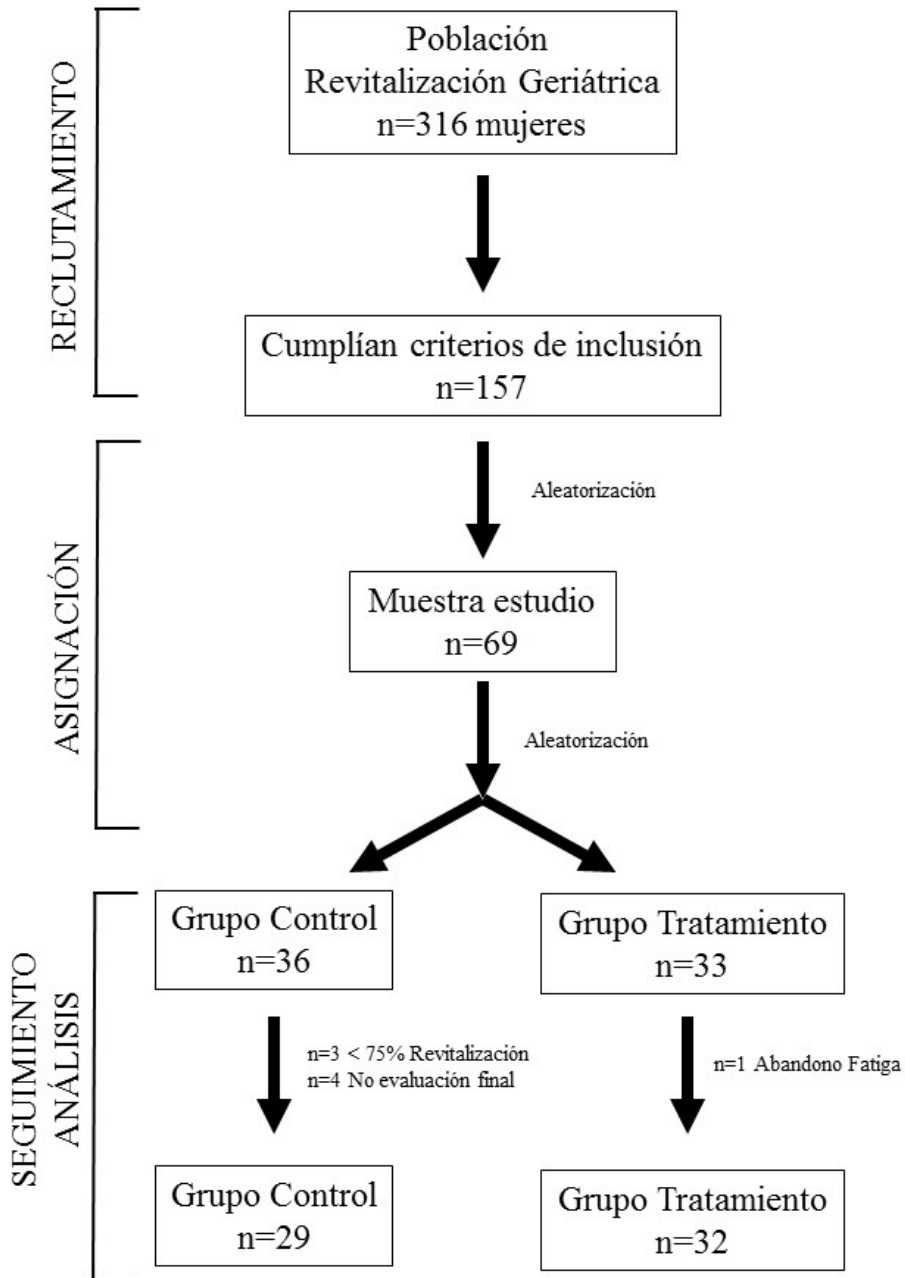


Figura 11. Diagrama Consort de los participantes durante el estudio.

	Grupo Control (n=36)	Grupo Tratamiento (n=33)	p
Edad <sup>a</sup> (años)	70,81(3,097)	71,05(2,884)	ENS
Estado Civil <sup>b</sup>			
Soltera	2(5,6)	1(3,0)	ENS
Casada	23(63,9)	23(69,7)	ENS
Divorciada	1(2,8)	0(0,0)	ENS
Viuda	10(27,8)	9(27,3)	ENS
Vive sola <sup>b</sup>	7(19,4)	10(30,3)	ENS
Tiempo en el programa (años) <sup>a</sup>	6,28(3,213)	7,97(4,142)	ENS
Talla <sup>a</sup>	152,27(5,978)	149,40(5,280)	ENS
Peso <sup>a</sup>	68,81(12,796)	66,35(8,421)	ENS
IMC <sup>a</sup>	29,62(4,980)	29,72(3,519)	ENS
Test de marcha 6 minutos (metros) <sup>a</sup>	530,14(66,570)	533,94(44,787)	ENS
Impedancia % <sup>a</sup>	42,94(3,979)	44,45(2,542)	ENS
Impedancia peso <sup>a</sup>	29,43(7,529)	30,61(9,447)	ENS
Medicación <sup>b</sup>			
Cardiovasculares	23(63,9)	19(57,6)	ENS
Psicotrópicos	11(30,6)	15(45,5)	ENS
AINES	6(16,7)	11(33,3)	ENS
Antiosteoporóticos	6(16,7)	11(34,4)	ENS
Metabolismo	12(33,3)	13(39,4)	ENS
Otros	12(33,3)	18(54,2)	ENS
Perímetro abdominal (cm) <sup>a</sup>	97,75(10,629)	96,41(7,258)	ENS

<sup>a</sup>: Media±Desviación Típica

<sup>b</sup>: recuento (porcentaje)

p: significación estadística (chicadrado<sup>b</sup> y pruebas t paramétricas<sup>a</sup>)

Tabla 19. Características socio-demográficas y clínicas de la muestra al inicio del estudio (n=69)

Durante el programa abandonó una mujer del grupo de Tratamiento, perteneciente al subgrupo A, argumentando que después de las sesiones de ejercicios había tenido cuadros de taquicardia y sensación de fatiga. El resto de las participantes completaron el programa y asistieron a la revisión final. Todas ellas tuvieron un comportamiento, una fidelidad y una adherencia ejemplares; mostrando

un interés y una predisposición para el trabajo crecientes a lo largo del mismo. Un hecho reseñable fue el grado de motivación que manifestaron estas 32 participantes y la satisfacción que mostraban en las sesiones, atribuido al carácter dinámico y divertido de las mismas.

Al finalizar el programa, se excluyó a 3 mujeres del grupo Control por no haber asistido al mínimo del 75% de las sesiones de Revitalización Geriátrica; tal y como se establecía en los criterios de exclusión. Además cuatro mujeres de dicho grupo no se presentaron evaluación final de la PIM y de la PEM; finalizando el estudio con 29 mujeres en el grupo Control (Figura 11).

## **5.2. VARIABLES DE PRESIONES RESPIRATORIAS**

En la Tabla 20 se presentan las medias y desviaciones estándar de las variables respiratorias durante la revisión inicial y final, organizadas por grupos de trabajo.

Inicialmente no se registró ninguna diferencia entre grupos ni en la PIM ni en la PEM (Tabla 20). Al finalizar el programa se encontraron diferencias significativas intergrupo e intragrupo en el grupo Tratamiento tanto en la PIM como en la PEM (Figuras 12 y 13).

La diferencia entre la PIM inicial y final en el grupo control resultó estadísticamente no significativa, siendo las diferencias de -0,069 mb IC95% [-2,337 - 2,200] en la PIM y de de 0,931 mb IC95% [-2,30 – 4,17] en la PEM (Figuras 12 y 13).

	GRUPO CONTROL			GRUPO TRATAMIENTO			p valor <sup>b</sup>	
	Inicial (n=36)	Final (n=29)	p valor <sup>a</sup>	Inicial (n=33)	Final (n=32)	p valor <sup>a</sup>	inicial	final
PIM (mb Hg)	-39,94(14,670)	-37,62(13,138)	ENS	-43,00(14,213)	-57,63(20,339)	<0,001	ENS	<0,001
PEM (mb Hg)	52,67(14,784)	53,17(13,307)	ENS	54,61(16,878)	80,56(16,128)	<0,001	ENS	<0,001

Media (Desviación típica).  
ENS: estadísticamente no significativo. <sup>a</sup>Intragrupal. <sup>b</sup>Intergrupal

Tabla 20. Estadísticos descriptivos de la PIM y de la PEM.

En el grupo de tratamiento, la diferencia entre la PIM inicial y final fue de 13,84 mb IC95% [9,017 – 18,671], y la de la PEM de 25,69 mb IC95% [20,373– 31,002]. Ambas diferencias fueran estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ) y clínicamente relevantes (Figuras 12 y 13).

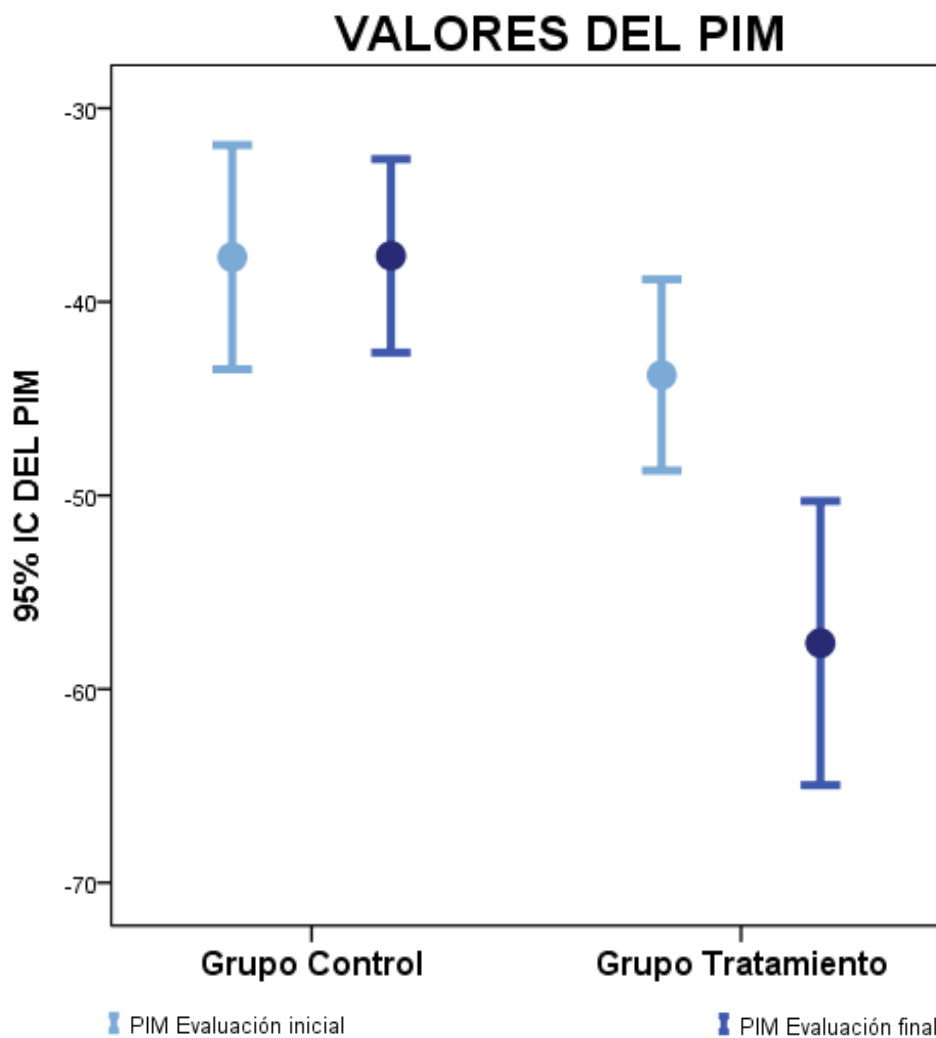


Figura 12. Diagrama de barras de error de los valores medios de la PIM durante el estudio y en cada grupo.



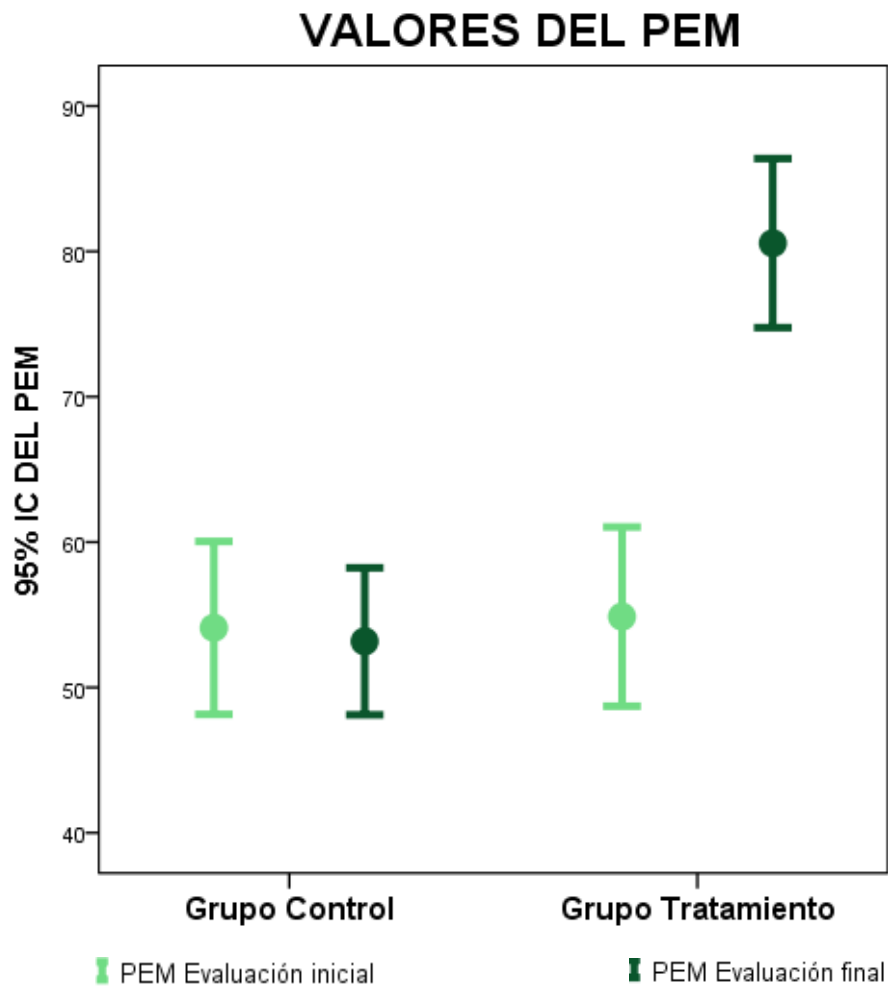


Figura 13. Diagrama de barras de error de los valores medios de la PEM durante el estudio en cada grupo.

La comparación entre grupos al finalizar el programa muestra diferencias estadísticamente significativas ( $p < 0,001$ ), y clínicamente relevantes. La diferencia en la PIM fue de 20,00 mb, IC95% [11,13–28,88] y la de la PEM de 27 mb, IC95% [19,75–35,012].

Los resultados indican que el programa de ejercicios diseñado para este estudio resultó eficaz en la mejora de la PIM y de la PEM, y por lo tanto en la mejora de la fuerza de los músculos respiratorios.

Al finalizar el programa y durante la evaluación final se les preguntó a las mujeres sobre los cambios que les parecía haber experimentado durante las ocho semanas del estudio. Se realizó a partir de una pregunta abierta “¿Qué cambios ha experimentado durante estas ocho semanas que considere se deben a los programas en los que ha participado?”. La Tabla 21 recoge la valoración subjetiva del programa mediante respuestas codificadas, según los cambios expresados por las mujeres tras las intervenciones realizadas. En el grupo control, la mayoría de las mujeres (55,17%) expresan el cambio como que “se sienten más ligeras”. Sin embargo en el grupo de Tratamiento, el 43,13% de las mujeres expresan cambios relacionados directamente con la respiración como son “Respiro mejor”, “subo mejor las escaleras” o “subo mejor las cuestas”.

En ambos casos hay un porcentaje de mujeres, mayor en el grupo control, que afirman no haber percibido ningún cambio. Y en el grupo control hay dos mujeres que hablan de cambios negativos como es “me canso más”.

Con el fin de comprobar la posible relación entre las variables de control registradas durante la evaluación inicial (IMC, el perímetro abdominal, la milla, la impedancia o la Edad) y los valores de la PIM y de la PEM, se llevaron a cabo correlaciones de Pearson entre las distintas variables (Tabla 22) . No se encontró ninguna relación estadísticamente significativa, excepto en el PIM (inicial y final)

con la edad, pero dado el coeficiente de correlación tan bajo que se halló, clínicamente consideramos que esta relación carece de interés.

Cambio expresado	Grupo Control (n=29)	Grupo Tratamiento (n=32)
Ninguno	10(34,48)	5(15,63)
Se cansa más	2(6,89)	0 (0,0)
Se cansa menos	0 (0,0)	8 (25)
Respira mejor	0 (0,0)	10 (21,25)
Sube mejor las cuestas	0(0,0)	5(15,63)
Se encuentra más ágil	0(0,0)	6(18,75)
Sube mejor las escaleras	0 (0,0)	2(6,25)
Se encuentra mejor	0(0,0)	1(3,13)
Se siente más ligera	16 (55,17)	0(0,0)
No sabe/No contesta	1(3,44)	0(0,0)
Recuento (Porcentaje)		

Tabla 21. Valoración subjetiva del programa. Cambios expresados por las mujeres tras las intervenciones.

	PIM inicial	PEM inicial	PIM final	PEM final
IMC (gr/cm <sup>2</sup> )	-0,075	0,143	-0,007	0,053
Peso (kg)	-0,067	0,166	0,025	0,019
Talla (cm)	0,004	0,099	0,087	-0,021
Test marcha 6 minutos (metros)	0,153	0,066	0,021	0,041
Impedancia (%)	0,033	-0,084	0,013	-0,036
Impedancia (peso)	-0,068	-0,040	0,019	-0,062
Perímetro abdominal	0,131	-0,010	0,129	-0,098
Edad (años)	0,268*	-0,145	0,278*	-0,130

\*significativo 0,05

Tabla 22. Correlaciones entre la PIM y la PEM y algunas variables clínicas.

Para completar este análisis de relación entre las presiones y el IMC por un lado y con el perímetro abdominal por el otro, como indicador de la patología cardiovascular, ambas variables se categorizaron. En el análisis con el IMC se contemplaron las categorías de Bajo, Normal, Sobrepeso y Obesidad, mientras que

en el perímetro abdominal se consideró el riesgo/no riesgo cardiovascular. Los resultados se presentan en las Tablas 23 y 24 respectivamente.

En ninguno de los casos se determina que el hecho de tener un IMC más alto o más bajo influya en la eficacia del protocolo de trabajo respiratorio empleado en este estudio (Tabla 23). Tampoco cuando se contempla un riesgo cardiovascular o no (Tabla 24). En ambos casos los datos no son concluyentes dado que algunos de los subgrupos tienen un número insuficiente de sujetos.

GRUPO CONTROL						
IMC	ANOVA	PIM		PEM		p valor <sup>a</sup>
		Inicial	Final	Inicial	Final	
Bajo (<18,5gr/cm ) (n=0)						
Normal (18,5-24,9 gr/cm <sup>2</sup> ) (n=4)		-51,75(12,527)	-48,67(17,214)	51,75(18,209)	59,33(16,442)	ENS
Sobrepeso (25-29,9 gr/cm <sup>2</sup> ) (n=18)		-35,83(14,300)	-31,71(11,730)	50,00(12,088)	49,00(12,000)	ENS
Obesidad (<29,9 gr/cm <sup>2</sup> )(n=14)		-41,86(14,336)	-41,75(11,250)	56,36(17,207)	56,50(13,668)	ENS
	ANOVA	ENS	0,040	ENS	ENS	
GRUPO TRATAMIENTO						
IMC	ANOVA	PIM		PEM		p valor <sup>a</sup>
		Inicial	Final	Inicial	Final	
Bajo (<18,5gr/cm ) (n=0)						
Normal (18,5-24,9 gr/cm <sup>2</sup> ) (n=2)		-46,50(0,707)	-86,00(32,527)	38,50(7,778)	68,50(2,121)	ENS
Sobrepeso (25-29,9 gr/cm <sup>2</sup> ) (n=18)		-39,33 (13,222)	-52,88(14,456)	52,22(13,808)	81,88(15,178)	<0,001
Obesidad (<29,9 gr/cm <sup>2</sup> )(n=13)		-47,54(15,698)	-59,46(23,067)	60,38(19,915)	80,69(18,377)	<0,001
	ANOVA	ENS	ENS	ENS	ENS	

Media ± Desviación típica

ENS: estadísticamente no significativo. <sup>a</sup>Intragrupal.

Tabla 23. Estadísticos descriptivos de comparación de la PIM y de la PEM según el IMC en cada grupo de intervención.

GRUPO CONTROL (n=36)						
PERÍMETRO ABDOMINAL	PIM			PEM		
	Inicial	Final	p valor <sup>a</sup>	Inicial	Final	p valor <sup>a</sup>
Sin riesgo (<88 cm) (n=10)	-47,60 (17,915)	-43,00(16,325)	ENS	56,10(15,235)	57,33(13,200)	ENS
Con riesgo (>88 cm) (n=26)	-37,00 (12,381)	-35,20(11,058)	ENS	51,35(14,694)	51,30(13,255)	ENS
	ENS	ENS		ENS	ENS	
p intergrupo						
GRUPO TRATAMIENTO (n=33)						
PERÍMETRO ABDOMINAL	PIM			PEM		
	Inicial	Final	p valor <sup>a</sup>	Inicial	Final	p valor <sup>a</sup>
Sin riesgo (<88 cm) (n=5)	-46,00(6,042)	-67,40(25,909)	ENS	54,00(19,862)	75,00(12,430)	0,010
Con riesgo (>88 cm) (n=28)	-42,46(15,233)	-55,81(19,187)	<0,001	54,71(16,935)	81,59(16,713)	<0,001
	ENS	ENS		ENS	ENS	
p intergrupo						

Media ± Desviación típica

ENS: estadísticamente no significativo. <sup>a</sup>Intragrupal.

Tabla 24. Estadísticos descriptivos de comparación de la PIM y de la PEM según el riesgo cardiovascular en cada grupo de intervención.

---

## **6. DISCUSIÓN**





## 6.1. PROTOCOLO DE FNP

Los resultados más importantes de este estudio sobre la eficacia de un protocolo de patrones de FNP, diseñado para aplicarlo en mujeres mayores de 65 años y menores de 76 años; muestran aumentos significativos de la PIM y la PEM después de ocho semanas de intervención. Este protocolo se basa en un trabajo de resistencia que actúa específicamente sobre el aumento de la fuerza muscular respiratoria. Areas et al. (85) investigaron los efectos de la combinación de la FNP, con bandas de resistencia elástica, en la fuerza de los músculos respiratorios en veinte mujeres adultas, con edades entre los 18 y 25 años y obtuvieron también resultados significativos de la PIM y la PEM. Además, coinciden con Moreno et al. (142) y con nuestro estudio en que el trabajo de resistencia con las extremidades superiores es eficaz en el aumento de la fuerza muscular inspiratoria y espiratoria. A pesar de que en cada uno de los tres estudios se ha utilizado una metodología distinta a la hora de combinar los patrones de FNP; Areas et al. (85) lo hicieron con bandas elásticas exclusivamente, Moreno et al. (142) con poleas y nosotros con trabajo libre, bandas elásticas y muñequeras lastradas. Areas et al. (85) documentan la utilización de las bandas elásticas en la práctica clínica, ya que son fáciles de usar, de bajo costo, no requieren espacio físico y, a diferencia de los pesos libres, no se basan en la gravedad para ofrecer resistencia. Otra diferencia importante radica en la edad de las participantes, en los trabajos de Areas et al. (85) y Moreno et al. (142) eran mujeres entre 18 y 25 años y 22 y 29 años, respectivamente, mientras que en el nuestro el rango de edad fue entre 65 y 76 años.

Otro trabajo de Moreno et al. (117) analizó el efecto de un programa de capacitación para miembros superiores, basado en técnicas de FNP desarrolladas con poleas, sobre la movilidad torácica en 24 mujeres sedentarias con una media de edad de  $22,9 \pm 2,9$  años. Aunque entre los objetivos no se encontraban la evaluación de la PIM y de la PEM, los resultados mostraron aumentos significativos en los valores de medición axilar y xifoidea después de la cirugía, lo que sugiere que puede ser aplicado como un tratamiento de Fisioterapia para el desarrollo de la expansión del tórax y que se traduciría en una mejora de la fuerza muscular respiratoria.

Seo et al. (115) estudiaron los efectos del ejercicio de FNP de la respiración sobre la función pulmonar en los adultos normales, no contemplando en su evaluación los valores de la PIM y la PEM. Los sujetos del estudio fueron 28 estudiantes universitarios divididos en un grupo experimental y un grupo control de 14 sujetos cada uno, siendo la proporción hombre/mujer de 7/7 en el primero y 9/5 en el segundo. A diferencia de nuestro protocolo, los del grupo experimental trabajaron con un fisioterapeuta para realizar el ejercicio de respiración de FNP, en el que la estimulación de los músculos intrínsecos de la respiración y la excursión más amplia del tórax se obtienen mediante la aplicación directa de técnicas de FNP; mientras que los del grupo control realizaban respiración diafragmática de forma autónoma. Durante las 4 semanas que tuvo de duración, el grupo experimental realizó un total de 20 sesiones. Todos los sujetos fueron evaluados antes y después mediante la medición de la función pulmonar: volumen corriente, volumen de reserva inspiratorio, volumen de reserva espiratorio, la capacidad inspiratoria y la capacidad vital. Sus resultados mostraron que el grupo experimental tuvo mejoras significativas en el volumen de reserva espiratorio y la capacidad vital. Lo que

indica que el ejercicio de respiración de FNP, con intervención directa de un fisioterapeuta, es eficaz en el aumento de la función pulmonar de los adultos jóvenes y sin patologías.

Wastford y Murphy (143) reportaron un aumento significativo en la fuerza muscular respiratoria de veintiséis mujeres con edades comprendidas entre 60 y 69 años, que participaron en el entrenamiento específico de la musculatura respiratoria durante ocho semanas, mediante ejercicios de marcha y carrera sobre cinta rodante. De acuerdo con nuestros resultados, estos estudios sugieren que el entrenamiento muscular respiratorio específico y el entrenamiento de resistencia son elementos importantes en la mejora de la fuerza muscular respiratoria.

Los resultados de estos trabajos coinciden con las afirmaciones de Voss et al. (80) que establecen que la FNP puede ser aplicada como un medio para estimular los músculos relacionados con la respiración, con el objetivo de aumentar la fuerza de los músculos respiratorios.

La alteración muscular respiratoria es una afectación que puede aparecer en enfermedades respiratorias y cardiovasculares (85). La debilidad muscular respiratoria se define cuando la PIM es menor del 70% del valor predictivo, y su prevalencia en pacientes con insuficiencia cardíaca crónica se sitúa entre el 30 y el 50% (144). Puesto que la literatura indica que el aumento de la fuerza de los músculos respiratorios puede mejorar la capacidad de poblaciones saludables (145), como los nadadores, y de pacientes con enfermedades cardíacas o pulmonares (146); los programas de Fisioterapia podrían adaptarse a todos aquellos que presenten patologías que afecten a la musculatura respiratoria y no supongan una

contraindicación absoluta, como puede ser el caso de determinadas enfermedades neuromusculares. Hay que tener en cuenta que la fuerza muscular disminuida es relevante para la situación clínica de los pacientes de edad avanzada, en particular en los casos de neumonía y las enfermedades cardíacas, como la insuficiencia del ventrículo izquierdo, que conducen a la carga de trabajo adicional para los músculos respiratorios (56). Otro grupo importante en el que se podrían enmarcar estos programas de trabajo, específicos para la musculatura respiratoria, sería en el de las personas mayores que no pueden realizar actividad física aeróbica, como consecuencia del propio envejecimiento o de las alteraciones y enfermedades que afectan al aparato locomotor. Cebriá et al. (74) y Watsford et al. (75) lo consideran una alternativa y una necesidad para evitar el deterioro de esta población tan vulnerable.

También sería importante incluirlos en los programas de actividades físicas para las personas mayores, entre los que se incluyen los de Revitalización Geriátrica, porque suponen el complemento perfecto. Mientras que las sesiones de actividad física regular se asocian con la reducción del riesgo de enfermedades y de la mortalidad, y producen beneficios multisistémicos en las personas mayores (147-156); el protocolo se basa en un trabajo de resistencia que actúa específicamente sobre el aumento de la fuerza muscular respiratoria.

## **6.2. ADHERENCIA AL PROGRAMA**

A pesar de la gran cantidad de información existente sobre los beneficios del ejercicio y las campañas públicas para promover la actividad física; una proporción significativa de las personas son sedentarias o no realizan el ejercicio

físico suficiente para obtener resultados positivos para la salud. En el mundo occidental este problema afecta mucho más a las mujeres (157). Por sus beneficios para la salud, la participación en la actividad física debe mantenerse durante todas las etapas de la vida aunque la duración, frecuencia y tipo de ejercicio puedan variar dependiendo de la edad de los individuos (158).

Hanlon et al. (158) afirman que, aproximadamente, la mitad de las personas que empiezan en un programa de ejercicios lo abandonan en los primeros seis meses, con frecuencia antes de que se produzcan los beneficios más importantes para la salud. Y que una de las causas principales para que esto ocurra es la falta de especificidad de los programas para las distintas poblaciones. En nuestro estudio no se contemplan ninguna de las tres variables, puesto que solamente abandonó una persona, tuvo una duración corta de dos meses y el programa fue absolutamente específico; pero sí coincidimos en que hay factores clave que influyen en la participación de la actividad física, como es el disfrute. Las participantes de nuestro trabajo manifestaron a lo largo del programa su satisfacción por la variedad de ejercicios y el dinamismo de las sesiones.

La adherencia se define como el número de sesiones presenciales, dividido por el número de sesiones que se ofrecen y, de acuerdo con la literatura, esta relación es con frecuencia muy baja (79). Se recomienda, al menos, un nivel de adherencia del 80% - 85% si los resultados de una intervención son satisfactorios y si ésta tiene valor terapéutico. De acuerdo con estas cifras, nuestro trabajo tuvo un nivel de adherencia adecuado a sus posibles requerimientos terapéuticos, puesto

que fue del 84,59% y además los resultados fueron significativos en cuanto al aumento de la PIM y la PEM en el grupo de tratamiento.

Las personas mayores tienden a participar más eficazmente al inicio del programa de ejercicios, sin embargo, la adherencia disminuye con el paso del tiempo (159). Viljoen et al. (160) en un protocolo de entrenamiento de resistencia progresiva de 24 semanas de duración, con tres sesiones semanales y en el que el propósito de la investigación fue evaluar los factores motivacionales que influían en la percepción subjetiva de la adherencia, a dicho programa, de 32 mujeres posmenopáusicas; afirman que la motivación para adherirse a los programas de ejercicio es más baja en la población femenina en comparación con las muestras masculinas, y que esa adhesión es especialmente problemática con muestras de mujeres posmenopáusicas. Sin embargo, en nuestro protocolo participaron 33 mujeres posmenopáusicas, con un índice de abandono muy bajo y un nivel de adherencia alto. En su estudio se produjeron 8 abandonos. También es verdad que su protocolo duró 8 semanas más que el nuestro y que eran tres sesiones semanales en lugar de dos.

Visek et al. (161) afirman que los determinantes de la participación de la actividad física entre las personas mayores están bien documentados. Los factores demográficos y sociológicos como la edad, el sexo, estado de salud y nivel de condición aeróbica son predictores importantes de la actividad física; al igual que una serie de factores ambientales relacionados con la seguridad, el transporte y la accesibilidad a las instalaciones. También hacen referencia a una serie de factores psicosociales claves, como el disfrute percibido, autoeficacia y el apoyo social para

modular la adopción de un régimen de actividad física regular, tanto en la población general como en los adultos mayores. Sin embargo, aseguran que se sabe menos acerca de los factores que afectan a la adherencia en los programas específicos de ejercicios estructurados y supervisados.

Viljoen et al. (160) identificaron en su estudio que los principales factores que motivan a los participantes después de la menopausia, como voluntarios para el programa de ejercicios, fue la promesa de una rutina supervisada en un ambiente de grupo. Esto coincide con los resultados de un estudio de Mac Arthur et al. (162) en el que participaron 53 mujeres con edades comprendidas entre 40 y 60 años y, en el que se concluye, que la adherencia de las mujeres de mediana edad al ejercicio regular es el resultado de una compleja interacción de factores sociales, emocionales, ambientales y psicológicos. Nosotros coincidimos con estas conclusiones, ya que el nivel de adherencia de nuestro programa consideramos que está determinado por más factores. Puede haber influido la amplia oferta de distintos programas que el Área de Fisioterapia de la Universidad de Salamanca ha venido ofertando a lo largo de los años, tanto el propio programa de Revitalización Geriátrica como los programas específicos de Fisioterapia: Fisioterapia del Suelo Pélvico en las mujeres, Fisioterapia respiratoria, Protocolo de Tratamiento Fisioterápico del Desequilibrio Postural (132); entre otros. Todos estos programas siempre son muy valorados en la encuesta que anualmente lleva a cabo los Servicios Sociales del Ayuntamiento de Salamanca. Además los usuarios perciben al equipo humano que trabaja con ellos como amables, atentos, cercanos e interesados por sus problemas físicos.

Estudios recientes centrados en el cumplimiento del programa de ejercicios para personas mayores han utilizado varios métodos para medir la adherencia. No existe un método aceptado para evaluar la adherencia al ejercicio entre las personas mayores (78), lo que da lugar a la utilización de distintos enfoques. Esto dificulta la comparación entre los distintos estudios y la comprensión a la adherencia, así como la forma de mejorarla.

### **6.3. VIABILIDAD DEL FORMATO**

Cuando diseñamos los contenidos de este protocolo fisioterápico nos planteamos la duda razonable de que fuera viable con el cumplimiento de las condiciones que se exigían. Trabajar con 32 mujeres mayores, de forma libre, con una metodología desconocida para ellas, que debían aprenderla basándose en la imitación y que implicaba la realización de toda una serie de componentes de movimientos complejos; no parecía una tarea fácil. A esto había que añadirle la inseguridad que albergábamos en cuanto a la adhesión que iban a ofrecer las participantes, puesto que además de nuestras sesiones, tenían tres más semanales de Revitalización en los días que no trabajaban en el programa. Nos equivocamos de forma rotunda. El grupo de trabajo, dividido en dos subgrupos, fue asimilando diariamente la correcta realización de los distintos patrones de FNP, que se fueron convirtiendo en elementos novedosos para las participantes. Probablemente influyera el hecho de que todas realizaban las sesiones de Revitalización Geriátrica y estaban acostumbradas al conocimiento de las mismas, mientras que el desconocimiento de las sesiones del protocolo pudo suponer un elemento sorpresa positivo. Además, esto se pudo ver reforzado por el hecho de que empezaron a



comunicarle al investigador de forma temprana, entre las semanas tercera y cuarta, sensaciones subjetivas de mejora en la ventilación.

Otra de las incógnitas fue la respuesta que iban a ofrecer a la progresiva incorporación de los elementos para la realización del trabajo de resistencia, como fueron las bandas elásticas y las muñequeras lastradas. Tenemos que admitir que nos sorprendían al mostrar su agrado por los cambios que se introducían y que suponían una motivación para la realización de los patrones. La incorporación de las bandas elásticas supuso un cambio muy importante, con respecto al trabajo libre de extremidades superiores y tronco. Implicaba un nuevo escenario, se trabajaba en una sala distinta provista de espalderas y barras paralelas que servían de soporte para las bandas, y esto era una novedad muy bien aceptada por el grupo.

No hubo ninguna dificultad para encajar los cambios en la forma de trabajar, se adaptaron fácilmente a la dinámica con las bandas elásticas, al igual que ocurrió posteriormente con las muñequeras lastradas.

En cuanto al temor a una baja adherencia también fue infundado, a tenor del nivel de participación que mostró el grupo y que está recogido en el apartado anterior.

Otra de nuestras preocupaciones era la eficacia que podía ofrecer la combinación de FNP con las bandas elásticas. Cuando nosotros aplicamos el protocolo de Fisioterapia, en el año 2010, no habíamos encontrado en la literatura ningún estudio que hubiera investigado si el trabajo con bandas elásticas, combinado con FNP, podía mejorar la fuerza de la musculatura respiratoria. Areas

et al. (85) afirman que su trabajo del 2013 es el primero que verificó esa hipótesis. Lo cual da sentido a nuestra preocupación, puesto que afrontamos el trabajo con una incertidumbre relativamente justificada.

Los resultados de este trabajo ponen de manifiesto que se pueden diseñar protocolos de trabajo, o de tratamiento, para grupos de personas con alteraciones de la fuerza en la musculatura respiratoria, aplicando técnicas de FNP. Aunque lo ideal y deseable es la atención fisioterápica personalizada para cada una de ellas. Cuando eso no es posible, por falta de recursos humanos, una solución viable es la puesta en marcha de estos programas adaptados, en los que la Fisioterapia se hace más accesible a las personas y las posibilidades de investigación se convierten en una realidad para la Fisioterapia.

#### **6.4. VALORES DE LA PIM Y LA PEM CON RESPECTO A LOS VALORES DE REFERENCIA**

En nuestro estudio, los valores medios de la PIM y la PEM iniciales se encontraban por debajo de los niveles de normalidad establecidos por Black y Hyatt (60). Estos valores calculados en cm de H<sub>2</sub>O (124) fueron para la PIM de -40,73 cm de H<sub>2</sub>O (DT 14,959) en el grupo control y de -43,85 cm de H<sub>2</sub>O (DT 14,493) en el grupo de tratamiento; y para la PEM de 53,71 cm de H<sub>2</sub>O (DT 15,076) para el grupo control y de 55,69 cm de H<sub>2</sub>O (DT 17,211) para el de tratamiento. Dichos valores representaban aproximadamente el 60% de los valores predeterminados para ese grupo de edad en el caso de la PIM y del 40% en el caso de la PEM. Pese a esta diferencia con los valores de referencia, las mujeres participantes no mostraban signos de deterioro muscular o respiratorio evidente.

La PIM es la medida más utilizada para evaluar la fuerza muscular inspiratoria. Se han publicado numerosos conjuntos de valores de referencia para la PIM. Sin embargo está en entredicho la utilidad de tales valores por la gran variabilidad que muestran los estudios (163).

Evans et al. (131) en un trabajo de revisión sistemática, para actualizar y ampliar las recomendaciones del grupo de trabajo de la American Thoracic Society/European Respiratory Society (ATS/ERS) sobre las pruebas respiratorias y musculares de la PIM y la PEM, informan de que la ATS indica que una PIM de -80 cm de H<sub>2</sub>O excluye una debilidad muscular inspiratoria clínicamente importante; pero también es verdad que no tiene en cuenta la edad ni el sexo (163). A la vez, cita un trabajo en el que se considera normal una PIM superior a los -60 cm de H<sub>2</sub>O. En ambos casos, los valores iniciales de la PIM de nuestras participantes se situaron por debajo de estas referencias. Además, si atendemos a las afirmaciones de Verissimo et al. (144), que sitúan la debilidad muscular respiratoria por debajo del 70% del valor predictivo, y de Kim et al. (164) que la consideran así cuando es inferior al 80% de ese valor; nuestras participantes se encontraban en esa situación límite.

Es verdad que en la práctica clínica los valores normales de la población de la PIM y de la PEM son de muy poco interés. Para decidir si un paciente presenta debilidad patológica de los músculos respiratorios, el valor de interés es el del Límite Inferior de la Normalidad (LIN). Sclauser et al. (163) en un trabajo de revisión exponen que no hay acuerdo sobre los límites inferiores de la normalidad de la PIM. Evans et al. (131) afirman que la revisión de todos los datos de su trabajo

sugiere que el LIN de la PIM se mantiene constante hasta los 70 años aproximadamente, es decir, de -60 cm de H<sub>2</sub>O para los hombres y de -40 cm de H<sub>2</sub>O para las mujeres. Estos valores estarían en consonancia con los que presentaron nuestras participantes antes del inicio del programa. Pero Evans et al. (131) publicaron valores de predicción de presiones máximas respiratorias en la boca en adultos en este mismo trabajo. En el caso de las mujeres establecen que el LIN de la PEM es de  $62 - (0,50 \times \text{edad})$  y el de la PEM  $131 - (0,86 \times \text{edad})$ . Si aplicásemos individualmente esta ecuación de la PIM a cada una de nuestras participantes, teniendo en cuenta que todas eran mayores de 65 años, obtendríamos siempre un valor inferior al de -40 cm de H<sub>2</sub>O anteriormente referenciado hasta los 70 años de edad.

Para decidir si los músculos son lo suficientemente débiles como para justificar una disnea o bajo volumen corriente, pueden ser necesarias pruebas adicionales de espirometría o prueba de esfuerzo. La decisión sobre si un paciente tiene importante debilidad de los músculos respiratorios no puede basarse únicamente en la PIM y la PEM (131). En la misma línea se manifiestan Nawa et al. (165) en un estudio que analiza la concordancia entre los valores predichos por las ecuaciones propuestas por Black y Hyatt (60) y Neder et al. (166), y los valores medidos en los pacientes programados para cirugía cardíaca. Afirman que, el reconocimiento de los pacientes con debilidad muscular preoperatoria, identifica a los que están en mayor riesgo de sufrir complicaciones posoperatorias como atelectasias, neumonías, hipoxemias y derrames pleurales. Consideran que las fórmulas existentes, representativas de la fuerza muscular respiratorias, se basan en datos de espirometría realizados en poblaciones normales. Por lo tanto, admiten las

controversias sobre si pueden ser aplicadas en pacientes con alteraciones respiratorias y/o sometidos a cirugía torácica o cardiovascular. Defienden que las cifras deben interpretarse con cautela, ya que las presiones respiratorias máximas solo miden el efecto combinado de la actividad de varios músculos que, directa o indirectamente, contribuyen a la generación de energía para el esfuerzo respiratorio máximo. Por lo tanto, algunos pacientes que presentan la enfermedad subyacente pueden tener valores de PIM y PEM cercanos a la normalidad, pero que aparece la fatiga anormalmente rápida con el ejercicio. De la misma manera que algunos pacientes, con valores de la PIM y de la PEM por debajo de la normalidad, pueden respirar perfectamente sin ninguna dificultad. Finalmente, concluyen que las fórmulas de Black y Hyatt (60) y Neder et al. (166) predicen valores muy discrepantes de la PIM y la PEM, y no deben aplicarse para identificar la debilidad muscular respiratoria en los pacientes mencionados. Para eso proponen sus propias fórmulas de predicción, otro de los resultados de su trabajo de investigación.

Estamos de acuerdo en lo que afirman Evans et al. (131) y Nawa et al. (165) sobre la necesidad de no tener como bases exclusivas de debilidad muscular respiratoria los valores de la PIM y de la PEM, puesto que la media inicial de los valores de la PIM que presentaban las participantes de nuestro trabajo se situaba en el LIN. Y sin embargo, durante el protocolo de Fisioterapia solo tuvimos un caso de abandono por aparición de síntomas no deseables como la taquicardia, y no se produjo ni un solo incidente más en este sentido. El resto de las participantes se mostraron totalmente asintomáticas a lo largo de las sesiones del protocolo. Quizá las explicaciones más probables sean que, pese al LIN de la PIM existente, las participantes disponían de una reserva muscular suficiente para realizar las sesiones

sin esfuerzo y que ese LIN se iba incrementando a medida que se acumulaban las sesiones de trabajo.

Otro de los aspectos importantes de la PIM es su valor como índice en el destete de los pacientes sometidos a ventilación mecánica. Nemer y Barbas (167), en un amplio estudio de revisión desde 1991 hasta el 2009, sobre la utilidad de los parámetros predictivos para el destete en los adultos, señalan que la PIM sigue siendo un parámetro muy valioso; ya que los pacientes que se presentan con debilidad respiratoria extrema ( $PIM < -15$  cm H<sub>2</sub>O) probablemente no serán capaces de respirar espontáneamente. Sin embargo, coinciden con Evans et al. que los valores de la  $PIM > -20$  cm H<sub>2</sub>O son predictivos de éxito en el destete.

En referencia a la PEM hay que apuntar que no hemos encontrado mucha bibliografía que resalte su importancia en la debilidad muscular respiratoria. Y son especialmente escasos los estudios de la PEM en mujeres (131). Es un poco sorprendente, puesto que es uno de los valores que se afecta de forma significativa en determinadas patologías como la Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica (EPOC), Esclerosis Múltiple (EM), Esclerosis Lateral Amiotrófica (ELA) o Enfermedades Neuromusculares (EN). Las exacerbaciones agudas de la EPOC tienen un profundo efecto sobre la musculatura respiratoria, especialmente sobre los músculos espiratorios, pero las presiones respiratorias máximas no son lo suficientemente específicas como para ser marcadores pronóstico (168).

Uno de los pocos trabajos que hemos encontrado sobre la PEM es un estudio de Kim et al. (70), que examinó los efectos de un programa de entrenamiento de la fuerza muscular espiratoria con carga umbral (EMST) sobre la PEM y la función

de la tos en 18 adultos sanos mayores, 4 hombres y 18 mujeres, con una edad media para los hombres de  $78,25 \pm 7,80$  años y de  $76,64 \pm 5,27$  para las mujeres. La PEM aumentó significativamente, después de las 4 semanas que duró el programa, de  $77,14 \pm 20,20$  a  $110,83 \pm 26,11$  cm de H<sub>2</sub>O. Los resultados de este trabajo influyeron positivamente en la producción de la tos debido a una mayor capacidad de generación de presión espiratoria. Aunque la mayoría de los sujetos eran mujeres, la presencia de los cuatro hombres hace que los resultados de este trabajo no se puedan considerar específicos para las mujeres mayores. Sin embargo, refleja un interés claro sobre la importancia de la PEM en las personas mayores.

Taveira et al. (169) exponen en su estudio, en el que compararon los valores obtenidos de la PIM y de la PEM de 30 pacientes con EM con los de 30 sujetos sanos, que la EM afecta a la fuerza muscular respiratoria; y que las complicaciones respiratorias son las principales causas de morbilidad y mortalidad en pacientes con EM avanzada. La progresión de la disfunción respiratoria se produce como consecuencia de la debilidad y de la fatiga de los músculos respiratorios, y el fracaso para mantener las vías respiratorias libres de secreciones. Apuntan que las alteraciones se producen tanto en la PIM como en la PEM, por afectación de diafragma e intercostales externos y abdominales e intercostales internos respectivamente. Ray et al, (170) en un trabajo muy reciente, examinaron la asociación entre las medidas de la función de los músculos respiratorios y la fatiga en personas con EM que presentaban discapacidad leve a moderada. Los resultados mostraron una correlación significativa entre la PEM y las puntuaciones de la fatiga física.

Bento et al (171) en un trabajo con una población de pacientes con ELA y EN, sobre la eficacia de la insuflación–exsuflación mecánica domiciliaria, exponen que con frecuencia estos pacientes presentan debilidad de los músculos respiratorios y deterioro del mecanismo de la tos. Concluyendo que, el deterioro del reflejo de la tos en pacientes con EN se relaciona, entre otras causas, con la debilidad de los músculos respiratorios; esto se traduce en un aclaramiento insuficiente de las vías respiratorias que pueden provocar infecciones respiratorias, neumonía, atelectasia e insuficiencia respiratoria relacionada con la acumulación de secreciones. En la misma línea se expresan Park et al. (172) en su trabajo sobre cómo se correlaciona la fuerza muscular con la capacidad de toser, en pacientes con debilidad de los músculos respiratorios. Profundizaron todavía más, puesto que trabajaron con tres grupos bien diferenciados: uno de cuarenta y cinco pacientes con ELA, otro de cuarenta y tres con lesión medular cervical y un tercero de cuarenta y dos con Distrofia Muscular de Duchenne. Les realizaron pruebas de función pulmonar y de PIM y PEM, analizando la correlación entre la fuerza de los músculos respiratorios y la capacidad de la tos. Según los resultados obtenidos concluyen que, para generar el flujo de la tos, la fuerza muscular inspiratoria es significativamente más importante para los pacientes con lesión medular, mientras que la función muscular espiratoria es significativamente más importante para los pacientes con ELA y Duchenne. Además, hacen referencia que pese a la existencia de varios investigadores que han estudiado la relación entre la fuerza muscular espiratoria y la tos, pocas veces se ha discutido la relación entre la capacidad de la tos y los patrones de debilidad muscular respiratoria diferenciales. Sosteniendo que aunque la función muscular espiratoria es fundamental para una tos eficaz, el



volumen alcanzado antes de la contracción muscular espiratoria también juega un papel muy importante. Ya que si este volumen pre-tos es insuficiente debido a la debilidad de los músculos inspiratorios, la capacidad de la tos disminuye aunque los músculos espiratorios sean funcionales. Estas conclusiones son muy interesantes de cara a los tratamientos fisioterápicos que deben aplicarse a este tipo de pacientes, según la enfermedad y la afectación de la mecánica respiratoria que presenten, permitiendo tener un mejor conocimiento de la situación real clínica de cada uno de ellos, y facilitando el trabajo específico y personalizado en las distintas situaciones.

Caruso et al. (173), en un trabajo muy reciente, describen las ventajas, desventajas, procedimientos y aplicabilidad clínica de los principales métodos de diagnóstico para evaluar la fuerza de los músculos respiratorios. Afirman que la PIM es la medida más ampliamente utilizada de la fuerza muscular respiratoria en pacientes con sospecha de la debilidad de los músculos respiratorios. Y que la PEM es la más utilizada de la fuerza muscular espiratoria en pacientes críticamente enfermos y en pacientes ambulatorios. Añaden que su uso principal en la aplicación clínica es la evaluación de la fuerza de la tos, y acaban diciendo que las pruebas no invasivas volitivas siguen siendo las más utilizadas en la práctica clínica, ya que son las más conocidas y las más fáciles de aplicar en los diferentes centros. Sin embargo, consideran que los pacientes altamente sospechosos de tener debilidad muscular ventilatoria y con dificultades para entender las pruebas volitivas deben ser sometidos a una evaluación adicional con las pruebas invasivas no volitivas, aunque no sean de fácil acceso y, hasta la fecha, se hayan utilizado sobre todo en los centros de investigación.

## **6.5. VALORES DE LA PIM Y LA PEM EN EL PROTOCOLO DE FISIOTERAPIA**

Nuestros resultados han evidenciado un incremento estadísticamente significativo en los valores de la PIM (14,11 cm de H<sub>2</sub>O) y de la PEM (26,20 cm de H<sub>2</sub>O) en el grupo de tratamiento clínicamente muy interesantes, al aplicar un protocolo de trabajo basado en técnicas de FNP.

Son escasos los estudios que hemos encontrado en los que hayan aplicado también técnicas de FNP para estudiar el comportamiento de la musculatura respiratoria. Un trabajo pionero utilizando técnicas de FNP es el de Moreno et al. en 2005 (142) que tuvo como objetivo evaluar el efecto en las presiones respiratorias máximas de un programa de trabajo con las extremidades superiores, basándose en patrones de Kabat. Las variaciones de los valores de la PIM y la PEM fueron significativas en el grupo entrenado (de -101 a -140 cm de H<sub>2</sub>O y de 107 a 155 cm de H<sub>2</sub>O respectivamente). Al igual que en nuestro trabajo, fue mayor el incremento en el valor de la PEM que en el de la PIM. Su limitación fue la de trabajar sobre una muestra muy reducida, catorce sujetos divididos entre los dos grupos.

Muy recientemente se han llevado a cabo estudios de intervención directa que abordan distintos objetivos y poblaciones. Kim et al. (164) en el 2015 examinaron el efecto de los ejercicios de resistencia de expansión del tórax de FNP, en la expansión del tórax, la PIM y la PEM; en personas de edad avanzada con debilidad muscular inspiratoria, para presentar posteriormente un método de intervención dirigida a mejorar su función respiratoria. El estudio se llevó a cabo

en una residencia de personas mayores, con 30 sujetos mayores de 60 años, que presentaban debilidad muscular inspiratoria ( $PIM < 80\%$  del valor predicho) y que fueron distribuidos igualmente entre un grupo de ejercicios de resistencia de expansión torácica (CERE), un grupo de ejercicio acondicionado (CEE) y el grupo control. El CERE es un ejercicio basado en una técnica de respiración de FNP y que viene a ser el mismo que aplicaron Seo et al. (115) en su trabajo. El CEE consistió en un conjunto de siete ejercicios básicos, desarrollados de forma autónoma por los sujetos del grupo. La intervención se aplicó a cada grupo cinco veces por semana, 30 minutos por sesión durante seis semanas. Los resultados mostraron una mejora significativa en la expansión del tórax superior e inferior tanto en el grupo CERE como en el grupo CEE, pero no había mejora significativa en el grupo control. En cuanto a la PIM, los grupos CERE y CEE mostraron diferencias estadísticamente significativas después de la intervención con respecto al grupo control; siendo más relevante el aumento del grupo CERE que el del grupo CEE; el grupo control no mostró diferencias estadísticamente significativas. En cuanto a la PEM no se produjeron cambios significativos en ninguno de los tres grupos después de la intervención. En este estudio, el grupo CERE presentó cambios más importantes que el grupo CEE, lo que demuestra que el CERE es más eficaz para mejorar la expansión del tórax y la función pulmonar en las personas de edad avanzada. Sin embargo hay un elemento que llama poderosamente la atención, y es que habiendo obtenido mejoras tan significativas en la PIM no se hayan producido variaciones positivas en la PEM. No solo eso, sino que en el Grupo CEE la tendencia es a disminuir, lo que no deja de ser un dato ciertamente contradictorio.

Si comparamos los valores iniciales de la PIM y de la PEM de nuestros grupos de tratamiento y control con los de este estudio, veremos que nuestros valores eran inferiores, tanto en el grupo control como en el de tratamiento. Bien es cierto que la media de edad de nuestros sujetos era ligeramente superior a la de 66 años de los suyos; sin embargo su muestra corresponde a una población de mujeres institucionalizadas, sobre la que algunos autores (56,74) afirman que los valores en este grupo de personas son considerablemente bajos (entre -44,5 y -33,06 cm de H<sub>2</sub>O para la PIM y entre 41,94 y 34,78 cm de H<sub>2</sub>O para la PEM). Estos valores están bastante alejados de los suyos y más cercanos a los nuestros, sobre todo en lo que se refiere a los de la PIM.

Nuestra diferencia en la PIM después de la intervención fue inferior a la del grupo CERE (-18,2 cm de H<sub>2</sub>O versus -14,11 cm de H<sub>2</sub>O), pero claramente superior a la del grupo CEE (-6,8 cm de H<sub>2</sub>O). Con respecto a la PEM en ambos casos nuestra diferencia (26,2 cm de H<sub>2</sub>O), fue claramente superior a la suya en cualquiera de los dos grupos (CERE 0,8 cm de H<sub>2</sub>O; CEE -0,4 cm de H<sub>2</sub>O). En cuanto a las limitaciones del estudio resalta que la muestra que han utilizado es de un tamaño pequeño; 10 sujetos por grupo.

Otro de los trabajos interesantes que se llevaron a cabo con técnicas de FNP fue el de Areas et al. (85). Al igual que nosotros obtuvieron valores significativos en la PIM y la PEM, aunque los de ellos fueron especialmente significativos en la PIM donde el grupo de tratamiento reflejó una diferencia final de 52,3 cm de H<sub>2</sub>O. En la PEM también obtuvieron un aumento significativo de 21,2 cm de H<sub>2</sub>O, pero muy alejado del obtenido en la PIM. Una diferencia importante en cuanto a los

resultados de nuestro trabajo es que, en nuestro caso la PEM aumenta casi el doble que la PIM; y en el suyo ocurre totalmente lo contrario. Suponemos que las causas de estas discrepancias vienen determinadas por las diferencias que existen entre los dos estudios; sus participantes son mujeres muy jóvenes, el trabajo de resistencia que realizaron fue mucho más exigente y la fuerza muscular respiratoria base de las dos muestras no admite comparaciones. Su limitación, una vez más fue el número de sujetos por grupo: 10 mujeres frente a las 32 mujeres de nuestro estudio.

Además de los trabajos que contemplan la utilización de técnicas de FNP, existen otros en los que se han utilizado metodologías distintas y que pueden ser alternativas igualmente válidas en el trabajo de la fuerza de la musculatura respiratoria.

Abrahin et al. (66) en el año 2014 realizaron un estudio que tuvo como objetivo comparar los efectos del volumen de resistencia sobre la PIM y la PEM, el rendimiento funcional y la fuerza muscular con 30 mujeres de edades comprendidas entre 60 y 80 años, encuadradas en dos grupos de trabajo el 1-SET y el 3-SET y en 24 sesiones de entrenamiento de resistencia progresiva, sin aplicar técnicas de FNP. Tanto la PIM como la PEM mejoraron significativamente en los dos grupos de trabajo. Las diferencias resultantes en el grupo 1-SET fueron de -12,3 cm de H<sub>2</sub>O para la PIM y de 26 cm de H<sub>2</sub>O para la PEM. En el grupo 3-SET fueron de -8,1 cm de H<sub>2</sub>O para la PIM y de 26,2 cm de H<sub>2</sub>O para la PEM. Si las comparamos con nuestras diferencias, encontramos que nuestro incremento en el valor de la PIM es ligeramente más alto que la de los dos grupos (-14,11 cm de H<sub>2</sub>O), produciéndose un triple empate en cuanto al valor de la PEM (26,20 cm de H<sub>2</sub>O). Coincidimos en

que el valor de la PEM aumenta mucho más que el de la PIM, en concreto en sus grupos de trabajo aumenta más del doble.

Cebriá et al. (74) en su estudio del 2013 realizaron un trabajo cuyo objetivo fue evaluar la efectividad del entrenamiento de la fuerza y resistencia muscular respiratoria en 54 mujeres, de más de 80 años, institucionalizadas y con limitaciones funcionales; aplicando como método la ventilación con un dispositivo de entrenamiento muscular inspiratorio (IMT) de carga umbral. La duración del mismo fue de 6 semanas con 30 sesiones de trabajo. Los resultados no mostraron cambios estadísticamente significativos en la resistencia de la fuerza muscular respiratoria, ni en la PIM ni en la PEM. El grupo control mostró un aumento de la PIM de -4,7 cm de H<sub>2</sub>O, y en el grupo entrenado el aumento fue de -7,9 cm de H<sub>2</sub>O. De la misma forma, los aumentos de los valores de la PEM fueron de 6,9 cm de H<sub>2</sub>O, para el grupo control, y de 17,3 cm de H<sub>2</sub>O para el grupo entrenado. Estos resultados son inesperados, puesto que la mayoría de los estudios previos en otras poblaciones demuestran el efecto experimental positivo de la utilización del dispositivo IMT sobre la PIM y la resistencia muscular inspiratoria Lotters (174). Pero si analizamos los resultados vemos que los valores basales de la PIM, de los dos grupos, son claramente inferiores a los valores de referencia establecidos para la población de mayores institucionalizados (-28,1 cm de H<sub>2</sub>O en el grupo control y -29,5 cm de H<sub>2</sub>O en el grupo entrenado). Sin embargo los valores de la PEM están por encima en los dos grupos (48,6 y 54,5 cm de H<sub>2</sub>O). Las diferencias metodológicas entre este trabajo y el nuestro hacen que los valores de la PIM y la PEM no admitan comparaciones, ni en cuanto a las técnicas empleadas ni en cuanto a la duración de los mismos. Tampoco las admite la población evaluada en cada uno de ellos. La

diferencia de edad, el carácter institucionalizado de la suya y las limitaciones funcionales que presentan sus participantes, no se corresponden con el carácter ambulatorio ni la ausencia de limitaciones de la nuestra.

En 2014 Cebriá et al. (175) publican otro estudio que tuvo como objetivo evaluar los efectos del entrenamiento inspiratorio con carga umbral (ITT) y el yoga respiratorio, sobre la fuerza muscular respiratoria en adultos mayores frágiles institucionalizados. Este es el primer ensayo controlado aleatorio que evalúa dichos efectos en esta población. Los resultados solo mostraron valores significativos de la PIM y la PEM en el grupo de formación de yoga, que incrementó los -33,3 cm de H<sub>2</sub>O basales de la PIM hasta los -51,3 cm de H<sub>2</sub>O; y los 64,4 cm de H<sub>2</sub>O iniciales de la PEM hasta los 96,0 cm de H<sub>2</sub>O finales. Sus valores iniciales de la PIM se encontraban por encima de la media de los valores referenciados en personas institucionalizadas en el grupo yoga, mientras que en el grupo control e ITT (-30,8 y -29,6 cm de H<sub>2</sub>O, respectivamente) estaban por debajo. Sin embargo, los valores iniciales de la PEM eran superiores a los valores de referencia en los tres grupos (52,1; 57,6 y 64,4 cm de H<sub>2</sub>O para el grupo control, ITT y yoga).

Las diferencias de la PIM y de la PEM después de la intervención en el grupo de yoga (-18,0 cm de H<sub>2</sub>O y 31,6 cm de H<sub>2</sub>O) fueron superiores a las nuestras, sin embargo las diferencias del grupo ITT (-8 cm de H<sub>2</sub>O y 17,4 cm de H<sub>2</sub>O) no alcanzaron las de nuestro trabajo. Al igual que en nuestro caso, el incremento en los valores de la PEM en los dos grupos de trabajo son mayores que los de la PIM. Puede que además de la efectividad de las técnicas empleadas, la intensidad del programa, 30 sesiones de trabajo en seis semanas que suponen casi el doble de las

16 sesiones empleadas en nuestro estudio, sea la responsable de estos datos positivos. Un dato reseñable es que no informan sobre el porcentaje de mujeres que completaron el estudio, sólo dicen que finalizan 71 de los 81 residentes que lo inician, y que inicialmente las mujeres representaban el 90% de la muestra.

En este trabajo destacan que el entrenamiento inspiratorio con carga umbral es una de las técnicas más comunes que se utilizan para aumentar la fuerza muscular respiratoria, pero que no se han hecho estudios en pacientes institucionalizados. En cuanto a los ejercicios de yoga de respiración, admiten que se utilizan con menos frecuencia para el entrenamiento de la fuerza muscular. Concluyen que hasta el momento solo dos estudios previos (176, 177) habían evaluado el efecto de los mismos, mostrando un aumento significativo de la PIM y de la PEM en dos poblaciones sanas.

Bezerra et al. (178) presentan un trabajo en el que se plantea la hipótesis de que la práctica del yoga puede mejorar la función respiratoria en personas mayores. Los efectos del programa en los volúmenes pulmonares y la fuerza de los músculos respiratorios se verificaron en 36 mujeres repartidas en un grupo de yoga ( $63,1 \pm 13,3$  años) y un grupo control ( $61,0 \pm 6,9$  años). Los valores del volumen corriente, de la ventilación minuto, de la capacidad vital, de la PIM y de la PEM aumentaron de forma significativa en el grupo de yoga. La PIM varió de  $-62,17$  a  $-73,06$  cm de  $H_2O$  y la PEM pasó de  $80,56$  a  $86,39$  cm de  $H_2O$ . En este caso la diferencia entre nuestros valores también son superiores a los suyos, sobre todo en la PEM; que en este trabajo también aumentó menos que la PIM.



A la vista de los resultados de los distintos trabajos que se orientan hacia la mejora de la fuerza muscular respiratoria en todo tipo de población, sería conveniente que existiera unificación de criterios en cuanto a las metodologías empleadas para obtener los valores de referencia de las presiones respiratorias, los propios valores de la PIM y de la PEM, las poblaciones que se estudian y las técnicas que se emplean. Estamos de acuerdo con Cebriá et al. (175) en que las personas mayores institucionalizadas necesitan más atenciones y más adaptación de los tratamientos o programas a sus capacidades reales. No pueden participar en la misma medida que lo hacen las personas mayores ambulatorias. Pero en lo que no estamos de acuerdo es que el grado de discapacidad pueda constituir un motivo de justificación para una determinada técnica o estrategia, sin tener en cuenta la necesidad de adaptar la metodología para que estas personas puedan tener las mayores posibilidades de tratamiento o de participación. Por lo tanto, creemos que, a diferencia de las personas sanas, la intervención directa puede ser la mejor manera de acercar los protocolos de trabajo a esta población. En el caso de las técnicas de FNP los requerimientos adaptativos son mínimos. Solo se necesita un fisioterapeuta, y que la persona tenga un balance muscular suficiente que le permita realizar movimientos de forma libre contra la gravedad. Es decir, que incluso con personas encamadas se puede llevar a cabo el trabajo de FNP actuando a nivel de las estructuras afectadas. En el caso de la respiración ni siquiera es necesario ese balance muscular, puesto que como hemos visto en los trabajos anteriores se puede actuar directamente sobre la movilidad del tórax para mejorar la fuerza respiratoria.

## **6.6. CORRELACIONES DE LOS VALORES DE LA PIM Y LA PEM**

Tal y como se comentó en el apartado de resultados, para conocer las posibles relaciones entre las variables de control registradas durante la evaluación inicial (IMC, peso, talla, el perímetro abdominal, la prueba de los 6 minutos marcha, la impedancia o la edad) y los valores de la PIM y de la PEM; se llevaron a cabo correlaciones de Pearson entre las distintas variables. La única relación estadísticamente significativa fue la de la PIM inicial y final con la edad, pero con un coeficiente de correlación tan bajo que consideramos que esta relación carece de interés.

Para completar el estudio de relación, categorizamos las variables cuantitativas IMC y perímetro abdominal, si bien, en ninguno de los dos casos el protocolo de tratamiento mostró una eficacia diferente en los grupos creados.

En los trabajos referenciados anteriormente y que utilizaron técnicas de FNP, no llevaron a cabo ningún tipo de estudio de correlación con otras variables. Nos parece un dato importante buscar las posibles correlaciones, porque existe un buen número de trabajos que sí lo hacen, y otros que buscan fórmulas para establecer los valores predictivos y en los que se barajan distintas variables antropométricas. Simoes et al. (56) en un estudio que evaluó la fuerza muscular respiratoria en mujeres mayores institucionalizadas, establecieron una correlación negativa moderada entre la edad y la PIM y la PEM, una fuerte correlación positiva entre la altura y la PIM y una correlación moderada con la PEM. También encontraron correlaciones positivas moderadas entre el IMC y las presiones

máximas respiratorias, y una fuerte correlación positiva entre el peso corporal y estas.

En otro estudio, Simoes et al. (179), evaluaron la fuerza muscular respiratoria en una muestra compuesta exclusivamente por individuos sedentarios y los compararon con los valores previstos. Investigaron la relación entre la PIM y la PEM con la edad, el peso y la altura; y propusieron ecuaciones de predicción de las presiones máximas respiratorias para esta población. Las principales conclusiones de este estudio mostraron que la fuerza muscular respiratoria disminuye con la edad y que los valores de la PIM y de la PEM presentaron correlaciones positivas con la edad, el peso y la altura.

Pegorari et al. (180) estudiaron el impacto de la debilidad sobre la fuerza muscular respiratoria en una comunidad de personas mayores. Se evaluaron 51 adultos, 22 mujeres y 29 hombres con una media de  $73 \pm 6$  años, y que fueron separados en tres grupos: prefrágil, frágil y no frágil. Observaron que los valores de la PIM y de la PEM se correlacionaron significativamente con la fuerza de presión manual en el grupo prefrágil. En nuestro estudio nosotros no contemplamos la valoración de la presión manual.

Sclausser et al. (163), en una revisión sistemática sobre los valores de la PIM, afirman que la mayoría de los estudios demostraron que la PIM se vio afectada significativamente por la edad y el sexo en sujetos sanos.

Giua et al. (181) en un estudio en el que participaron 68 pacientes (28 hombres y 40 mujeres) mayores de 65 años (media  $78,2 \pm 6,1$  años), evaluaron la

función de los músculos respiratorios midiendo la PIM la PEM junto a la función física mediante la prueba de los 6 minutos marcha. Los resultados mostraron una correlación estadísticamente significativa entre la PIM y la PEM y la prueba de los 6 minutos. Estos resultados no se corresponden con los nuestros.

Gil Obando et al. (65), en el año 2012, llevaron a cabo un trabajo de investigación que tenía como objetivos determinar los valores de la PIM y de la PEM en 308 sujetos sanos, con un rango de edad entre 20 y 39 años y correlacionarlos con variables sociodemográficos y antropométricas. Según los resultados del estudio se observó una correlación inversa y significativa entre la edad y la PIM. La relación entre la PEM y la edad también resultó ser inversa, pero no estadísticamente significativa. Las correlaciones de la PIM y la PEM con el peso y la altura fueron positivas, regulares y estadísticamente significativas. De acuerdo con la clasificación del IMC, se constató que el valor de la PIM fue mayor en sujetos moderadamente obesos que en los que presentaban sobrepeso o peso normal. En nuestro estudio no hemos encontrado ninguna relación con el IMC, en el análisis de categorización realizado.

Pessoa et al. (64) en un estudio pionero realizado en el 2014 se propusieron establecer ecuaciones de referencia, los valores medios y los límites inferiores de la normalidad para la PIM y la PEM en cada grupo de edad; según las recomendaciones de la ATS/ERS y la Asociación Brasileña Torácica. En el estudio participaron 134 sujetos (74 mujeres y 60 hombres), con edades entre 20 y 89 años con una función pulmonar normal y un IMC dentro del rango normal. Aseguran que todos los estudios sobre los valores de referencia contemplan el poder predictivo de

distintos factores. No hay consenso sobre ciertos factores individuales como la edad, el peso o la altura, pero sí lo hay sobre el género como mejor predictor de la presiones respiratorias máximas (60, 182, 183). Los valores de la PIM y de la PEM eran, en promedio, un 24% y un 33% más altos en los hombres que en las mujeres. En este mismo estudio realizaron un análisis de la composición corporal en 64 individuos de ambos sexos, y encontraron que el porcentaje de masa corporal magra fue mayor en los hombres. Esto podría justificar la diferencia de la PIM y la PEM entre los géneros. En nuestro caso, sólo trabajamos con mujeres y la única medida utilizada fue el componente graso. Los resultados de este estudio mostraron que la edad es un predictor negativo, lo que coincide con tres estudios anteriores (166, 179, 183). El peso fue un predictor positivo para la PIM y el perímetro abdominal un predictor positivo para la PEM. Al igual que en los casos anteriores, ni el peso ni el perímetro abdominal de nuestros participantes mostraron ninguna relación con las variables respiratorias.

En definitiva, no existe un consenso sobre la influencia de las características antropométricas en la PIM y en la PEM. Parece bastante claro que el género es la única variable que no ofrece dudas, puesto que todos los estudios coinciden en que los valores promedio de los hombres son mayores que los de las mujeres. Nosotros creemos que la edad juega un papel determinante porque, independientemente del género de un individuo, la edad puede modificar los valores de la PIM y de la PEM.

## 6.7. LIMITACIONES DEL ESTUDIO

Este estudio presenta una serie de limitaciones que se reflejan en varios aspectos:

La población de nuestro estudio está compuesta por mujeres que voluntariamente manifestaron su deseo de participar en el programa. Por lo tanto se trata de una población de conveniencia, reducida en cuanto al número de participantes y con unas características determinadas por la edad, y unas condiciones físicas que la hacen más activa y saludable que la población general. Por lo tanto, nuestros resultados y conclusiones no pueden generalizarse al resto de las mujeres mayores. La validez externa del estudio se ve reducida a la población que presente características similares a la que ha participado en el programa. Pessoa et al. (64) señalan que dos de las razones, que justifican la variabilidad de los valores de referencia de las presiones máximas respiratorias, son la falta de estandarización metodológica de los estudios y la influencia de factores individuales (biológicos) en las muestras de dichos estudios.

Otra de las limitaciones ha sido la imposibilidad de tener un grupo control que no realizara ningún tipo de actividad física. Si hubiéramos dispuesto de esa posibilidad, probablemente los resultados de los valores obtenidos en el estudio podrían haber sido distintos. Ya que habríamos comparado los valores del grupo de intervención con los de un grupo de personas sedentarias. No como en este caso, que el grupo control realizaba tres sesiones semanales de Revitalización Geriátrica.

Por último, una limitación de recursos económicos muy importante nos ha impedido realizar un trabajo con intervención directa sobre los participantes. En lugar de recurrir al trabajo libre, con bandas y pesos; hubiera sido deseable que cada participante trabajara con un fisioterapeuta. Hasta la fecha, no tenemos conocimiento de que se haya realizado un trabajo en el que cada sujeto trabajase con un fisioterapeuta de forma individualizada, salvo los específicos de expansión torácica que ya hemos mencionado en el apartado correspondiente. Sería muy interesante conocer los efectos de la FNP aplicándola de esta forma.





---

## **7. CONCLUSIONES**



1.- Es posible diseñar un protocolo de ejercicios con Patrones de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva, del Método Kabat, para mejorar la fuerza de la musculatura respiratoria, que incluya ejercicios de resistencia muscular de extremidades superiores, tronco y cabeza y cuello.

2.- El protocolo de trabajo de la fuerza muscular respiratoria, basado en patrones de Facilitación Neuromuscular Propioceptiva, ha resultado viable en una población de mujeres mayores participantes en los Programas de Revitalización Geriátrica; que se desarrollan en los centros y hogares de la Tercera Edad del municipio de Salamanca.

3.- El protocolo de tratamiento fisioterápico de la musculatura respiratoria ha resultado eficaz en la mejora de las presiones respiratorias máximas, en la población de mujeres mayores participantes en el Programa de Revitalización Geriátrica; lo que se traduce en una mejora de la fuerza muscular respiratoria.

4. Las presiones respiratorias máximas no han resultado estar relacionadas con el peso, la talla, el índice de masa corporal, el perímetro abdominal, la distancia en la prueba de los 6 minutos marcha, la masa grasa ni con la edad.

5. Las participantes en el programa de trabajo de la musculatura respiratoria mostraron gran satisfacción por su participación en el mismo, constatada por la alta adherencia a él.

6. Este protocolo de tratamiento fisioterápico es susceptible de ser aplicado en otras poblaciones que presenten patologías respiratorias, Enfermedades Neuromusculares, secuelas de cirugías torácicas o abdominales y procesos oncológicos que alteren la ventilación.

---

## **8. BIBLIOGRAFIA**



- (1) Instituto de Mayores y Servicios Sociales. Informe 2012: Las personas mayores en España. Madrid: Ministerio de Servicios Sociales; 2014.
- (2) United Nations. World Population Prospects: The 2012 Revision. New York: United Nations; 2013.
- (3) Instituto Nacional de Estadística. Encuesta de Discapacidad, Autonomía personal y situaciones de Dependencia (EDAD) 2008. Notas de Prensa 2008. [Monografía en internet]. Madrid: Instituto Nacional de Estadística. [Acceso el 10 de enero de 2015]. Disponible en: <http://www.ine.es/prensa/np524.pdf>.
- (4) Alvarado AM, Salazar AM. Análisis del Concepto de Envejecimiento. Gerokomos 2014;25(2):57-62.
- (5) Norin E. Intestinal cholesterol conversion in adults and elderly from four different European countries. Ann Nutr Metab 2008;52 Suppl 1:12-4.
- (6) Bhutto A, Morley JE. The clinical significance of gastrointestinal changes with aging. Curr Opin Clin Nutr Metab Care 2008;11(5):651-60.
- (7) Morley JE. The aging gut: physiology. Clin Geriatr Med 2007;23(4):757-67, v-vi.
- (8) Salles N. Basic mechanisms of the aging gastrointestinal tract. Dig Dis 2007;25(2):112-7.
- (9) Wiley JW. Aging and neural control of the GI tract: III. Senescent enteric nervous system: lessons from extraintestinal sites and nonmammalian species. Am J Physiol Gastrointest Liver Physiol 2002;283(5):G1020-6.
- (10) Muñoz EJ, García X. Fisiología. Celulas, organos y Sistemas. México D.F.: Fondo De Cultura Económica USA; 1998.
- (11) Domenech RJ, Macho P. Cardiovascular aging. Rev Med Chil 2008; 136(12):1582-8.

(12) Pezet M, Jacob MP, Escoubet B, Gheduzzi D, Tillet E, Perret P, et al. Elastin haploinsufficiency induces alternative aging processes in the aorta. *Rejuvenation Res* 2008;11(1):97-112.

(13) Bai XJ, Liu Q, Han LL, Sun XF, Lin HL, Chen XM. [Quantitative assessment of healthy People's cardiovascular aging and analysis of the relevant law: study in three cities in Northern China]. *Zhonghua Yi Xue Za Zhi* 2007;87(34):2385-9.

(14) Corujo E, Pérez D. Cambios más relevantes y peculiaridades de las enfermedades en el anciano. *Tratado de Geriatria para Residentes*. Madrid: Sociedad Española de Geriatria y Gerontología; 2007. p. 47-58.

(15) Wu M, Fannin J, Rice KM, Wang B, Blough ER. Effect of aging on cellular mechanotransduction. *Ageing Res Rev* 2011;10(1):1-15.

(16) Levin DL, Buxton RB, Spiess JP, Arai T, Balouch J, Hopkins SR. Effects of age on pulmonary perfusion heterogeneity measured by magnetic resonance imaging. *J Appl Physiol* 2007;102(5):2064-70.

(17) Sharma G, Goodwin J. Effect of aging on respiratory system physiology and immunology. *Clin Interv Aging* 2006;1(3):253-60.

(18) Sprung J, Gajic O, Warner DO. Review article: age related alterations in respiratory function - anesthetic considerations. *Can J Anaesth* 2006;53(12):1244-57.

(19) Candow DG. Sarcopenia: current theories and the potential beneficial effect of creatine application strategies. *Biogerontology* 2011;12(4):273-81.

(20) McKiernan SH, Colman RJ, Lopez M, Beasley TM, Aiken JM, Anderson RM, et al. Caloric restriction delays aging-induced cellular phenotypes in rhesus monkey skeletal muscle. *Exp Gerontol* 2011;46(1):23-29.

(21) Lang T, Streeper T, Cawthon P, Baldwin K, Taaffe DR, Harris TB. Sarcopenia: etiology, clinical consequences, intervention, and assessment. *Osteoporos Int* 2010;21(4):543-59.



- (22) Cruz-Jentoft AJ, Baeyens JP, Bauer JM, Boirie Y, Cederholm T, Landi F, et al. 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.
- (23) Kassem M, Marie PJ. Senescence-associated intrinsic mechanisms of osteoblast dysfunctions. *Aging Cell* 2011;10(2):191-7.
- (24) Freeman R. Skeletal implications of reproductive aging. *Semin Reprod Med* 2010;28(5):422-5.
- (25) López J, López M. *Fisiología Clínica del Ejercicio*. Madrid: Panamericana; 2008.
- (26) De Febrer A, Soler A. *Dinamismo y Vejez*. 3ª ed. Barcelona: INDE Publicaciones; 2004.
- (27) Loeser RF. Age-related changes in the musculoskeletal system and the development of osteoarthritis. *Clin Geriatr Med* 2010;26(3):371-86.
- (28) Bernhardt M. Rv. Envejecimiento: Cambios bioquímicos y funcionales del Sistema Nervioso Central. *Rev Chil Neuro-Psiquiat* 2005;43(4):297-304.
- (29) Duque-Parra JE. Neurobiological relations and aging. *Rev Neurol* 2003; 36(6):549-54.
- (30) Rowan SL, Purves-Smith FM, Solbak NM, Hepple RT. Accumulation of severely atrophic myofibers marks the acceleration of sarcopenia in slow and fast twitch muscles. *Exp Gerontol* 2011;46(8):660-9.
- (31) Peña N, Dámaso S. Fundamentos biológicos del envejecimiento neurocognitivo. En: Crespo D, editor. *Biogerontología* Santander: Servicio de Publicaciones de la Universidad de Cantabria; 2006. p. 356.

- (32) Gil-Verona J, Pastor J, De Paz F, Barbosa M, Macías J, Maniega M. Neuropsicología de la involución y el envejecimiento cerebral. *REN* 2002; 4(4):262-82.
- (33) Kolesnikov AV, Fan J, Crouch RK, Kefalov VJ. Age-related deterioration of rod vision in mice. *J Neurosci* 2010;30(33):11222-31.
- (34) Agüera L, Cervilla J, Martín M. *Psiquiatría Geriátrica*. 2ª ed. Barcelona: Elsevier España; 2006.
- (35) Aydelott J, Leech R, Crinion J. Normal adult aging and the contextual influences affecting speech and meaningful sound perception. *Trends Amplif* 2010; 14(4):218-32.
- (36) Welge-Lussen A. Ageing, neurodegeneration, and olfactory and gustatory loss. *B-ENT* 2009;5(Suppl 13):129-32.
- (37) Boyce JM, Shone GR. Effects of ageing on smell and taste. *Postgrad Med J* 2006;82(966):239-41.
- (38) Caballero J, Benítez J. *Manual de atención al anciano desnutrido en el nivel primario de salud*. Madrid: Ergon; 2011.
- (39) Wickremaratchi MM, Llewelyn JG. Effects of ageing on touch. *Postgrad Med J* 2006;82(967):301-4.
- (40) Vázquez F, Vázquez A, Fournier S, Vázquez T. Estudios histológicos y bioquímicos de la piel envejecida. En: Castelo-Branco C, editor. *Envejecimiento de la piel y las mucosas: Fundamentos clínicos y enfoque integral*. Madrid: Médica Panamericana; 2010. p. 21-28.
- (41) Vukmanovic-Stejic M, Rustin MH, Nikolich-Zugich J, Akbar AN. Immune responses in the skin in old age. *Curr Opin Immunol* 2011;23(4):525-31.

- (42) Boraschi D, Del Giudice G, Dutel C, Ivanoff B, Rappuoli R, Grubeck-Loebenstein B. Ageing and immunity: addressing immune senescence to ensure healthy ageing. *Vaccine* 2010;28(21):3627-31.
- (43) Aspinall R, Pitts D, Lapenna A, Mitchell W. Immunity in the elderly: the role of the thymus. *J Comp Pathol* 2010;142(Suppl 1):S111-5.
- (44) Rodwell GE, Sonu R, Zahn JM, Lund J, Wilhelmy J, Wang L, et al. A transcriptional profile of aging in the human kidney. *PLoS Biol* 2004;2(12):e427.
- (45) Kwong PW, Cumming RG, Chan L, Seibel MJ, Naganathan V, Creasey H, et al. Urinary incontinence and quality of life among older community-dwelling Australian men: the CHAMP study. *Age Ageing* 2010;39(3):349-54.
- (46) Cristancho W. Fundamentos de Fisioterapia Respiratoria y Ventilación Mecánica. 2ª ed. Bogotá: Editorial El manual Moderno; 2008.
- (47) Gáldiz J. Músculos respiratorios: función pulmonar. En: Giménez M, editor. *Prevención y Rehabilitación en Patología Respiratoria Crónica: Fisioterapia, Entrenamiento y Cuidados Respiratorios*. 2ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004. p. 15-24.
- (48) Orozco-Levi M, Ramírez-Sarmiento A. Los músculos respiratorios en el paciente con EPOC. En: Giraldo Hd, editor. *EPOC, Diagnóstico y tratamiento integral: con énfasis en la rehabilitación pulmonar*. 3ª ed. Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 197-221.
- (49) Moore K, Dalley A, Agur A, Moore M. *Anatomía con orientación clínica*. 5ª ed. México DF: Editorial Médica Panamericana; 2008.
- (50) Martín A, Carón E. Fisiología respiratoria. En: Gal Bc, editor. *Bases de la Fisiología*. 2ª ed. Madrid: Editorial Tébar; 2007. p. 217-61.

- (51) Torres R. Anatomía clínica del raquis cervical tipo. En: Torres Rd, editor. La Columna Cervical: Evaluación Clínica y Aproximaciones Terapéuticas. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 13-52.
- (52) Kapandji A. Fisiología Articular. Vol. 3 . 5ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.
- (53) Pleguezuelos E. Rehabilitación de la musculatura respiratoria. En: Pleguezuelos Ec, editor. Rehabilitación Integral en el Paciente con Enfermedad Pulmonar Obstructiva Crónica. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 134-45.
- (54) Cuartero J. Parálisis y debilidad de los músculos respiratorios. En: Serra M, Díaz J, De Sande M, editors. Fisioterapia en Neurología, Sistema Respiratorio y Aparato Cardiovascular. Barcelona: Editorial Masson; 2005. p. 315-22.
- (55) Kim J, Sapienza CM. Implications of expiratory muscle strength training for rehabilitation of the elderly: Tutorial. J Rehabil Res Dev 2005;42(2):211-24.
- (56) Simoes RP, Castello V, Auad MA, Dionisio J, Mazzonetto M. Prevalence of reduced respiratory muscle strenath in institutionalized. Sao Paulo Med J 2009;127(2):78-83.
- (57) Valenza G, González L, Yuste M. Manual de fisioterapia respiratoria y cardíaca. Madrid: Síntesis; 2005.
- (58) Puente Maestu L, Garcia de Pedro J. Lung function tests in clinical decision-making. Arch Bronconeumol 2012;48(5):161-9.
- (59) Ramírez-Sarmiento A, Orozco-Levi M. Entrenamiento de músculos respiratorios en pacientes con EPOC. En: Giraldo Hd, editor. EPOC Diagnóstico y tratamiento integral: con énfasis en la rehabilitación pulmonar. 3ª ed. Bogotá: Editorial Médica Panamericana; 2008. p. 234-35.

- (60) Black LF, Hyatt RE. Maximal respiratory pressures: normal values and relationship to age and sex. *Am Rev Respir Dis* 1969;99(5):696-702.
- (61) Rochester DF, Arora NS. Respiratory muscle failure. *Med Clin North Am* 1983;67(3):573-97.
- (62) Morales P, Sanchis J, Cordero PJ, Diez JL. Maximum static respiratory pressures in adults. The reference values for a Mediterranean Caucasian population. *Arch Bronconeumol* 1997;33(5):213-9.
- (63) Herrera A, Garcia F. Functional assessment of respiratory muscles. *Arch Bronconeumol* 2000;36(3):146-58.
- (64) Pessoa IM, Houry Neto M, Montemezzo D, Silva LA, Andrade AD, Parreira VF. Predictive equations for respiratory muscle strength according to international and Brazilian guidelines. *Braz J Phys Ther* 2014, Sept 12[Epub a head of print].
- (65) Gil LM, López A, Avila CL. Normal values of the maximal respiratory pressures in healthy people older than 20 years old in the City of Manizales - Colombia. *Colomb Med (Cali)* 2012;43(2):119-25.
- (66) Abrahin O, Rodrigues RP, Nascimento VC, Da Silva-Grigoletto ME, Sousa EC, Marcal AC. Single- and multiple-set resistance training improves skeletal and respiratory muscle strength in elderly women. *Clin Interv Aging* 2014;16;9:1775-82.
- (67) Ashe MC, Miller WC, Eng JJ, Noreau L. Physical Activity and Chronic Conditions Research Team. Older adults, chronic disease and leisure-time physical activity. *Gerontology* 2009;55(1):64-72.
- (68) Lee IM, Shiroma EJ, Lobelo F, Puska P, Blair SN, Katzmarzyk PT, et al. Effect of physical inactivity on major non-communicable diseases worldwide: an analysis of burden of disease and life expectancy. *Lancet* 2012;380(9838):219-29.

- (69) Vaz Fragoso CA, Beavers DP, Hankinson JL, Flynn G, Berra K, Kritchevsky SB, et al. Respiratory impairment and dyspnea and their associations with physical inactivity and mobility in sedentary community-dwelling older persons. *J Am Geriatr Soc* 2014;62(4):622-8.
- (70) Kim J, Davenport P, Sapienza C. Effect of expiratory muscle strength training on elderly cough function. *Arch Gerontol Geriatr* 2009;48(3):361-6.
- (71) Landi F, Marzetti E, Martone AM, Bernabei R, Onder G. Exercise as a remedy for sarcopenia. *Curr Opin Clin Nutr Metab Care* 2014;17(1):25-31.
- (72) Westcott WL. Resistance training is medicine: effects of strength training on health. *Curr Sports Med Rep* 2012;11(4):209-16.
- (73) Dodds R, Sayer AA. Sarcopenia. *Arq Bras Endocrinol Metabol* 2014;58(5):464-9.
- (74) Cebriá I Iranzo MD, Arnall DA, Igual Camacho C, Tomas JM, Meléndez JC. Physiotherapy intervention for preventing the respiratory muscle deterioration in institutionalized older women with functional impairment. *Arch Bronconeumol* 2013;49(1):1-9.
- (75) Watsford ML, Murphy AJ, Pine MJ. The effects of ageing on respiratory muscle function and performance in older adults. *J Sci Med Sport* 2007;10(1):36-44.
- (76) Hill K, Cecins NM, Eastwood PR, Jenkins SC. Inspiratory muscle training for patients with chronic obstructive pulmonary disease: a practical guide for clinicians. *Arch Phys Med Rehabil* 2010;91(9):1466-70.
- (77) Harms CA. Does gender affect pulmonary function and exercise capacity? *Respir Physiol Neurobiol* 2006;151(2-3):124-31.
- (78) Picorelli AM, Pereira LS, Pereira DS, Felicio D, Sherrington C. Adherence to exercise programs for older people is influenced by program characteristics and personal factors: a systematic review. *J Physiother* 2014;60(3):151-6.

- (79) Picorelli AM, Pereira DS, Felicio DC, Dos Anjos DM, Pereira DA, Dias RC, et al. Adherence of older women with strength training and aerobic exercise. *Clin Interv Aging* 2014;9:323-31.
- (80) Voss D, Ionta M, Myers B. *Facilitación Neuromuscular Propioceptiva*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 1998.
- (81) Golden J, Rogers N. Nurse Irene Shea studies the "Kenny method" of treatment of infantile paralysis, 1942-1943. *Nurs Hist Rev* 2010;18:189-203.
- (82) Burke RE. Sir Charles Sherrington's the integrative action of the nervous system: a centenary appreciation. *Brain* 2007;130(Pt 4):887-94.
- (83) Adler S, Beckers D, Buck M. *La Facilitación Neuromuscular Propioceptiva en la práctica*. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2012.
- (84) Lee CW, Hwangbo K, Lee IS. The effects of combination patterns of proprioceptive neuromuscular facilitation and ball exercise on pain and muscle activity of chronic low back pain patients. *J Phys Ther Sci* 2014;26(1):93-6.
- (85) Areas GP, Borghi-Silva A, Lobato AN, Silva AA, Freire RC,Jr, Areas FZ. Effect of upper extremity proprioceptive neuromuscular facilitation combined with elastic resistance bands on respiratory muscle strength: a randomized controlled trial. *Braz J Phys Ther* 2013;17(6):541-6.
- (86) Lee JH, Park SJ, Na SS. The effect of proprioceptive neuromuscular facilitation therapy on pain and function. *J Phys Ther Sci* 2013;25(6):713-6.
- (87) Kofotolis N, Kellis E. Effects of two 4-week proprioceptive neuromuscular facilitation programs on muscle endurance, flexibility, and functional performance in women with chronic low back pain. *Phys Ther* 2006;86(7):1001-12.
- (88) Bertinchamp U. Concepto FNP: propioceptiva neuromuscular Facilitación (Método Kabat-Knott-Voss). *EMC-Kinesiterapia-Medicina Física* 2010;31(3):1-10.

- (89) Viel E. El Método Kabat: Facilitación Neuromuscular Propioceptiva. Paris: Masson; 1989.
- (90) McAtee R, Charland J. Estiramientos facilitados. 3ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2010.
- (91) Noël-Ducret F. Método de Kabat. EMC Kinesiterapia. E-26-060-C-10 Paris: Editions Scientifiques et Medicales Elsevier SAS; 2001. p. 1-19.
- (92) Dorgo S, King GA, Rice CA. The effects of manual resistance training on improving muscular strength and endurance. *J Strength Cond Res* 2009;23(1):293-303.
- (93) American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc* 2009;41(3):687-708.
- (94) 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.
- (95) Weier AT, Pearce AJ, Kidgell DJ. Strength training reduces intracortical inhibition. *Acta Physiol (Oxf)* 2012;206(2):109-19.
- (96) Gontijo LB, Pereira PD, Neves CD, Santos AP, Machado Dde C, Bastos VH. Evaluation of strength and irradiated movement pattern resulting from trunk motions of the proprioceptive neuromuscular facilitation. *Rehabil Res Pract* 2012;2012:281937.
- (97) Norris C. La guía completa de los estiramientos. 2ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004.



- (98) Holcomb W. Estiramientos y Calentamiento. En: Baechle T, Earle R, editors. Principios del Entrenamiento y del Acondicionamiento Físico. 2ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007. p. 324.
- (99) Prentice W. Técnicas de Facilitación Neuromuscular propioceptiva. En: Prentice W, editor. Técnicas de Rehabilitación en Medicina Deportiva. 3ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2001. p. 188-189.
- (100) Serra M. Técnicas especiales. En: Serra M, Diaz J, De Sande M, editors. Fisioterapia en traumatología, ortopedia y reumatología. 2ª ed. Barcelona: Masson; 2006. p. 14.
- (101) Jackson J. Técnicas específicas de tratamiento. En: Stokes M, editor. Fisioterapia en la Rehabilitación Neurológica. 2ª ed. Madrid: Elsevier; 2006. p. 439.
- (102) Atkinson H. Principios del tratamiento. En: Downie P, editor. CASH Neurología para fisioterapeutas. 4ª ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2006. p. 145.
- (103) Alter J. Los estiramientos. 6ª ed. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004.
- (104) Gallego T. Bases Teóricas y Fundamentos de la Fisioterapia. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2007.
- (105) Dieguez J. Entrenamiento funcional en Programas de fitness. Barcelona: INDE; 2007.
- (106) Mitchell UH, Myrer JW, Hopkins JT, Hunter I, Feland JB, Hilton SC. Neurophysiological reflex mechanisms' lack of contribution to the success of PNF stretches. J Sport Rehabil 2009;18(3):343-57.
- (107) León J, Gálvez D, Arcas M, Paniagua S. Fisioterapeutas del Servicio Gallego de Salud. Temario Específico. Sevilla: MAD; 2006.

(108) Kofotolis ND, Vlachopoulos SP, Kellis E. Sequentially allocated clinical trial of rhythmic stabilization exercises and TENS in women with chronic low back pain. *Clin Rehabil* 2008;22(2):99-111.

(109) Villamayor B, López M, Balsa B, García I. Técnicas de Fisioterapia en la espasticidad. En: Juan F, editor. *Evaluación Clínica y Tratamiento de la Espasticidad* Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2009. p. 49.

(110) Lim KI, Nam HC, Jung KS. Effects on hamstring muscle extensibility, muscle activity, and balance of different stretching techniques. *J Phys Ther Sci* 2014;26(2):209-13.

(111) Beltrao NB, Ritti-Dias RM, Pitangui AC, De Araujo RC. Correlation between Acute and Short-Term Changes in Flexibility Using Two Stretching Techniques. *Int J Sports Med* 2014;25(14):1151-4.

(112) Konrad A, Gad M, Tilp M. Effect of PNF stretching training on the properties of human muscle and tendon structures. *Scand J Med Sci Sports* 2015;25(3):346-55.

(113) Wicke J, Gainey K, Figueroa M. A comparison of self-administered proprioceptive neuromuscular facilitation to static stretching on range of motion and flexibility. *J Strength Cond Res* 2014;28(1):168-72.

(114) Dallas G, Smirniotou A, Tsiganos G, Tsopani D, Di Cagno A, Tsolakis C. Acute effect of different stretching methods on flexibility and jumping performance in competitive artistic gymnasts. *J Sports Med Phys Fitness* 2014;54(6):683-90.

(115) Seo K, Cho M. The effects on the pulmonary function of normal adults proprioceptive neuromuscular facilitation respiration pattern exercise. *J Phys Ther Sci* 2014;26(10):1579-82.

(116) Sainz de Baranda P, Rodríguez P, Ortega P, Casimiro A. La flexibilidad en la programación del ejercicio en salas de acondicionamiento muscular. En: Rodríguez P, editor. *Ejercicio Físico en Salas de Acondicionamiento Muscular*:

bases científico-médicas para una práctica segura y saludable Madrid: Editorial Panamericana; 2008. p. 188.

(117) Moreno M, Da Silva E, Zuttin R, Gonçalves M. Efeito de um programa de treinamento de facilitação neuromuscular propioceptiva sobre a mobilidade torácica. *Fisioter Pesqui* 2009;16(2):161-5.

(118) Calvo-Arenillas JI. Influencia de la revitalización sobre el hueso y parámetros de actitud física [Tesis doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 1997.

(119) Mora-Romero UdJ, Gochicoa-Rangel L, Guerrero-Zúñiga S, Cid-Juárez S, Silva-Cerón M, Salas-Escamilla I, et al. Presiones inspiratoria y espiratoria máximas: Recomendaciones y procedimiento. *Neumología y cirugía de tórax* 2014;73(4):247-53.

(120) Troosters T, Gosselink R, Decramer M. Respiratory muscle assessment. *Eur Respir Mon* 2005;31:57-71.

(121) Miller MR, Crapo R, Hankinson J, Brusasco V, Burgos F, Casaburi R, et al. General considerations for lung function testing. *Eur Respir J* 2005;26(1):153-61.

(122) Gutiérrez C M, Beroíza W T, Borzone T G, Caviedes S I, Céspedes G J, Gutiérrez N M, et al. Espirometría: Manual de procedimientos. Sociedad Chilena de Enfermedades Respiratorias, 2006. *Rev chil enferm respir* 2007;23(1):31-42.

(123) Calaf N. Medición de las presiones respiratorias máximas. En: Burgos F, Casan P, editors. Manual SEPAR de procedimientos. Evaluación de la función pulmonar II. Barcelona: Publicaciones Permanyer; 2004. p. 134-145.

(124) Grande M, Mediavilla E. Instrumentación electrónica: transductores y acondicionadores de señal. Santander: Universidad de Cantabria; 2010.

(125) American Thoracic Society/European Respiratory Society. ATS/ERS Statement on respiratory muscle testing. *Am J Respir Crit Care Med* 2002 Aug 15;166(4):518-624.

(126) Martínez-Llorens J, Ausin P, Roig A, Balana A, Admetllo M, Muñoz L, et al. Nasal inspiratory pressure: an alternative for the assessment of inspiratory muscle strength? *Arch Bronconeumol* 2011;47(4):169-75.

(127) Coelho CM, Carvalho RM, Gouvea DS, Novo Junior JM. Comparison among parameters of maximal respiratory pressures in healthy subjects. *J Bras Pneumol* 2012;38(5):605-13.

(128) Lemos A, Souza AI, Andrade AD, Figueiroa JN, Cabral-Filho JE. Respiratory muscle strength: comparison between primigravidae and nulligravidae. *J Bras Pneumol* 2011;37(2):193-9.

(129) Costa D, Gonçalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol* 2010;36(3):306-12.

(130) Puente Maestu L, García de Pedro J. Lung function tests in clinical decision-making. *Arch Bronconeumol* 2012;48(5):161-9.

(131) Evans JA, Whitelaw WA. The assessment of maximal respiratory mouth pressures in adults. *Respir Care* 2009 Oct;54(10):1348-59.

(132) Martín-Nogueras AM. Prevención de las caídas en personas mayores a partir del tratamiento fisioterápico del desequilibrio postural. [Tesis doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2007.

(133) Parreño J. Rehabilitación en geriatría. En: Parreño J, editor. Planteamiento general de la rehabilitación geriátrica. Revitalización. Madrid: Ed. Médicos; 1990. p. 85-108.

(134) Calvo JJ, Orejuela J, Barbero F, Martín AM, Sánchez C, Hernández T. Seguimiento de un programa de revitalización para personas mayores desde el ámbito universitario. *Fisioterapia* 1999;21 (monográfico 1):44-52.

- (135) Hernández T, Calvo JI, Orejuela J, Barbero F, Martín AM, Sánchez C. Influencia sobre la capacidad vital y la frecuencia cardíaca de técnicas de Fisioterapia revitalizadora en una población de personas mayores. Fisioterapia 1999;21 (monográfico 1):36-43.
- (136) Méndez R. Evaluación y análisis de la eficacia del trabajo de la flexibilidad de la cadena miofascial recta posterior y del equilibrio sobre el alcance funcional como predictor de caídas en personas mayores que realizan revitalización geriátrica. [Tesis doctoral]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2014.
- (137) Puente AS. Influencia de un programa de revitalización geriátrica como actividad física sobre la densidad mineral ósea y el riesgo de caídas en personas con enfermedad de Alzheimer. Salamanca: Universidad de Salamanca; 2014.
- (138) Sánchez C. Influencia sobre la aptitud física de técnicas de fisioterapia revitalizadora en una población de personas mayores. [Grado de Salamanca]. Salamanca: Universidad de Salamanca; 1998.
- (139) Witt D, Talbott N, Kotowski S. Electromyographic activity of scapular muscles during diagonal patterns using elastic resistance and free weights. Int J Sports Phys Ther 2011;6(4):322-32.
- (140) Youdas JW, Arend DB, Exstrom JM, Helmus TJ, Rozeboom JD, Hollman JH. Comparison of muscle activation levels during arm abduction in the plane of the scapula vs. proprioceptive neuromuscular facilitation upper extremity patterns. J Strength Cond Res 2012;26(4):1058-65.
- (141) Kempf H, Schmelcher F, Christian, Z. Libro de Entrenamiento con el Thera-Band. Barcelona: Editorial Paidotribo; 1999.
- (142) Moreno M, Silva E, Gonçalves M. O efeito das Técnicas de facilitação neuromuscular proprioceptivo-method Kabat- nas pressões Respiratorias Máximas. Fisioter Mov 2005;18(2):53-61.

- (143) Watsford M, Murphy A. The effects of respiratory-muscle training on exercise in older women. *J Aging Phys Act* 2008;16(3):245-60.
- (144) Verissimo P, Timenetsky KT, Casalaspò TJ, Goncalves LH, Yang AS, Eid RC. High prevalence of respiratory muscle weakness in hospitalized acute heart failure elderly patients. *PLoS One* 2015;10(2):e0118218.
- (145) Kilding AE, Brown S, McConnell AK. Inspiratory muscle training improves 100 and 200 m swimming performance. *Eur J Appl Physiol* 2010;108(3):505-11.
- (146) Gosselink R, De Vos J, van den Heuvel SP, Segers J, Decramer M, Kwakkel G. Impact of inspiratory muscle training in patients with COPD: what is the evidence? *Eur Respir J* 2011;37(2):416-25.
- (147) Garber CE, Greaney ML, Riebe D, Nigg CR, Burbank PA, Clark PG. Physical and mental health-related correlates of physical function in community dwelling older adults: a cross sectional study. *BMC Geriatr* 2010;10:6.
- (148) Finnegan S, Bruce J, Lamb SE, Griffiths F. Predictors of attendance to group exercise: a cohort study of older adults in long-term care facilities. *BMC Geriatr* 2015;15:37.
- (149) Fleckenstein J, Matura S, Engeroff T, Fuzeki E, Tesky VA, Pilatus U, et al. SMART: physical activity and cerebral metabolism in older people: study protocol for a randomised controlled trial. *Trials* 2015;16(1):155.
- (150) Arem H, Moore SC, Patel A, Hartge P, Berrington de Gonzalez A, Viswanathan K, et al. Leisure Time Physical Activity and Mortality: A Detailed Pooled Analysis of the Dose-Response Relationship. *JAMA Intern Med* 2015;175(6):959-67.
- (151) Burton E, Lewin G, Boldy D. Physical activity preferences of older home care clients. *Int J Older People Nurs* 2014, Nov 14. [Epub ahead of print]

(152) Cesari M, Vellas B, Hsu FC, Newman AB, Doss H, King AC, et al. A physical activity intervention to treat the frailty syndrome in older persons-results from the LIFE-P study. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci* 2015;70(2):216-22.

(153) Iliffe S, Kendrick D, Morris R, Masud T, Gage H, Skelton D, et al. Multicentre cluster randomised trial comparing a community group exercise programme and home-based exercise with usual care for people aged 65 years and over in primary care. *Health Technol Assess* 2014;18(49):vii-xxvii, 1-105.

(154) Kim J, Yamada N, Heo J, Han A. Health benefits of serious involvement in leisure activities among older Korean adults. *Int J Qual Stud Health Well-being* 2014;9:24616.

(155) Yaffe K, Hoang TD, Byers AL, Barnes DE, Friedl KE. Lifestyle and health-related risk factors and risk of cognitive aging among older veterans. *Alzheimers Dement* 2014;10(3 Suppl):S111-21.

(156) Miller CT, Fraser SF, Levinger I, Straznicky NE, Dixon JB, Reynolds J, et al. The effects of exercise training in addition to energy restriction on functional capacities and body composition in obese adults during weight loss: a systematic review. *PLoS One* 2013;8(11):e81692.

(157) Hanlon C, Morris T, Nabbs S. Establishing a successful physical activity program to recruit and retain women. *Sport Management Review* 2010;13(3):269-82.

(158) Hanlon C, Morris T, Nabbs S. Program providers' perspective: Recruitment and retention strategies for women in physical activity programs. *Sport Management Review* 2014;17(2):133-44.

(159) Pisters MF, Veenhof C, Schellevis FG, Twisk JW, Dekker J, De Bakker DH. Exercise adherence improving long-term patient outcome in patients with osteoarthritis of the hip and/or knee. *Arthritis Care Res (Hoboken)* 2010; 62(8):1087-94.

(160) Viljoen JE, Christie CJ. The change in motivating factors influencing commencement, adherence and retention to a supervised resistance training programme in previously sedentary post-menopausal women: a prospective cohort study. *BMC Public Health* 2015;15:236.

(161) Visek AJ, Olson EA, DiPietro L. Factors predicting adherence to 9 months of supervised exercise in healthy older women. *J Phys Act Health* 2011;8(1):104-10.

(162) McArthur D, Dumas A, Woodend K, Beach S, Stacey D. Factors influencing adherence to regular exercise in middle-aged women: a qualitative study to inform clinical practice. *BMC Womens Health* 2014;14:49.

(163) Sclauser Pessoa IM, Franco Parreira V, Fregonezi GA, Sheel AW, Chung F, Reid WD. Reference values for maximal inspiratory pressure: a systematic review. *Can Respir J* 2014;21(1):43-50.

(164) Kim CB, Yang JM, Choi JD. The effects of chest expansion resistance exercise on chest expansion and maximal respiratory pressure in elderly with inspiratory muscle weakness. *J Phys Ther Sci* 2015;27(4):1121-24.

(165) Nawa RK, Gastaldi AC, da Silva EA, Augusto Vdos S, Rodrigues AJ, Evora PR. Predicted preoperative maximal static respiratory pressures in adult cardiac surgeries: evaluation of two formulas. *Rev Bras Cir Cardiovasc* 2012;27(2):240-50.

(166) Neder JA, Andreoni S, Lerario MC, Nery LE. Reference values for lung function tests. II. Maximal respiratory pressures and voluntary ventilation. *Braz J Med Biol Res* 1999;32(6):719-27.

(167) Nemer SN, Barbas CS. Predictive parameters for weaning from mechanical ventilation. *J Bras Pneumol* 2011;37(5):669-79.

(168) Vimal G, Kolek V, Jaskova J. Respiratory muscle assessment in acute exacerbation of chronic obstructive pulmonary disease and its role as a potential biomarker. *Biomed Pap Med Fac Univ Palacky Olomouc Czech Repub* 2012; 156(4):302-11.



(169) Taveira FM, Teixeira AL, Domingues RB. Early respiratory evaluation should be carried out systematically in patients with multiple sclerosis. *Arq Neuropsiquiatr* 2013;71(3):142-5.

(170) Ray AD, Mahoney MC, Fisher NM. Measures of respiratory function correlate with fatigue in ambulatory persons with multiple sclerosis. *Disabil Rehabil* 2015; Abril8 :1-6. [Epub ahead of print]

(171) Bento J, Goncalves M, Silva N, Pinto T, Marinho A, Winck JC. Indications and compliance of home mechanical insufflation-exsufflation in patients with neuromuscular diseases. *Arch Bronconeumol* 2010;46(8):420-5.

(172) Park JH, Kang SW, Lee SC, Choi WA, Kim DH. How respiratory muscle strength correlates with cough capacity in patients with respiratory muscle weakness. *Yonsei Med J* 2010;51(3):392-7.

(173) Caruso P, de Albuquerque AL, Santana PV, Cardenas LZ, Ferreira JG, Prina E, et al. Diagnostic methods to assess inspiratory and expiratory muscle strength. *J Bras Pneumol* 2015;41(2):110-23.

(174) Lotters F, van Tol B, Kwakkel G, Gosselink R. Effects of controlled inspiratory muscle training in patients with COPD: a meta-analysis. *Eur Respir J* 2002;20(3):570-6.

(175) Cebriá I Iranzo MD, Arnall DA, Igual Camacho C, Tomas JM. Effects of inspiratory muscle training and yoga breathing exercises on respiratory muscle function in institutionalized frail older adults: a randomized controlled trial. *J Geriatr Phys Ther* 2014;37(2):65-75.

(176) Madanmohan, Udupa K, Bhavanani AB, Vijayalakshmi P, Surendiran A. Effect of slow and fast pranayams on reaction time and cardiorespiratory variables. *Indian J Physiol Pharmacol* 2005;49(3):313-8.

(177) Santaella DF, Devesa CR, Rojo MR, Amato MB, Drager LF, Casali KR, et al. Yoga respiratory training improves respiratory function and cardiac

sympathovagal balance in elderly subjects: a randomised controlled trial. *BMJ Open* 2011;1(1):e000085.

(178) Bezerra LA, de Melo HF, Garay AP, Reis VM, Aidar FJ, Bodas AR, et al. Do 12-week yoga program influence respiratory function of elderly women?. *J Hum Kinet* 2014;43:177-84.

(179) Simoes RP, Deus AP, Auad MA, Dionisio J, Mazzonetto M, Borghi-Silva A. Maximal respiratory pressure in healthy 20 to 89 year-old sedentary individuals of central Sao Paulo State. *Rev Bras Fisioter* 2010;14(1):60-7.

(180) Pegorari MS, Ruas G, Patrizzi LJ. Relationship between frailty and respiratory function in the community-dwelling elderly. *Braz J Phys Ther* 2013; 17(1):9-16.

(181) Giua R, Pedone C, Scarlata S, Carrozzo I, Rossi FF, Valiani V, et al. Relationship between respiratory muscle strength and physical performance in elderly hospitalized patients. *Rejuvenation Res* 2014;17(4):366-71.

(182) Hautmann H, Hefele S, Schotten K, Huber RM. Maximal inspiratory mouth pressures (PIMAX) in healthy subjects -what is the lower limit of normal?. *Respir Med* 2000;94(7):689-93.

(183) Costa D, Goncalves HA, Lima LP, Ike D, Cancelliero KM, Montebelo MI. New reference values for maximal respiratory pressures in the Brazilian population. *J Bras Pneumol* 2010;36(3):306-12.

---

## **9. ANEXOS**



## ANEXO I. Resolución del Comité de Bioética



VNiVERSIDAD  
D SALAMANCA

COMITÉ DE BIOÉTICA (CBE)

C/ Libreros 19, 2º ; 37008 Salamanca  
Tel . (34) 923 29 44 00 ext 1181  
e-mail: cbioetica@usal.es

El Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca, en su reunión del día 25 de mayo de 2011, ha considerado las circunstancias que concurren en el proyecto de investigación titulado "Influencia de las técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva: método Kabat sobre la musculatura respiratoria, en una población de mujeres mayores", que tiene como investigador principal a D. JUAN JESÚS CRUZ HERNÁNDEZ.

A la vista de la documentación presentada, este Comité ha acordado **informar favorablemente** el proyecto de investigación, ya que cumple los requisitos éticos requeridos para su ejecución.

Y para que así conste lo firmo en Salamanca a 25 de mayo de 2011

José Mª Díaz Mínguez  
Secretario del CBE



José Julián Calvo Andrés  
Presidente del CBE