





# Universidad de Salamanca

Instituto de Neurociencias de Castilla y León



**VNiVERSiDAD  
D SALAMANCA**

EFFECTOS INMEDIATOS DE VARIAS  
TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA Y  
RECUPERACIÓN SOBRE EL MÚSCULO  
FATIGADO.

Tesis presentada para optar al grado de doctor por la Universidad  
de Salamanca por:

**Jorge Sampedro Vidal**

Director: Prof. Dr. José María Criado Gutiérrez

SALAMANCA 2013







**A mis padres, hermanos y tías,  
A mi abuelo Juan,  
A mis sobrinas María y Lola**



Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas e instituciones que han colaborado en el desarrollo del presente trabajo, especialmente:

Al profesor Dr. D. Carlos Moreno Pascual por haber confiado en este proyecto y por su guía e involucración constante, poniendo además a mi disposición todos los medios y recursos necesarios .

A los Doctores D. José María Criado Gutiérrez y D. Antonio Javier de la Fuente Juan por su ayuda, consejos y orientaciones.

Al Dr. D. Rafael González Celador y a D. Javier Mateos Conde por su gran ayuda en el análisis estadístico y en la presentación de los resultados. Lamentablemente, Rafa nos abandonó sin poder asistir a la presentación de este trabajo, pero practicando uno de sus deportes favoritos. Destacar su formidable capacidad para hacerse muy cercano, ya desde el primer contacto.

Al profesor Dr. D. José Ignacio Calvo Arenillas por su apoyo incondicional, por su capacidad y entusiasmo para trasladar sus conocimientos, y por ser prácticamente un padrino. También quisiera agradecer la colaboración del resto del departamento de Física, Ingeniería y Radiología Médica.

A los entrenadores Diego Dunjo, Ángel Martín y Domingo Tobes del equipo CDUS Rugby, y a todos los jugadores/as que han colaborado con entusiasmo e ilusión en este trabajo.



# ABREVIATURAS

cm centímetro  
CMJ Salto contramovimiento  
Col. Colaboradores  
Correl. Correlación  
CSD Consejo superior de deportes  
CDUS Club deportivo Universidad de Salamanca  
DE Desviación estándar o típica  
Dif med Diferencia de medias  
Din Dinamometría  
 $\Sigma$  6P Sumatorio de seis pliegues  
EMG Electromiografía  
EMG med valores medios electromiográficos.  
EMG pot valores de potencia electromiográfica  
Ext. Extensión  
F Fuerza  
 $F_{\text{máx}}$  fuerza máxima  
Flex. Flexión  
GREC Grupo Español de Cineantropometría  
Hz hercios  
IMC Índice de masa corporal  
ISAK International Society for Advance in Kinantropometry  
kcal Kilocaloria  
kg kilogramo  
kgs kilogramos  
kJ kilojulio  
km kilómetro  
km/h kilómetro por hora  
Kp Kilopondio  
M. Masa  
m metro  
Máx. Máxima  
min. minuto  
mm milímetros  
MM.II Miembros inferiores  
mph millas por hora  
Musc. Muscular  
 $\mu$ V microvoltios  
M hielo Masaje con hielo  
N Newton  
p significación  
p. ej. por ejemplo  
Pl. C. Pliegue cutáneo  
Post Postintervención  
Pot Potencia  
Pre Preintervención

PSF m Percepción subjetiva de fatiga muscular  
RJ Saltos repetidos  
RM Resistencia máxima  
r.p.m. revoluciones por minuto  
seg. segundo  
SJ Squat jump  
W vatios  
WAT Test de Wingate

# ÍNDICE

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	17
1.1. MASOTERAPIA .....	20
1.1.1. Concepto y evolución histórica .....	20
1.1.2. Maniobras básicas del masaje .....	24
1.1.3. Efectos fisiológicos del masaje .....	26
1.2. CRIOTERAPIA .....	27
1.2.1. Evolución histórica .....	27
1.2.2. Concepto y técnicas .....	29
1.2.3. Efectos fisiológicos .....	30
1.2.4. Masaje con hielo .....	36
1.3. VIBROTERAPIA MECÁNICA .....	36
1.3.1. Evolución histórica de la mecanoterapia .....	37
1.3.2. Efectos biológicos de la vibroterapia .....	38
1.3.3. Máquina de recuperación muscular (MRMLeg Arm Fit®) .....	40
1.4. BIOFEEDBACK .....	41
1.4.1. Historia .....	41
1.4.2. Concepto .....	49
1.4.2.1. Definición .....	49
1.4.2.2. Fases .....	50
1.4.2.3. Modalidades de presentación .....	51
1.4.2.4. Técnicas en la rehabilitación neuromuscular .....	52
1.4.2.5. Validez científica y utilidad clínica .....	52
1.4.2.6. Tratamiento .....	53
<b>2. OBJETIVOS</b>	55
2.1. Objetivo general.....	57
2.2. Objetivos específicos.....	57
<b>3. SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS</b>	59
3.1. Sujetos.....	61
3.2. Material.....	61
3.2.1. Datos antropométricos.....	62

3.2.1.1. Ficha antropométrica.....	62
3.2.1.2. Materiales necesarios para la toma de datos.....	62
3.2.2. Tabla de registro para la percepción subjetiva de la fatiga muscular..	64
3.2.3. Electromiógrafo.....	64
3.2.4. Plataforma de salto.....	66
3.2.5. Dinamómetro.....	68
3.2.6. Cicloergómetro.....	69
3.2.7. Máquina de recuperación muscular (MRM).....	70
3.2.8. Biofeedback.....	71
3.2.9. Ficha de registro de datos de cada sesión.....	72
3.3. MÉTODOS.....	74
3.3.1. Determinación de la composición corporal y somatotipo.....	75
3.3.2. Calentamiento.....	76
3.3.3. Batería prefatiga.....	76
3.3.3.1. Registro de la percepción subjetiva de fatiga .....	76
3.3.3.2. EMG.....	77
3.3.3.3. Squat Jump .....	78
3.3.3.4. Dinamometría.....	79
3.3.4. Prueba anaeróbica de fatiga.....	80
3.3.5. Batería preintervención (postfatiga).....	81
3.3.6. Intervención.....	81
3.3.6.1. Control.....	81
3.3.6.2. Masaje.....	82
3.3.6.3. Masaje con hielo.....	83
3.3.6.4. MRM.....	83
3.3.6.5. Biofeedback .....	84
3.3.7. Batería postintervención .....	85
3.3.8. Análisis estadístico .....	85
<b>4. RESULTADOS</b>	<b>87</b>
4.1. Datos antropométricos .....	89
4.2. Intervenciones y comparaciones con la sesión control .....	91
4.2.1. Control .....	91
4.2.2. Masaje .....	92
4.2.2.1. Comparación masaje – control .....	93

4.2.3. Masaje con hielo .....	94
4.2.3.1. Comparación masaje con hielo – control .....	94
4.2.4. MRM .....	95
4.2.4.1. Comparación MRM – control .....	96
4.2.5. Biofeedback .....	97
4.2.5.1. Comparación biofeedback – control .....	97
4.3. Comparación sesiones .....	98
<b>5. DISCUSIÓN</b> .....	<b>105</b>
5.1. Intervenciones .....	108
5.2. Antropometría.....	110
5.3. Sesión control .....	111
5.4. Intervención masaje .....	112
5.5. Intervención masaje con hielo .....	114
5.6. Intervención MRM .....	116
5.7. Intervención biofeedback .....	117
5.8. Comparación entre técnicas .....	117
5.9. Limitaciones del estudio y sugerencias para futuros trabajos .....	119
<b>6. CONCLUSIONES</b> .....	<b>121</b>
<b>7. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	<b>125</b>
<b>8. ANEXOS</b> .....	<b>151</b>
8.1. Anexo 1: Informe del Comité de bioética .....	153
8.2. Anexo 2: Consentimiento informado .....	154



# **INTRODUCCIÓN**



# 1. INTRODUCCIÓN

A lo largo de la historia numerosas civilizaciones y culturas han utilizado el masaje de forma intuitiva y empírica, con fines higiénicos, de bienestar y médicos, y cuyo reconocimiento ha sufrido altibajos. Ha alternado periodos de prestigio social, en el Antiguo Egipto era considerado un privilegio de la clase alta, con otros de rechazo y persecución como en la Edad Media (García y Seco, 2001). En Occidente toda actividad manual fue desprestigiada hasta mediados del siglo XIX (Torres y Salvat, 2006).

El masaje ha sido y es, una técnica utilizada en los diferentes campos en los que puede actuar la Fisioterapia. El mundo del deporte es quizá una de las disciplinas en la que el masaje cuenta con mayor reconocimiento, tanto por parte de los atletas y entrenadores, como por parte de los médicos deportivos. El masaje tiene una larga tradición de empleo en el deporte y se usa actualmente en el tratamiento y la prevención de lesiones deportivas.

Pero su utilización está basada en muchos casos en experiencias y observaciones subjetivas, tanto de la personas que lo emplean como de las personas que lo reciben, y en la creencia de que proporcionan numerosos beneficios (Hemmings, 2001). Sin embargo los beneficios del masaje no han sido suficientemente estudiados (Weerapong y col., 2005).

Con el tiempo, el masaje junto con otras técnicas "fisioterápicas" abrirían las puertas a nuevas formas de terapias con fines similares. Estas nuevas terapias serían cada vez más especializadas e irían desarrollándose con la experiencia personal, las experiencias recogidas por escrito (en pergaminos y manuscritos primero, y en libros, revistas y artículos científicos después), y los avances tecnológicos.

Así, surge la utilización del frío con fines terapéuticos en las civilizaciones griega y romana, surgiendo así la crioterapia; sin embargo, no se introduce en la práctica deportiva de forma amplia hasta los años cuarenta.

Estas técnicas se van introduciendo paulatinamente en el ámbito deportivo, para competir en condiciones más óptimas o para recuperarse en un tiempo más corto. El impacto es tal en este ámbito que surge posteriormente una rama especializada, adaptada a las demandas del deportista y del nivel de competición. Pero es aquí donde surge una gran controversia, referente a cuando debe realizarse una terapia u otra, cual

es más eficaz y cual es muy útil después de la práctica deportiva pero tiene un efecto negativo antes de la misma.

Con los avances tecnológicos fueron surgiendo aparatos capaces de mejorar y complementar el trabajo del fisioterapeuta. Entre estos nuevos aparatos surge el EMG-biofeedback en la década de los sesenta, capaz de registrar la actividad eléctrica del músculo y expresarla en escalas visuales, auditivas o ambas, de forma binaria o proporcional y continua o discontinua, logrando la complicidad del paciente. Resulta sumamente eficaz como mecanismo de ayuda para el aprendizaje del control sobre la tensión muscular.

Surge, por tanto, la retroalimentación entre máquina y persona. Se demuestra así que puede medirse en el sistema nervioso autónomo a través del condicionamiento operante. Más tarde aparece, directamente en el mundo del deporte (se dice directamente porque la mayoría de técnicas surgen en otros ámbitos y luego se les encuentra aplicación deportiva), la máquina de recuperación muscular, capaz de producir vibraciones a una intensidad y frecuencia constantes, lo que la convierte en una revolución dentro de la vibroterapia, ya que conseguir vibraciones manualmente a una intensidad y frecuencia constantes resulta muy complicado y muy fatigante para el fisioterapeuta.

Estos avances han permitido ampliar campos que pudieran pensarse limitados hasta entonces.

Si bien, todas estas técnicas se siguen utilizando, algunas han quedado en desuso o no se les otorga la relevancia adecuada, quizás por falta de trabajos que avalen su eficacia. Otras, en cambio, se emplean constantemente y sin embargo son pocos los trabajos científicos que demuestren su eficacia o lo hacen basándose en pruebas subjetivas o poco específicas.

## **1.1. MASOTERAPIA**

### **1.1.1. Concepto y evolución histórica**

A la palabra masaje se le atribuyen diferentes orígenes. Canamasas y Vázquez Gallego (Canamasas, 1993; Vázquez Gallego, 2000) coinciden en afirmar que la raíz de la palabra puede derivar de las siguientes palabras:

- *Massech*: del hebreo palpar.
- *Massien*: del griego frotar.
- *Mass*: del árabe frotar, tocar con suavidad.
- *Masser*: del francés amasar.

En cuanto a la evolución histórica, Estradere en 1863 realiza su tesis doctoral sobre el masaje (Belloch y col., 1970) y divide la evolución histórica del masaje en tres periodos:

- **a) Un primer periodo o de innovación.** Se extiende hasta la invasión de los bárbaros. En él se practicaba el masaje de forma empírica y acabó integrándose en la terapéutica.

Muchos autores consideran que la referencia más antigua del masaje se encuentra en el "Kong-Fou", 2700 a.C., practicados por los monjes Lao Tse. Está basado en una serie de posiciones rituales y movimientos, así como ejercicios respiratorios prescritos por los sacerdotes taoístas para aliviar ciertas dolencias, bajo una concepción "*mágico-religiosa*".

Pero según Kamenetz (Kamenetz, 1973) en el Kong-Fou no se hace mención expresa del masaje y es en una obra china, el "Nei Ching", una de las obras más antiguas conocida, probablemente escrita antes del 2700 a.C., donde en el capítulo XII dice: "*El tratamiento más adecuado para la parálisis completa, la fiebre y los escalofríos consiste en los ejercicios respiratorios, el masaje de la piel y de la carne y los ejercicios de manos y pies*". Con la medicina China nace la Acupuntura, a finales del siglo III y comienzos del II a.C., alcanzando su madurez hacia el siglo III d.C. Las tres formas de tratamiento de la medicina china eran la acupuntura, la moxa y el masaje (Canamasas, 1993).

La primera obra de carácter médico que se conoce de la India, es el "*Ayur-Veda*", en la que se menciona el masaje con los términos de fricción y frotación (Canamasas, 1993).

También se encuentran referencias en el Antiguo Egipto al masaje y a los aceites y cremas que se utilizaban. En esta época el masaje se consideraba un privilegio de la clase alta.

Hipócrates, el que es considerado como padre de la medicina (460-380 a.C.), tuvo un conocimiento amplio del masaje y sus efectos (Belloch y col., 1970). Utilizó la "*anaptrisis*" o fricción hacia arriba. habla de la aplicación de la fricción en diferentes afecciones como las luxaciones, los esguinces o el estreñimiento. Hipócrates

recomienda a un grupo de jóvenes que realiza actividades deportivas lo siguiente "*Quee haga carreras, pocas y rápidas, flexiones de brazos, fricción, con una larga estancia en el gimnasio y lucha en el polvo*" (Corpus Hippocraticum, 1839-1861). " La lucha y la fricción procuran más ejercicio a las partes exteriores del cuerpo, calientan la carne, la endurecen..." (Corpus Hippocraticum, 1839-1861).

En Grecia y Roma el uso del masaje con fines terapéuticos estaba muy extendido. En las termas romanas se aplicaba masaje por medio de los "*traclatores*" con aceites y ungüentos.

En el siglo I antes de Cristo Asclepiades recomienda el empleo del masaje en Roma. Además aumenta las indicaciones del masaje y establece la primera contraindicación para enfermedades en fase aguda.

Galeno (120-199) que llegó a ser médico del emperador Marco Aurelio fue el que más y mejor se ocupa del masaje (Belloch y col., 1970). Aunque nació en Grecia, ejerció su labor en Roma. En su obra "*Gymnástica*" habla de las acciones del masaje, de las pautas y maniobras.

- **b) Un segundo periodo o de renovación.** Se desarrolla durante la edad media. La exaltación de los valores religiosos hace que pase a un segundo plano una técnica que cuida el cuerpo. Incluso que esté perseguida su aplicación.

Se extiende desde la invasión de los bárbaros hasta la edad media incluida. Es un periodo de oscurantismo. Los valores religiosos del cristianismo imponen los cuidados del alma frente al culto al cuerpo. Afortunadamente los árabes continuaron la medicina de Galeno e Hipócrates. Destaca la figura del Médico Avicenna (930-1037), quien establece indicaciones claras para la aplicación del masaje.

En la Edad Media continua el declive de todas las ciencias incluida la medicina. El masaje también es sensible a estos cambios y es considerado como un acto contrario a la buena moral y sus practicantes perseguidos.

En el Renacimiento se retoma el uso del masaje y la gimnasia que tanta difusión tuvo en Roma y Grecia, como medida terapéutica.

En el siglo XVI, el cirujano francés Ambrosio Paré (1517-1590), habla de la utilidad del masaje y de su empleo junto con la cinesiterapia en el foco de fractura.

En 1553 Cristóbal Méndez, en su Libro del Ejercicio corporal y sus provechos señala "*...la tal persona que lo puede hazer, acabado el ejercicio, ase luego acostar en su cama, con que no esté muy fría, desnudo de la camisa, con paños algo ásperos fregarssse el cuerpo de todas las maneras que se pudiere hazer, y assi los braços hazia*

*abaxo, assí las piernas y todo lo demás;...*" (Méndez Cristóbal, 1553). El término "fregarse" podría identificarse con la actual acepción del término masaje.

Gómez Miedes, Obispo de Albaracín fue el autor de una publicación sobre automasaje en 1589, probablemente la primera publicación conocida de este tipo.

Jerónimo Mercurialis (1530-1606) escribe un amplio tratado sobre medicina física utilizando gimnasia y masaje.

Los conocimientos de anatomía y fisiología que se obtienen durante el siglo XVIII, apoyan el desarrollo del masaje. En 1780 Clemente José Tissot publica "*Gymnastique medicinale et chirurgicale*". En él utiliza maniobras de frotación, amasamiento, fricción y golpeteos. Realiza una diferenciación de las maniobras del masaje, algunas de las cuales aún persisten en nuestros días. Establece las dosis, la intensidad y el tiempo que se deben aplicar las maniobras según la constitución del sujeto. El término masaje fue utilizado por primera vez en 1779.

- **c) Tercer periodo o de perfeccionamiento.** Comienza en el siglo XIX y se extiende hasta la actualidad. Los conocimientos científicos cada vez mayores de la medicina permiten describir los efectos fisiológicos y las bases del masaje.

Comienza en el siglo XIX. Durante este periodo la medicina avanza enormemente, lo que afecta de manera positiva al masaje. Su utilización se amplía por numerosos países y su práctica se extiende entre el mundo de la medicina. En esta época aparece la importante aportación del sueco Per Henrik Ling (1776-1839). A él le debemos el desarrollo de la cinesiterapia y el masaje y originó lo que pasó a denominarse "*masaje sueco*", que es la base científica del actual masaje. Sus colaboradores Liedbeck y Georgi continuaron su labor. Suya fue la obra "*Los fundamentos generales de la Gimnasia*", publicada en 1840 y con capítulos dedicados al masaje.

Johan Georg Metzger (1838-1909) fue considerado el padre del masaje en Europa. Utilizando los métodos de Ling alcanzó un éxito notable con su obra "*Tratado de las luxaciones del pie por medio de masaje*". Metzger consideraba al masaje como una entidad propia separada de la gimnasia. hay que tener en cuenta la importancia de esta afirmación ya que, según afirmaba Octavio Fernández en su tratado de Historia de la Kinesiología, en la evolución histórica de la cinesiterapia es difícil separar las distintas formas de terapias por el movimiento, masaje, gimnasia médica o educación física (Belloch y col., 1970).

En 1863, Estradere escribió su tesis doctoral sobre el masaje. En ella amplía las indicaciones del masaje al tratamiento de las complicaciones de las fracturas, como atrofia, rigideces o adherencias.

El masaje ya se aplica con bases científicas y fisiológica por lo que numerosos médicos y cirujanos de la época recurren a esta técnica. El desarrollo científico permite que las técnicas de masaje se especialicen cada vez más. Así surgen las técnicas de masaje del tejido conjuntivo, basándose en los reflejos o el masaje transversal profundo de Cyriax.

### **1.1.2. Maniobras básicas del masaje**

A día de hoy no existe un consenso sobre la clasificación de las maniobras del masaje (Canamasas, 1993). Según la época, el idioma y el rigor científico existen clasificaciones difíciles de hacer coincidir, a veces incluso incomprensibles (Dufour, 1996). La terminología más habitual en nuestro entorno es la de la escuela francesa (Canamasas, 1993; Dufour, 1996), que con ligeras diferencias según los autores, distingue entre las siguientes maniobras:

- Roces o presiones con deslizamiento: consiste en deslizar la mano o una parte de ella sobre la piel. Es la maniobra con la que se suelen iniciar los masajes y provoca una disminución de la sensibilidad de la piel (Canamasas, 1993; Dufour, 1996).

- Fricción: puede ser superficial o profunda. Algunos autores equiparan la fricción superficial al roce (García Garcés y Seco Calvo, 2001). La diferencia entre ambas es la presión de ejecución que será mayor en fricción profunda. La fricción consiste en colocar la mano sobre la zona a tratar y deslizar la piel sobre los tejidos subyacentes, es un masaje de tejidos profundos al comprimir estos contra un plano óseo. La mano siempre está en contacto con el plano cutáneo y lo que se desplazan son los tejidos profundos no la piel. Según la zona a tratar y la patología existente, esta maniobra puede ser ejecutada de forma lenta o rápida. Además es posible aplicarla de manera estática o dinámica. El paradigma de fricción estática es el masaje de fricción transversal y profundo o técnica de Cyriax.

Los efectos principales de la maniobra de fricción son el aumento de la temperatura, tanto a nivel superficial como en la zona profunda que provocará una vasodilatación local primero y un posterior aumento de la circulación periférica. La hiperemia facilita

la absorción de hematomas y la eliminación de catabolitos (García Garcés y Seco Calvo, 2001). Ejerce influencia también sobre el sistema nervioso vegetativo pudiendo ser estimulante o relajante según como sea aplicada la técnica, las maniobras de fricción lentas y dinámicas son relajantes mientras que las rápidas y estáticas son más estimulantes. Además posee acción antiálgica en puntos dolorosos y sobre contracturas musculares.

- Presión: consiste en realizar una compresión sobre la zona a tratar. Puede ser estática si el apoyo se realiza en una zona concreta o dinámica si vamos desplazando nuestras manos y ejerciendo la presión sobre una zona más amplia. Tiene acción sedante y disminuye la cronaxia, facilitando la respuesta muscular (Canamasas, 1993) y favorece el retorno venoso (Dufour, 1996).

- Amasamiento: consiste en despegar y desplazar transversalmente los tejidos musculares mediante movimientos de torsión. Según la intensidad aplicada puede ser superficial o profundo.

El amasamiento profundo es una técnica que mejora la elasticidad muscular y ayuda a la eliminación de metabolitos. El ritmo lento, 12 a 14 amasamientos por minuto, tiene efecto calmante y descontracturante sobre el músculo tratado (Canamasas, 1993; (García Garcés y Seco Calvo, 2001, mientras que el ritmo rápido, 25 a 30 amasamientos por minuto, es estimulante.

- Vibración: consiste en una sucesión rápida de presiones y depresiones. También conocida como sacudidas. Esta maniobra es la única en la que un aparato es más eficaz que la mano (Dufour, 1996), aunque para otros autores estos aparatos dan siempre resultados inferiores a las vibraciones manuales (Belloch y col., 1970). Los vibradores mecánicos pueden ayudar al fisioterapeuta, especialmente por su efecto sobre los tendones (Neiger y col., 1984). La vibración instrumental produce ondas sinusoidales no interrumpidas en el músculo, que mantienen cierto ritmo y posee efectos estimulantes sobre el músculo y acción sedante sobre la hiperexcitabilidad nerviosa (Belloch y col., 1970). Cuando la amplitud es baja y la frecuencia media, de 4 a 8 Hz, los efectos son principalmente anestésicos (Belloch y col., 1970). Si la amplitud es grande se producen fenómenos de irritación de nervios sensitivos y efecto vasomotor.

- Percusión: consiste en una sucesión de golpes breves aplicados con toda la mano o con una parte de la misma. Siempre es manual y produce ondas amortiguadas. Tiene una frecuencia inferior a la vibración, por debajo de los 8 Hz. Esta maniobra provoca según Goltz isquemia momentánea seguida de hiperhemia reactiva, contracción de las

fibras musculares (Belloch y col., 1970) y aumento de excitabilidad nerviosa y del tono muscular (Canamasas, 1993).

### 1.1.3. Efectos fisiológicos del masaje

Los efectos fisiológicos del masaje van a depender de varios aspectos: la sensibilidad del sujeto que recibe el masaje, la región donde se aplica, la intensidad, frecuencia y ritmo de esta aplicación y, por supuesto del tiempo aplicado en la sesión.

Encontramos dos grandes tipos de efectos que se producen en la aplicación del masaje: los directos y los indirectos.

Los **efectos directos** son debidos a la acción mecánica del masaje, y se manifiestan en:

- **Piel:** se produce un estiramiento de las fibras elásticas y aumento de la secreción sebácea. Todo ello contribuye a dotar a la piel de mayor suavidad y elasticidad; lo que vigoriza y mejora el estado nutritivo de la misma.

- **Tejido conjuntivo:** hay un aumento de la elasticidad de este tipo de tejido, lo que unido al estiramiento de las estructuras que lo conforman (cápsulas, aponeurosis, fascias y ligamentos) pueden llegar a producir un despegamiento o liberación de las estructuras que se encuentren contraídas y/o adheridas.

- **Tejido subcutáneo:** aumenta el metabolismo y la circulación, lo que conlleva una disminución del tejido graso; que se verá potenciado con la dieta y el tratamiento médico adecuados. Independientemente puede favorecer la absorción de líquidos y edemas intersticiales.

- **Músculo:** Como en casi todos los tejidos, se produce una mejor nutrición y aumento del metabolismo, que contribuye a impedir la concentración de ácido láctico y mejora la excitabilidad muscular, con lo que aumenta el tono y el rendimiento muscular. Puede utilizarse el masaje sobre el músculo para evitar la hipertonia o espasticidad siempre que se utilice de forma previa a la cinesiterapia, y además previene la atrofia de la musculatura poco o nada utilizada.

- **Circulación:** Puede eliminar edemas y exudados pues se mejora el retorno venoso y linfático.

- **Sistemas nerviosos central y periférico:** Actúa sobre las terminaciones nerviosas de la piel de tres formas diferentes: sedante, relajante o estimulante, según el tipo de masaje que utilicemos.

Los **efectos reflejos o indirectos** son producidos a distancia por la masoterapia debido al desencadenamiento de acciones reflejas. éstas son mayores en las maniobras ligeras como la frotación, en la cual los efectos mecánicos son mínimos:

- **Sobre la circulación:** Al actuar sobre la piel se produce una vasodilatación y un aumento local de temperatura; conlleva igualmente un aumento del metabolismo e intercambio entre los tejidos y una emigración leucocitaria a través de los capilares.

- **Sobre el músculo:** Las maniobras superficiales pueden conseguir disminuir e incluso erradicar un espasmo o contractura muscular, ya que los estímulos cutáneos producen impulsos que desencadenan relajación muscular y dilatación capilar refleja.

- **Sobre el dolor:** Se produce un aumento del umbral del dolor, lo que acarrea analgesia local, pero además algunas maniobras pueden aliviar dolores profundos o viscerales; amén del efecto de relajación e incluso “analgesia psíquica” que el masaje desarrolla en algunos pacientes.

## 1.2. CRIOTERAPIA

### 1.2.1. Evolución histórica

El concepto de crioterapia es relativamente nuevo, y todavía no se ha aclarado lo suficiente. Hasta comienzos de los cincuenta no se incorporó el frío como un agente terapéutico de empleo habitual en el manejo de los daños y lesiones producidas en la práctica de deportes. Sin embargo, las razones que justifican o explican cuál debe ser la modalidad adoptada, por qué adoptarla y qué ocurre cuando es adoptada, son todavía motivo de debate.

Las aplicaciones de nieve y hielo natural se usaban ya desde el tiempo de los antiguos griegos y romanos, para tratar distintos problemas médicos (Licht, 1982). A principios del siglo XIX aparecieron muchos libros y artículos sobre el uso de la crioterapia, y hacia 1835 era bastante frecuente el empleo de compresas frías para tratar heridas inflamadas. La primera máquina, comercialmente viable, para hacer hielo y

acondicionar el aire de una habitación, con el objeto de atender a los enfermos de malaria, fue patentada por un médico de Florida en 1850.

Ya en 1881 se empleaban las compresas como una buena ayuda para la cirugía (Bryant, 1881). Sin embargo, en los años treinta el tratamiento habitual de los daños agudos causados por la práctica deportiva era el calor, en forma de compresas o de baños, combinado con espumas jabonosas o sales de Epsom (Morehead, 1931). En los años cuarenta los libros de texto sobre medicina del deporte aconsejaban tratamientos con frío para los daños agudos, pero sólo durante unos 30 a 60 minutos, y solamente si podían ser aplicados en los 30 minutos siguientes a la producción de la lesión (Bevan, 1956; Bilik, 1946). Cuando el daño llevaba más de 30 minutos, se prescribían baños o compresas calientes, independientemente de que antes se hubiera aplicado o no hielo. En los cincuenta el período de tiempo aconsejado para usar el frío se extendió a las 24-72 horas siguientes a la producción del daño (Bennett, 1961; Allwood y Burry, 1954; Zuidema y col., 1979) y los fisioterapeutas experimentan con su uso como coadyuvante para el estiramiento de los músculos espásticos. En 1961 los entrenadores de atletismo mantenían una abierta controversia acerca del empleo de aplicaciones de calor o frío en el tratamiento inicial de los daños producidos por el atletismo (Bennett, 1961). En esta década aumenta el uso de la criocinética (que comenzó en el Brooke Army Hospital). En 1967 se propone la teoría de la VDIF (vasodilatación inducida por el frío) para explicar los éxitos de la criocinética (combinación de frío y ejercicio en la rehabilitación).

A principios de los setenta los técnicos especializados en medicina del deporte usaban casi todos el frío, en el tratamiento inmediato de los daños agudos (Barnes, 1979; Ryan, 1973), pero no lo hacía así el resto de la comunidad médica (Barnes, 1979; Tepperman y Devlin, 1983).

En los años setenta y ochenta se realizaron esfuerzos tendentes a aumentar el conocimiento de las bases teóricas del uso del frío en el tratamiento inmediato de estas lesiones, para comprender por qué las aplicaciones de frío eran beneficiosas, y cómo y cuándo había que recurrir a ellas. El razonamiento habitual para justificar el uso del frío era que disminuía el flujo de sangre y, por lo tanto, la hemorragia y la hinchazón (p. ej. Kellett, 1986; Lee y Warren, 1978; Lehman y Warren, 1974; Sherman, 1980; Kalenak y col., 1975). En 1976, en cambio, se introduce la teoría de la "hipoxia secundaria de los tejidos" (Knight, 1976) según la cual el efecto beneficioso de tratar las lesiones músculo-esqueléticas con hielo se debe a que el frío disminuye el metabolismo local en el área

vecina a la lesión, que ha escapado al trauma. Esto, a su vez, permite que muchas células puedan sobrevivir durante el período de disminución de aporte de oxígeno, que resulta del trastorno circulatorio causado por la rotura de los vasos sanguíneos y por el proceso inflamatorio puesto en marcha por el trauma. Según esta teoría, la hinchazón sería debida, más que a la hemorragia, al edema que produciría el aumento de proteínas libres y de la presión oncótica (fuerza que atrae agua) en el seno del tejido dañado.

Parte de la teoría del daño tisular hipóxico secundario surgió de la observación de que la hinchazón se desarrollaba durante las horas siguientes al trauma, mientras que la hemorragia quedaba detenida por la coagulación sanguínea, la cual ocurre en los minutos siguientes a la producción de la lesión. Considerando que la aplicación del frío prácticamente no se logra antes de transcurridos 5 a 10 minutos de producido el trauma, que es el tiempo que transcurre mientras que el atleta es retirado del área de juego y la lesión es valorada, y el enfriamiento de la zona no llega inmediatamente a los planos profundos, la teoría de que el frío actúa deteniendo la hemorragia no parece suficiente como para explicar los notables beneficios que es capaz de producir la aplicación inmediata de frío. Actualmente la mayoría de los autores sobre entrenamiento atlético aceptan la teoría de la hipoxia tisular secundaria (Starkey, 1993; Klafs y Arnheim, 1977) aunque los que trabajan en otros campos se aferran aún a la teoría de la detención de la hemorragia (Covington y Bassett, 1993).

Las investigaciones de los años ochenta y noventa se dedicaron sobre todo a medir la cuantía del descenso de la temperatura causada por las distintas formas de aplicar frío, y a identificar la forma de crioterapia que lograba las temperaturas más bajas en menos tiempo. En esta década se demuestra que la teoría de la VDIF es incorrecta como explicación del éxito de la criocinética.

### **1.2.2. Concepto y técnicas**

*Crioterapia*, del griego, significa *frío curativo*. En consecuencia, cada vez que se use el frío como agente terapéutico, se está haciendo crioterapia. Dicho de otra manera, la crioterapia es aplicar en el cuerpo cualquier sustancia que le quite calor, bajando de esa forma la temperatura de los tejidos, para lograr un efecto terapéutico. Cada una de las siguientes técnicas es una forma de crioterapia:

- Aplicación de hielo o *cold pack* como forma de atención inmediata a un daño o lesión aguda.
- Masaje con hielo.
- Dejar correr agua fría sobre una quemadura.
- Criocinética (alternar aplicaciones de frío con ejercicio activo).
- Crioestiramiento (alternar aplicaciones de frío con estiramiento del músculo).
- Baños de agua fría (*whirlpool*: torbellinos de agua helada, cubo con aguanieve).
- Criocirugía.
- Aplicación de hielo o *cold packs* después de realizar cirugía ortopédica.
- Hipotermia corporal global previa a cirugía abdominal o de trasplante de órganos.
- Tratamiento de los *trigger points* con hielo.

Estas técnicas se pueden agrupar en cinco categorías principales, según los objetivos perseguidos:

*Cuidados inmediatos (urgencias)*: enfriar en agudo los tejidos músculo-esqueléticos, recién producido el daño o lesión, como parte de los primeros auxilios.

*Rehabilitación*: enfriar los tejidos durante la rehabilitación de ciertas patologías músculo-esqueléticas, como coadyuvante de otras terapias.

*Auxiliar en cirugía*: enfriar los tejidos antes, durante o después del acto quirúrgico.

*Criocirugía*: congelar tejidos con un propósito quirúrgico.

*Miscelánea*: técnicas no incluidas en las cuatro categorías anteriores.

### 1.2.3. Efectos fisiológicos

• **Disminución de la temperatura.** Es la primera respuesta fisiológica del tejido. Todos los cambios fisiológicos posteriores son consecuencia de este primer cambio. La temperatura desciende más deprisa en la superficie del tejido que en la profundidad.

La vuelta a la temperatura normal, una vez cesada la aplicación de frío, es más lenta que el enfriamiento. Después de una aplicación de frío (ice packs) de 30 minutos, generalmente se tarda unas 2 horas en recuperar la temperatura normal.

No todas las aplicaciones de frío son iguales. la rapidez y la amplitud del descenso de temperatura, así como el tiempo necesario para volver a la temperatura normal (recalentamiento) una vez terminada la aplicación, varían mucho según la modalidad de

enfriamiento empleada (v. gr.: ice packs, bolsa de hielo, masaje con hielo, inmersión en agua helada), el tejido a enfriar, el ambiente y la duración de la aplicación. Además, los instrumentos de medir la temperatura tienen características diferentes.

La velocidad de conducción, y en consecuencia la rapidez con que desciende la temperatura en el tejido, depende de la interacción de diversos factores:

- Diferencia de temperatura entre el cuerpo y la modalidad de frío aplicada (Fisher y Solomon, 1965; Bancroft y Edolm, 1943; Petajan y Watts, 1962). A mayor diferencia, mayor rapidez.

- Regeneración del calor corporal y modalidad de frío (Bancroft y Edolm, 1943).

- Capacidad de la modalidad para almacenar el frío.

- El tamaño de la modalidad. A mayor tamaño mayor almacenamiento de calor.

- El área del cuerpo en contacto con la modalidad. A mayor área en contacto mayor enfriamiento.

- Duración de la aplicación (Bancroft y Edolm, 1943): cuanto más dure la aplicación mayor será el frío alcanzado.

- Variabilidad individual. No todas las personas reaccionan de igual forma a la aplicación de frío (Bing y col., 1945).

La temperatura en criocirugía alcanza el rango entre  $-20^{\circ}$  a  $-70^{\circ}$  y en medicina del deporte entre  $1^{\circ}$  a  $10^{\circ}\text{C}$ .

- **Moderación del metabolismo.** “En la mayoría de los casos en los que se usa la hipotermia, el primer objetivo es reducir la actividad metabólica del organismo, de forma que un órgano seriamente dañado o que recibe un aporte insuficiente de sangre tenga más probabilidades de sobrevivir. Esto es válido porque cuando la temperatura corporal se mantiene a un nivel inferior al normal, los órganos requieren menos sangre” (Nugent, 1960; Blair 1964).

La hipotermia se emplea clínicamente para proteger los tejidos y órganos de la isquemia, cuando hay un descenso o interrupción de la circulación (Popovic y Popovic, 1974).

Delorme (Delorme, 1952) explicó cómo el enfriamiento controlado de los tejidos puede disminuir la actividad respiratoria de las células sin deprimir la función de los tejidos esenciales, hasta llevarla por debajo de un nivel compatible con la vida.

Aunque las investigaciones de laboratorio han demostrado concluyentemente que la hipotermia modera el metabolismo, los mecanismos específicamente responsables de que eso ocurra, y sus aplicaciones clínicas, son todavía motivo de debate.

La hipotermia reduce las necesidades celulares (Seiyama y col., 1990; Blair, 1964; Lung y Wade, 1963; Nordstrom y Rehncrona, 1978) reduciendo también, por consiguiente, los requerimientos de oxígeno. Cuanto más profundo sea el enfriamiento de un organismo, mayor será la moderación de su metabolismo (Civalero y col., 1962; Freeman, 1940; Hegnauer y D'Amato 1954; Michenfelder y Theye, 1968; Popovic y Popovic, 1974; Race y col., 1968).

Los estudios realizados empleando músculo y testículo (Ikemoto y col., 1988; Ryan, 1976; Wright y col., 1988) han demostrado que el daño producido por isquemia es menor cuando estos órganos han sido enfriados. Otros estudios indican que el deterioro metabólico (Sapega y col., 1988), la acidosis celular (Osterman y col., 1984) y el aumento de la albúmina sérica que se producen al aplicar un torniquete (Ikemoto y col., 1988), son menos marcados bajo hipotermia. Asimismo, la conservación de mitocondrias requiere menos oxígeno cuando éstas se conservan a bajas temperaturas (Najafi, 1973; Seiyama y col., 1990).

- **Efectos inflamatorios** (aumento o descenso). Las investigaciones disponibles indican que el frío actúa en diferentes situaciones, demorando, retardando o estimulando la respuesta inflamatoria (Bierman, 1955; Schmidt y col., 1979). La conclusión de estos estudios sería que el frío no impide la aparición de la respuesta inflamatoria, sino que simplemente retrasa su aparición (Svanes, 1964; Abakumova, 1978).

Schmidt y col. (1979) concluyeron que las aplicaciones de frío pueden inhibir significativamente algunos tipos de inflamación, mientras que pueden estimular a otros. El frío estimula la inflamación celular mediada por las prostaglandinas. En cambio, la inflamación por formol, que induce una necrosis aguda, considerada similar a la inflamación inducida traumáticamente, fue inhibida por la hipotermia. Este efecto de inhibir la respuesta inflamatoria, sin embargo, sólo se produjo cuando la aplicación de frío fue prolongada. Los investigadores opinan que sus resultados están de acuerdo con la experiencia clínica, y que la inflamación exudativa aguda (las que incluyen suero o sangre) reaccionan favorablemente al frío.

- **Efectos circulatorios** (aumento o descenso). A pesar de que existe mucha confusión acerca de cuál es la respuesta circulatoria a la aplicación de frío, hay mucha evidencia acumulada de que las aplicaciones terapéuticas de frío causan vasoconstricción y disminución del flujo sanguíneo. Esta confusión se debe a que existe la idea bastante extendida de la vasodilatación inducida por el frío (VDIF), de que la

aplicación terapéutica del frío causa un aumento del flujo sanguíneo, mayor y más prolongado que el que se pueda lograr aplicando calor.

• **Efectos neurológicos y neuromusculares:** los efectos de frío sobre las distintas estructuras neurológicas y neuromusculares son diversos.

Aplicado a los receptores, el frío aumenta su actividad y, en consecuencia, la transmisión al sistema nervioso central, mientras que el enfriamiento de los nervios sensitivos disminuye su capacidad de conducción.

La velocidad de conducción de los nervios sensitivos disminuye literalmente a medida que desciende la temperatura (Paintal, 1965), hasta alcanzar una temperatura crítica alrededor de los 27°C. Por debajo de esta temperatura los efectos del frío sobre la velocidad de la conducción nerviosa aumentan, hasta que se produce un bloqueo total.

Aparentemente, tanto las fibras de conducción rápida como las lentas, las mielínicas y amielínicas reaccionan en forma similar, salvo en el hecho de que las no mielinizadas son bloqueadas a temperaturas más bajas que las mielinizadas.

El efecto del frío sobre los husos musculares es parecido a su efecto sobre las fibras sensitivas, pero es matizado por el estado de actividad de la fibra del huso.

El frío no parece afectar tanto a los órganos de Golgi del tendón como a los husos musculares (Mense, 1978).

La velocidad de conducción nerviosa de los nervios motores disminuye con el enfriamiento (Abramson y col., 1966; Halar y col., 1980), fenómeno aparentemente debido al aumento del umbral nervioso a la estimulación.

La transmisión sináptica decrece (Foldes y col., 1978; Li, 1958; Stevenson y col., 1958; Thornton y col., 1976), mientras la latencia y la duración de los potenciales de acción musculares se prolongan (DeJong y col., 1966; Li, 1958; Li y Gouras, 1958).

Las relaciones entre la tensión muscular y la duración y frecuencia de los estímulos son complejas. En algunos músculos, el aumento de la duración de los potenciales de acción lleva a un aumento de la duración y tensión de la contracción muscular brusca, pero a un descenso de la tensión tetánica (Chatfield, 1959; Hill, 1951). En otros músculos (básicamente los de contracción lenta), la tensión de la contracción disminuye a medida que desciende la temperatura (Maclagan y Zaimis, 1957; Ricker y Hertel, 1977). Por último, en otros hay un aumento seguido de una disminución en esta tensión, a medida que la temperatura desciende progresivamente (Truong y col., 1964).

Las aplicaciones de frío producen un descenso de la tensión tetánica isométrica, de la velocidad de desarrollo de la tensión, y de los tiempos de semiascenso y semirrelajación

de esta tensión (Ranatunga y Wylie, 1983). Estas disminuciones muestran un cambio abrupto hacia los 22 o 23°C, indicando un cambio abrupto en por lo menos uno de los procesos contráctiles involucrados.

Los parámetros isotónicos (velocidad máxima de acortamiento, velocidad máxima de desarrollo de la tensión, y desplazamiento de la curva fuerza-velocidad) decrecen también con el enfriamiento (Ranatunga, 1982).

Los cambios en la fuerza de un grupo muscular completo aparecen solamente cuando la temperatura en la profundidad muscular alcanza los 15-18°C, lo cual requiere habitualmente por lo menos unos 20 minutos de enfriamiento (Coppin y col, 1978; Johnson y Leider, 1977).

El enfriamiento externo disminuye ciertos reflejos (patelar, tríceps sural) (Miglietta, 1962) mientras que ciertos niveles de enfriamiento del sistema nervioso central producen un aumento de algunos reflejos mono y polisinápticos (Koizumi y col, 1960). Al parecer, estos efectos no son producidos por la acción directa del frío sobre ciertos componentes individuales (información aferente sensorial, nervios motores, contracción muscular) del reflejo.

La capacidad propioceptiva no parece afectada por las aplicaciones de frío de corta duración (LaReviere y Osternig, 1994; Thieme, 1993).

La agilidad tampoco parece afectada por las aplicaciones de frío (Evans, 1994).

• **Disminución del dolor.** El frío no sólo calma el dolor producido por la patología músculo-esquelética (Chapman, 1991), sino que a menudo lo hace de una manera sorprendente. Las observaciones clínicas no dejan lugar a dudas en cuanto a la eficacia del frío para reducir muchos tipos de dolor, pero existen también evidencias experimentales concluyentes acerca de su eficacia (Chapman, 1991). El frío es una de las maneras más eficientes, y una de las menos empleadas, para aliviar el dolor (McCaffery, 1979).

Aunque no existe una respuesta definitiva de cómo el frío alivia el dolor se han propuesto muchas teorías para explicar el alivio del dolor por el frío:

- Disminuye la transmisión de los impulsos nerviosos por las fibras sensibles al dolor (Glick y Lucas, 1969; Haines, 1970; Knight, 1979; McMaster, 1982; Olson y Stravino, 1972; Raptou, 1968; Thompson, 1977; Hocutt, 1981).

- Disminuye la excitabilidad de las terminaciones nerviosas libres (Haines, 1970; McMaster, 1982)

- Disminuye el metabolismo de los tejidos, aliviando los efectos negativos de la isquemia (Laing y col., 1973)

- Provoca una transmisión asincrónica de los impulsos nerviosos en las fibras nerviosas (Clarke y col., 1958)

- Aumenta el umbral del dolor (Haines, 1970; McMaster, 1982; Olson y Stravino, 1972; Rawlinson, 1961; Kraus, 1941)

- Actúa como contraestimulante (alivio de dolor en un sitio provocando irritación en otro) (McMaster, 1977; Ellis, 1961; Melzack y Wall, 1965; Torebjork, 1974)

- Libera endorfinas (Raether, 1983)

- Inhibe las neuronas de la médula espinal (Tovel, 1980)

• **Disminución del espasmo muscular.** La popularidad de la crioterapia como técnica a emplear para aliviar los espasmos musculares está muy por delante de los conocimientos teóricos que pudieran justificar su éxito.

Las tres explicaciones más comunes de la disminución de los espasmos musculares, incluyen: a) disminución de la afluencia de impulsos sensoriales; b) mecanismo reflejo; y c) interrupción del ciclo dolor-espasmo-dolor.

- La teoría de la disminución de la afluencia de información sensorial producida por el frío, proviene de que la velocidad de conducción del impulso nervioso por los nervios sensitivos y motores disminuye, lo cual reduce la actividad motora.

- La teoría refleja está apoyada por numerosos hechos: a) muchos nervios motores están demasiado profundos para que el frío pueda enfriarlos directamente lo bastante rápido como para explicar lo precoz del efecto; b) la actividad motora decrece enfriando simplemente la piel, aunque esté separada de las estructuras más profundas; c) la actividad de los husos musculares motores decrece al enfriarse; d) la descarga de los husos musculares decrece con la estimulación simpática.

- Aliviar el espasmo requiere a menudo la combinación de crioterapia y ejercicio gradual (como el crioestiramiento), con cuya asociación se logra poner a cero la influencia nerviosa central.

• **Aumento de la consistencia de los tejidos.** Al enfriar músculos, tejido conjuntivo o articulaciones normales, éstos se vuelven más rígidos, pierden su elasticidad y se resisten a ser movidos. La actividad motora fina, en estas condiciones, se vuelve torpe y poco natural, pudiendo llegar a desaparecer. La actividad motora gruesa en cambio, se mantiene. Una actividad sobremanera brusca puede provocar la rotura o el desgarro de algún tejido. La rigidez muscular aparece secundariamente a un trauma o un ejercicio

excesivo; tanto las aplicaciones de calor como las de frío pueden emplearse para aliviar estos síntomas.

#### **1.2.4. Masaje con hielo**

Esta técnica supone exactamente lo que indica su nombre: dar masaje con hielo. Se frota el hielo con un movimiento de vaivén, paralelo a la dirección de las fibras del músculo subyacente. Cada pasada debe abarcar toda el área a tratar, y a lo ancho debe superponerse aproximadamente a la mitad de la anterior.

La respuesta fisiológica a esta forma de enfriamiento presenta ciertas peculiaridades con respecto de otras formas de crioterapia.

En primer lugar, la aplicación cursa por fases; a medida que se va masajeando el área, el hielo entra en contacto con una zona determinada durante un breve intervalo; en seguida los tejidos quedan expuestos a la temperatura ambiente. Esto es un inconveniente cuando se trata de obtener un descenso regular de la temperatura de los tejidos.

En segundo lugar, la acción de masaje que realiza el hielo estimula mejor los mecanorreceptores que otras formas de crioterapia. Probablemente por esta razón, el masaje con hielo produce un "adormecimiento" de la zona, más rápido que con la inmersión o los paquetes de hielo.

### **1.3. VIBROTERAPIA MECÁNICA**

"Consiste en la aplicación de vibraciones mecánicas de baja frecuencia. Es una modalidad fundamentalmente analgésica que tiene una difusión limitada en fisioterapia" (Plaja, 2003).

### 1.3.1. Evolución histórica de la mecanoterapia

El doctor Zander, médico sueco nacido en 1835 fue el iniciador de la mecanoterapia. Ideó una serie de máquinas que podrían ayudar al "instructor", quedando éste encargado de la enseñanza inicial y de supervisar la realización de los ejercicios. Murió en 1920, habiendo desarrollado 71 tipos distintos de aparatos para realizar ejercicios activos, asistidos y resistidos y también para aplicar masaje (Jiménez, 2000).

Zander diseñó "*aparatos activos*", que servían para fortalecer grupos musculares concretos, pero también "*aparatos pasivos*", que transmitían el movimiento al cuerpo o a una parte del mismo. Se movían mediante un motor impulsado a vapor o por gas. Los aparatos activos de Zander estaban adaptados para fortalecer un determinado grupo muscular. Los aparatos pasivos podían movilizar un miembro o todo el cuerpo, manteniendo y mejorando el rango articular en segmentos corporales limitados (Jiménez, 2000).

Diseñó también aparatos que provocaban "*transferencias mecánicas*". Estos trataban de imitar las distintas manipulaciones del masaje. Es posiblemente la primera referencia que relaciona el masaje y sus técnicas con aparatos mecánicos, seguramente influenciado por el doctor Ling, que consiguió el reconocimiento científico del masaje y la cinesiterapia y del que Zander fue discípulo.

Clasificó este tipo de aparatos según su acción en:

- Movimientos de sacudida.
- Movimientos de percusión.
- Movimientos de amasar.

Desde entonces se han sucedido los diseños de aparatos que consigan reproducir los movimientos del masaje. En fisioterapia es común el empleo de vibradores mecánicos. Existen vibradores de mano o cepillos de masaje con batería, que provocan vibraciones a diferentes frecuencias; 10, 50, 100 y 250 Hz. La vibración produce una disminución del dolor, siendo la más analgésica la de 100 Hz.(Plaja, 2003). Estos aparatos pueden ayudar al masaje, pero una parte de la vibración es absorbida por el terapeuta que lo manipula, por lo que puede resultar incómodo y molesto cuando se llevan unos minutos de aplicación (García y Seco, 2001).

### 1.3.2. Efectos biológicos de la vibroterapia

Para entender los efectos biológicos de la vibroterapia, es importante tener en cuenta que el mecanismo está muy relacionado con el valor de la frecuencia y la profundidad de la aplicación.

- **Relajación y tonificación neuromuscular:** Cuando se aplica la vibración a un músculo, se produce una apertura circulatoria con llegada de oxígeno y materia prima para la contracción. A la vez que se drena la circulación venosa y linfática, se elimina todo el cúmulo de material tóxico, que comparece habitualmente ante espasmos musculares sostenidos y que funciona como irritante del propio músculo. Por este efecto circulatorio y físico de una frecuencia baja sobre el miocito y la unidad motora, el resultado final es la disminución del espasmo, relajación de la musculatura en cuestión, así como una disminución de la demanda de los músculos antagonistas. De esta manera se facilita la ejecución del movimiento, incluso en músculos espásticos. Cuando a este mismo músculo se le aplica la vibración a nivel del tendón de inserción, la respuesta conseguida va a ser también una estimulación, pero en este caso del mecanismo de defensa o reflejo del músculo ante el estiramiento. Esto estimula, por consiguiente, el reflejo miotático en pacientes con lesiones de la primera neurona motora, que se traduce en un aumento del tono, finalmente se facilita la ejecución de los ejercicios.

A partir de estos dos mecanismos, y la adecuada dosificación de la aplicación, es posible utilizar la vibroterapia en el proceso de relajación muscular y luego en su tonificación. Esto tiene gran valor en el proceso de reeducación muscular y permite la estabilización de segmentos corporales comprometidos.

La vibración coadyuva a la estimulación de los mecanorreceptores musculares y cutáneos, en el marco de la reprogramación del movimiento. Representa un excelente instrumento pasivo de reeducación, debido a su actuación sobre los elementos activos de la articulación (músculos y sistema neuromuscular), de forma que se le reconocen efectos sensoriales perceptivos y motores.

Independiente de sus acciones directas en el aparato neuromuscular, hay que prestar atención a la sensación subjetiva de relajación que produce la vibroterapia, en el paciente. En parte, por esto, generalmente, la segunda aplicación será bien aceptada y tolerada.

Además del valor terapéutico, tiene valor diagnóstico y pronóstico en la respuesta del

reflejo tónico vibratorio, ante la estimulación con vibración en desórdenes específicos motores.

- **Efecto analgésico en dolores del SOMA:** La vibración tiene la capacidad de estimular, de manera significativa, los receptores táctiles. Se genera una descarga de estimulación de fibras sensitivas gruesas, que llegan a nivel del asta posterior de la médula espinal. A través del mecanismo de la "puerta de entrada", se produce la inhibición o el bloqueo de la percepción de los mensajes nociceptivos, que viajan desde la periferia por fibras finas.

De esta manera, se bloquea la percepción del dolor. Además, estos mecanismos estimulan la liberación de endorfinas por parte del Sistema Nervioso Central, las cuales están consideradas como potentes analgésicos endógenos.

Se conoce que la presión repetitiva sobre una zona dolorosa, a través de una superficie almohadillada, causa entumecimiento, parestesia y/o anestesia. Se aplica con una frecuencia de 50 a 200 Hz y sobre un área del dolor, un tendón o músculo afectado, un músculo antagonista o en los puntos *trigger*.

Cuando se utiliza la vibración manual, los movimientos más groseros oscilan entre los 10 y 50 Hz y los más finos entre 100 y 200 Hz. Se obtiene un alivio del dolor, que puede llegar a durar 6 h, tiempo que puede ser más prolongado si se aplica estimulación vibratoria y TENS, el resultado será un mayor efecto debido a la acción sumada de ambos tratamientos.

- **Aumenta la circulación periférica y de retorno:** Una gran parte de la responsabilidad del retorno venoso y de la circulación linfática la posee la poderosa "bomba muscular"; el lecho vascular muscular es grande y cuando los músculos de la postura y la marcha funcionan adecuadamente, facilitan la actividad del aparato cardiovascular. Con cada ciclo de contracción y relajación, durante la marcha y la estancia de pie, los grupos musculares antigravitatorios de los miembros inferiores bombean la sangre y la linfa, desde la periferia hacia los grandes vasos de retorno al corazón.

La vibración tiene un efecto estimulante de la circulación, pero se circunscribe fundamentalmente al área de tratamiento, no solo por el efecto directo en el músculo, sino por el efecto de drenaje mecánico de los líquidos intersticiales y de los vasos sanguíneos de la piel. De manera que los efectos circulatorios más notables se obtendrán con aplicaciones regionales o generales.

- **Efecto trófico para la piel:** Aunque existe toda una revolución comercial que

propone tratamientos que remodelan el cuerpo, eliminan la grasa y la celulitis, lo cierto es que no hay evidencias científicas que sustenten estas afirmaciones. Sin embargo, existen los fundamentos para insertar la vibroterapia dentro de un esquema integral de tratamiento de estas entidades, así como dentro de un marco de carácter estético.

Ya se expuso su capacidad para activar la circulación, para estimular la evacuación de líquido intersticial, y el drenaje linfático. Generalmente sus efectos mecánicos de oscilación llegan hasta los tejidos subcutáneos, movilizan elementos grasos, estimulan el tono, y la elasticidad, así como los niveles de hidratación de la piel y de los tejidos subyacentes.

### **1.3.3. Máquina de recuperación muscular (MRM Leg Arm Fit®)**

Diseñada por Jean-Claude Hirt. Su inventor nació en Suiza en 1951 y trabajó durante 10 años como masajista en el mundo del deporte. Durante el desempeño de su trabajo tuvo oportunidad de observar la gran demanda que tenía el masaje de las extremidades inferiores entre los deportistas, comprobando que en la aplicación de este tipo de terapia resulta muy difícil mantener un ritmo constante y que requiere un gran esfuerzo físico por parte del terapeuta que lo aplica. Esto sugirió a Hirt la idea de crear un dispositivo mecánico que facilitase su labor, diseñando el MRM. Este dispositivo tiene como función específica la relajación de la musculatura del tren inferior y puede ayudar y complementar la función del masaje, con la ventaja de que no hay tanto desgaste físico por parte del terapeuta y además que el tratamiento se puede adaptar en ritmo (frecuencia) e intensidad a las necesidades del deportista, con sólo pulsar un botón.

El MRM consiste en un dispositivo que sujeta las piernas a la altura de los tobillos, mediante dos soportes acolchados para ofrecer una mayor comodidad al deportista, donde se colocan las piernas. Estos soportes están montados sobre una placa ajustable en altura y van conectados a un motor que les transfiere movimiento.. Este movimiento puede programarse a varias velocidades que van desde 1,3 hasta 3,4 ciclos por segundo. El sujeto puede situarse tanto en decúbito prono (para musculatura posterior) como en decúbito supino (para musculatura anterior).

El MRM incorpora un dispositivo que permite el fácil manejo del mismo por parte del sujeto mientras recibe el tratamiento, pudiendo aumentar o disminuir la velocidad del movimiento, e incluso llegar a detener su actividad si causa molestias. También puede establecerse el tiempo de tratamiento desde un minuto hasta la modalidad continua, en la que el dispositivo funcionará constantemente hasta que sea desconectado.

La MRM está pensada para la relajación de las extremidades superiores e inferiores, mediante un movimiento de abducción-aducción, simétrico entre ambas, alternativo y regulable en velocidad que provoca un desplazamiento acompasado de la musculatura favoreciendo la recuperación del tono muscular, además de una agradable sensación de alivio y relajación. La MRM fue utilizada con gran éxito en diferentes entidades deportivas de alto nivel, tanto en Europa como en Estados Unidos. Su utilización ayuda a la prevención de lesiones originadas por acumulación de micro-traumatismos, como pueden ser contracturas musculares, roturas fibrilares, tendinitis, etc.

## **1.4. BIOFEEDBACK**

### **1.4.1. Historia**

El término lo acuñó en 1969 la "Biofeedback Research Society" en Santa Mónica, California.

Ha aparecido gracias al gran desarrollo de la tecnología y al gran número de investigaciones fundamentales en psicofisiología (¿cómo poner bajo control diversas respuestas fisiológicas?).

Una de las fuentes más directas proviene de los experimentos de condicionamiento operante en psicología animal. Se producen repercusiones importantes:

- Se pone en tela de juicio la concepción tradicional de que las respuestas regidas por el sistema nervioso autónomo son involuntarias y no susceptibles de control consciente.
- Cuestionamiento de la idea más dominante en psicología, que postulaba que las respuestas regidas por el sistema nervioso autónomo sólo podían ser condicionadas clásicamente, quedando relegado el uso del condicionamiento operante al campo de las llamadas respuestas voluntarias.

En diversos laboratorios se comprueba que se puede modificar voluntariamente la actividad electrodermal y EEG.

Surge una conclusión obvia: el sistema nervioso autónomo no parecía realmente tan autónomo, libre y autodirigido.

En la década de los 60 comienzan las primeras aplicaciones sobre el control de la actividad EMG.

Ya en los 70 surge una pregunta, ¿existe mediación del sistema nervioso central? Aunque así fuese esto no resta importancia a la utilización clínica del biofeedback, cuya pretensión es conseguir un cambio terapéutico importante y duradero.

La posibilidad de controlar voluntariamente las respuestas fisiológicas empezó a estudiarse sistemáticamente y a confrontarse a niveles experimentales y clínicos, habiendo una profusión de la publicación de tratados, textos y compilaciones.

A continuación se relatan las fases en el desarrollo del biofeedback: históricamente, siguiendo los marcos de referencia aportados por Moscoso (1983), y teniendo en cuenta los datos aportados posteriormente por Hatch y Saito (1990), la evolución y desarrollo del biofeedback, en cuanto a planteamiento metodológico se refiere, podría establecerse en cuatro fases.

1ª Fase: Nacimiento del biofeedback (1960- 1969):

Es a principios de los años 60 cuando puede establecerse el comienzo de la primera fase en el nacimiento del biofeedback, prolongándose a lo largo de toda la década.

En estos momentos ya había un reconocimiento acerca de la existencia de los nuevos principios de esta técnica y de los fines que dichos principios tenían en sí mismos. Esta fase estuvo plenamente dedicada a investigación básica, planteándose la posibilidad de que las funciones autonómicas pudieran ser controladas por condicionamiento operante, tanto en animales como en humanos (Miller, 1961, 1963).

De la escuela rusa, son importantes los trabajos de Lisina (1965) sobre el condicionamiento de respuestas fisiológicas internas que demostraron que los sujetos humanos podían aprender a controlar de manera voluntaria algunas respuestas viscerales; concretamente, los sujetos adquirirían el control de la dilatación de los vasos sanguíneos del brazo cuando se facilitaba información sobre los cambios vasculares producidos en los mismos.

También es importante mencionar los estudios de Kamiya (1969), quién consiguió que los sujetos aprendieran a controlar de forma voluntaria los ritmos alfa en sus EEG, utilizando como refuerzo señales auditivas y visuales.

La utilización del biofeedback para el aprendizaje de la actividad fisiológica en las unidades motoras en humanos se refleja en los estudios de Basmajian (1963), con gran repercusión en las técnicas de intervención terapéutica y de rehabilitación neuromuscular.

Fueron fundamentales los estudios de Marinacci y Horande (1960) en rehabilitación neuromuscular, en los cuales mediante biofeedback electromiográfico, se consiguieron mejoras significativas en pacientes que habían padecido de trombosis cerebral o bloqueos fisiológicos por edema. En esta misma época hay que destacar también los excelentes resultados obtenidos por Shapiro con seres humanos utilizando contingencias de refuerzo para incrementar y reducir la conductancia eléctrica de la piel (Crider y col., 1966; Shapiro y Crider, 1967; Shapiro y col., 1964). Parecidos resultados se obtuvieron en otras investigaciones realizadas aproximadamente por las mismas fechas, y en las que se demostró la posibilidad de condicionar el número de fluctuaciones espontáneas de la respuesta electrodermal con condicionamiento operante.

2ª Fase: Miller y el condicionamiento operante de las funciones viscerales (1969-1980).

La segunda fase en el desarrollo y evolución del biofeedback, se inicia con la fundación en California de la “Sociedad Americana de Investigaciones en Biofeedback” en el año 1969, y comprende desde el inicio de los años 70, prolongándose hasta comienzos de los años 80. En esta fase el interés se centró fundamentalmente en aplicar los principios o postulados del biofeedback como técnica terapéutica, al tratamiento de diferentes trastornos psicofisiológicos, y es a lo largo de este período cuando se han publicado más cantidad de estudios sobre este tema.

Es a finales de los 60 o principios de los 70 cuando el biofeedback toma cuerpo, y puede decirse que está plenamente constituido, entrando en un período de expansión en general.

En estos momentos, fueron fundamentales los estudios llevados a cabo por Miller y su equipo en la Universidad de Yale, a quien muchos autores consideran el creador o fundador del biofeedback.

El objetivo fundamental que perseguía Miller, era demostrar que el condicionamiento operante de las funciones viscerales, no tenía que depender necesariamente de la actividad somatomotora (Miller, 1969; Miller y Carmona, 1967). Para demostrarlo utilizó agentes químicos como el curare, con el objeto de paralizar el

sistema músculo-esquelético de las ratas (incluida la respiración, la cual mantenía por métodos artificiales), sin alterar su consciencia, ni la actividad del cerebro y las vísceras. Condicionaba además las respuestas viscerales de los animales por medio de una estimulación eléctrica en el «centro del placer» del cerebro. Un grupo era reforzado por aumentar la tasa cardíaca y otro por disminuirla. Su objetivo era poder ver si los cambios aprendidos de respuestas viscerales, estaban mediados por respuestas esqueléticas, o eran aprendizajes directos. Los resultados obtenidos, parecían demostrar que los animales eran efectivamente condicionados, y que eran capaces de aprender a modificar su tasa cardíaca, independientemente de su actividad somatomotora.

Sin embargo, hay que señalar, que estos resultados, no pudieron ser replicados posteriormente por el propio equipo de Miller (Miller, 1978; Miller y Dworkin, 1974), ni por otros investigadores (Hothersal y Brener, 1969) lo cual supuso en esos momentos, un gran obstáculo en el estudio del condicionamiento operante de las respuestas autonómicas en animales, poniéndose por tanto en duda la trascendencia de la investigaciones con curare.

Sin embargo, a raíz de los estudios de Miller surgieron numerosos trabajos experimentales que basados en el principio del biofeedback pretendieron demostrar, tanto en animales como en humanos, el control voluntario de diferentes respuestas autónomas. Por ejemplo, los trabajos sobre las contracciones intestinales en ratas (Miller y Banuazizi, 1968), sobre el control de la presión sanguínea en humanos (Shapiro, Tursky, Gershom y Stern, 1969), y en primates (Plumlee, 1969).

A partir de ese momento, surgieron numerosas investigaciones utilizando diferentes medidas fisiológicas y en distintos trastornos. Con el fin de ordenar las investigaciones de este período, iremos comentando las más relevantes dentro de las principales medidas fisiológicas.

En esta época, la actividad electrodermal fue la medida psicofisiológica más utilizada en los tratamientos con biofeedback en el autocontrol del estrés y en el tratamiento de las fobias en general (Javel y Denholtz, 1975). También fue muy utilizado el biofeedback de la actividad electrodermal en el tratamiento de la hipertensión esencial, fundamentalmente por el equipo de Patel (Patel, 1977). La mayoría de los trabajos con esta medida mostraron la posibilidad de control voluntario de las respuestas electrodermales (Klinge, 1972; Wagner y col., 1974) y su aplicación en diferentes trastornos psicológicos.

Sobre el biofeedback de la actividad electroencefalográfica son fundamentales las

investigaciones realizados por Kamiya y otros, sobre el control voluntario del ritmo alfa en humanos, y la asociación de estas ondas con disminuciones de ansiedad (p. ej. Kamiya, 1968) o los trabajos de Carmona (1967) con gatos a los que entrenó para aumentar el voltaje del electroencefalograma, utilizando como refuerzo positivo una estimulación eléctrica del hipotálamo lateral. El biofeedback electroencefalográfico fue también ampliamente utilizado en el tratamiento de la epilepsia (Serman y Friar, 1972; Serman y col., 1974), con el fin de modificar los ritmos del electroencefalograma, hacia una mayor producción de ondas alfa.

Desde un punto de vista fisiológico, los potenciales corticales lentos, se registran en el tálamo, e indican la activación de las neuronas corticales superiores del sistema reticular ascendente y talámico. Multitud de estudios, demuestran que los sujetos humanos son capaces de adquirir el control de estos potenciales corticales con la ayuda de técnicas de biofeedback (Kamiya, 1969; Brown, 1971; Beatty, 1976; Mulholland, 1973; Walsh, 1974; Lynne y col., 1974).

Con respecto al biofeedback electromiográfico, se puede decir que los trabajos en este período recogen, en general, pruebas sobre el control voluntario de la musculatura estriada, aunque existen circunstancias, como los accidentes cerebrovasculares o las lesiones por accidente, ante las cuales el músculo estriado se convierte en algo tan difícil de controlar como si fuera musculatura lisa. Algunas de las utilidades de esta técnica fueron por ejemplo, para el tratamiento de algunas parálisis cerebrales (Keefe y Surwit, 1978; Silver y Blanchard, 1978), hemiplejias (Johnson y Garton, 1973), dolores de cabeza (Cardona, 1979; Wickramasekera, 1972) y trastornos de ansiedad en general (Raskin y col., 1973; Reeves y Mealiea, 1975; Romano y Cabianca, 1978).

El biofeedback de la temperatura, ha sido fundamentalmente utilizado en desórdenes vasculares periféricos, como por ejemplo en la enfermedad de Raynaud. Esta enfermedad es un trastorno del sistema vascular periférico, que generalmente cursa acompañado de dolor, y que se caracteriza por vasoconstricción de las extremidades, fundamentalmente en las manos y en los dedos de los pies, aunque a veces está también implicada la punta de la nariz y las orejas.

El tratamiento de esta enfermedad con biofeedback de la temperatura tiene como principal objetivo enseñar a los sujetos a incrementar la temperatura de las manos. Esto está basado en la relación existente entre la temperatura y el flujo sanguíneo, es decir a mayor flujo sanguíneo mayor temperatura y por tanto menor vasoconstricción.

En general, la evidencia obtenida de los resultados de los distintos estudios, no pone

en duda la efectividad del biofeedback termal en el tratamiento de esta enfermedad (Blanchard y Haynes, 1975; Shappington y col., 1979; Surwit y col., 1978; Taub, 1977; Taub y Emurian, 1972; Taub y Stroebel, 1978).

En cuanto al biofeedback de la tasa cardíaca, la mayor parte de las investigaciones han ido dirigidas al tratamiento de las arritmias cardíacas, llevadas a cabo fundamentalmente por Engel y sus colaboradores en el tratamiento de las taquicardias (Engel, 1977; Engel y Bleecker, 1974; Johnston y Lo, 1983; Scott y col., 1973; Weiss y Engel, 1971), y con cierta frecuencia se ha utilizado también el biofeedback de la tasa cardíaca en el tratamiento de los desórdenes de ansiedad (p. ej. Blanchard y Abel, 1976; Gatchel, 1977; Gatchel y Proctor, 1976; Shepherd y Watts, 1974). Lo cierto es que existen pocos trabajos en los que se haya utilizado el biofeedback de la tasa cardíaca, lo que hace necesario investigar más en este campo.

Por último, el biofeedback de la tensión arterial ha sido utilizado en el tratamiento de uno de los factores de riesgo más importante en el desarrollo de enfermedades cardiovasculares: la hipertensión esencial. Numerosos estudios, aplicando biofeedback de la tensión arterial, han conseguido disminuciones importantes, entre 4 y 8 mm de Hg tanto en tensión arterial sistólica como en diastólica (Blanchard, 1979; Young y Blanchard, 1980), o hasta 23 mm de Hg (Benson y col., 1971) o un 25% de reducción en tensión arterial diastólica (Elder y col., 1973). A pesar de ello, otros estudios como los de Patel, han demostrado que utilizando una combinación de biofeedback de la tensión arterial junto con relajación, la mejoría era superior.

### 3ª Fase: Crisis del biofeedback (1980- 1990)

A comienzo de los años 80, surge lo que podríamos establecer como la tercera fase en el desarrollo histórico del biofeedback, prolongándose hasta finales de la década de los 90. Se observa que a comienzos de 1984 empieza a disminuir en cierto modo el interés en este campo, dando esto lugar a un descenso considerable en el número de investigaciones, y consecuentemente del número de publicaciones en revistas científicas, como ha demostrado el estudio realizado por Hatch y Saito en el año 1990. Este declive tenía que ver con una crisis muy importante dentro del área del biofeedback y que tenía que ver a su vez con la pérdida de credibilidad que estas técnicas estaban teniendo en los últimos años en ambientes académicos, profesionales y sanitarios en los Estados Unidos. Esta situación se estaba traduciendo en un menor número de investigaciones y publicaciones al respecto, en ciertas dificultades para que las compañías de seguros incluyeran estas técnicas como tratamientos susceptibles de

cobertura por las mismas, y en una menor participación en los congresos organizados. Por el contrario, cierta revitalización del área del biofeedback en algunos países europeos unido a otra serie de factores sociológicos y científicos ha supuesto un nuevo resurgimiento.

#### 4ª Fase: Resurgimiento del biofeedback y su aplicación en la intervención clínica (1991-2002)

En esta 4ª y última fase, a pesar de las dificultades mencionada, existe un cierto resurgimiento en la utilización y sobre todo en el reconocimiento de las técnicas de biofeedback, tanto con fines experimentales como de tratamiento.

A pesar de todo, las distintas técnicas de biofeedback se han ido desarrollado y perfeccionando con el paso del tiempo. Después de haber sido considerado la panacea en sus comienzos, y habiendo posteriormente caído en descrédito sobre todo en la década de los años 80, en estos momentos podríamos decir que el biofeedback se encuentra en un período de reconocimiento, considerado y valorado en su justa medida. El biofeedback de la actividad electrodermal, continúa siendo utilizado en esta fase, fundamentalmente para reducir el estrés y la ansiedad general de los sujetos (p. ej. Cassel, 1985). Generalmente se admite que en último término, la aplicación más habitual del biofeedback de la conductancia eléctrica de la piel en terapia de conducta, está dirigida a conseguir estados de relajación en el sujeto (p. ej. Conde Pastor y Menéndez, 2001 y 2000). El estudio de Critchlen, Melmed, Featherston, Mathias y Dolan (2001), ha demostrado que los ejercicios de relajación acompañados de biofeedback dieron lugar a cambios significativos tanto en la actividad electrodermal como en la actividad del cerebelo, lo cual demuestra que los estados cognitivos están en cierto modo integrados con las respuestas somáticas. En ocasiones se ha utilizado el biofeedback de la actividad electrodermal para el tratamiento de los dolores de cabeza, siendo de gran ayuda cuando va acompañado de técnicas de relajación (Collet y col., 1986). También se ha utilizado el biofeedback de la actividad electrodermal en el tratamiento de la hipertensión esencial (Dixit y col., 1994), que se fundamenta en la idea de que el control de la actividad simpática del sistema nervioso, puede influir en la disminución de la hipertensión, debido a la intervención de éste en la regulación de la tensión arterial.

En general se acepta que el principal factor que parece explicar el éxito de esta técnica en el tratamiento de la hipertensión esencial está en la reducción del estrés y/o en la

inducción de relajación en el sujeto.

Por su parte, el biofeedback electroencefalográfico se ha incorporado al tratamiento de la epilepsia (Holzapfel y col., 1998), y también ha sido utilizado como tratamiento en los desórdenes de ansiedad (Vanathy y col., 1998), en la depresión (Earnest, 1999) y en las cefaleas (Byers, 1995).

Por otro lado, el biofeedback térmico o de temperatura, ha sido con bastante frecuencia el más utilizado en el tratamiento de los dolores de cabeza migrañosos, como lo demuestra la gran cantidad de estudios publicados en este sentido (Blanchard y col., 1997).

Se piensa que el origen de estos dolores, generalmente unilaterales y palpitantes, es el resultado de la dilatación y distensión extrema de las arterias craneales, por un aumento del flujo sanguíneo de la cabeza, aunque el mecanismo mediador exacto, todavía no se conoce. En este sentido, el biofeedback termal aplicado al tratamiento de los dolores de cabeza migrañosos, consiste en suministrar información al sujeto acerca de los cambios de temperatura cutáneos, causados por variaciones en el flujo sanguíneo por debajo de la superficie de la piel. En algunas ocasiones, el biofeedback de la temperatura ha sido también utilizado en problemas de hipertensión esencial (McGrady, 1994) y en casos de psoriasis (Goodman, 1994).

Sin embargo, dónde más aplicación ha tenido esta técnica ha sido en el tratamiento de la enfermedad de Raynaud (Freedman y col., 1991), demostrando la mayor eficacia del biofeedback de la temperatura por encima de técnicas tan consolidadas como el entrenamiento autógeno.

El tratamiento con biofeedback de la tasa cardíaca ha sido también utilizado en todo tipo de enfermedades cardiovasculares que a su vez tienen relación con aspectos de tipo emocional como la ansiedad, la depresión, etc. y con resultados alentadores (Bhat, 1999).

El biofeedback electromiográfico ha sido probablemente el más utilizado dentro del ámbito general del biofeedback. Este procedimiento consiste en suministrar al sujeto información sobre los cambios eléctricos que tienen lugar en las neuronas motoras y que producen contracción o relajación de las fibras musculares.

Uno de los más importantes campos de investigación y aplicación del biofeedback, fue la rehabilitación de trastornos neuromusculares con feedback electromiográfico, campo en el que se obtuvieron grandes resultados. Hay estudios en los que se ha utilizado esta técnica como procedimiento de rehabilitación neuromuscular aplicándolo en la

rehabilitación de parálisis faciales (Godoy y Carrobles, 1986), o rehabilitación muscular en general (Gallegos y col., 1992; Koga, 1991; Tries, 2001). También ha quedado demostrada su eficacia en el tratamiento de la hipertrofia muscular de la mano (Deepak y Behari, 2000), consiguiendo en estos pacientes mejoras significativas.

Sin duda alguna, la cefalea tensional ha sido uno de los problemas más ampliamente tratados con biofeedback electromiográfico. Todos los estudios, cuyo fin es el tratamiento de los dolores de cabeza tensionales, parten del principio de que los pacientes con este problema, muestran un mayor nivel de actividad muscular frontal que los sujetos normales en situación de reposo. Se manifiesta con un dolor bilateral, no pulsátil y su tratamiento suele realizarse entrenando a los sujetos a reducir el nivel de tensión del músculo frontal generalmente y en ocasiones del trapecio. Algunos de estos estudios son los siguientes: Arena y col., 1995; Rokicki y col., 1997. En general, casi todos los estudios señalan que reduciendo considerablemente la tensión muscular de los pacientes a través de las técnicas de biofeedback se consigue reducir igualmente el número y la intensidad de las crisis en las cefaleas tensionales.

Otras aplicaciones del biofeedback electromiográfico, fueron por ejemplo las dirigidas al tratamiento de la tortícolis (Fernandez y Llamas, 1993), los dolores de espalda y cervicales (Newton y col., 1995) o aquellas cuyo objetivo era reducir la ansiedad o estrés y/o el tratamiento de fobias en general (Blanco et al., 1983; Taylor, 1995; Taylor y Lee, 1991;) y en algunas ocasiones para el tratamiento de la incontinencia fecal (Musial, Hinninghofen, Frieling y Enck, 2000) o urinaria (Burgio y Locher, 1999).

## **1.4.2. Concepto**

### **1.4.2.1. Definición**

Cuando hablamos de biofeedback (bioretroalimentación, bioinformación, retroalimentación biológica) nos referimos a biofeedback-EMG (la EMG es un registro de la actividad eléctrica producida por las fibras musculares de unidades motoras activadas, Herrington, 1996) , ya que también existe biofeedback-electrokinesiológico (

retroalimentación del rango de movimiento realizado con electrogoniómetros, si bien, se suele utilizar combinado con EMG).

El biofeedback es una técnica de autocontrol de respuestas fisiológicas que opera a través de retroalimentación o información contante (dinámica, precisa, directa e inmediata), ya sea visual o auditiva, que el sujeto recibe sobre la función que se desea someter a control voluntario. Proporciona información al cerebro que no está incluida en la estructura biológica del organismo, o bien ha quedado alterada por un proceso patológico.

También se ha definido como aquel proceso, a través del cual, una persona aprende a controlar respuestas fisiológicas normalmente no sometidas a control voluntario o respuestas voluntarias cuya regulación ha sido interrumpida o alterada.

El biofeedback potencia los circuitos de feedback homeostáticos naturales o los sustituye en caso de alteración.

Constituye la técnica más utilizada en medicina conductual: campo relacionado con el desarrollo de la ciencia conductual, referente al conocimiento y técnicas para la comprensión de la salud física y la enfermedad, y la aplicación de este conocimiento y estas técnicas para la prevención, diagnóstico, tratamiento y rehabilitación.

Esta técnica se basa en el principio fundamental del aprendizaje: se aprende a ejecutar una respuesta particular cuando se recibe información acerca de las consecuencias de la misma, haciendo los ajustes conductuales compensatorios apropiados; es decir, la información suministrada por el aparato de biofeedback respecto de la tensión producida en un músculo determinado, posibilita la respuesta del organismo para aumentar o reducir ese valor real hacia otro ideal o buscado (Jodra, 1999). Siguiendo la explicación del modelo discriminativo (Alexander, 1975; Kotses y Glaus, 1982), la respuesta del músculo entrenado y la de los músculos adyacentes son independientes, no existiendo asociación alguna entre ellas.

#### **1.4.2.2. Fases**

**1. Detección de la señal:** captación de la respuesta fisiológica mediante electrodos, sensores o transductores, según la naturaleza de la señal.

Según Brown existen tres tipos de señales:

- Bioeléctricas directas: se originan en tejidos y órganos por su propia actividad metabólica (electrodos de registro).

- Bioeléctricas indirectas: su origen asienta en las propiedades eléctricas de los tejidos (electrodos de registro y de aplicación de corriente).

- Físicas: fuerza, temperatura, ... (transductores que transforman estas señales en eléctricas).

**2. Amplificación:** Multiplicación de la señal de entrada por un factor fijo o controlable para que sea manejable eléctricamente por el sistema y pueda ser aplicada a otros aparatos.

**3. Procesamiento y simplificación de la señal:** la señal es filtrada e integrada para extraer sólo la parte para nuestro objetivo.

**4. Conversión de la señal:** Convertir la señal en formas estimulares que puedan ser fácilmente procesadas por los sujetos. Las modalidades sensoriales más utilizadas son las visuales y las auditivas.

**5. Información al sujeto (feedback) o exposición de la señal.** Esta señal transformada es facilitada inmediatamente como información al sujeto con el objetivo de que aprenda a controlar la respuesta. Se completa así el circuito de feedback cuando la señal registrada es retroalimentada al sujeto.

### 1.4.2.3. Modalidades de presentación

La modalidad de presentación es la variable independiente más importante del biofeedback. Hay que distinguir 3 aspectos:

#### 1. Modalidad sensorial de la señal presentada:

- Visual: línea que se desvía, luces, escalas digitales, osciloscopios, video, ordenadores,...

- Auditiva: sonido que cambia de tono o frecuencia.

- Ambas.

No parece haber diferencias en su eficiencia.

#### 2. Tipo de información:

- Feedback binario: se establece un criterio a partir del cual el sujeto recibe información de si está por encima o por debajo del mismo.

- Feedback proporcional: la señal varía conforme va variando la respuesta.

Se considera más adecuado el proporcional, la información es más precisa.

### **3. Relación entre la señal y la respuesta:**

- Feedback continuo: la señal está constantemente presente.
- Feedback discontinuo, intermitente o discreto: la señal aparece a intervalos temporales.

Estas clasificaciones se combinan entre sí, de modo que toda descripción de una señal ha de especificar cada uno de estos parámetros (ej: señal visual, proporcional y continua).

Existe una mayor relevancia si se añade un refuerzo externo y tangible por la superación de las metas propuestas. Se ha demostrado que el estado motivacional del paciente puede alterar el curso y los resultados del entrenamiento, sobretodo en niños. El reforzamiento no fortalece automáticamente las respuestas, sino que actúa sobre las mismas a través de procesos cognitivos intermediarios.

#### **1.4.2.4. Técnicas en la rehabilitación neuromuscular**

Entre todos los campos de aplicación del biofeedback, destaca la rehabilitación neuromuscular. Ésta puede ser considerada como un aprendizaje motor (valor deseable-acción-retroalimentación- detección del error-corrección).

Las técnicas de rehabilitación neuromuscular han demostrado ser efectivas en la obtención de:

- a) Relajación voluntaria de músculos espásticos (inhibición o disminución de actividad).
- b) Mejora de fuerza y rango de movimiento de músculos flácidos y paréticos (aumento de actividad).
- c) Incremento del control preciso del movimiento.

### 1.4.2.5. Validez científica y utilidad clínica

El biofeedback ha demostrado gran evidencia de ganancias relevantes clínicamente, más duraderas y dentro de variados desórdenes neuromusculares (parálisis facial, hemiplejía,...).

Es ampliamente utilizado por psicofisiólogos, neurofisiólogos, rehabilitadores físicos,...

Es indispensable, para que el biofeedback resulte útil, tener un sustrato anatómico y fisiológico funcionando ( cierto grado de actividad muscular residual). Por ello, antes de aplicarlo, hay que efectuar una evaluación del estado residual muscular.

### 1.4.2.6. Tratamiento

Los componentes esenciales del entrenamiento mediante biofeedback (Shellerberger y Green, 1986) son:

- Objetivo determinado.
- Instrucciones apropiadas.
- Feedback de la información.
- Suficiente tiempo y práctica para aprender.

El tratamiento se lleva a cabo mediante una serie de fases:

**Evaluación inicial:** se realiza una evaluación clínica para conocer el sustrato neurológico del trastorno (curvas i-t: reobase y cronaxia).

**Línea base:** se realizan una o varias sesiones de EMG sin feedback en:

- a) Relajación sostenida.
- b) Esfuerzo mínimo.
- c) Esfuerzo máximo.

Hay que tener en cuenta, previamente al registro, la adaptación a los aparatos (4 min.).

**Fijación de metas:** en esta fase se fijan objetivos y se da una explicación minuciosa al paciente de la terapia (más eficaz).

**Sesiones de tratamiento:** es necesaria ayuda en casos graves. Se debe pedir esfuerzo máximo durante 5-7" y se deja 1' de descanso interensayos. La sesión tiene una duración de 30-60'.

**Sesiones finales o terminales:** el feedback se retira paulatinamente , el paciente debe controlar la respuesta en ausencia de éste.

**Seguimiento:** se realizan medidas, en ausencia de feedback, para observar que el control obtenido no se ha perdido. Las medidas de seguimiento son realizadas al cabo de 1-3-6-12 meses.

## **OBJETIVOS**



## **2. OBJETIVOS**

Una vez efectuada la revisión bibliográfica, y tras conocer el estado actual de las investigaciones, y los prácticamente inexistentes trabajos relacionados con el análisis de los efectos a muy corto plazo de las técnicas de este estudio (masaje, masaje con hielo, MRM, biofeedback) y menos aún en los parámetros medidos en el mismo (percepción subjetiva de fatiga, EMG durante contracción isométrica contra resistencia continua, fuerza explosiva mediante squat jump y fuerza máxima isométrica mediante dinamómetro), y observándose además discrepancias y falta de unanimidad en los mismos, así como ausencia de comparaciones entre estas técnicas, se plantean los siguientes objetivos.

### **2.1. Objetivo general**

El objetivo principal es realizar un estudio comparativo de diversas técnicas empleadas en recuperación muscular en deportistas, y específicamente de los posibles efectos en la actividad muscular a muy corto plazo.

### **2.2. Objetivos específicos**

1. Estudiar si cada una de las técnicas, masaje, masaje con hielo, vibroterapia (MRM), y biofeedback producen variaciones en la actividad eléctrica muscular, percepción subjetiva de fatiga muscular, fuerza explosiva (SJ) y fuerza máxima isométrica (dinamometría), y en caso de que así fuera, si dichas variaciones son en sentido positivo o negativa. También serán estudiadas las diferencias con respecto al reposo (utilizado como control).
2. Determinar cuál de las técnicas produce mayores variaciones, en caso de existir, y establecer cómo éstas influyen en esfuerzos musculares posteriores; para valorar su posible indicación en la práctica.



# **SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS**



### **3. SUJETOS, MATERIAL Y MÉTODOS**

El presente estudio ha sido realizado en la E.U. de Enfermería y Fisioterapia de la Universidad de Salamanca. Los datos fueron recogidos entre mayo de 2011 y junio de 2012.

#### **3.1 Sujetos**

En el estudio han participado 41 deportistas, 26 hombres y 15 mujeres, pertenecientes al equipo *CDUS Rugby* y los cuales entrenaban regularmente entre 3-5 sesiones semanales, con un total de 6-10 horas/semana. Todos ellos fueron informados por escrito y firmaron, dando su consentimiento sobre las diferentes pruebas y el propósito de las mismas.

Los participantes tenían una edad entre 18 y 30 años con una media de  $23,02 \pm 2,94$  años.

Para participar en la presente tesis se siguieron los siguientes criterios de exclusión:

- No tener una edad entre 18-30 años, ambos inclusive.
- No ser jugador/a de rugby y no entrenar regularmente entre 3-5 sesiones semanales.
- No realizar todas las intervenciones.
- Poseer alguna enfermedad o lesión.

El estudio ha sido aprobado por el comité de bioética de la Universidad de Salamanca siguiendo los criterios de experimentación con humanos de la Declaración de Helsinki.

#### **3.2. Material**

El estudio se realizó en un laboratorio de esfuerzo de aproximadamente sesenta metros cuadrados y a una temperatura aproximada de 20° centígrados, los sujetos debían asistir a la misma hora, si bien cada uno podía elegir la hora que más se ajustase a sus horarios.

## 3.2.1. Datos antropométricos

### 3.2.1.1. Ficha antropométrica

Se utilizó una impresión de la pantalla de introducción de datos del software *Medidep* para el registro de los datos antropométricos en el momento de su toma.

The screenshot shows the 'Antropometría' data entry form in the Medidep software. The interface includes a sidebar with navigation options, a main data entry area with various input fields, and a bottom navigation bar. The data entered includes: Código: 000152, Historia: 000152-15/11/2001-19:2, Nombre: Soliñc, Sexo: Hombre, Deporte: Vela, Fecha: 15/11/2001, Hora: 19:21. The 'Datos Biométricos' section contains fields for Peso, Talla, IMC, Cintura, Cadera, and Índice Cintura-Cadera. The 'COMPOSICIÓN CORPORAL' section has a grid for Biceps, Triceps, Subescapular, Pectoral, Axilar, ileocrestal, Supraespinal, and Abdominal. The 'Pliegues (mm)' section includes S4p and S6p. The 'Diámetros (cm)' section includes Biesiloideo, Bicond. Húmero, and Bicond. Femur. The 'Perímetros (cm)' section includes Brazo contraído, Muslo medio, and Pierna. The 'FÓRMULA' section includes M.G., M.O., M.M., and M.R. The 'SOMATOTIPO' section includes Endomorfía, Mesomorfía, and Ectomorfía. The 'Observaciones' field is empty. The bottom bar shows 'RESULTADO No Valorado' and navigation buttons.

Imagen 1. Imagen del software Medidep para la introducción de datos antropométricos.

### 3.2.1.2. Materiales necesarios para la toma de datos

En el estudio antropométrico, se han utilizado los siguientes materiales:

- Tallímetro o estadiómetro: para medir la talla. Marca Seca. Con contador indicador en cm. Escala de medida apoyada en un plano vertical ( pared ), y un plano horizontal con un cursor deslizante en sentido vertical ( arriba/abajo ) para contactar con el punto más alto del cráneo del sujeto ( vértex ). Posee un rango hasta 220 cm con precisión de 0,5 cm..

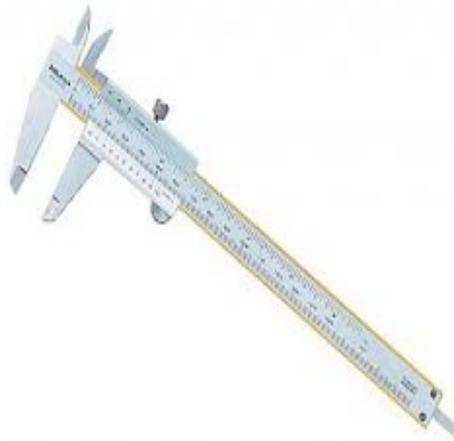
- Báscula: para determinar el peso corporal, de 100 gramos de precisión y con un rango hasta 150kg. El valor de los datos se expresa en kilogramos con una precisión de 0,1 kg. Marca Seca

- Cinta antropométrica: para la medición de los perímetros y también para localizar el punto medio entre dos referencias anatómicas. Cinta milimetrada con un rango 0-150 cm y una precisión de 1 mm. Metálica, flexible, no elástica, no extensible de anchura igual o menor de 7 mm.

- Paquímetro o calibrador óseo de pequeños diámetros: para medir los diámetros óseos pequeños. Posee escala de corredera graduada, con dos ramas, una fija y la otra móvil. Precisión de 1 mm.



**Imagen 2.** Cinta métrica metálica



**Imagen 3.** Paquímetro

- Plicómetro, lipómetro o compás de pliegues cutáneos: para medir el espesor del tejido adiposo o celular subcutáneo. Pinza con dos ramas que ejercen una presión constante de  $10 \text{ gr/ mm}^2$ . Dispone de una esfera con una escala cuyo rango va de de 0 a 48 mm y con una precisión de 0,2 mm. Dispone de un tornillo liberador de la esfera para calibrarlo al 0. Marca Holtain.

- Lápiz demográfico: para la señalización de los puntos anatómicos y referencias antropométricas. Se utilizó un lápiz cosmético de punta fina.



**Imagen 4.** Plicómetro ( lipómetro o compás )



**Imagen 5.** Lápiz dermográfico

- *Material auxiliar:* una silla para facilitar algunas de las medidas y un ordenador con el programa informático *Medidep* para la introducción y análisis de los datos. Se ha utilizado también un ordenador PC con Windows Xp, microsoft's DirectX versión 9.0, adobe Flash player versión 10, 1.6 Ghz Intel Atom, 1GB Ram, con tarjeta de sonido y tarjeta gráfica 3D.

### **3.2.2. Tabla de registro para la percepción subjetiva de la fatiga muscular**

Es una escala analógica en la que el valor 1 indica percibir la musculatura en cuestión (el vasto externo en nuestro caso) completamente relajada (ausencia de fatiga) y el valor 10 muestra sentir la musculatura tensionada al máximo (fatiga muscular máxima). La escala está basada en técnicas de relajación. Ha sido modificada de la propuesta por Mas y col. (1999). Entre el 1 y el 10 existen grados intermedios de fatiga subjetiva.

Relajación    1    2    3    4    5    6    7    8    9    10    Fatiga

### **3.2.3. Electromiógrafo**

Se utilizó el electromiógrafo *Myomed 932 de Enraf Nonius*. Este EMG detecta y registra la actividad eléctrica generada por el impulso nervioso o eléctrico, que provoca

una despolarización de la membrana de la célula muscular durante la excitación. En nuestro caso se ha utilizado para electromiografía de superficie utilizando para ello electrodos de superficie adhesivos circulares pregelados desechables , con un diámetro de 3 cm (blue sensor , type M-00-S, medicotest).



**Imagen 6.** Electromiógrafo Myomed 932.



**Imagen 7.** Electrodo de superficie.

El *Myomed 932* ( Netherlands,1998 ) es un aparato universal para feedback de EMG, feedback de presión, electroterapia y electrodiagnóstico con dos canales.

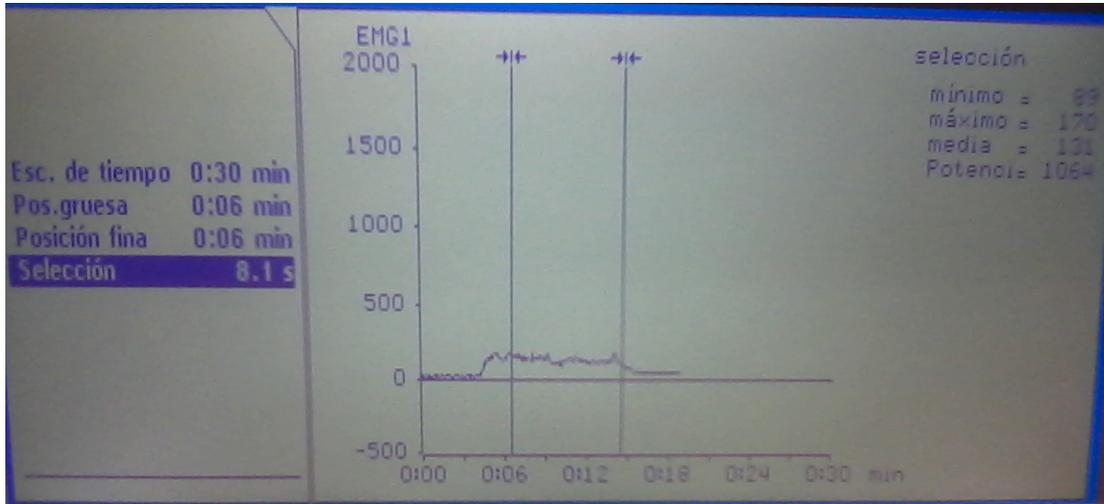
Su peso es de 9 kg y sus dimensiones de 36 x 38,5 x 13,5.

Posee un rango de medidas en EMG entre 3 y 10000 microvoltios, conexión de 6 polos DIN 45322, amplitud de banda 10-1000Hz y un tiempo de integración / reacción de 0,1-1".

Se exportaron los datos mediante su puerto RS232 a un ordenador con un software específico para hacer capturas de pantalla si se desea. Los registros se tomaron en sesión continua ,en la que se registra continuamente la actividad muscular. en modo , a una frecuencia de , un dato cada milésima de segundo. En este modo la señal del EMG aparece con valores ...El propio aparato permite rectificar los valores, convirtiendo el registro en otro que contiene sólo valores positivos.. Así, el registro queda en modo PONDERADO o AVERAGE, donde podemos ver, para cada una de las fases, una serie de datos fácilmente objetivables, medidos en microvoltios, que son los siguientes:

- Valor mínimo alcanzado.
- Valor máximo alcanzado.

- Media de la actividad eléctrica ( average level ).
- Potencia.



**Imagen 8.** Pantalla de resultados del electromiógrafo Myomed 932.

Se ha utilizado también un ordenador PC con Windows Xp, microsoft's DirectX versión 9.0, adobe Flash player versión 10, 1.6 Ghz Intel Atom, IGB Ram, con tarjeta de sonido y tarjeta gráfica 3D.

### 3.2.4. Plataforma de salto

La plataforma de contacto *Ergo Jump Bosco/System* (Bosco y cols., 1983), quizás la más conocida, usada y comercializada, está compuesta por un microprocesador *Psion Organiser II* (figura 10), un interface plataforma-microprocesador y una plataforma mecánica (figura 9) donde se realizan los saltos. La precisión de este sistema es de hasta 1000Hz.



Imagen 9. Ergo Jump Bosco/System



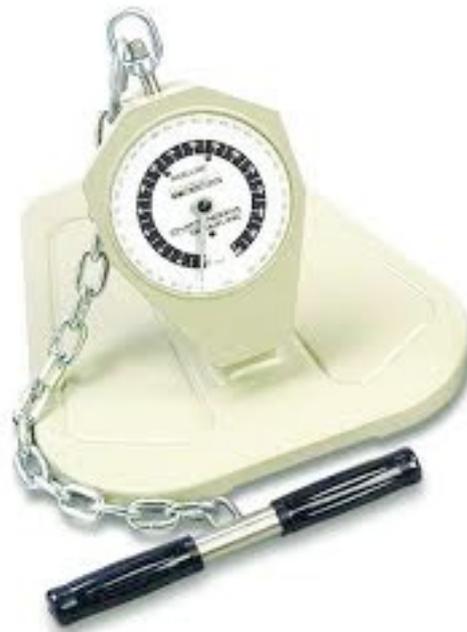
Figuras 10. Microprocesador Psion Organiser II.

### 3.2.5. Dinamómetro

Se utilizó el dinamómetro mecánico *Baseline*<sup>®</sup> de base grande (figura 11) que mide la fuerza de piernas y espalda, 300 kg ( 660 lb ).

Consiste en una base, de apoyo firme, con huellas plantares, para colocar los pies en las mismas, y un soporte con escala analógica que indica la fuerza ejercida en kilogramos ( franja negra ) y libras ( círculo blanco ) con un rango de 0-300kgs / 660 LBS. La aguja señala el valor máximo medido hasta un nuevo reinicio.

De este soporte sale un anclaje en el que va enganchada una cadena que permite acomodarse para diferencias de altura y para diferentes puntos de aplicación de fuerza. La cadena finaliza en una barra horizontal con empuñaduras de dónde los sujetos se agarran para traccionar.



**Imagen 11.** Dinamómetro de pierna/espalda Baseline.

### 3.2.6. Cicloergómetro

Se utilizó el cicloergómetro *Monark Ergometer Model 818 E* ( *Monark AB. Varberg, Sweden*) (figura 12).

Se trata de un cicloergómetro de freno mecánico fabricado en Suecia que se asienta sobre dos soportes, uno trasero y uno frontal con dos pequeñas ruedas delante, para facilitar el cambio de ubicación, esqueleto básico con cadena protegida por carcasa, dos pedales con calapiés o rastrales para que los pies se ajusten, una rueda metálica a la que se ajusta una correa responsable de la resistencia ( rango 0-7 kp, 0-70 N ) regulable mediante una rueda, un sillín regulable en altura, un manillar oscilobatiente, y un medidor electrónico con pantalla digital, que funciona con pilas, donde se pueden visualizar las rpm del pedaleo (0,5-200 rpm), la energía utilizada en kcal o kJ, la distancia en km o millas(0,00-1999,99 km o millas alternativamente) , la velocidad en km/h o mph(10-50km/h; 6,2-31,2mph), el tiempo empleado cuenta adelante ( 0:00:00-11:59:59)o cuenta atrás (11:59:00-0:00:00) y una alarma que avisa durante 20 seg una vez finalizado el tiempo.

También dispone debajo del manillar de un contador de vatios y una tabla de referencia que relaciona las r.p.m. con los watt según los kp o N de resistencia.



**Imagen 12.** Cicloergómetro Monark 828E

### 3.2.7. Máquina de recuperación muscular (MRM)

Es un aparato (Imágenes 13 y 14) que sujeta las piernas a la altura de los tobillos, mediante dos soportes acolchados para ofrecer una mayor comodidad, donde se colocan las piernas. Estos soportes están montados sobre una placa ajustable en altura y van conectados a un motor que les transfiere un movimiento de abducción-aducción simétrico y rítmico, con sacudidas energéticas en ambas piernas. Este movimiento puede programarse a 10 velocidades que van desde 1,3 hasta 3,4 ciclos por segundo. El sujeto se coloca en decúbito supino para relajar los cuádriceps.

El MRM incorpora un dispositivo (imagen 15) que permite su fácil manejo, pudiendo aumentar o disminuir la velocidad del movimiento ( pudiendo incluso detenerlo ) y establecer el tiempo de la sesión, que pueden ser 3, 5, 10' o la modalidad continua, en la que el dispositivo funcionará constantemente hasta que sea desconectado.

Características técnicas de la MRM:

- Motor-reductor: motor trifásico de 0,33 CV ( 250 W ) 4P, 220 V y 50 Hz.  
Relación de transmisión: 1/7.

- Variador de velocidad: frecuencia de salida mínima 20 Hz. Frecuencia de salida máxima 50 Hz. Rampa de aceleración: 5 seg. Rampa de desaceleración: 2 seg.

- Peso: 35 kg.

- Dimensiones ( plegada ): anchura 65 cm. Fondo 67 cm. Alto 21 cm. Altura máxima con tobilleras 65 cm.

- Velocidad de oscilación: entre 1,3 cls/seg. y 3,4 cls/seg.

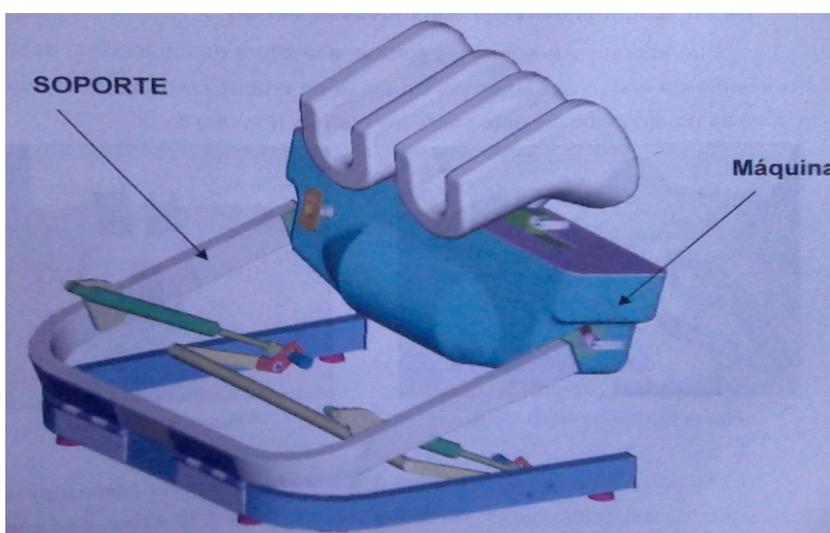


Imagen 13. Estructura básica del MRM.



**Imagenes 14.** Máquina de recuperación muscular.



**Imagen 15.** Mando

### **3.2.8. Biofeedback**

Se utilizó el *Brainquiry PET EEG 2.0 Neurofeedback*. Puede medir la EEG, EMG o ECG con electrodos activos y enviar los datos a un ordenador remotamente con bluetooth: wireless Neurofeedback.

Hardware: Un equipo de EMG, modelo *PET wireless de 2CH de la marca Brainquiry*. El *PET 2 channel bipolar* tiene 5 electrodos activos ( 2 +, 2 - y uno de referencia ). Especialmente apto para Tele-Neurofeedback. Este sistema se conecta vía Bluetooth 2.0, haciendo una conexión única entre el EMG y el receptor de la señal, evitando posibles interferencias procedentes de otros equipos de comunicación. Este equipo es capaz de medir la actividad EMG de manera remota y no invasiva.

Incluye un conector bluetooth, una batería y un brazalete para sujetarlo al brazo.

Se ha utilizado también un ordenador PC con Windows Xp, microsoft's DirectX versión 9.0, adobe Flash player versión 10, 1.6 Ghz Intel Atom, IGB Ram, con tarjeta de sonido y tarjeta gráfica 3D.



**Imagen 16.** Branquiry PET EEG 2.0 Neurofeedback



**Imagen 17.** Escala visual que recibe el sujeto.

Software: *Bioexplorer* es un programa compatible con Windows que sirve para el procesamiento de datos biofísicos en tiempo real, los cuales son enviados por el EMG ( vía bluetooth ) al receptor y estos captados por el *bioexplorer* en una sesión hecha previamente con los diseños y características a procesar.

Para el registro de la actividad electromiográfica, hemos utilizado electrodos desechables para fijarse en la piel, marca Kendall / Tyco Arbo H124SG Electrodo Ø 24 mm.



**Imagen 18.** Electrodos de superficie

### **3.2.9. Ficha de registro de datos de cada sesión**

En esta ficha se han registrado todos los datos concernientes a la misma sesión.

En las baterías de pruebas prefatiga, preintervención y postintervención se realizan las mismas pruebas; lo único que varía de una sesión a otra es la fase intervención que sería: Control, Masaje, Masaje con hielo, MRM o Biofeedback.

APELLIDOS:					NOMBRE:					
PESO:			IMVC:							
<b><u>PREFATIGA</u></b>										
<b>PERCEPCIÓN SUBJETIVA:</b> 1    2    3    4    5    6    7    8    9    10										
<b>EMG:</b> MIN:			MAX:		MED:		POT:			
<b>TEST DE BOSCO (SQUAT JUMP):</b> ALTURA:					TIEMPO DE VUELO:					
<b>DINAMOMETRIA:</b>										
<b>TEST DE WINGATE:</b> CARGA (0,075 x peso) :					INDICE FATIGA:					
RPM: 5":		10":		15":		20":		25":		30":
<b><u>PREINTERVENCIÓN</u></b>										
<b>PERCEPCIÓN SUBJETIVA:</b> 1    2    3    4    5    6    7    8    9    10										
<b>EMG:</b> MIN:			MAX:		MED:		POT:			
<b>TEST DE BOSCO (SQUAT JUMP):</b> ALTURA:					TIEMPO DE VUELO:					
<b>DINAMOMETRIA:</b>										
<b><u>INTERVENCIÓN ( 5 ):</u></b>										
<b><u>POSTINTERVENCIÓN</u></b>										
<b>PERCEPCIÓN SUBJETIVA:</b> 1    2    3    4    5    6    7    8    9    10										
<b>EMG:</b> MIN:			MAX:		MED:		POT:			
<b>TEST DE BOSCO (SQUAT JUMP):</b> ALTURA:					TIEMPO DE VUELO:					
<b>DINAMOMETRIA:</b>										

### 3.3. MÉTODOS

Los sujetos eran citados a la hora convenida.

Los miembros del estudio (n=41) nunca fueron evaluados a continuación de una sesión de entrenamiento, para que llegasen en las mejores condiciones posibles y así poder estudiar al músculo sin fatiga previa.

Cada sesión estaba separada de la siguiente, al menos, una semana.

Todos los deportistas reciben todos los tratamientos, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback, además de la sesión control, de esta manera se pueden contemplar las diferencias intraindividuales y compararlas interindividualmente, es decir, cada sujeto es control de sí mismo.

El procedimiento utilizado en cada sesión, a excepción de la antropometría que sólo se ha recogido en una de las cinco sesiones a las que se ha sometido cada sujeto, recogido en la tabla X, fue el siguiente:

1. Antropometría. Se realizó antes de una de las sesiones de cada individuo, para que no influyera la pérdida de líquidos en la toma de datos.

2. Calentamiento

3. Batería de pruebas prefatiga:

- Registro de la percepción subjetiva de fatiga muscular (PSFm).
- Registro EMG .
- Registro del SJ.
- Registro de la dinamometría (Din.)

4. Test de Wingate (test anaeróbico de fatiga).

5. Batería de pruebas preintervención (postfatiga). Son las mismas pruebas que las de la batería prefatiga (punto 3).

6. Intervención. Cinco minutos de sesión control o cinco min. de terapias: masaje, masaje con hielo, MRM o biofeedback.

7. Batería de pruebas postintervención. Son las mismas pruebas que las de la batería prefatiga y preintervención (punto 3 y 5).

<b>Calentamiento 5'</b>	<b>Bat prefat</b>	<b>T Wingate</b>	<b>Bat preint</b>	<b>Intervención 5'</b>	<b>Bat postint</b>
- Movilizaciones: 1' - Estiramientos: 2' - Ensayos submáx. progresivos : 2'	- PS - EMG - SJ - Din	- 10' a 70rpm - 30" con carga - 5' vuelta a la calma	- PS - EMG - SJ - Din	- Control	- PS - EMG - SJ - Din
- Movilizaciones: 1' - Estiramientos: 2' - Ensayos submáx. progresivos : 2'	- PS - EMG - SJ - Din	- 10' a 70rpm - 30" con carga - 5' vuelta a la calma	- PS - EMG - SJ - Din	- Biofeedback	- PS - EMG - SJ - Din
- Movilizaciones: 1' - Estiramientos: 2' - Ensayos submáx. progresivos : 2'	- PS - EMG - SJ - Din	- 10' a 70rpm - 30" con carga - 5' vuelta a la calma	- PS - EMG - SJ - Din	- Masaje	- PS - EMG - SJ - Din
- Movilizaciones: 1' - Estiramientos: 2' - Ensayos submáx. progresivos : 2'	- PS - EMG - SJ - Din	- 10' a 70rpm - 30" con carga - 5' vuelta a la calma	- PS - EMG - SJ - Din	- Masaje con hielo	- PS - EMG - SJ - Din
- Movilizaciones: 1' - Estiramientos: 2' - Ensayos submáx. progresivos : 2'	- PS - EMG - SJ - Din	- 10' a 70rpm - 30" con carga - 5' vuelta a la calma	- PS - EMG - SJ - Din	- MRM	- PS - EMG - SJ - Din

**Tabla 1.** Metodología de las sesiones.

### 3.3.1. Determinación de la composición corporal y somatotipo

Se llevó a cabo mediante método cineantropométrico mediante directrices de la ISAK (International Society for the Advancement of Kinanthropometry).

Se determinó el perfil reducido: 6 pliegues, 2 perímetros y 3 diámetros .

El cálculo del porcentaje de grasa se realizó según la propuesta de Yuhasz, el porcentaje de músculo según Rose y Guimaraes, la composición corporal según Martin y Dinkwater ( 1991 ) y el cálculo del somatotipo según la metodología de Heath-Carter.

### **3.3.2. Calentamiento**

Al llegar, los individuos debían ponerse vestimenta deportiva (zapatillas deportivas y pantalón corto, obligatorios), y éstos debían hacer un calentamiento de 5 min., consistente en:

- Movilizaciones articulares (1 min.)
- Estiramientos (2 min.)
- Ensayos progresivos submáximos de las pruebas posteriores (2 min.). Esta fase del calentamiento ayudaba además a un mejor desarrollo de las pruebas siguientes, adquiriendo una mejor mecánica, haciendo la sesión más dinámica y disminuyendo la probabilidad en el número de pruebas fallidas. Los ensayos se hicieron sobre las pruebas de las baterías (EMG, SJ, Din), puesto que el test de Wingate posee su propio calentamiento y la PS y la intervención no lo necesitan.

Después del calentamiento se dejaba pasar 1 min. hasta el comienzo de las pruebas para que el músculo se recuperase de una posible fatiga.

### **3.3.3. Batería prefatiga**

#### **3.3.3.1. Registro de la percepción subjetiva de fatiga**

Cada sujeto debe indicar cuál es su sensación subjetiva de relajación muscular. La puntuación va de 1 a 10, donde 1 indica una sensación de relajación máxima o de fatiga/tensión mínima del vasto externo, y el 10 indica el grado mínimo de relajación, o fatiga/tensión máxima del vasto externo. Por tanto, los valores cercanos a 1 expresan sensación de relajación muscular y los próximos a 10 de cansancio muscular.

Relajación    1   2   3   4   5   6   7   8   9   10   Fatiga

Esta valoración siempre se hacía en primer lugar, previamente al resto de pruebas.

### 3.3.3.2. EMG

El registro se ha llevado a cabo siempre en el mismo laboratorio de esfuerzo y con la misma iluminación y temperatura.

Se utilizó el electromiógrafo Myomed 932 (ver punto 3.2.3.) . El registro consistió en evaluar un músculo extensor de la pierna derecha, se eligió el vasto externo del cuádriceps femoral derecho basándonos en la bibliografía existente, por lo que siempre se evaluó el vasto externo derecho en todos los sujetos, que debían tener esa región rasurada o depilada.

La colocación de los electrodos se realizó siempre en los mismos lugares para todos los sujetos del estudio, el más distal en la unión miotendinosa distal del vasto externo (unión del tendón cuadricepsal al vasto externo) y el más proximal 2 cm por encima. El electrodo de referencia se colocó en la apófisis estiloides radial, en la muñeca derecha. Al ser registro electromiográfico no hay electrodo positivo y negativo, si bien, se colocaron en todos los sujetos el positivo proximal (rojo más arriba) y el negativo distal (negro más abajo) para mayor homogeneidad de registro y evitar posibles errores en el registro. Los lugares concretos de colocación de los electrodos se marcaron con lápiz demográfico.

Los electrodos utilizados tenían siempre las mismas características . Se han utilizado los electrodos de superficie adhesivos circulares, con un diámetro de 3 cm (*blue sensor, type M-00-S, medicotest*).

La colocación del paciente para la prueba fue siempre la misma para todos los sujetos. Éstos fueron situados en sedestación sobre un *banco de Colson*, con la rodilla en flexión de 90° y un cinturón en la pelvis para asegurar que la contracción fuera isométrica y que no se compense con otra musculatura.

A los sujetos se les dieron instrucciones claras de lo que debían hacer y las órdenes que iban a recibir, ejecutando alguna prueba sin resistencia en la primera sesión.

Durante la realización de la medida electromiográfica se le pide al paciente una contracción isométrica de 10 seg. en 45° de flexión de rodilla/135° de extensión (en la mitad del recorrido hacia la extensión completa) con una resistencia del 50% de la contracción voluntaria máxima isométrica (IMVC) de cada sujeto, que es la ejercida con una resistencia tal que sólo se puede realizar durante 1seg. De estos 10 seg. hemos desechado los primeros 1,5 seg. y los últimos 0,5 seg, según la bibliografía consultada, analizando por tanto los 8 seg resultantes.

Los datos analizados en el electromiógrafo fueron exportados a un ordenador con un software específico ,mediante cable RS232, realizándose capturas de pantalla. Se utilizó este software para el almacenamiento de datos por mayor seguridad y versatilidad.



**Imagen 19 y 20.** Registro EMG en el vasto externo.

### **3.3.3.3. Squat Jump**

EL SJ fue efectuado en todos los sujetos después del registro EMG, en la misma sala. Los deportistas fueron informados previamente sobre el propósito de la valoración y se les explicó el protocolo, según las directrices marcadas por Bosco y col. (1983).

EL SJ es un test de fuerza explosiva (contráctil) de los músculos de los miembros inferiores, así como la capacidad de reclutamiento nervioso. Con este test se miden el tiempo de vuelo y la altura alcanzada por el sujeto.

Los sujetos deben situarse en la zona delimitada por los sensores. Partiendo de una posición de medio squat (rodilla flexionada a 90°, con el tronco recto y las manos en las caderas), los sujetos a la orden del evaluador debían realizar un salto vertical desde esta posición sin emplear los brazos, para ello debían tener siempre las manos en la caderas, y cayendo con las rodillas extendidas.

Los deportistas efectuaron la prueba con zapatillas deportistas, según el protocolo squat jump, y realizaron dos intentos en SJ anotando el mejor de ellos. En caso de una

mala ejecución (impulso, contramovimiento, flexión excesiva o escasa de rodillas, caída de talones, etc.) los sujetos realizaban un intento extra.



**Imagen 21.** Squat jump.

Cuando sucedía, en algún caso, el no poder eliminar un ligero contramovimiento, por recomendación de la literatura al respecto, se presionaba el hombro del sujeto hacia abajo y se soltaba repentinamente; en este momento, el sujeto debía saltar rápidamente en dirección vertical.

#### **3.3.3.4. Dinamometría**

El test de contracción isométrica de este estudio se realizó con un dinamómetro de extensión de piernas mecánico (ver punto 3.2.6.)

*Metodología específica:* en la dinamometría de piernas se colocó al sujeto de pie sobre la plataforma con sus pies en las huellas marcadas sobre la misma. Se ajustó la altura de la empuñadura enganchando el anillo de la cadena que fuera necesario para que el sujeto, con el tronco vertical, se mantuviera en una flexión de rodillas de, aproximadamente, 120°.

Los sujetos debían coger la empuñadura con ambas manos firmemente y se les indicaba que tirasen hacia arriba efectuando el mayor esfuerzo posible, manteniendo el tronco vertical. En nuestro caso, al medir sólo la  $F_{\text{máx}}$  les indicábamos que contrajeran los músculos de forma gradual y se les mandaba parar suavemente a los 5 seg., tiempo más que suficiente para alcanzar la  $F_{\text{máx}}$ .

Se realizaron dos mediciones espaciadas 1 minuto y se tomó la mejor de ellas.

### **3.3.4. Prueba anaeróbica de fatiga**

Como prueba anaeróbica de fatiga se utilizó el test de Wingate. La carga que se introdujo fue de  $0,075 \text{ kg} \times \text{peso corporal (kg)}$  (resistencia más estandarizada) (Ayalon y col., 1974), por tanto, a un sujeto de 70 kg se le ponía una resistencia de 5,25 kp. A lo largo de los 30 seg. de trabajo se recogían cada 5 seg. las rpm (a los 5, 10, 15, 20, 25 y 30 seg.), para hallar luego el índice de fatiga (explicado más abajo en valoración). Al cumplirse los 30 seg. se quitaba la carga para que los sujetos siguieran pedaleando (en vacío, a 60 rpm) durante 5 min. y así evitar, mediante una recuperación activa, la aparición de reacciones hipotensivas.

Los sujetos tenían prohibido levantarse en la bici durante toda la prueba, no debiendo perder nunca el contacto con el sillín para que no entrara en juego otra musculatura y la prueba fuese más homogénea para todos los participantes.

*Valoración del índice de fatiga:* Grado de disminución de la potencia a lo largo de los 30 seg. del test. Se valora porcentualmente en relación al pico de potencia máxima.

$$\text{IF} = (\text{Pico de potencia} - \text{potencia más baja} / \text{pico de potencia}) \times 100$$



**Imagen 22.** Test de Wingate.



**Imagen 23.**  $F_{\text{máx}}$  isométrica en dinamómetro.

### **3.3.5. Batería preintervención (postfatiga)**

Se realizó exactamente la misma metodología que en la batería prefatiga.

### **3.3.6. Intervención**

#### **3.3.6.1. Control**

La sesión control consistió en que los sujetos debían estar sentados, descansando, durante 5 min.

### 3.3.6.2. Masaje

Se realizó con crema de masaje, en una camilla con el cabezal inclinado, quedando los sujetos semisentados con las rodillas extendidas.

Se emplearon tres técnicas de masaje: fricciones superficiales, fricciones profundas y amasamientos.

- *Fricciones superficiales*: consiste en deslizar las palmas de las manos sobre una zona amplia de la piel. Se llevan a cabo suavemente y rítmicamente.

- *Amasamientos*: consisten en levantar los tejidos musculares y desplazarlos transversalmente de un lado a otro, realizando al mismo tiempo una presión y un estiramiento con ligera torsión del músculo. Se realizan despacio y rítmicamente (0,20 Hz), unas 12 veces/min., con el fin de relajar la musculatura y siempre de distal a proximal.

- *Fricciones profundas*: consiste en deslizar los dedos y las palmas de las manos sobre la piel, comprimiendo y desplazando los tejidos subyacente. Se llevan a cabo despacio y rítmicamente a velocidad lenta (1 Hz). la dirección del masaje es siempre de distal a proximal.

Para que todos los sujetos recibiesen el mismo tratamiento de masaje, se realizó un protocolo de masaje que distribuyera claramente las técnicas relajantes utilizadas (Henriksen y col.,2004) y el tiempo empleado en cada una de ellas, tal y como se indica en la tabla 2.

<b>Tiempo (min.)</b>	<b>Técnica</b>
0-0,5	Fricciones superficiales
0,5-1,5	Amasamientos
1'5-2,5	Fricciones profundas
2,5-3,5	Amasamientos
3,5-4,5	Fricciones profundas
4,5-5	Amasamientos

**Tabla 2.** Distribución del tiempo por técnica durante la intervención masaje.

### **3.3.6.3. Masaje con hielo**

Para el masaje con hielo se utilizó una bolsa de plástico con cubitos de hielo en su interior. A la bolsa se le quitaba el aire y se anudaba, antes de su aplicación.

Esta técnica se realizó en una camilla, en la que se inclinaba el cabezal, para que los sujetos quedasen con el tronco incorporado y las rodillas extendidas. Con esto se conseguía disminuir la tensión en el músculo. Es la misma posición que la utilizada en la intervención masaje.

Previamente a la aplicación del frío, se extendía crema de masaje sobre la zona a masajear para mejorar el deslizamiento y evitar así dolores por abrasión.

La aplicación del criomasaje se realizó de distal a proximal longitudinalmente a las fibras musculares subyacentes, volviendo a la posición inicial sobre el músculo, pero con menos presión (más superficialmente pero sin perder el contacto), ejecutando así un movimiento de vaivén. Se realizó de esta manera para que el músculo estuviera sometido, el menor tiempo posible, a la temperatura ambiente y así no perder enfriamiento.

Se empezaba de manera suave y se iba ejerciendo una presión creciente a medida que discurría la sesión, dentro de los límites de tolerancia de los sujetos.

### **3.3.6.4. MRM**

Los sujetos recibieron durante 5 min. una sesión de MRM en las piernas. El MRM fue conectado a media velocidad, que corresponde a 2,3 sacudidas/seg., por tanto a una frecuencia de 2,3 Hz.

Los sujetos se tumbaban en decúbito supino con los tobillos en los soportes del aparato, pero de tal forma que las rodillas quedaran flexionadas unos 45°.



Imágenes 24 y 25. Sesión de MRM.

### 3.3.6.5. Biofeedback

El biofeedback es una técnica de autocontrol de respuestas fisiológicas que opera a través de retroalimentación o información constante (dinámica, precisa, directa e inmediata) y visual, que el sujeto recibe durante la prueba. Los sujetos se colocaban igual que para el registro EMG (en el banco de Colson, con electrodos en la misma localización, en el vasto externo, rodilla a 90° de flexión). En este caso, el sujeto en lugar de estar conectado a un electromiógrafo, estaba conectado al *Branquiry PET EEG 2.0 Neurofeedback*.

Los deportistas tenían un monitor en frente con el software *Bioexplorer*. En este programa se utilizó una escala visual bicolor. Recibían visualmente una imagen cuadrangular de color que ascendía o descendía según la tensión muscular ejercida. Para comenzar se puso un umbral estándar de tensión muscular para todos, por encima de este umbral (mayor tensión muscular) el color era rosa (color vivo, asociado con acción/activación), y por debajo del umbral, azul (color frío, relacionado con relajación).

Los sujetos debían intentar mantenerse por debajo del umbral, es decir, en el color azul. Para ello, debían concentrarse en autorelajarse retroalimentados por el biofeedback.

Cada 10 seg. los sujetos debían extender suavemente la rodilla y volver a la posición de 90° de flexión, al cambiar la imagen (por cambio de actividad EMG) en rosa, esto les incentivaba para conseguir relajaciones y mayor control, haciéndose a la par, menos

monótono. Cada minuto se bajaba un poco el umbral, aumentando la dificultad de la tarea e incentivando una mayor relajación.



**Imagen 26.** Escala visual que recibe el sujeto.

La línea roja que determina que lo que está por debajo de ella sea azul, es el umbral. El recuadro superior de la izquierda es la imagen de la señal EMG. Los recuadros inferiores de la izquierda dan datos en cifras sobre el nivel de activación y relajación en tiempo real. Las barras de la derecha suben y bajan en correspondencia con la imagen central e indicando el nivel que alcanza cada color en tiempo real.

### **3.3.7. Batería postintervención**

Se realizó exactamente la misma metodología que en la batería prefatiga y preintervención(ver punto 3.3.2.).

### **3.3.8. Análisis estadístico**

Para realizar el análisis estadístico de los datos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 20.0.0. Este análisis se realizó mediante comparación de medias de prueba T de datos emparejados.



# **RESULTADOS**



## 4. RESULTADOS

Tras ser analizadas las 205 intervenciones, 5 por sujeto ( N=41 ), se muestran los datos resultantes, empezando por los antropométricos, para visualizar las características más relevantes de los sujetos y la diferencia entre hombres y mujeres.

### 4.1. Datos antropométricos

En la tabla 3 podemos apreciar que la edad media de la muestra es de  $23,02 \pm 2,94$  años y la talla  $171,57 \pm 8,93$  cm, siendo en hombres la edad media de  $23,38 \pm 3,17$  años y la talla de  $176,25 \pm 6,53$  cm, mientras que en mujeres la edad es de  $22,40 \pm 2,47$  años y la talla de  $163,46 \pm 6,40$  cm. Por lo tanto, se aprecia que los hombres son prácticamente un año mayores (0,98) y 12,79 cm más altos.

	Sexo	n	Media	DE
<b>Edad</b>	Grupo	41	23,02	2,94
	Hombres	26	23,38	3,17
	Mujeres	15	22,40	2,47
<b>Talla</b>	Grupo	41	171,57	8,93
	Hombres	26	176,25	6,53
	Mujeres	15	163,46	6,40

**Tabla 3.** Edad y talla de los sujetos. Valores de sexo, muestra, media y desviación estándar.

Todos los datos antropométricos son estadísticamente diferentes entre hombres y mujeres (tabla 4).

El peso medio de la muestra es de  $75,46 \pm 15,34$  kg ( $p < 0,001$ ), siendo en hombres de  $82,30 \pm 13,15$  kg y en mujeres  $63,60 \pm 11,21$  kg, por lo tanto los hombres pesan 18,7 kg más que las mujeres.

El IMC medio es de  $25,45 \pm 2,94$  ( $p < 0,05$ ), siendo en hombres  $26,44 \pm 3,86$  y en mujeres  $23,73 \pm 3,42$ , así pues, los hombres tienen un IMC superior a las mujeres de 2,71

de media; sin embargo el porcentaje medio de masa grasa es de  $16,07 \pm 6,72\%$  ( $p < 0,001$ ), siendo en hombres  $12,36 \pm 3,66\%$  frente a  $22,49 \pm 5,95\%$  en mujeres, por consiguiente, los hombres tienen un 10,13% menos de masa grasa que las mujeres. El sumatorio de 6 pliegues medio es de  $99,66 \pm 39,14$  mm ( $p < 0,05$ ), siendo en hombres  $89,03 \pm 35,33$  mm frente a  $118,08 \pm 39,69$  mm en mujeres, de modo que los hombres tienen de media 29,05 mm menos que las mujeres.

El porcentaje medio de masa muscular es de  $45,60 \pm 5,26\%$  ( $p < 0,001$ ), siendo en hombres de  $48,15 \pm 2,95\%$  frente a  $41,20 \pm 5,56\%$  en mujeres, consecuentemente, los hombres presentan un 6,95% más de masa muscular que las mujeres.

	Sexo	n	Media	DE	p
<b>Peso</b>	Grupo	41	75,46	15,34	,000***
	Hombres	26	82,30	13,15	
	Mujeres	15	63,60	11,21	
<b>IMC</b>	Grupo	41	25,45	2,94	,030*
	Hombres	26	26,44	3,86	
	Mujer	15	23,73	3,42	
<b>M. Grasa (%)</b>	Grupo	41	16,07	6,72	,000***
	Hombres	26	12,36	3,66	
	Mujeres	15	22,49	5,95	
<b>M. Muscular (%)</b>	Grupo	41	45,60	5,26	,000***
	Hombres	26	48,15	2,95	
	Mujeres	15	41,20	5,56	
<b>∑ 6P</b>	Grupo	41	99,66	39,14	,020*
	Hombres	26	89,03	35,33	
	Mujeres	15	118,08	39,69	

**Tabla 4.** Datos del peso, IMC, masa grasa, masa muscular y sumatorio de 6 pliegues. Valores de sexo, media, desviación estándar y nivel de significación. \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

La endomorfia media del grupo es de  $4,59 \pm 1,70$ , siendo en hombres  $4,21 \pm 1,65$  frente a  $5,26 \pm 1,62$ , por tanto, las mujeres son 1,05 puntos más endomórficas que los hombres.

La mesomorfia media es de  $5,29 \pm 2,06$ , siendo en hombres de  $6,03 \pm 1,61$  frente a  $4,00 \pm 2,18$  en mujeres, así pues, los hombres son 2,03 puntos más mesomórficos que las mujeres.

La ectomorfia media es de  $1,60 \pm 1,01$ , siendo en hombres de  $1,52 \pm 0,94$  frente a  $1,72 \pm 1,15$  en mujeres, así pues, las mujeres son 0,20 puntos más ectomórficas que los hombres.

	Sexo	n	Media	DE
<b>Endomorfia</b>	Grupo	41	4,59	1,70
	Hombres	26	4,21	1,65
	Mujeres	15	5,26	1,62
<b>Mesomorfia</b>	Grupo	41	5,29	2,06
	Hombres	26	6,03	1,61
	Mujeres	15	4,00	2,18
<b>Ectomorfia</b>	Grupo	41	1,60	1,01
	Hombres	26	1,52	0,94
	Mujeres	15	1,72	1,15

**Tabla 5.** Datos del somatotipo de los sujetos. Valores de sexo, muestra, media y desviación estándar.

## 4.2. Intervenciones y comparaciones con la sesión control

### 4.2.1. Control

Se presentan los datos preintervención (postfatiga) y postintervención de la sesión en la que se realizó la intervención control.

En la tabla 6 se recogen las comparaciones en las que se relacionan los datos preintervención-postintervención de la EMG, PSFm, SJ y Din. En esta tabla se puede observar que hay diferencias significativas tanto en la PSF m como en la DIN. Los sujetos manifiestan una menor PSF m ( $-1,36 \pm 1,63$ ;  $p < 0,001$ ) después del reposo que antes del mismo. La fuerza que pueden realizar tras el reposo (DIN) es mayor ( $6,22 \pm 17,25$  kg de diferencia media;  $p < 0,05$ ). Por el contrario la EMG med, la EMG pot

y el SJ no presentan diferencias significativas, si bien los parámetros EMG rozan la significación (EMG med con una  $p=0,059$  y EMG pot con una  $p=0,61$ ).

	Pre	Post	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	218,54	231,76	13,22	43,51	-0,51	26,95	,059
<b>EMG pot</b>	1775,27	1882,20	106,92	355,21	-5,19	219,04	,061
<b>PSF m</b>	5,20	3,83	-1,36	1,63	-1,88	-0,85	,000***
<b>SJ</b>	28,03	28,41	0,37	3,94	-0,87	1,62	,548
<b>Din</b>	150,78	157,00	6,22	17,25	0,77	11,66	,026*

**Tabla 6.** Prueba de muestras relacionadas en la intervención control. Valores pre y postintervención, diferencia media, , desviación estándar. , intervalo de confianza de la diferencia (valores inferior y superior) y nivel de significación bilateral: \* $p<0,05$  - \*\* $p<0,01$  - \*\*\* $p<0,001$ .

#### 4.2.2. Masaje

A continuación se muestran los datos preintervención (postfatiga) y postintervención de la sesión en la que se realizó la intervención masaje.

	Pre	Post	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	195,78	215,05	19,26	36,83	7,64	30,89	,002**
<b>EMG pot</b>	1588,39	1742,27	153,87	300,52	59,02	248,73	,002**
<b>PSF m</b>	5,41	4,02	-1,39	1,98	-2,02	-0,76	,000***
<b>SJ</b>	28,32	27,59	-0,73	3,16	-1,73	0,26	,146
<b>Din</b>	169,80	160,71	-9,09	25,54	-17,16	-1,03	,028*

**Tabla 7.** Prueba de muestras relacionadas en la intervención masaje. Valores pre y postintervención, diferencia media, , desviación estándar. , intervalo de confianza de la diferencia (valores inferior y superior) y nivel de significación bilateral: \* $p<0,05$  - \*\* $p<0,01$  - \*\*\* $p<0,001$ .

Con respecto a la sesión de masaje se puede observar en la tabla 7 que hay diferencias significativas en la EMG med, EMG pot ,PSF m y en la Din. Los sujetos manifiestan tras el masaje una mayor EMG med ( $19,26 \pm 36,83 \mu\text{V}$ ;  $p < 0,01$ ), así como una mayor EMG pot ( $153,87 \pm 300,52 \text{ W}$ ;  $p < 0,01$ ). La PSF m tras la intervención es menor ( $-1,39 \pm 1,98$ ;  $p < 0,001$ ). La fuerza desarrollada es menor en el momento postintervención ( $-9,09 \pm 25,54 \text{ kg}$ ;  $p < 0,05$ ). Por el contrario el SJ no presenta diferencias significativas.

#### 4.2.2.1. Comparación masaje - control

Al comparar los resultados de la intervención masaje con la sesión control (tabla 8) se ha observado que el único dato significativo lo aporta la dinamometría, con una diferencia media de  $-15,31 \text{ kg}$ . La EMG med y la EMG pot aumentan tanto en los controles como en las sesiones de masaje, si bien esto ocurre en mayor medida en esta última, lo cual expresa una mayor actividad eléctrica en el músculo. La fatiga percibida por los sujetos (PSF m) disminuye en ambos casos, de manera ligeramente superior en la sesión masaje.

La altura del salto en el SJ aumenta tras el control, sin embargo disminuye tras realizar el masaje. La fuerza ejercida (Din) aumenta tras el reposo (control), pero disminuye tras la intervención.

	Masaje	Control	Masaje Vs Control				
	Dif med	Dif med	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	19,26	13,22	6,04	53,33	-10,78	22,88	,472
<b>EMG pot</b>	153,87	106,92	46,95	431,08	-89,11	183,01	,490
<b>PSF m</b>	-1,39	-1,36	-0,02	2,50	-0,81	0,76	,951
<b>SJ</b>	-0,73	0,37	-1,10	4,88	-2,65	0,43	,154
<b>Din</b>	-9,09	6,22	-15,31	30,32	-24,88	-5,74	,002**

**Tabla 8.** Prueba de muestras relacionadas de la intervención masaje y sesión control. Diferencias entre valores pre y postintervención de las sesiones control y masaje, diferencia entre ambas, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia y significación bilateral: \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

### 4.2.3. Masaje con hielo

A continuación se muestran los datos preintervención (postfatiga) y postintervención de la sesión en la que se realizó la intervención masaje con hielo.

	Pre	Post	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	183,73	252,24	68,51	73,86	45,19	91,83	,000***
<b>EMG pot</b>	1488,54	2043,15	554,61	598,25	365,77	743,14	,000***
<b>PSF m</b>	5,68	3,54	-2,14	1,89	-2,74	-1,55	,000***
<b>SJ</b>	27,78	27,01	-0,76	3,43	-1,85	0,31	,160
<b>Din</b>	172,66	172,39	-0,26	20,47	-6,73	6,19	,934

**Tabla 9.** Prueba de muestras relacionadas en la intervención masaje con hielo. Valores pre y postintervención, diferencia media, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia (valores inferior y superior) y nivel de significación bilateral: \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

En la sesión de masaje con hielo (tabla 9) se puede observar que hay diferencias significativas tanto en la EMG med, EMG pot como en la PSF m. Los sujetos manifiestan una mayor EMG med ( $68,51 \pm 73,86 \mu\text{V}$ ;  $p < 0,001$ ), así como una mayor EMG pot ( $554,61 \pm 598,25 \text{ W}$ ;  $p < 0,001$ ) tras el masaje con hielo. La PSF m tras la intervención es menor ( $-2,74 \pm 1,89$ ;  $p < 0,001$ ). Por el contrario el SJ y la Din no presentan diferencias significativas.

#### 4.2.3.1. Comparación masaje con hielo - control

Al comparar los resultados de la intervención masaje con hielo con la sesión control (tabla 10) se han observado cambios significativos en la EMG med y la EMG pot que aumentan tanto en los controles ( $13,22 \mu\text{V}$  y  $106,92 \text{ W}$ ) como en las sesiones de masaje con hielo, si bien esto ocurre en mayor medida y considerablemente en estas últimas ( $68,51 \mu\text{V}$  y  $554,61 \text{ W}$ ), lo cual expresa una mayor actividad eléctrica en el músculo ( $55,29 \pm 74,08 \mu\text{V}$  y  $447,69 \pm 597,06 \text{ W}$ , con una  $p < 0,001$ ). La fatiga percibida por los

sujetos (PSF m) disminuye en ambos casos, pero significativamente en el masaje con hielo (-2,14 frente al -1,36 del control con una diferencia media de  $-0,78 \pm 2,17$ ,  $p < 0,05$ ). La altura del salto en el SJ y la fuerza ejercida en la dinamometría no muestran significación estadística, si bien el SJ aumenta tras el control y disminuye tras realizar el masaje con hielo. La fuerza ejercida (Din) aumenta tras el reposo, pero disminuye tras la intervención.

	M hielo	Control	Masaje con hielo Vs Control				
	Dif med	Dif med	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	68,51	13,22	55,29	74,08	31,91	78,67	,000***
<b>EMG pot</b>	554,61	106,92	447,69	597,06	259,22	636,14	,000***
<b>PSF m</b>	-2,14	-1,36	-0,78	2,17	-1,46	-0,09	,027*
<b>SJ</b>	-0,76	0,37	-1,14	5,16	-2,77	0,49	,165
<b>Din</b>	-0,26	6,22	-6,48	27,93	-15,30	2,33	,145

**Tabla 10.** Prueba de muestras relacionadas de la intervención masaje con hielo y sesión control. Diferencias entre valores pre y postintervención de las sesiones control y masaje, diferencia entre ambas, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia y significación bilateral: \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

#### 4.2.4. MRM

	Pre	Post	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
	<b>EMG med</b>	189,12	200,66	11,53	31,21	1,68	21,38
<b>EMG pot</b>	1534,17	1625,71	91,53	255,23	10,97	172,09	,027*
<b>PSF m</b>	4,95	3,65	-1,30	1,58	-1,79	-0,79	,000***
<b>SJ</b>	28,68	28,63	-0,04	2,74	-0,91	0,82	,910
<b>Din</b>	169,80	169,76	-0,04	24,80	-7,87	7,78	,990

**Tabla 11.** Prueba de muestras relacionadas en la intervención MRM. Valores pre y postintervención, diferencia media, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia (valores inferior y superior) y nivel de significación bilateral: \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

Con respecto a la sesión de la MRM se puede observar que hay diferencias significativas en la EMG med, EMG pot y PSF m. Los sujetos manifiestan una mayor EMG med ( $11,53 \pm 31,21 \mu\text{V}$ ;  $p < 0,05$ ), así como una mayor EMG pot ( $91,53 \pm 255,23 \text{ W}$ ;  $p < 0,05$ ) tras el masaje. La PSF m tras la intervención es menor ( $-1,30 \pm 1,58$ ;  $p < 0,001$ ) tras la intervención. Por el contrario el SJ y la Din no presentan diferencias significativas.

#### 4.2.4.1. Comparación MRM - control

Al comparar los resultados de la intervención MRM con la sesión control (Tabla X) no se observa significación estadística. La EMG med y la EMG pot aumentan tanto en los controles como en las sesiones de MRM, si bien esto ocurre en menor medida en las sesiones MRM, lo cual expresa una menor actividad eléctrica en el músculo en estas sesiones. La fatiga percibida por los sujetos (PSF m) disminuye en ambos casos, de manera ligeramente inferior en la MRM.

La altura del salto en el SJ aumenta tras el control, sin embargo disminuye tras realizar MRM. La fuerza ejercida (Din) aumenta tras el reposo, pero disminuye tras la intervención.

	MRM	Control	MRM Vs Control				
	Dif med	Dif med	Dif med	DE	95% Int conf dif		P
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	11,53	13,22	-1,69	58,51	-20,15	16,78	,855
<b>EMG pot</b>	91,53	106,92	-15,39	480,10	-166,93	136,15	,838
<b>PSF m</b>	-1,30	-1,36	0,07	1,97	-0,55	0,69	,814
<b>SJ</b>	-0,04	0,37	-0,42	4,84	-1,95	1,11	,580
<b>Din</b>	-0,04	6,22	-6,26	26,81	-14,73	2,19	,142

**Tabla 12.** Prueba de muestras relacionadas de la intervención MRM y sesión control. Diferencias entre valores pre y postintervención de las sesiones control y masaje, diferencia entre ambas, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia y significación bilateral: \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

## 4.2.5. Biofeedback

A continuación se muestran los datos preintervención (postfatiga) y postintervención de la sesión en la que se realizó la intervención biofeedback.

	Pre	Post	Dif med	DE	95% Int conf dif		P
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	218,76	227,15	8,39	36,21	-3,04	19,82	,146
<b>EMG pot</b>	1771,95	1840,12	68,17	293,29	-24,40	160,75	,145
<b>PSF m</b>	5,56	4,32	- 1,24	1,57	-1,74	-0,74	,000***
<b>SJ</b>	28,37	27,72	- 0,64	3,71	-1,81	0,52	,271
<b>Din</b>	166,20	173,71	7,51	19,59	1,33	13,69	,019*

**Tabla 13.** Valores pre y postintervención, diferencia media, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia (valores inferior y superior) y nivel de significación bilateral: \* $p < 0,05$  - \*\* $p < 0,01$  - \*\*\* $p < 0,001$ .

Con respecto a la sesión de biofeedback se puede observar que hay diferencias significativas tanto en la PSF m como en la DIN. Los sujetos manifiestan una menor PSF m ( $-1,24 \pm 1,57$ ; ( $p < 0,001$ ) tras la intervención. La fuerza que pueden realizar tras el biofeedback (DIN) es mayor ( $7,51 \pm 19,59$  kg;  $p < 0,05$ ). Por el contrario la EMG med, la EMG pot y el SJ no presentan diferencias significativas.

### 4.2.5.1. Comparación biofeedback - control

Al comparar los resultados de la intervención biofeedback con la sesión control (tabla 14) no se ha observado significación estadística. La EMg med y la EMG pot aumentan tanto en los controles como en las sesiones de Biofeedback, si bien esto ocurre en menor medida en estas últimas, lo cual expresa una menor actividad eléctrica en el músculo. La fatiga percibida por los sujetos (PSF m) disminuye en ambos casos, de manera ligeramente inferior en la biofeedback. La altura del salto en el SJ aumenta tras el control, sin embargo disminuye tras realizar biofeedback. La fuerza ejercida (Din) aumenta tanto tras el reposo (control), como tras la intervención, pero en mayor medida en el segundo caso.

	Bio	Control	Biofeedback Vs Control				
	Dif med	Dif med	Dif med	DE	95% Int conf dif		p
					Inf	Sup	
<b>EMG med</b>	8,39	13,22	-4,83	52,45	-21,38	11,73	0,559
<b>EMG pot</b>	68,17	106,92	-38,75	427,56	-173,71	96,12	0,565
<b>PSF m</b>	-1,24	-1,36	0,12	2,00	-0,51	0,75	0,699
<b>SJ</b>	-0,64	0,37	-1,01	5,48	-2,75	0,71	0,241
<b>Din</b>	7,51	6,22	1,29	25,11	-6,63	9,22	0,743

**Tabla 14.** Prueba de muestras relacionadas de la intervención biofeedback y sesión control. Diferencias entre valores pre y postintervención de las sesiones control y masaje, diferencia entre ambas, desviación estándar, intervalo de confianza de la diferencia y significación bilateral: \*p<0,05 - \*\*p<0,01 - \*\*\*p<0,001.

### 4.3. Comparación sesiones

En la tabla 15 podemos observar que la actividad eléctrica del músculo (EMG med y EMG pot) aumenta en todas las sesiones, produciéndose este aumento, de menor a mayor, en las sesiones biofeedback, MRM, control, masaje y masaje con hielo. La PSF m, en cambio, disminuye en todas las sesiones, produciéndose este descenso, de menor a mayor, en las sesiones biofeedback, MRM, control, masaje y masaje con hielo. En el SJ se produce un aumento del salto en la sesión control, mientras que disminuye en las intervenciones, siendo este descenso, de menor a mayor, en la sesión MRM, biofeedback, masaje y masaje con hielo. La F máx. (Din) aumenta en la sesión control y biofeedback y disminuye en la MRM, masaje con hielo y masaje.

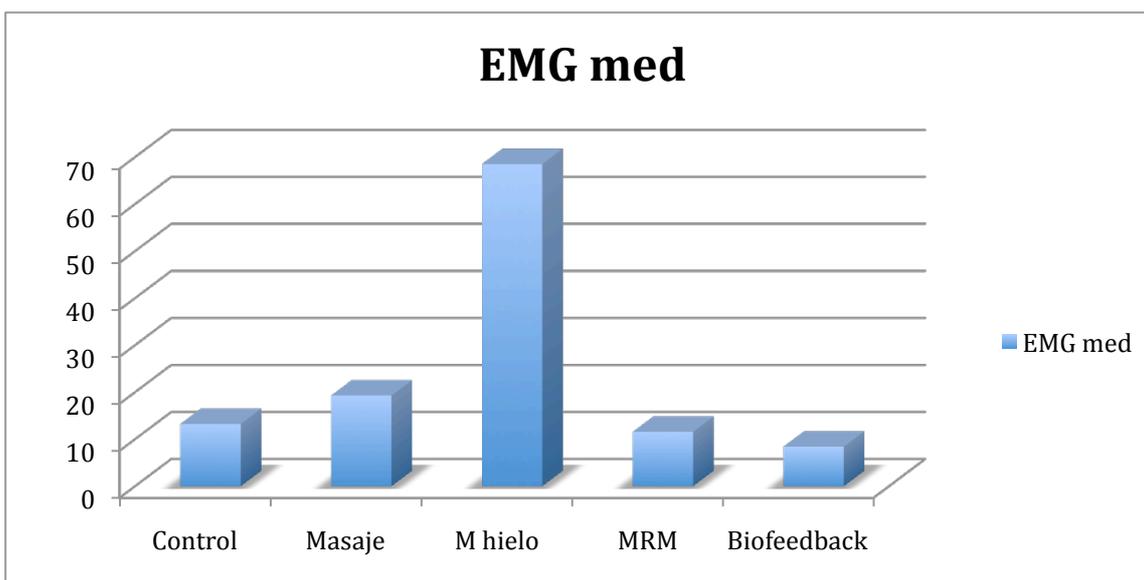
Si comparamos las intervenciones con la sesión control, se puede contemplar que la actividad eléctrica del músculo aumenta en menor medida en las intervenciones biofeedback y MRM, y en mayor medida en el masaje y el masaje con hielo. Por otra parte, la PSF m en la intervención biofeedback y MRM disminuye en menor medida que en la sesión control, mientras que en el masaje y masaje con hielo lo hacen en mayor medida. En cuanto al SJ, la sesión control muestra un salto mayor tras el reposo, siendo menor tras todas las intervenciones, esta disminución se produce de inferior a superior en la MRM, biofeedback, masaje y masaje con hielo. Por último, en la

dinamometría se muestra una mayor fuerza tras el biofeedback que tras el control, siendo menor en el resto, destacando especialmente el masaje.

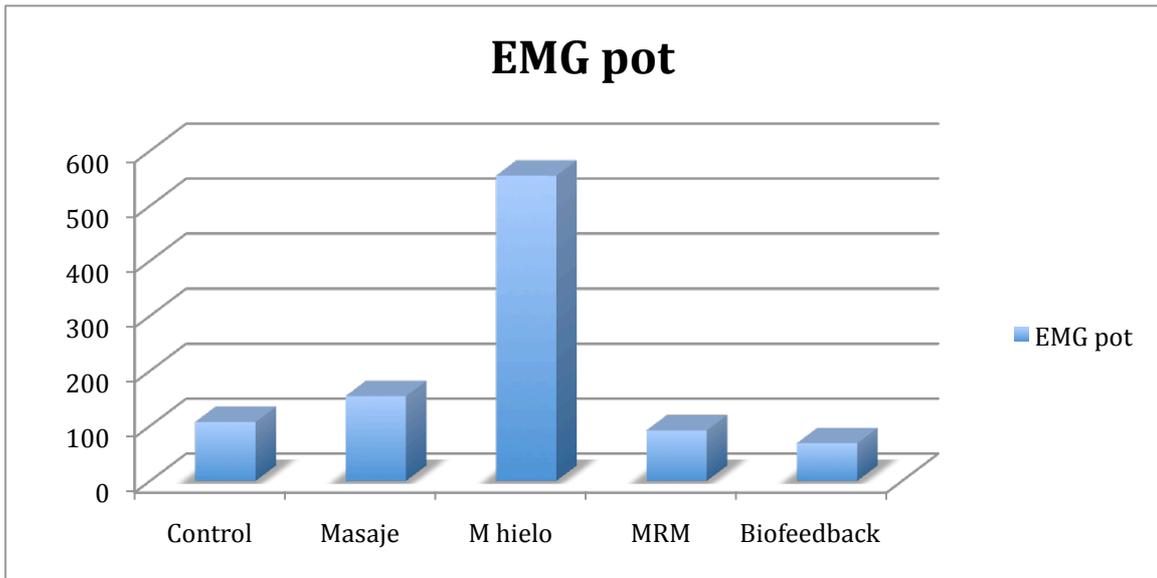
	Control	Masaje	Masaje con hielo	MRM	Biofeedback
<b>EMG med</b>	12,94	19,25	68,12	10,89	7,96
<b>EMG pot</b>	104,94	153,73	551,49	86,32	68,17
<b>PSF m</b>	-1,34	-1,35	-2,10	-1,26	-1,24
<b>SJ</b>	0,37	-0,73	-0,76	-0,05	-0,64
<b>Din</b>	6,01	-9,06	-0,20	-0,06	7,51

**Tabla 15.** Diferencia entre valores pre y postintervención de todas las sesiones: control, biofeedback, masaje con hielo, masaje y MRM.

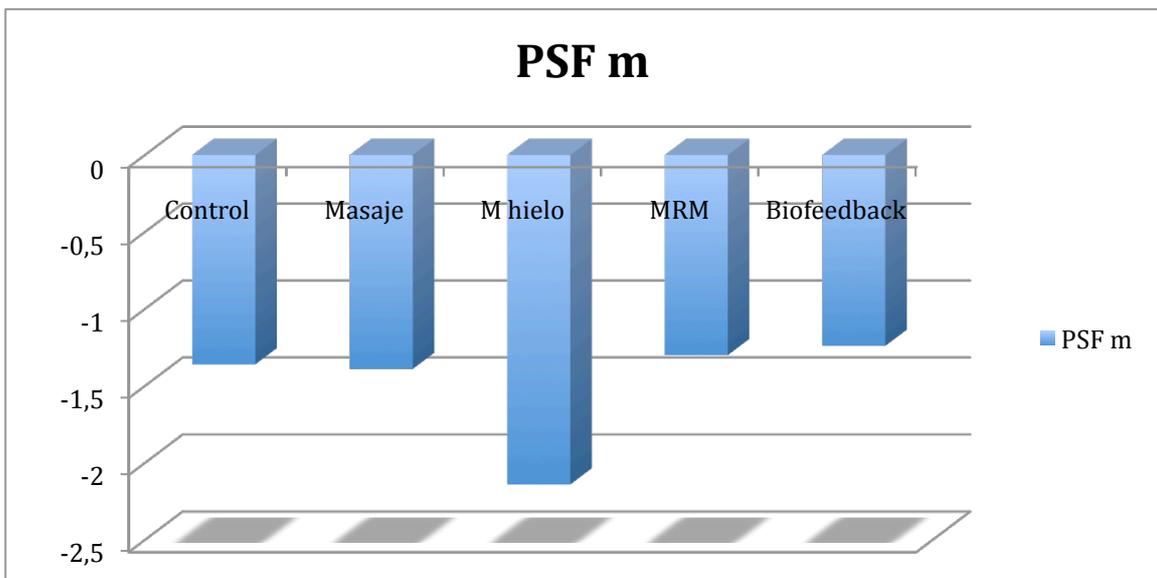
Se muestra en los gráficos 1, 2, 3, 4 y 5 la comparativa de las diferencias medias, preintervención-postintervención, registradas en cada parámetro estudiado (EMG med, EMG pot, PSF m, SJ y Din) en cada una de las sesiones (control, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback).



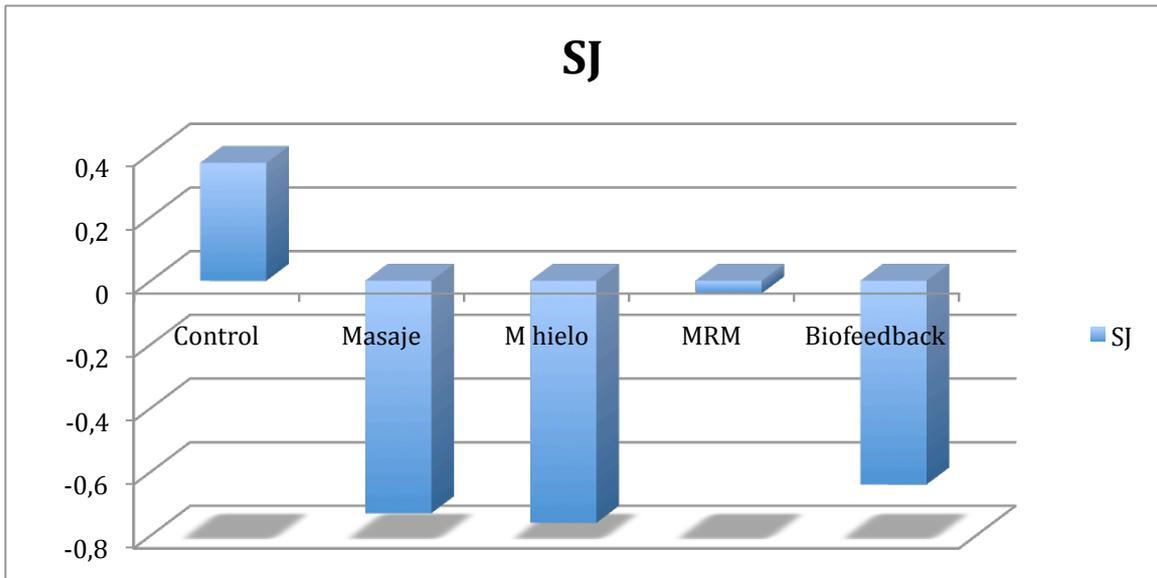
**Gráfico 1.** Diferencias medias de la EMG med en las sesiones control, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback.



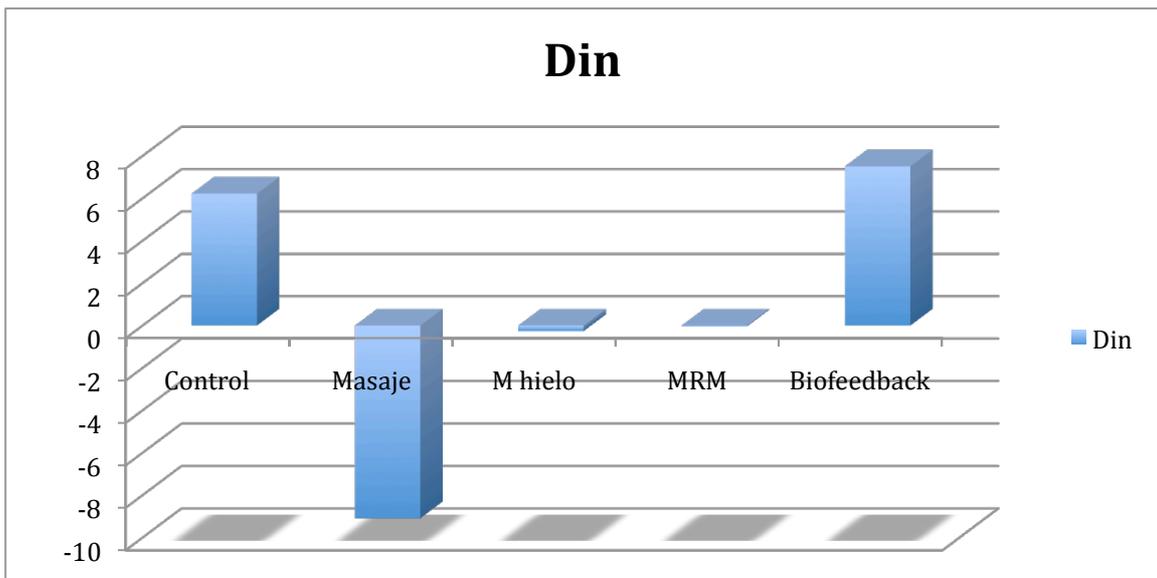
**Gráfico 2.** Diferencias medias de la EMG pot en las sesiones control, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback.



**Gráfico 3.** Diferencias medias de la PSF m en las sesiones control, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback.

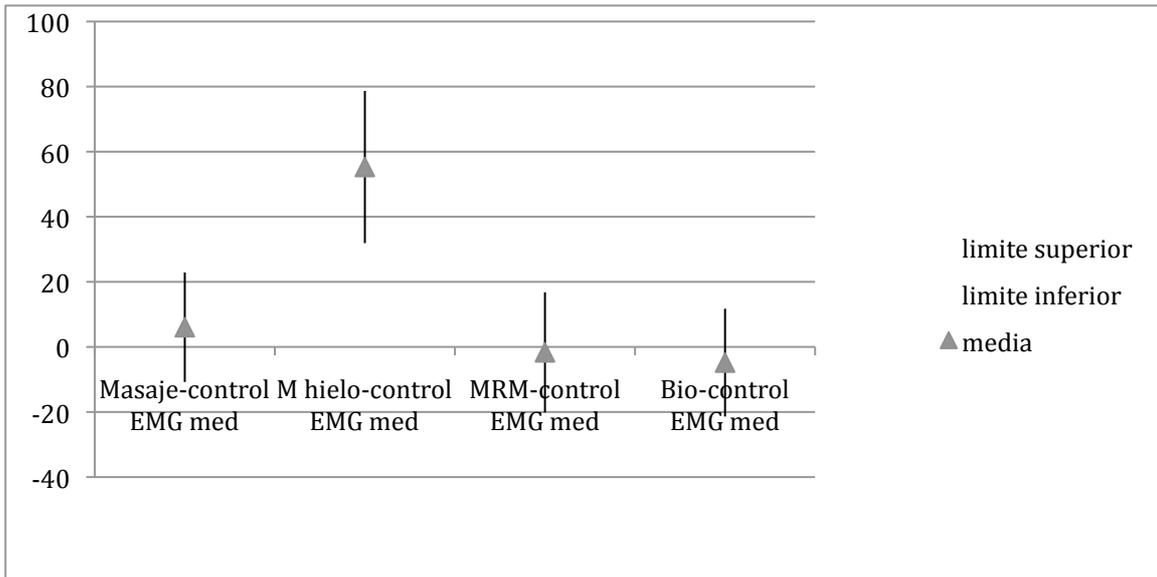


**Gráfico 4.** Diferencias medias del SJ en las sesiones control, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback.

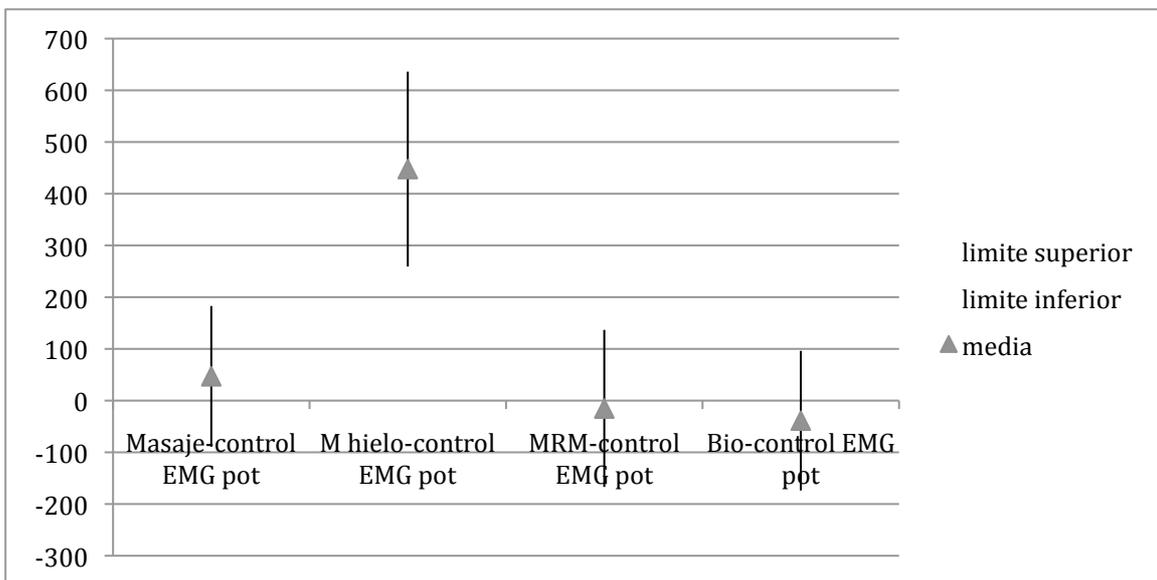


**Gráfico 5.** Diferencias medias de la Din en las sesiones control, masaje, masaje con hielo, MRM y biofeedback.

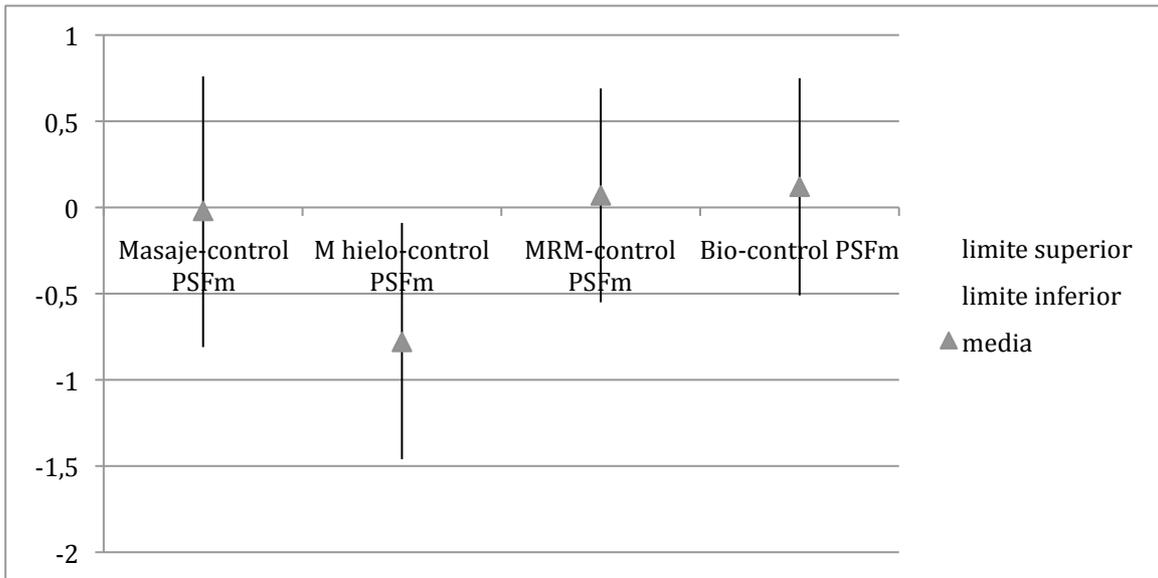
A pesar de que no haya significación estadística en determinados parámetros, ello no quiere decir que los datos no tengan relevancia clínica, ya que en deportes de élite cada sensación, cm o kg cuenta, y mucho. Por esto, en los gráficos 6, 7, 8, 9 y 10 se muestran los intervalos de confianza, de las diferencias medias, de cada parámetro medido (EMG med, EMG pot, PSF m, SJ, Din) en la comparación de las intervenciones con la sesión control (masaje-control, masaje con hielo-control, MRM-control y biofeedback-control).



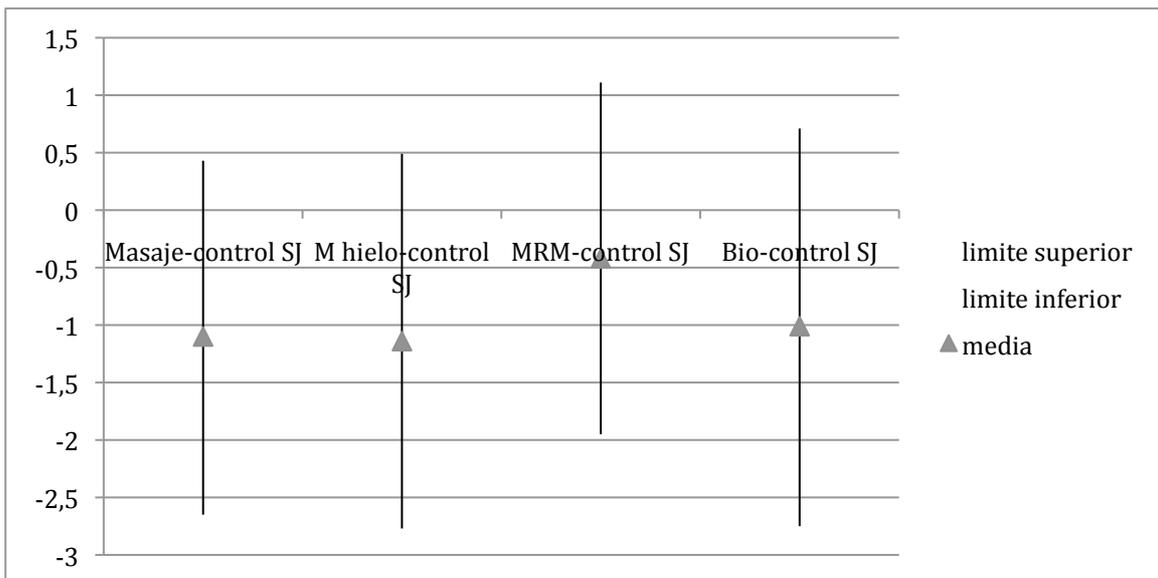
**Gráfico 6.** Intervalos de confianza de la EMG med en las comparaciones masaje-control, masaje con hielo-control, MRM-control y biofeedback-control.



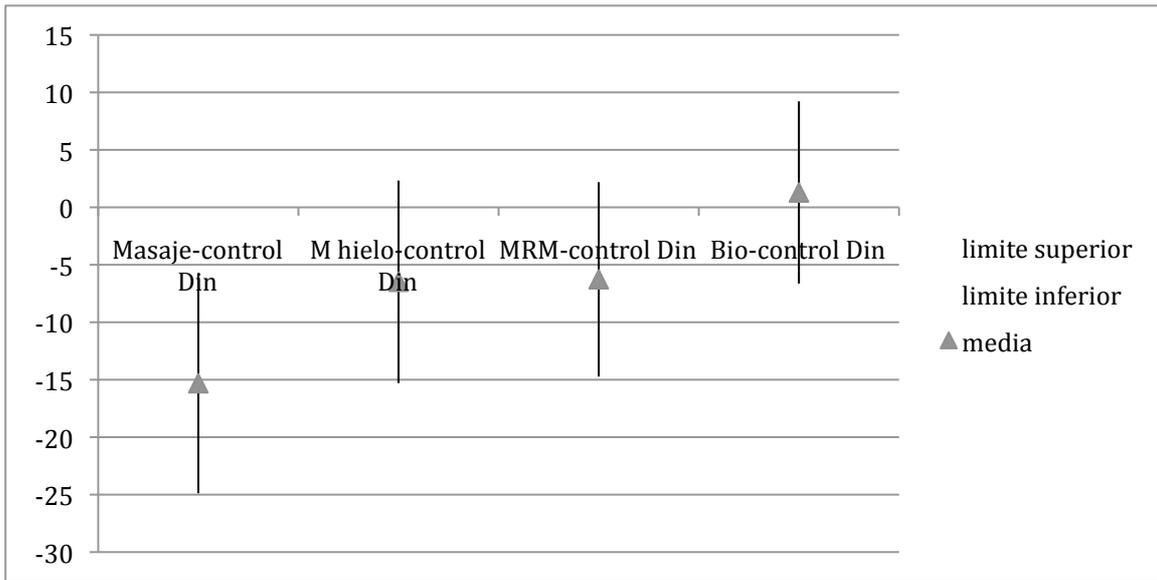
**Gráfico 7.** Intervalos de confianza de la EMG pot en las comparaciones masaje-control, masaje con hielo-control, MRM-control y biofeedback-control.



**Gráfico 8.** Intervalos de confianza de la PSF m en las comparaciones masaje-control, masaje con hielo-control, MRM-control y biofeedback-control.



**Gráfico 9.** Intervalos de confianza de la SJ en las comparaciones masaje-control, masaje con hielo-control, MRM-control y biofeedback-control.



**Gráfico 10.** Intervalos de confianza de la Din en las comparaciones masaje-control, masaje con hielo-control, MRM-control y biofeedback-control.

## **DISCUSIÓN**



## 5. DISCUSIÓN

La fisioterapia ha tenido que defenderse durante largo tiempo, y aún continua con esta labor, de la acusación de mecanicista, de aplicar técnicas de manera empírica basadas en la experiencia de terapeutas y pacientes y no tanto en el método científico. Incluso cuando se tiene constancia que técnicas como el masaje han sido analizadas con el método científico desde el último tercio del siglo XIX (Torres y Salvat, 2006), se cree de suma importancia que desde diversos frentes, laboral, sanitario, docente, investigador... se trabaje de forma conjunta para terminar con las dudas sobre esta ciencia.

El propósito de este trabajo se orienta en esta línea de trabajo. Con este estudio se ha pretendido valorar de forma objetiva, el resultado de la aplicación de cuatro técnicas fisioterapéuticas muy empleadas en un ámbito de aplicación concreto como es el deporte. Estas cuatro técnicas han sido un protocolo de masaje, masaje con hielo, vibroterapia a través de un sistema mecánico (MRM) y biofeedback.

Es necesario señalar que en este trabajo la muestra estudiada puede considerarse homogénea, respecto a la edad que está comprendida entre los 18 y los 30 años y respecto al sexo, número aproximado de hombres y mujeres. Son sujetos sanos que realizan un ejercicio físico similar, puesto que son 41 componentes de un equipo de rugby.

Se planteó realizar este trabajo debido a la ausencia de estudios, que abordaran estas comparaciones entre técnicas y con las medidas utilizadas en el presente estudio y a la escasa literatura de temática similar. Para llevarlo a cabo, se realizaron tres baterías de pruebas, denominadas prefatiga, preintervención (postfatiga) y postintervención. Estas baterías consisten en un registro electromiográfico, para observar la actividad eléctrica del músculo, una escala de percepción subjetiva de fatiga, para conocer la influencia del estado psicológico sobre la relajación muscular y la valoración subjetiva de la técnica aplicada, un salto vertical (SJ) para determinar la fuerza explosiva, y una dinamometría de miembros inferiores, para la fuerza máxima isométrica. Hay que señalar que en la bibliografía consultada no se ha hallado una escala de sensación de relajación/fatiga muscular a nivel local tras la aplicación del tratamiento en dicha zona. Por este motivo en este estudio se ha utilizado una variante de la escala empleada por Mas y cols. (1999) que valoran la sensación de relajación local en la zona que recibió tratamiento.

Para causar la fatiga del cuádriceps derecho se eligió el Test de Wingate (WAT), que es uno de los test más populares y contrastados de la literatura científica que se utiliza para la valoración funcional anaeróbica. Para llevar a cabo este test se utilizó un cicloergómetro muy empleado en múltiples pruebas y estudios de medicina deportiva, además de en muchas otras especialidades.

En cuanto a las intervenciones, el masaje, masaje con hielo, vibroterapia con MRM y biofeedback fueron las elegidas, debido a su gran utilización en fisioterapia, particularmente a nivel deportivo, la gran diferencia existente entre ellas y la escasa evidencia, principalmente en cuanto a la máquina de recuperación muscular.

## **5.1. Intervenciones**

- Masaje: el masaje es una técnica muy utilizada en el deporte para mejorar el rendimiento, acelerar la recuperación y por sus posibles efectos psicológicos. Pero no siempre se ha podido demostrar de manera científica sus efectos. Existen revisiones bibliográficas (Cafarelli y Flint, 1992; Weerapong y col., 2005) que indican la escasez de estudios bien controlados que refrenden la utilización del masaje. Estos estudios no niegan la eficacia de dicha terapia, sino que muestran la necesidad de mayor y mejor número de investigaciones que puedan aportar evidencias a su eficacia.

La mayoría de los estudios consultados sobre los efectos del masaje se han llevado a cabo con una muestra de entre 8 y 27 sujetos sanos, en muchas ocasiones deportistas (Weerapong y col., 2005). Esto coincidiría con la muestra de este estudio y con una mayor población.

- Masaje con hielo: el masaje con hielo es ampliamente utilizado en el mundo del deporte, a pesar de que las razones que justifican o explican por qué adoptar esta modalidad de crioterapia y qué ocurre cuando es adoptada, son todavía motivo de debate. Es la técnica de elección preferida por los deportistas, ya que al unirse al efecto del masaje el efecto del frío la sensación de recuperación es mayor, y se dice sensación porque los estudios que avalen que la recuperación realmente se produce o que ésta es

mayor que la lograda con el masaje son escasos en el primer caso e inexistentes en el segundo.

- Vibroterapia: También existen discrepancias en cuanto al uso y conceptualización de la vibroterapia. Para algunos autores (Dufour), la vibración es la única maniobra en la que un aparato es más eficaz que la mano, aunque para otros autores estos aparatos dan siempre resultados inferiores a las vibraciones manuales (Belloch y col., 1970). Los vibradores mecánicos pueden ayudar al fisioterapeuta, especialmente por su efecto estimulante sobre la propiocepción a nivel tendinoso (Neiger y col., 1984). Sin embargo en el mundo de la Fisioterapia, se relaciona habitualmente la Vibroterapia con la aplicación de ultrasonidos y ondas de choque, como se desprende de las conclusiones de las IV Jornadas Interuniversitarias del Área de Conocimiento de Fisioterapia, celebradas en Sevilla en Noviembre de 2005.

Autores como Belloch hablan de que "la vibración instrumental produce ondas sinusoidales no interrumpidas en el músculo, que mantienen cierto ritmo y posee efectos estimulantes sobre el músculo y acción sedante sobre la hiperexcitabilidad nerviosa".

La vibroterapia en este estudio se realizó mediante la máquina de recuperación muscular, un aparato con gran acogida entre los sujetos que lo utilizan pero con una evidencia científica prácticamente inexistente.

- Biofeedback: aunque se emplea más en el campo neurofisiológico y en el tratamiento de patologías, también se usa en otros campos como el deportivo y con sujetos sanos para mejorar el control motor.

En este estudio se utilizó el Brainquiry. Una de las ventajas que ofrece este equipo es que tiene la cualidad de evitar los cables y eliminar la incomodidad que estos pudieran generar durante el test al participante, dando libertad en todo momento sin que esto afecte el rendimiento o los resultados, lo que mejora la aplicación del Biofeedback. Este equipo dispone además de un sistema de fijación para sujetarse en el brazo, de esta manera quedan libres los miembros superiores, lo que permite al sujeto que realiza el test estar en cualquier posición que se requiera.

La investigación básica sobre el biofeedback, ha adquirido una gran importancia dando lugar a una profunda y exhaustiva búsqueda de las distintas posibles aplicaciones de estas técnicas en multitud de trastornos. Lo cierto es que a pesar de su indiscutible efectividad, hay que tener en cuenta que aunque las técnicas de biofeedback sean

promisorias en muchos padecimientos, aún se ignoran en muchos casos los mecanismos que subyacen al aprendizaje con biofeedback, a pesar de que existan muchos modelos que intentan explicarlo. Sin embargo, aunque las limitaciones metodológicas encontradas son importantes, la evidencia sobre la efectividad de estas técnicas ha sido suficientemente demostrada y abre un amplio abanico de futuras posibilidades, que pone de relieve la importancia de seguir investigando en esta línea.

## 5.2. Antropometría

Si comparamos los datos recogidos, según el método de Yuhasz para el porcentaje de masa grasa y el método Rose y Guimaraes para el muscular ( porcentaje de masa grasa de  $12,36\pm 3,66\%$  y porcentaje de masa muscular de  $48,15\pm 2,95\%$  en jugadores y de  $22,49\pm 5,95\%$  y  $41,20\pm 5,56\%$  en jugadoras de rugby del CDUS ), con los del Centro de Medicina del Deporte del Consejo Superior de Deportes en Madrid (A. Canda) (porcentaje de masa grasa de  $11,4\pm 2,9$  y de masa muscular de  $47,4\pm 2,2$  en hombres y  $17,1\pm 4,4$  y  $45,1\pm 3,4$  en mujeres ) se puede observar que son similares si se tiene en cuenta que estos últimos recogen datos de muchos deportes y todos de alta competición.

	Sexo	% M Grasa	% M Musc
CDUS	Hombres	$12,3\pm 3,6$	$48,1\pm 2,9$
	Mujeres	$22,4\pm 5,9$	$41,2\pm 5,5$
CSD	Hombres	$11,4\pm 2,9$	$47,4\pm 2,2$
	Mujeres	$17,1\pm 4,4$	$45,1\pm 3,4$

**Tabla 16.** Comparación de datos del CDUS con los del CSD. Sexo, % M. Grasa y % M. Muscular.

En nuestro caso al tratarse de un club de regional los jugadores deciden si hacen entrenamiento extra de musculación, cardiovascular, etc...teniendo la única obligación de entrenar tres días a la semana durante dos horas cada día, con lo cual hay sujetos que entrenan el doble que sus compañeros debido a tener mayor tiempo libre o más ganas de mejorar. Las mujeres del club llevan mucho menos tiempo practicando rugby así como

un historial deportivo inferior que los hombres, lo que se evidencia en la siguiente tabla comparativa.

Además, al tratarse de jugadores de rugby las características físicas varían ampliamente.

Los valores encontrados en jugadores de Rugby de nivel de elite, aunque son más bajo que la media normal para la población general, son más altos que los reportados en atletas de resistencia y jugadores de Fútbol (Reilly y col., 1990).

La variabilidad depende del rol posicional, el nivel de juego y el rango de habilidades requeridas por el partido. Dado que los estilos de juego son alterados para mantener o ganar ventaja competitiva sobre los oponentes, así también pueden ser elegidas las características físicas de los jugadores para implementar el plan de juego. La comparación más impactante de las características antropométricas de los jugadores de Rugby se dá entre la línea de 3/4 (backs) y los delanteros (forwards) como grupos separados. En promedio, los delanteros son 20 cm más altos ( Rigg y Reilly, 1988 ), pero el porcentaje de masa grasa suele ser también mayor.

### **5.3. Sesión control**

En la sesión control se puede observar un aumento de la actividad eléctrica muscular en la contracción isométrica de 10", muy próxima a la significación ( $p=0,59$  en EMG med y  $p=0,61$  en EMG pot), después del reposo. Este aumento de la actividad eléctrica indica un mayor reclutamiento fibrilar, que supone un mayor esfuerzo muscular. Esto podría ser debido al descenso de la temperatura, sumado a que los 5 minutos de reposo no sólo no parecen ser suficientes para recuperar las condiciones basales, sino que muestran peores resultados que en el momento postfatiga.

En cuanto a la PSF m hay un descenso muy significativo ( $p<0,001$ ), los sujetos perciben menor grado de fatiga, esto puede deberse a la sensación de descanso y enfriamiento muscular alcanzado en el reposo. Esta menor sensación de fatiga no se corresponde con la EMG, pero sí con la Din en la que hay un aumento significativo de la fuerza isométrica máxima tras el reposo. Los datos encontrados en la Din se corresponden con los valores hallados por Corbin y col. y referidos en la tabla 17.

	Media	DE
Hombres	167,6	39,2
Mujeres	110,8	31,9

**Tabla 17.** Valores de F. máx. isométrica de piernas separados por sexos ( Corbin y col., 1978; referida por García Manso, 2002).

En el SJ no se produce ninguna diferencia significativa, si bien se produce un salto inferior tras el reposo que tras la fatiga. Este descenso en la altura alcanzada se puede considerar normal teniendo en cuenta referencias en las que el salto llega a aumentar después de la competición (Yagüe, 2005; Blanco y col., 2001).

Posiblemente el aumento de temperatura y un mayor afinamiento técnico tras la fatiga y los intentos anteriores tuvieron un peso mayor que la fatiga acumulada.

No parecería prudente buscar una razón ante diferencias tan pequeñas, más bien confirmar que no se produjo deterioro alguno en la fuerza explosiva de los sujetos tras la fatiga en comparación al momento posterior .

Esto puede deberse posiblemente al calentamiento muscular (parece que los efectos negativos debidos a la fatiga no son un factor mayor que los efectos positivos de la elevación de la temperatura muscular) y a la poca especificidad de este tipo de tareas en un deporte como el rugby en el que hay escasos saltos durante el juego y casi nunca competitivos exceptuando casos aislados de lucha por un balón pateado y las touches en las que siempre saltan los mismos y hay dos levantadores para cada saltador por lo que no son saltos tan competitivos o regulares como en otros deportes y menos aún comparándolo con deportes en los que los saltos son fundamentales como el baloncesto o el voleiball.

#### **5.4. Intervención masaje**

En la intervención masaje se produce un aumento significativo ( $p < 0,01$ ) en la actividad eléctrica muscular produciéndose un mayor esfuerzo para soportar mediante contracción isométrica la misma carga, debido probablemente al efecto relajante y sedante del masaje.

Después de recibir el masaje los sujetos experimentan un aumento mayor de la actividad eléctrica, y por tanto del esfuerzo muscular, que tras el reposo en la sesión control, aunque la diferencia no llega a ser significativa. Esto podría explicarse por la relajación muscular alcanzada.

La PSF m disminuye muy significativamente ( $p < 0,001$ ), este dato es comprensible debido a la sensación sedante del masaje. Pero si comparamos esta disminución con la producida en la sesión control los cambios no son significativos, de hecho, son prácticamente similares ya que la diferencia es mínima. La explicación más lógica es pensar que el efecto sedante se ve en parte contrarrestado por la sensación de dolor residual que deja el masaje. La disminución de la PSF m se corresponde con la encontrada por Rodríguez Pérez (2006) en el vasto interno, si bien en su caso no se hizo grupo/sesión control para observar posibles diferencias. También Hemmings (2001) llegó a la conclusión de que a pesar de que los estudios sobre los efectos psicológicos son pocos en número, la investigación reciente parece demostrar que el masaje tiene efectos positivos sobre la percepción de la recuperación. Hay que decir que la mayoría de las evidencias científicas relacionadas con el masaje se han encargado de investigar la percepción de recuperación, relajación, ansiedad o escalas que engloban muchos ítems, y no tanto la sensación de relajación/fatiga muscular local.

El SJ tras el masaje es inferior que tras la fatiga, aunque los valores no son significativos. Este salto inferior está en consonancia con los datos de la EMG que mostraban un mayor esfuerzo muscular posteriormente al masaje. Estos cambios pueden corresponder con el grado de relajación/sedación alcanzado. Si comparamos este salto con el de la sesión control extraemos que el salto tras el masaje es inferior, ya que tras el reposo los sujetos incluso saltaban más, aunque la diferencia no es significativa estadísticamente. Esto se debe probablemente a la relajación/sedación ya comentados.

La Din después de la intervención masaje es significativamente inferior que previamente a la misma ( $p < 0,05$ ) debido a los efectos ya descritos anteriormente. Si comparamos los datos de la fuerza máxima isométrica de la intervención masaje con los de la sesión control observamos que la pérdida de fuerza tras el masaje es bastante significativa ( $p < 0,01$ ). Esta pérdida de fuerza coincide con los estudios de Wiktorson-Moller y cols. (1983), que observaron una disminución en la fuerza del cuádriceps tras la aplicación de masaje. Estas informaciones estarían relacionadas con la idea muy extendida entre los deportistas que el masaje relajante previo a la competición

disminuye el tono muscular, avalada esta disminución además por estudios científicos como el de Weerapong y cols. (2005).

Se deriva por tanto que, tras el masaje al músculo le cuesta un mayor esfuerzo soportar la misma carga, la fuerza máxima isométrica (que se es capaz de desarrollar en dinamómetro), se ve disminuida, así como la PSF m (no se corresponde en un principio, por tanto, con los datos anteriores, pero sí se correlaciona si la causa de las pérdidas descritas son los efectos de relajación/sedación inmediatos comentados), siendo todos estos datos significativos. La fuerza explosiva desarrollada en el salto vertical no se ve afectada.

Sin embargo, al comparar estas conclusiones con las de la sesión control se observa que la única pérdida significativa se produce en la fuerza máxima, no viéndose afectados en gran medida el esfuerzo muscular dado por la actividad eléctrica muscular, la PSF m, ni la fuerza explosiva dada por el salto vertical (SJ). Estos datos se correlacionan en cierta medida, teniendo en cuenta que son estudios muy diferentes, con los hallazgos de Hemmings (2000) en boxeadores, en los que no se apreciaron pérdidas en el rendimiento, entre grupo masaje y grupo control, salvo una pérdida significativa en la fuerza de golpeo.

## **5.5. Intervención masaje con hielo**

La EMG med y EMG pot muestran que, después del masaje con hielo, la actividad eléctrica muscular, y por ende, el esfuerzo muscular, aumenta muy significativamente ( $p < 0,001$ ). Al comparar estos datos con la sesión control se observa que el aumento del esfuerzo muscular es mayor, y muy significativamente ( $p < 0,001$ ), tras el masaje con hielo que tras el reposo. Esta diferencia de valores se puede explicar por la sumación de la sedación del masaje y la disminución de temperatura, disminución de actividad motora y los efectos sobre las terminaciones nerviosas producidos por los efectos del frío.

La PSF m muestra una disminución muy significativa ( $p < 0,001$ ) de la sensación de fatiga. Si comparamos esta disminución con la observada en la sesión control, vemos que la disminución producida tras el masaje con hielo es significativamente mayor ( $p < 0,001$ ) que tras el reposo. De aquí se puede extraer que, esta diferencia, se debe a la

pérdida de sensibilidad, sedación, relajación y efectos producidos por el masaje con hielo, con respecto al simple descanso de la sesión control.

Tanto el SJ como la Din no muestran diferencias significativas tras la intervención, si bien ambos reflejan datos inferiores a los alcanzados previamente a la misma. Comparados con los mismos datos de la sesión control tampoco se observan diferencias significativas, si bien, tras el masaje con hielo se pierden tanto fuerza explosiva como fuerza máxima isométrica. Puede ser que en el caso de la Din los valores no sean significativos debido a que el efecto de las aplicaciones de frío sobre la contracción isométrica máxima es función de la temperatura en la profundidad del músculo, la cual, a su vez, depende de la modalidad de frío aplicada, la duración de la aplicación y la profundidad del tejido. Coppin y col. (1978) y Johnson y Leider hallaron que la fuerza de contracción de la mano (en flexión) disminuía un 60% a 80% respecto de la mano control contralateral, después de una sumersión en agua a 10-15° durante 30 minutos. En cambio Clarke y col. (Clarke y col, 1958) no encontraron diferencias después de sumergir la mano a 18, 26, 34 y 42°C durante 30 minutos. La inmersión en baños a temperaturas más bajas disminuyó la fuerza de la contracción de la mano al 75% (14°C), 55% (10°C) y 40% a 2°C.

Se puede determinar, por tanto, que el masaje con hielo exige un mayor esfuerzo muscular con una menor PSF m. En cambio, la fuerza explosiva y máxima no se ven muy afectadas. Estos datos se repiten al comparar el masaje con hielo con el reposo. Al igual que en la sesión masaje, estas observaciones se relacionan si atendemos a los efectos inmediatos de la intervención; a mayor relajación, sedación, pérdida de sensibilidad, disminución de temperatura y actividad muscular mayor será el esfuerzo muscular y menor la PSF m.

Estas observaciones vienen a ratificar las siguientes afirmaciones en diversos estudios: los tratamientos con crioterapia, antes o durante la práctica deportiva, están desaconsejados por los posibles efectos negativos que el descenso de temperatura pueden tener sobre el desempeño del deportista, y por el posible riesgo de desgarros en los tejidos enfriados. Dado que la destreza manual disminuye con el enfriamiento (Fox, 1967; Giesbrecht y Bristow, 1992), es razonable el suponer que los deportes que requieran de habilidades motoras finas, como un tiro al cesto, o batear una pelota podrían resultar afectados adversamente por el enfriamiento de un músculo o una articulación.

El efecto del enfriamiento sobre la actividad motora menos especializada no está claramente establecido. Parecería lógico aceptar que cierta rigidez en los músculos y articulaciones tendría que afectar también a los movimientos más groseros. El enfriamiento de los músculos disminuye la fuerza muscular, como lo prueba el que disminuya la fuerza isométrica (Clarke y col., 1958; Coppin y col., 1978; Johnson y Leider, 1977; Mecomber y Hermarr, 1971) la fuerza isocinética (Ruiz y col., 1993; Mattacola y Perrin, 1992) y la fuerza de un salto con las dos piernas (Ferreti y col., 1992) medida por la reacción del suelo. Además, se ha demostrado que la activación neuronal aumenta con el frío en unidades motoras aisladas (Clendenin y Szumski, 1971; Wolf y col., 1976; Mecomber y Hermarr, 1971). Sin embargo, McGown (McGown, 1967) encontró un aumento significativo de la tensión isométrica ejercida por los extensores de la rodilla, al cabo de 5 minutos de masaje con hielo. Pero su análisis estadístico es discutible, e interpolando sus gráficos el aumento no parece ser mayor de un 2,5%. Aunque el hielo estaría aproximadamente a 0°C, la aplicación fue breve e intermitente, por lo cual la temperatura en profundidad no debió bajar mucho, como sucedió en cambio con los experimentos de Clarke y col. (Clarke y col., 1958). Es necesaria más investigación para resolver estas controversias.

## **5.6. Intervención MRM**

La actividad eléctrica muscular, y por tanto el esfuerzo muscular, aumenta significativamente ( $p < 0,05$ ) tras esta intervención, posiblemente consecuencia de la relajación conseguida. Este aumento del registro EMG se corresponde con los hallazgos de Rodríguez Pérez (2006) en los que se obtuvo la misma significación ( $p < 0,05$ ) tras realizar sesiones de MRM en jugadoras de baloncesto y recoger las diferencias electromiográficas en el vasto interno.

La PSF m disminuye muy significativamente ( $p < 0,001$ ). Estos datos también concuerdan con el estudio de Rodríguez Pérez (2006).

Tanto el SJ como la Din muestran datos casi idénticos, tanto en el momento preintervención como en el postintervención, no habiendo por tanto diferencias significativas. Hay una pérdida de fuerza en ambas mínima.

Al comparar todos estos datos con la sesión control no se observa ninguna diferencia significativa. El dato más próximo a la significación es la pérdida de fuerza isométrica

máxima que sería causada por la pérdida de tono muscular debida a la relajación obtenida por la MRM.

## **5.7. Intervención biofeedback**

La actividad eléctrica muscular aumenta tras el biofeedback, pero no lo hace de forma significativa. En cambio, la PSF m disminuye muy significativamente ( $p < 0,001$ ), es normal si a los beneficios del reposo se le suman los de la autorrelajación retroalimentada que dan sensación de descanso. El SJ es inferior pero no significativamente. La Din, en cambio, muestra un aumento significativo ( $p < 0,05$ ) de la fuerza máxima isométrica.

Al comparar la intervención biofeedback con la sesión control se observa que no hay diferencias estadísticamente significativas en ninguno de los parámetros medidos, aunque hay una menor actividad eléctrica muscular, mayor PSF m, menor salto y mayor fuerza máxima tras la intervención biofeedback, al igual que sucedía tras la sesión MRM, exceptuando la Din. Por tanto, puede que el biofeedback sólo ayude al control muscular en un momento dado y no a recuperar el músculo, ya que aunque se perciba el músculo más relajado, los procesos bioquímicos, etc, no se afectarían. De todas formas, esta técnica suele requerir de muchas sesiones para su aprendizaje y automatización. En la bibliografía consultada se utiliza, en su gran mayoría, encaminado hacia el control motor. De ahí que en el mundo deportivo en particular se utilice en deportes de precisión, como en el estudio de Jodra (1999) sobre discriminación de la tensión muscular en tiro al arco, y no tanto en recuperación/relajación muscular.

## **5.8. Comparación entre técnicas**

Todas las sesiones, incluida la control, muestran aumento de la actividad eléctrica muscular. Este aumento sólo es significativo en las sesiones masaje, masaje con hielo y MRM, pero en comparación con el control la única técnica con cambios significativos es el masaje con hielo. Esto es debido sin duda a la especial influencia neurológica por parte del frío. Cabe destacar que la MRM y el biofeedback son las únicas técnicas

capaces de dar un registro EMG inferior a la sesión control, con lo cual podría inferirse su positiva aplicación en el ámbito deportivo para conseguir una rápida recuperación entre esfuerzos de corta duración y repetidos.

La PSF m disminuye muy significativamente ( $p < 0,001$ ) en todas las sesiones, pero al comparar con la sesión control la única técnica que muestra diferencias significativas es el masaje con hielo. La pérdida de sensibilidad parece ser la clave de este resultado. Este parámetro (PSF m) aunque pudiera parecer no tener implicaciones directas en la práctica deportiva, sí las tiene, ya que hay sujetos más susceptibles que otros a la hora de enfrentar una competición y si se sienten mejor, competirán mejor. Con lo cual, debería entenderse que, aunque la aplicación del masaje con hielo entre esfuerzos pudiera ser negativa por otros motivos, parece ser la técnica más óptima en este terreno, y así lo corrobora el hecho de que, la gran mayoría de los deportistas a los que se les aplica, lo solicitan en posteriores ocasiones, aunque puedan influir otros efectos físicos directos o indirectos. En la práctica, esto obligaría a tener precauciones porque muchas veces el deportista considera más importante o como referencia, cómo se percibe en el momento siguiente al tratamiento que lo que el tratamiento le aporta en su rendimiento, por lo que esta información hay que saber gestionarla.

La fuerza explosiva medida a través de SJ disminuye en todas las intervenciones, pero aumenta en la control, no siendo significativo este parámetro en ninguna de las ocasiones ni al compararlo con el control. Este hallazgo, ya encontrado en múltiples estudios metodológicamente diferentes, viene a corroborar la idea de que este parámetro no se ve apenas afectado por las intervenciones, si bien se salta más con el reposo, así es que, en deportes que impliquen salto, lo mejor parece ser el reposo entre esfuerzos. Lo que sí sería aconsejable sería un intenso calentamiento, ya que se han observado en diversos estudios, contando con el presente, que se salta más tras la fatiga, entrenamiento o competición.

En cuanto a la Din, los datos revelan que las únicas sesiones que muestran cambios significativos son el reposo, el biofeedback y el masaje. Solamente la sesión control y el biofeedback que lo supera logran aumentar la fuerza significativamente con respecto al momento postfatiga, el resto de técnicas la disminuyen. El masaje es la única intervención que produce una diferencia significativa con respecto al control, siendo esta diferencia una pérdida de fuerza, mientras que el masaje con hielo y la MRM casi no producen cambios, aunque la rebajan muy discretamente.

Así pues en prácticas deportivas que impliquen fuerza máxima isométrica se desaconseja aplicar todas las técnicas, especialmente el masaje, exceptuando si acaso el biofeedback, que ha sido la única capaz de superar al reposo.

En resumen, se puede decir que las técnicas producen efectos negativos a la hora de hacer una práctica deportiva subsiguiente, con lo cual, en aquellas prácticas deportivas que exigen varias competiciones o entrenamientos el mismo día, lo más correcto ante las técnicas estudiadas sería el reposo, aunque al deportista le cueste entender esta decisión y el fisioterapeuta se impaciente y quiera hacer lo que sea por no sentirse inútil. El masaje con hielo sería la técnica más nociva a la hora de realizar un esfuerzo subsiguiente. A pesar de que el masaje con hielo sea la técnica de este estudio que más cambios inmediatos negativos produce, no quiere decir que, tal vez, pueda ser, por contraposición, la técnica que más cambios positivos produzca reflejamente en el tiempo, ya que las pérdidas de valores iniciales debidos a la mayor relajación, etc, producida pudieran traducirse en una recuperación más rápida de los valores normales.

## **5.9. Limitaciones del estudio y sugerencias para futuros trabajos**

A pesar de que la muestra de este estudio es satisfactoria, convendría realizar posteriores estudios con un perfil antropométrico similar o con un tamaño muestral mayor, para observar datos más significativos, aunque hay que resaltar la dificultad que entraña realizar estudios con humanos, con muestras amplias y que impliquen tantas intervenciones y tan complejas.

Al realizar las intervenciones, excepto la MRM, solamente en el vasto externo puede que los cambios en los parámetros evaluados no sean tan significativos como debieran, por lo que sería recomendable en futuros trabajos realizar las técnicas en todo el cuádriceps, incluso en todo el miembro inferior, y no sólo en el vasto externo, para observar mayores cambios en los parámetros medidos.

Otra limitación sería la concerniente al tiempo de medición de los efectos producidos, que en el presente trabajo dicha medición se ha limitado a realizarse solamente en el momento inmediatamente posterior a las intervenciones, pero es posible que muchos efectos puedan manifestarse en tiempos más dilatados, por lo que convendría hacer

mediciones a las 2, 4, 8, 16, 24, 48 y 72h con el fin de observar la evolución de los cambios que se van produciendo en el tiempo.

Además del gran número de intervenciones realizadas en este trabajo sería conveniente estudiar otras técnicas empleadas en el mundo de la fisioterapia para la recuperación muscular, con la finalidad de observar diferencias o similitudes con las técnicas objeto de este estudio.

# **CONCLUSIONES**



## 6. CONCLUSIONES

- 1) La aplicación de masaje sobre un músculo fatigado de manera aguda, produce a corto plazo, una disminución de la fuerza máxima y un aumento de la actividad eléctrica (esfuerzo muscular) para realizar una determinada carga de trabajo. Por todo ello y, a pesar de que el masaje disminuye la percepción subjetiva de la fatiga muscular no estaría indicada como técnica de recuperación entre esfuerzos.
- 2) La aplicación de masaje con hielo sobre un músculo fatigado de manera aguda, produce a corto plazo, un aumento de la actividad eléctrica para realizar una determinada carga de trabajo. Por ello y, a pesar de que el masaje con hielo disminuye la percepción subjetiva de la fatiga muscular no estaría indicada como técnica de recuperación entre esfuerzos.
- 3) La aplicación de vibroterapia sobre un músculo fatigado de manera aguda, produce a corto plazo, un aumento de la actividad eléctrica para realizar una determinada carga de trabajo. Por ello y, a pesar de que la vibroterapia disminuye la percepción subjetiva de la fatiga muscular no estaría indicada como técnica de recuperación entre esfuerzos.
- 4) La aplicación de biofeedback sobre un músculo fatigado de manera aguda, produce a corto plazo, un aumento de la fuerza máxima. Como además el biofeedback disminuye la percepción subjetiva de la fatiga muscular estaría indicada como técnica de recuperación entre esfuerzos, siempre y cuando, el esfuerzo siguiente sea un ejercicio de fuerza máxima.
- 5) Comparadas las intervenciones con el reposo, ninguna de las técnicas se ha mostrado más eficaz que este, ya que el único efecto positivo significativo, de cara a una actividad posterior, ha sido la disminución de la percepción subjetiva de fatiga conseguida por el masaje con hielo, siendo el resto de efectos negativos o no significativos.
- 6) A la vista de la falta de evidencia publicada y de las conclusiones de nuestro trabajo, ninguna de las técnicas estarían indicadas en aquellos esfuerzos de carácter intermitente para conseguir una recuperación entre ejercicios.

- 7) De todas las variables estudiadas para valorar el efecto de la técnicas aplicadas el SJ parece no sufrir variaciones de los cual puede deducirse que la fuerza explosiva no resulta afectada.

## **BIBLIOGRAFÍA**



## 7. BIBLIOGRAFÍA

1. **Abakumova EA.** Effect of hypothermia on inflammation. *Stomatologia* (Mosk). 1978;57:19-21. English abstract.
2. **Abramson DI, Chu LSW, Tuck S Jr, Lee SW, Richardson G, Levin M.** Effect of tissue temperature and blood flow on motor nerve conduction velocity. *JAMA*. 1966; 198:1082-1088.
3. **Alexander AB.** An experimental test of assumptions relating to the use of electromyographic biofeedback as general relaxation training technique. *Psychophysiology*, 12, 656-662. 1975.
4. **Allwood MJ, Burry HS.** The effects of local temperature on blood flow in the human foot. *J Physiol*. 1954; 124:345-357.
5. **Arena JG, Bruno GM, Hannah SL, Meador KJ y col.** A comparison of frontal electromyographic biofeedback training, trapezius electromyographic biofeedback training, and progressive muscle relaxation therapy in the treatment of tension headache, *Headache*, 1995, 35 (7), 411- 419.
6. **Bancroft H, Edolm OG.** The effect of temperature on blood Flow and deep temperature in the human forearm *J Physiol*. 1943; 102:520.
7. **Barnes L.** Cryotherapy: putting injury on ice. *Physician Sportsmed*. June 1979; 7:130-136.
8. **Basmajian JV.** Control and training of individual motor units. *Science*, 141, 1963; 440-441.
9. **Beatty ET.** Feedback-assisted relaxation training as a treatment for duodenal ulcers. *Biofeedback and Self-Regulation* 1976; 1, 323-324.

10. **Bell W.** Body composition in Rugby Union Football players. *Br. J. Sports Med.* 1979. 13:19-23.
11. **Belloch V, Caballé C, Zaragoza R.** *Fisioterapia. Teoría y Técnica.* Saber. Valencia, 1970.
12. **Bennett D.** Water at 67° to 69° Fahrenheit to control hemorrhage and swelling encountered in athletic injuries. *J Natl Athl Train Assoc.* 1961; 1f:12-14.
13. **Benson H, Shapiro D, Tursky B, Schwartz G.** Decreased systolic blood pressure through operant conditioning techniques in patients with essential hypertension, *Science* 1971, 173, 740-742.
14. **Bevan R.** *The Athletic Trainer's Handbook.* Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall; 1956:63-75.
15. **Bhat KN.** The role of biofeedback assisted anger control in reversing heart disease. *Dissertation Abstract International: Section B: The Sciences and Engineering*, 1999, 60 (5-B), 2326.
16. **Bierman W.** Therapeutic use of cold. *JAMA.* 1955; 157:1189-1192.
17. **Bilik SE.** *The Trainer's Bible.* 8th ed. New York, NY: TJ Reed & Co; 1946:257-263.
18. **Bing HI, Carlsten A, Christiansen SV.** The effect on muscular temperature produced by cooling normal and ultraviolet radiated skin. *Acta med Scand.* 1945; 121:577-591.
19. **Biriukov AA.** *Masaje deportivo.* 4ª Ed. Paidotribo, Barcelona, 2003.
20. **Blanchard EB.** The use of temperature biofeedback in the treatment of chronic pain due to causalgia, *Biofeedback and Self Regulation* 1979; 4 (2), 183-188.

21. **Blanchard EB, Abel GG.** An experimental case study of the biofeedback treatment of a rape-induced psychophysiological cardiovascular disorder, *Behavior Therapy* 1976; 7 (1), 113-119.
22. **Blanchard EB, Haynes MR.** Biofeedback treatment of a case of Raynaud's disease, *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 1975; 6, 230-234.
23. **Blanco A, Enseñat A, Tomero T, Polo I.** Hockey sobre patines: El esfuerzo de la competición. *Revista de entrenamiento deportivo* 2001; Tomo XV, N° 1: 37-42.
24. **Blair E.** *Clinical Hypothermia.* New York, NY: McGraw-Hill Book Co; 1964:22-30.
25. **Blanchard EB, Peters ML, Hermann C, Turner SM, Buckley TC, Barton K, Dentinger MP.** Direction of temperature control in the thermal biofeedback treatment of vascular headache, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 1997, 22 (4), 227-245.
26. **Blanco S, Marchi E, Reda MA.** Different attitudes during EMG/biofeedback training of agoraphobic patients, anxious patients and normal people, *Rivista di Psichiatria*, 1983, 18 (3), 243-252.
27. **Bosco C, Luhtanen P, Comí PV.** A simple method for measurement of mechanical power in jumping. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1983; 50 (2): 273-282.
28. **Brooks CP, Woodruff LD, Wright LL, et al.** The immediate effects of manual massage on power-grip performance after maximal exercise in health adults. *J Altern Complement Med.* 2005;11:1093–1101.
29. **Brown BB.** Awareness of EEG-subjective activity relationships detected within a closed feedback system. *Psychophysiology* 1971; 7, 451-464.

30. **Bryant T.** A manual for the practice of Surgery. 3rd ed. Philadelphia, PA: Henry C Lea's Son; 1881:121, 961.
31. **Burgio KL, Locher JL.** Biofeedback is effective alternative for older women with incontinence. *Geriatrics*, 1999, 54 (4), 64-65.
32. **Byers AP.** Neurofeedback therapy for a mild head injury, *Journal of Neurotherapy*, 1995, 1 (1), 22-37.
33. **Cafarelli E, Flint F.** The role of massage in preparation for and recovery from exercise. An overview. *Sports Med.* 1992;14:1-9.
34. **Canamasas S.** Técnicas Manuales: masoterapia. 2a Edición. Masson-Salvat. 1993.
35. **Cardona A.** Modelado y generalización en el tratamiento de las cefaleas de tensión con biofeedback EMG. Un estudio experimental. Memoria de Licenciatura. Universidad Autónoma de Madrid. 1979.
36. **Carlson BR, Carter JEL, Patterson P, Petty K, Orfanos SM, Noffal GJ.** Physique and Motor Performance Characteristics of US national rugby player. *J. Sports Sci.* 1994. 12: 403-412.
37. **Carmona A.** Trial and error learning of the cortical EEG activity (Doctoral Dissertation. Yale University). University Microfilms 1967; 67-10: 702. Ann Arbor, Michigan.
38. **Cassel RN.** Biofeedback for developing self-control of tension and stress in one's hierarchy of psychological states. *Psychology A Quarterly Journal of Human Behaviour* 1985; 22(2), 50-57.
39. **Chapman CE.** Can the use of physical modalities for pain control be rationalized by the research evidence? *Can J Physiol Pharmacol.* 1991; 69:704-712.

40. **Chatfield PO.** Hypothermia and its effects on the sensory nerves and peripheral motor systems. *Ann NY Acad Sci.* 1959; 80:445-448.
41. **Civalero LA, Moreno JR, Senning A.** Temperature conditions and oxygen consumption during deep hypothermia. *Acta Chir Scand.* 1962; 123:179-188.
42. **Clarke RSJ, Hellon RF, Lind AR.** The duration of sustained contractions of the human forearm at different muscle temperatures. *J Physiol.* 1958; 143:454-473.
43. **Clendenin Ma, Szumski AJ.** Influence of cutaneous ice applications on single motor units in humans. *Phys Ther.* 1971; 51:166-175.
44. **Collet L, Cottraux J, Juenet C.** GSR feedback and Schultz relaxation in tension headaches: a comparative study, *Pain*, 1986; 25, 205-213.
45. **Conde Pastor M, Menéndez FJ.** Influencia de los parámetros de frecuencia respiratoria y ratio de inspiración-espriación sobre la conductancia eléctrica de la piel. *Revista Electrónica de Psicología.com.* [Online]. Vol. 5. N° 1. Disponible en <http://psiquiatria.com/psicologia> [Enero, 2001].
46. **Conde Pastor M, Menéndez FJ.** Estudio experimental sobre el parámetro de frecuencia respiratoria más adecuado para conseguir disminuir la activación psicofisiológica. *Ansiedad y Estrés*, 2000. Vol. 6 (3), 153-167.
47. **Coppin EG, Livingstone SD, Kuehn LA.** Effects on handgrip strength due to arm immersion at a 10°C water bath. *Aviat Space Environ Med.* 1978; 49:1322-1326.
48. **Corbin CB, Dowell LJ, Lindsey R, Tolson H.** *Concepts in Physical Education.* Dubaque, IA 1978.
49. **Corpus Hippocraticum.** Sobre la dieta. *littré.* Paris 1839-1861. *Vict.* III 7, VI 620.

50. **Corpus Hippocraticum.** Sobre la dieta. littré. Paris 1839-1861. Vict. II 64, VI 580.
51. **Covington DB, Bassett FH.** When cryotherapy injures: the danger of peripheral nerve damage. *Physician Sportsmed.* March 1993; 21:78-93.
52. **Crider A, Shapiro D, Tursky B.** Reinforcement of spontaneous electrodermal activity. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 1966, 61, 20-27.
53. **Critchley HD, Melmed RN, Featherston E, Mathias CJ, Dolan R.J.** Brain activity during biofeedback relaxation: A functional neuroimaging investigation. *Brain*, 2001; 124 (5), 1003-1012.
54. **Deepak KK, Behari M.** Specific muscle EMG biofeedback for hand dystonia. *Applied Pshychophysiology and biofeedback*, 2000, 24 (4), 267-280.
55. **DeJong RH, Hersley WN, Wagman IH.** Nerve conduction velocity during hypothermia in man. *Anesthesiology*, 1966; 27:805-810.
56. **Delorme EJ.** Experimental cooling of the blood stream. *Lancet.* 1952; 263:914-915.
57. **Dixit SP, Agrawal A, Dubey GP.** Management of essential hypertension by using biofeedback technique, *Pharmacopsychocologia*, 1994; 7 (1), 17-19.
58. **Dufour M.** Masajes. *Enciclopedia Médico Quirúrgica.* 26-100-A-10. Paris: Elsevier; 1996.
59. **Earnest C.** Single case study of EEG asymmetry biofeedback for depression: An independent replication in an adolescent, *Journal of Neurotherapy*, 1999, 3 (2), 28-35.

60. **Elder S, Ruiz Z, Deabler H, Dillenkoffer R.** Instrumental conditioning of diastolic blood pressure in essential hypertensive patients, *Journal of Applied Behavior Analysis* 1973; 6, 377-382.
61. **Ellis M.** The relief of pain by cooling of the skin. *Br med J.* 1961; i:240-252.
62. **Engel BT.** Operant Conditioning of cardiovascular function: A behavioral analysis. En S. Rachman (Ed.), *Contributions to medical Psychology* 1977; Vol. 1. Pergamon, Londres.
63. **Engel BT, Bleecker ER.** Application of operant conditioning techniques to the control of the cardiac arrhythmias. In P. A. Obrist, A. H. Black, J. Breuer and L. V. Di Cara (Eds.) 1974. p. 456-476.
64. **Esparza Ros F.** Grupo Español Cineantropometría. Manual de Cineantropometría. Monográficos de Medicina del Deporte. FEMEDE. 1993. Madrid.
65. **Evans T.** The effects of cooling on agility. *J Athl Train*, 1994; 29:179 abstract.
66. **Fernandez E, Llamas M.** EMG feedback alone and in combination with posture feedback: A comparative treatment study in a case of torticollis, *Behaviour Change*, 1993, 10 (1), 32-38.
67. **Ferretti G, Ishii M, Moia C, Cerretelli P.** Effects of temperature on the maximal instantaneous muscle power of humans. *J. Appl Physiol.* 1992; 63:112-116.
68. **Fisher E, Solomon S.** Physiological responses to heat and cold. In: Licht S, ed. *Therapeutic Heat and Cold.* 2nd ed. Baltimore, MD: Waverly Press; 1965:126-169.
69. **Foldes FF, Kuze S, Vizi ES, Deery A.** The influence of temperature on neuromuscular-performance. *J Neurol Trans.*1978; 43:27-45.

70. **Fox WF.** Human performance in the cold. *Hum Factors.* 1967; 9:203-220.
71. **Freedman RR, Keegan D, Migaly P, Galloway MP y col.** Plasma catecholamines during behavioral treatments for Raynaud's disease, *Psychosomatic Medicine*, 1991, 53 (4), 433-439.
72. **Freeman NE.** Influence of temperature on the development of gangrene in peripheral vascular disease. *Arch Surg.* 1940;40:326-333.
73. **Gallegos X, Medina R, Espinoza E, Bustamante A.** Electromyographic feedback in the treatment of bilateral facial paralysis: A case study, *Journal of Behavioral Medicine*, 1992, 15 (5), 533-539.
74. **García Garcés E, Seco Calvo J.** *Masaje Deportivo.* Gymnos 2001. Madrid.
75. **García Manso JM.** *La Fuerza. Fundamento, valoración y entrenamiento.* Madrid: Gymnos Editorial Deportiva, 2002.
76. **Gatchel RJ.** Therapeutic effectiveness of voluntary heart rate control in reducing anxiety, *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 1977, 45 (4), 689-691.
77. **Gatchel RJ, Proctor JD.** Effectiveness of voluntary heart rate control in reducing speech anxiety, *Journal of Consulting and Clinical Psychology* 1976; 44 (3), 381-389.
78. **Giesbrecht GG, Bristow GK.** Decrement in manual arm performance during whole body cooling. *Aviation Space Eviron Med.* 1992; 63:1077-1081.
79. **Glick EN, Lucas M.** Ice therapy. *Ann Phys Med.* 1969; 10:70-76.

80. **Godoy JF, Carrobles JA.** Biofeedback and facial paralysis: An experimental elaboration of a rehabilitation program, *Clinical Biofeedback and Health An International Journal*, 1986, 9 (2), 124-138.
81. **González JL.** Alternativa instrumental al test repeat jump de Bosco: El pulsador plantar perfeccionado. Tesina de Licenciatura. Universidad de León. 1996.
82. **Goodman M.** An hypothesis explaining the successful treatment of psoriasis with thermal biofeedback: A case report, *Biofeedback and Self Regulation*, 1994, 19 (4), 347-352.
83. **Haines J.** A study into a report on cold therapy. *Physiotherapy*. 1970; 56:501-502.
84. **Halar EM, DeLisa JA, Brozovich FV.** Nerve conduction velocity: relationship of skin, subcutaneous intramuscular temperatures. *Arch Phys Med Rehabil*. 1980; 61:199-203.
85. **Halar EM, DeLisa JA, Soine TL.** Nerve conduction studies in upper extremities: skin temperature corrections. *Arch Phys med Rehabil*. 1983; 64:412-416.
86. **Hatch JP, Saito I.** Growth and development of biofeedback: a bibliographic update. *Biofeedback and Self-Regulation*, 15 (1), 1990.p. 37-46.
87. **Hegnauer AH, D'Amato HE.** Oxygen consumption and cardiac output in the hypothermic dog. *Am J Physiol*. 1954; 178:138-142.
88. **Hemmings BJ.** Physiological, psychological and performance effects of massage therapy in sports: a review of literature. *Physical Therapy In Sport* 2001; 2, 165-170.
89. **Hemmings BJ.** Psychological and immunological effects of massage after sport. *British Journal of Therapy and Rehabilitation*, 2000; 7: 516±519.

90. **Henriksen M, Hojrup A, Lund H, Christensen L, Danneskiold-Sansoe B, Bliddal H.** The effect of stimulating massage of thigh muscles on knee joint position sense. *Advances in physiotherapy* 2004; 6:29-36.
91. **Herrington L.** EMG biofeedback: What can it actually show? *Physiotherapy*, 82, 581-583.
92. **Hill AV.** The influence of temperature on the tension developed in an isometric twitch. *Proc R Soc Lond.* 1951; 138:349-354.
93. **Hocutt JE.** Cryotherapy. *Am Fam Physician.* March 1981; 23:141-144.
94. **Holzapfel S, Strehl U, Kotchoubey B, Birbaumer N.** Behavioral psychophysiological intervention in a mentally retarded epileptic patient with brain lesions, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 1998; 23 (3), 189-202.
95. **Hothersal D, Brener J.** Operant conditioning of changes in heart rate in curarized rats. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 1969, 68, 338-342.
96. **Ikemoto Y, Kobayashi H, Usui M, Ishii S.** Changes in serum myoglobin levels caused by tourniquet ischemia under normothermic and hypothermic conditions. *Clin Orthop.* 1988; 234:296-302
97. **Iung OS, Wade FV.** The treatment of burns with ice water, phisohex, and partial hypothermia. *Ind Med Surg.* 1963; 32:365-370.
98. **Jardine MA, Wiggins TM, Myburgh KH, Noakes TD.** Physiological characteristics of rugby players including muscle glycogen content and muscle fibre composition. *South Afr. Med. J.* 1988. 73: 529-532.

99. **Javel AF, Denholtz MS.** Audible GSR Feedback and Systematic Desensitisation: A Case Report. *Behaviour Therapy* 1975; 6, 251-253.
100. **Jiménez Martínez J.** Aparatos Gimnásticos y de rehabilitación del siglo XIX. Gymnos, 2000.
101. **Jodra P.** La técnica del biofeedback y su aplicación en las ciencias del deporte. Madrid: Biblioteca Nueva. 1999.
102. **Jodra P.** Discriminación de la tensión muscular mediante entrenamiento en biofeedback-electromiográfico. *Revista de Psicología del Deporte*. Vol. 8, núm. 1, pp. 69-77. 1999.
103. **Johnson Dj, Leider FE.** Influence of gold bath on maximum handgrip strength. *Percept Mot Skills*. 1977; 44:323-326.
104. **Johnson HE, Garton WH.** Muscle reeducation in hemiplegia by use of EMG device, *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation* 1973; 54, 320-325.
105. **Johnston D, Lo CR.** The effects of cardiovascular feedback and relaxation on angina pectoris, Warnford Hosp, Psychological Treatment Research Unit, Oxford, England, *Behavioural Psychotherapy* 1983; Julio, Vol. 11 (3), 257-264.
106. **Kalenak A, Medlar CE, Fleagle SB, Hockber WJ.** Athletic injuries: heat vs. cold. *Am Fam Physician*. may 1975; 12:131-134.
107. **Kamenetz HL.** Historia del masaje. En: Licht S, editor. *Masaje, manipulación y tracción*. Barcelona: Toray, 1973.
108. **Kamiya J.** Conscious control of brain waves, *Psychology Today* 1968, 1, 57-60.

109. **Kamiya J.** Operant control of the EEG alpha rhythm and some of its reported effects on consciousness. En C. Tart (ed.), *Altered States of Consciousness*. Nueva York, Wiley. 1969.
110. **Keefe F, Surwit RS.** Electromyographic biofeedback: behavioral treatment of neuromuscular disorders, *Journal of Behavioral Medicine* 1978; 1, 13-24.
111. **Kellett J.** Acute soft tissue injuries: a review of the literature. *med Sci Sports Exerc.* 1986; 18:489-500.
112. **King II TI.** Optimizing Motor Control Using Biofeedback. En C. A. Trombly & M. V. Radomski (Ed.), *Occupational Therapy for Physical Dysfunction* (5ª edición, pp. 561-570). Lippincott Williams & Wilkins.
113. **Klafs CE, Arnheim DD.** *Modern Principles of Athletic Training*. St. Louis, MO: CV Mosby Co; 1977:84,244.
114. **Klinge V.** Effects of exteroceptive feedback and instructions on control of spontaneous galvanic skin response. *Psychophysiology* 1972; 9, 305-317.
115. **Knight KL.** *Crioterapia. Rehabilitación de las lesiones en la práctica deportiva*. Edicions Bellaterra, 1996.
116. **Knight KL.** Cryotherapy in sports medicine. In: Schriber K, Burke EJ, eds. *Relevant Topics in Athletic Training*. Ithaca, NY: Mouvement Publications; 1979: 52-59.
117. **Knight KL.** Effects of hypothermia on inflammation and swelling. *Athl Train.* 1976; 11:7-10.
118. **Koizumi K, Ushiyama J, Brooks CM.** Effects of hypothermia on excitability of spinal neurons. *J Neurophysiol.* 1960; 23:421-431.

119. **Koga S.** Awareness and electromyograph biofeedback in the acquisition of control of a novel muscular activity, *Japanese Journal of Psychology*, 1991, 62 (5), 308-315.
120. **Kotses H, Glaus KD.** Generalization of conditioned muscle tension. *Psychophysiology*, 19, 510-520. 1982.
121. **Kraus H.** Use of surface anesthesia in treatment of painful motion. *JAMA*. 1941; 116:2582-2583.
122. **Laing DR, Dalley DR, Kirk JA.** Ice therapy in soft tissue injuries. *N Z Med J*. 1973; 78:155-158.
123. **LaReviere J, Osternig LR.** The effect of ice on joint position sense. *J Sports Rehabil* 1994; 3:58-67.
124. **Lee JM, Warren MP.** *Cold Therapy in Rehabilitation*. London, England: Belt and Hymen; 1978:69-71.
125. **Lehman JF, Warren CG, Scham SM.** Therapeutic heat and cold. *Clin Orthop*. 1974; 99:207-245.
126. **Li CL.** Effect of cooling on neuromuscular transmission in the rat. *Am J Physiol*. 1958; 194:200-206.
127. **Li CL, Gouras P.** Effect of cooling on neuromuscular transmission in the frog. *Am J Physiol*. 1958; 192:464-470.
128. **Licht S.** History of therapeutic heat and cold. In: Lehman JF, ed. *Therapeutic Heat and Cold*. 3rd ed. Baltimore, MD: Williams & Wilkins; 1982:1-34.
129. **Lisina MI.** The role of orientation in the transformation of involuntary reactions. En L. Veronin; A.R. Luria; E.N. Sokolov y O.S. Vinogradova (Eds.):

Orienting reflex and exploratory behavior. Washington D.C., American Institute of Biological Sciences. 1965.

130. **Lynne JJ, Paskewitz DA, Orne MJ.** Some factors in the feedback control of human alpha rhythm, *Psychosomatic Medicine*, 1974; 36, 399-410.
131. **Maclagan J, Zaimis E.** The effect of muscle temperature on twitch and tetanus in the cat. *J Physiol.* 1957; 137:89P-90P.
132. **Madigan ML, Pidcoe PE.** A muscle temperature compensation technique for EMG fatigue measures. *Journal of the American College of Sports Medicine.*
133. **Marinacci A, Horande M.** Electromyogram in neuromuscular reeducation, *Bulletin of the Los Angeles Neurological Society* 1960; 25, 57-71.
134. **Mas B.** Técnicas de relajación. Cursos de postgrado en Psicopatología y Salud. UNED-FUE. Madrid, 1999.
135. **Mattacola CG, Perrin DH.** Effects of cold water application on isokinetic strength of the plantar flexors. *J. Athl Train.* 1992; 27:136
136. **Mayes R, Nuttall FE.** A comparison of the physiological characteristics of senior and under 21 elite rugby union players. *J. Sports Sci.* 1995. 13: 13-14
137. **McCaffery M.** *Nursing Management of the Patient With Pain.* Philadelphia, PA: JB Lippincott Co; 1979.
138. **McGown HL.** Effect of cold application on maximal isometric contraction. *Phys Ther.* 1967; 42:185-192.
139. **McGrady A.** Effects of group relaxation training and thermal biofeedback on blood pressure and related physiological and psychological variables in essential hypertension, *Biofeedback and Self Regulation*, 1994, 19 (1), 51-66.

140. **McMaster WC.** A literary review on ice therapy in injuries. *Am J Sports med.* 1977; 5:124-126.
141. **McMaster WC.** Cryotherapy. *Physician Sportsmed.* november 1982; 10:112-119.
142. **Mecomber SA, Hermarr RM.** Effects of local hypothermia on reflex and voluntary activity. *Phys Ther.* 1971; 51:271-282.
143. **Melzack R, Wall PD.** Pain mechanisms, a new theory. *Science.* 1965; 150:971-979.
144. **Méndez Cristóbal.** Libro del ejercicio corporal y de sus provechos. Ed. Orig. de 1553. Universidad de León. Secretariado de Publicaciones. p. 370-371.
145. **Mense S.** Effects of temperature on the discharges of muscle spindles and tendon organs. *Pfugers Arch.* 1978; 374:159-166.
146. **Michenfelder JD, Theye RA.** Hypothermia: effect on canine brain and whole-body metabolism. *Anesthesiology.* 1968; 29:1107-1112.
147. **Miglietta OE.** Evaluation of cold in spasticity. *Am J Phys Med.* 1962; 41:148-151.
148. **Miller NE.** Integration of neurophysiological and behavior research. *Annals of the New York Academy of Sciences* 1961; 92, 830-839.
149. **Miller NE.** Some reflections on the law of effects produce a new alternative drive reduction. En M.R. Jones (Ed.): *Nebraska Symposium on Motivation.* Licoln, Nebraska: University of Nebraska Press 1963; 65-112.
150. **Miller NE.** Learning of visceral and glandular responses. *Science* 1969; 163, 434-445.

151. **Miller NE.** Biofeedback and visceral learning. *Annual Review of Psychology* 1978; 29, 378-404.
152. **Miller NE, Banuazizi D.** A instrumental learning by curarized rats of a specific visceral response, intestinal or cardiac. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 1968; 65, 1-7.
153. **Miller NE, Carmona A.** Modification of a visceral response, salivation in thirsty dogs, by instrumental training with water reward. *Journal of Comparative and Physiological Psychology* 1967, 63, 1-16.
154. **Miller NE, Dworkin BR.** Visceral learning: recent difficulties with curarized rats, and significant problems for human research. En P. A. Obrist AH, Black J Brenner y L DiCara (eds). *Cardiovascular psychophysiology: Current issues in response mechanisms. Biofeedback and methodology.* Chicago: Aldine. 1974.
155. **Morehead JJ.** *Traumatotherapy: The Treatment of the Injured.* Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 1931:17-18.
156. **Moscoso MS.** Perspectiva histórica de la biorretroalimentación. *Revista Latinoamericana de Psicología* 1983; 15 (1-2):11-33.
157. **Mulholland T.** Objective EEG methods for shifts of visual attentional. En F.J. McGuigan (Ed.): *The Psychophysiology of Thinking* 1973. Nueva York, Academic Press, Inc, 9-29.
158. **Musial F, Hinninghofen H, Frieling T, Enck P.** Fecal incontinence in elderly patients. A home based biofeedback program *zeitschrift für Gerontologie und Geriatrie*, 2000, 33 (6), 447-453.
159. **Najafi H, Griep RB, Stinson EB, Shumway NE.** Profound local hypothermia for myocardial protection during openheart surgery. *J Thorac Cardiovasc Surg.* 1973; 66:732-741.

160. **Neiger H, Roll JP, Gilhodes JC.** Stimulation tendineuses vibratoires dans le cadre de l'assistance proprioceptive vibratoire en traumatologie. Journée. Paris: Expansion Scientifique Francaise, 1984.
161. **Newton J, Toby O, Spence SH, Schotle D.** Cognitive behavioral therapy versus EMG biofeedback in the treatment of chronic low back pain, *Behaviour Research and Therapy*, 1995, 33 (6), 691-697.
162. **Nordstrom CH, Rehncrona S.** Reduction of cerebral blood flow and oxygen consumption with a combination of barbituate anesthesia and induced hypothermia in the rat. *Acta Anesthesiol Scand.* 1978; 22:7-12.
163. **Nugent GR.** Prolongued hypothermia. *Am J Nurs.* 1960; 60:967-970.
164. **Olson JE, Stravino VD.** A review of cryotherapy. *Phys Ther.* 1972; 53:840-853.
165. **Osterman AI, Heppenstall RB, Sapega AA, Katz M, Chance B, Sokolow D.** Muscle ischemia and hypothermia: a bioenergetic study using phosphorus nuclear magnetic resonance spectroscopy. *J trauma.* 1984; 24:811-817.
166. **Paintal AS.** Effects of temperature on conduction in single vagal end saphenous myelinated nerve fibers of the cat. *J Physiol.* 1965; 180:20-49.
167. **Patel CH.** Biofeedback aided relaxation and meditation in the management of hypertension. *Biofeedback and Self-Regulation* 1977; 2, 1-41.
168. **Petajan JH, Watts N.** Effects of cooling on the triceps surae reflex. *J Am Phys med.* 1962; 41:240-251.
169. **Plaja J.** Analgesia por medios fisicos. Mc Graw-Hill. Interamericana. Barcelona 2003.

170. **Plumlee LA.** Operant conditioning of increases in blood pressure. *Psychophysiology* 1969, 6, 283-290.
171. **Popovic V, Popovic P.** Hypothermia in Biology and Medicine. New York, NY: Grune & Stratton Inc; 1974:79-115, 215.
172. **Race D, Cooper E, Rosenbaum M.** Hemorrhagic shock: the effect of prolonged low flow on the regional distribution of blood and its modification by hypothermia. *Ann Surg* 1968; 167:454-466.
173. **Raether PR.** The cold treatment, putting injuries on ice can be more complicated than it sounds. *Runner*. October 1983; 6:14.
174. **Ranatunga KW.** Temperature-dependence of shortening velocity and rate of isometric tension development in rat skeletal muscle. *J Physiol*. 1982; 329:465-483.
175. **Ranatunga KW, Wylie SR.** Temperature-dependent transitions in isometric contractions of rat muscle. *J Physiol*. 1983; 339:87-95.
176. **Raptou AD.** Cryotherapy: a brief review. *South med J*. 1968; 61:625-627.
177. **Raskin M, Johnson G, Rondstedt JW.** Chronic anxiety treated by feedback induced muscle relaxation, *Archives of General Psychiatry* 1973; 28, 263-267.
178. **Rawlinson K.** Modern Athletic Training. New York, NY: Prentice-Hall Inc; 1961:48-49.
179. **Reeves JL, Mealiea WL.** Biofeedback assisted cue controlled relaxation for the treatment of flight phobias, *Journal of Behavior Therapy and Experimental Psychiatry* 1975; 6, 105-109.
180. **Reilly T, Secher N, Snell PG, Williams C.** *Physiology of Sports*. E. & F. N. Spon, London. 1990.

181. **Ricker K, Hertel G.** Increased voltage of the muscle action potential of normal subjects. *J Neurol.* 1977; 216:33-38.
182. **Rienzi E, Reilly T, Malkim C.** Investigation of kinanthropometric and work-rate profiles of rugby sevens players. Communicattion to 2nd E C S S Conference (Copenhagen). 1997.
183. **Rigg P, Reilly T.** A fitness profile and anthropometric analysis of first second class Rugby Union players. In: T. Reilly, A. Lees. K: Davids.W. J. Morphy (eds) *Science and Football.* F. & F. N. Spon, London, 1988, pp. 194-200.
184. **Rodríguez Pérez V.** Efectos de dos técnicas de fisioterapia, masaje y vibroterapia mecánica, sobre la actividad eléctrica del músculo fatigado. Salamanca, 2006.
185. **Rokicki LA, Holroyd KA, France CR, Lipchik GL, France JL, Kvaal SA.** Change mechanisms associated with combined relaxation/ EMG biofeedback training for chronic tension headache, *Applied Psychophysiology and Biofeedback*, 1997, 22 (1), 21-41.
186. **Romano JL, Cabisanica WA.** Biofeedback training versus systematic desensitization for test anxiety reduction, *Journal of Counseling Psychology* 1978; 25, 8-13.
187. **Ruiz DH, Myrer JW, Durrant E, Fellingham GW.** Cryotherapy and sequential exercise bouts following cryotherapy on concentric and excentric strength in the quadriceps. *J Athl Train.* 1993; 28:320-323.
188. **Ryan AJ.** Technological advances in sports medicine and in the reduction in sports injuries. *Exerc Sport Sci Rev.* 1973; 1:285-312.
189. **Ryan TJ.** The blood vessels of the skin. *J invest Dermatol.* 1976; 67:110-118.

190. **Sapega AA, Heppenstall RB, Sokolow DP, et al.** The bioenergetics of preservation of limbs before replantation. *J Bone Joint Surg* 1988; 70A:1500-1513.
191. **Schmidt KL, Ott VR, Rocher G, Schaller H.** Heat, cold and inflammation: a review. *Z Rheumatol.* 1979; 38:391-404.
192. **Scott, R. W.; Blanchard, E. B.; Edmundson, E. D. y Young, L. D.** A shaping procedure for heart rate control in chronic tachycardia, *Perceptual and Motor Skills* 1973; 37, 327-338.
193. **Segovia JC, López-Silvarrey FJ, Legido JC.** Manual de valoración funcional. Aspectos clínicos y fisiológicos. Segunda edición, Madrid, 2007. Pags: 167-197.
194. **Seiyama A, Shiga T, Maeda N.** Temperature effect on oxygenation and metabolism of perfused rat hindlimb muscle. *Adv Exp Med Biol.* 1990; 277:541-547.
195. **Shapiro D, Crider A.** Operant electrodermal conditioning under multiple schedules of reinforcement. *Psychophysiology* 1967; 4, 168.
196. **Shapiro D, Crider A, Tursky B.** (1964). Differentiation of an autonomic response through operant reinforcement. *Psychonomic Science*, 1964; 1, 147-148.
197. **Shapiro D, Tursky B, Gershon E, Stern M.** Effects of feedback and reinforcement on the control of human systolic blood pressure. *Science* 1969, 163, 588-590.
198. **Shappington JT, Fiorito EM, Brehony KA.** Biofeedback as therapy in Raynaud's disease, *Biofeedback and Self-Regulation* 1979; 4, 155-169.
199. **Shellenberger R, Green JA.** From the Ghost in the Box to Successful Biofeedback Training. Greeley, CO: Health Psychology.

200. **Shepherd GW, Watts FN.** Heart rate control in psychiatric patients, *Behavior Therapy* 1974; 5 (1), 153-154.
201. **Sherman S.** Which treatment to recommend: hot or cold? *Am Pharm.* August 1980; 20:46-49.
202. **Silver BV, Blanchard EB.** Biofeedback and relaxation training in the treatment of psychophysiological disorders: Or are the machines really necessary?, *Journal of Behavioral Medicine* 1978; 1, 217-239.
203. **Starkey C.** *Therapeutic Modalities for Athletic Trainers.* Philadelphia, PA: FA Davis Co; 1993:6-17.
204. **Sterman MB, Friar L.** Suppression of seizures in an epileptic following sensorimotor EEG feedback training, *Electroencephalographic Clinical Neurophysiology* 1972; 33, 89-95.
205. **Sterman MB, MacDonald LR, Stone RK.** Biofeedback training of the sensory motor electroencephalographic rhythm in man. Effects on epilepsy, *Epilepsia* 1974; 15, 395-416.
206. **Stevenson GC, Collins WF, Randt CT, Saurwein TD.** Effects of induced hypothermia on subcortical evoked potentials in the cat. *Am J Physiol.* 1958; 194:423-426.
207. **Surwit RS, Pion RN, Fenton C.** Behavioral treatment of Raynaud's disease, *Journal of Behavioral Medicine* 1978; 1, 323-336.
208. **Svanes K.** Studies in hypothermia, I: the influence of deep hypothermia on the formation of cellular exudate in acute inflammation in mice. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1964; 8:143-156.

209. **Svanes K.** Studies in hypothermia, II: the influence of deep hypothermia on the formation of fluid exudate in acute inflammation in mice. *Acta Anaesthesiol Scand.* 1964; 8:157-166.
210. **Taub E.** Self-Regulation of human tissue temperature. En G. Schwartz y J. Beatty (Eds.), *Biofeedback therapy and research.* Nueva York: Academic Press. 1977.
211. **Taub E, Emurian C.** Autoregulation of skin temperature using a variable intensity feedback light. Trabajo presentado a la Biofeedback Research Society, Boston. 1972.
212. **Taub E, Stroebel CF.** The use of biofeedback in the treatment of vasoconstrictive syndromes. A Task Force Study Section 1978; n° 6 report, 1-16, Denver: Biofeedback Soc. American.
213. **Taylor DN.** Effects of a behavioral stress management program on anxiety, mood, self-esteem and T-cell count in HIV-positive men, *Psychological Reports,* 1995, 76 (2), 451-457.
214. **Taylor DN, Lee C.** Lack of correlation between frontalis electromyography and self-ratings of either frontalis tension or state anxiety, *Perceptual and Motor Skills,* 1991, 72 (3), 1131-1134.
215. **Tepperman PS, Devlin M.** Therapeutic heat and cold. *Postgrad Med.* 1983; 73:69-76.
216. **Thieme H.** Knee joint position sense following therapeutic applications of heat and cold. Indiana University; 1993. Masters thesis.
217. **Thompson GE.** Physiological effects of cold exposure. *Int rev Physiol, Environ Physiol II.* 1977; 15:29-69.

218. **Thornton RJ, Blakeney C, Feldman SA.** The effects of hypothermia on neuromuscular conduction. *BrJ Anaesth.* 1976; 48:264.
219. **Torebjork HE.** Afferent C units responding to mechanical, thermal, and chemical stimuli in human non-glabrous skin. *Acta Physiol Scand* 1974; 92:374-390.
220. **Torres Lacomba M, Salvat Salvat I.** Guía de masoterapia para fisioterapeutas. Panamericana. Madrid, 2006. pág 22-23.
221. **Tovel J.** Ice immersion toe cup. *Athl Train.* 1980; 15:33.
222. **Tries JM.** Biofeedback measures of pelvic floor muscle function in asymptomatic and incontinent women. *Dissertation Abstract International Section B: The Sciences and Engineering*, 2001, 61 (7-B), 3892.
223. **Truong XT, Wall BJ, Walker SM.** Effects of temperature on isometric contraction of rat muscle. *Am J Physiol.* 1964; 207:393-396.
224. **Vázquez Gallego J.** El masaje terapéutico y deportivo. Mandala. Madrid 2000.
225. **Wagner, C. y col.** Multidimensional locus of control and voluntary control of GSR. *Perceptual and Motor Skills* 1974; 39, 11-42.
226. **Walsh DH.** Interactive effects of alpha feedback and instructional set on subjective state. *Psychophysiology* 1974; 11, 428-435.
227. **Weerapong P, Hume Patria A, Kolt Gregory S.** The Mechanisms of Massage and Effects on Performance, Muscle Recovery and Injury Prevention. *Sports Med* 2005; 35 (3): 235-256.
228. **Weiss T, Engel BT.** Operant conditioning of heart rate in patients with premature ventricular contraction, *Psychosomatic Medicine* 1971; 33, 301-321.

229. **Wickramasekera I.** Instructions and EMG feedback in systematic desensitisation: A case report, *Behaviour Therapy* 1972; 3, 460-465.
230. **Wiktorsson-Moller M, Oberg B, Ekstrank J.** Effects of warming up, massage, and stretching on range of motion and muscle strenght in the lower extremity. *AM J Sports Med* 1983; 11(4): 249-52.
231. **Wolf SI, Ietbetter WD, Basmajian JV.** Effects of a specific cutaneous cold stimulus on single motor unit of medial gastrocnemius muscle in man. *Am J Phys Med.* 1976; 55:177-183.
232. **Wright JG, Kerr JC, Valeri CR, Hobson RW.** Regional hypothermia protects against ischemia-reperfusion injury in isolated canine gracilis muscle. *J Trauma.* 1988; 28:1026-1031.
233. **Yagüe PL.** Hockey sobre patines: Estudio de las demandas fisiológicas en competición, análisis del perfil fisiológico funcional, desarrollo y validación de un modelo de valoración funcional específica orientado al jugador de campo. Oviedo, 2005.
234. **Young L, Blanchard EB.** Medical applications of biofeedback training: A selective review. En S. Rachman (ed.): *Contributions to medical psychology* 1980. Vol. II. Pergamon Press. Londres.
235. **Zuidema GD, Rutherford RB, Ballinger WF.** *The Management of trauma.* 3rd ed. Philadelphia, PA: WB Saunders Co; 1979:849.

# **ANEXOS**



## 8. ANEXOS

### 8.1. ANEXO 1: Informe del Comité de Bioética

 UNIVERSIDAD DE SALAMANCA	<b>COMITÉ DE BIOÉTICA (CBE)</b>
	C/ Libreros 19, 2º ; 37008 Salamanca Tel . (34) 923 29 44 00 ext 1181 e-mail: cbioetica@usal.es
	REGISTRO UNICO UNIVERSIDAD DE SALAMANCA SALIDA 006 Nº. 201300020681 06-06-13 10:34:59
<p>El Comité de Bioética de la Universidad de Salamanca, en su reunión del día 5 de junio de 2013, ha considerado las circunstancias que concurren en el proyecto de investigación titulado "Efectos de varias técnicas de fisioterapia y recuperación sobre el músculo fatigado", que tiene como investigador principal a D. CARLOS MORENO PASCUAL.</p>	
<p>A la vista de la documentación presentada, este Comité ha acordado <b>informar favorablemente</b> el proyecto de investigación, ya que cumple los requisitos éticos requeridos para su ejecución.</p>	
<p>Y para que así conste lo firmo en Salamanca a 5 de junio de 2013</p>	
	 
José Mª Díaz Mínguez Secretario del CBE	José Julián Calvo Andrés Presidente del CBE

## 8.2. ANEXO 2: Consentimiento informado

**MODELO DE CONSENTIMIENTO INFORMADO DEL PACIENTE O  
COLABORADOR  
Impreso CBE-A1**

Yo <sup>1</sup>

DNI/Pasaporte,

He leído la hoja informativa que me ha sido entregada <sup>2</sup>

He tenido oportunidad de efectuar preguntas sobre el estudio.

He recibido respuestas satisfactorias.

He recibido suficiente información en relación con el estudio.

He hablado con el Dr./Investigador: CARLOS MORENO PASCUAL

Entiendo que la participación es voluntaria.

Entiendo que puedo abandonar el estudio:

- Cuando lo desee.
- Sin que tenga que dar explicaciones.
- Sin que ello afecte a MIS cuidados médicos.

También he sido informado de forma clara, precisa y suficiente de los siguientes extremos que afectan a los datos personales que se contienen en este consentimiento y en la ficha o expediente que se abra para la investigación:

- Estos datos serán tratados y custodiados con respeto a mi intimidad y a la vigente normativa de protección de datos.

- Sobre estos datos me asisten los derechos de acceso, rectificación, cancelación y oposición que podré ejercitar mediante solicitud ante el investigador responsable en la dirección de contacto que figura en este documento.

- **Estos datos no podrán ser cedidos sin mi consentimiento expreso y no lo otorgo en este acto.**

Doy mi consentimiento sólo para la extracción necesaria en la investigación de la que se me ha informado y para que sean utilizadas las muestras (fluidos, tejidos, etc...)

exclusivamente en ella, sin posibilidad de compartir o ceder éstas, en todo o en parte, a ningún otro investigador, grupo o centro distinto del responsable de esta investigación o para cualquier otro fin.

Declaro que he leído y conozco el contenido del presente documento, comprendo los compromisos que asumo y los acepto expresamente. Y, por ello, firmo este consentimiento informado de forma voluntaria para MANIFESTAR MI DESEO DE PARTICIPAR EN ESTE ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN DEL EFECTO DE TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA SOBRE LA ACTIVIDAD DEL MÚSCULO FATIGADO, hasta que decida lo contrario. Al firmar este consentimiento no renuncio a ninguno de mis derechos. Recibiré una copia de este consentimiento para guardarlo y poder consultarlo en el futuro.

**Nombre del paciente o sujeto colaborador:**

**DNI/Pasaporte**

Firma:

Fecha:

**Nombre del investigador: JORGE SAMPEDRO VIDAL**

DNI 52932791Q

Firma:

**Identificación del Grupo/Instituto//Centro/Otros, responsable de la investigación, cuando no se trate de proyectos individuales:**

Fecha:

Dirección de contacto del Investigador y/o del Grupo...responsables de la investigación y del tratamiento de los datos:

Escuela Universitaria de Enfermería y Fisioterapia

C./ Donante de sangre, s/n (Campus Miguel de Unamuno)

NOTAS

<sup>1</sup> *Indicar el nombre completo*

<sup>2</sup> *Incorporar de forma inseparable o al dorso de éste documento.*

**HOJA INFORMATIVA**

**ESTUDIO DE INVESTIGACIÓN SOBRE LOS EFECTO DE TÉCNICAS DE FISIOTERAPIA SOBRE LA ACTIVIDAD DEL MÚSCULO**

EN EL ESTUDIO SE REALIZARÁN LAS SIGUIENTES PRUEBAS EN 5 OCASIONES DISTINTAS DISTANCIADAS AL MENOS 1 SEMANA ENTRE ELLAS:

1) BATERIA DE PRUEBAS PREFATIGA:

A) ELECTROMIOGRAFIA DEL VASTO EXTERNO MEDIANTE

ELECTRODOS DE SUPERFICIE (TÉCNICA DE REGISTRO DE LA ACTIVIDAD ELÉCTRICA DEL MÚSCULO INCRUENTA QUE NO IMPLICA NINGÚN RIESGO PARA LA SALUD).

B)ESCALA ANALÓGICA DEL ESTADO GENERAL Y MUSCULAR SUBJETIVOS DEL INDIVIDUO.

C)TEST DE BOSCO: SE PEDIRÁ UN SQUAT JUMP SALTO VERTICAL PARTIENDO DE 90 GRADOS DE FLEXIÓN DE RODILLAS PARA COMPROBAR LA ALTURA Y TIEMPO DE VUELO .

D)DINAMOMETRIA: SE SOLICITARÁ UNA SENTADILLA ISOMÉTRICA PARA COMPROBAR LA FUERZA MÁXIMA MEDIDA EN KG.

2)TEST DE WINGATE: ES UN TEST DE FATIGA EN CICLOERGÓMETRO QUE CONSISTE EN CALENTAMIENTO DE 10 MINUTOS TRAS LOS CUALES SE PEDALEA A MÁXIMA INTENSIDAD CON UNA CARGA PROPORCIONAL AL PESO DEL INDIVIDUO.

3) BATERIA DE PRUEBAS POSTFATIGA: SE REALIZARÁN LOS SUBAPARTADOS A,C Y D DEL APARTADO 1. LA ESCALA ANALÓGICA DE

PERCEPCIÓN SUBJETIVA EN ESTE CASO ES DE ESFUERZO/FATIGA GENERAL Y MUSCULAR.

4) INTERVENCIÓN: SERÁ DE 5 MINUTOS SIEMPRE Y POR ORDEN CRONOLÓGICO SERÁ:

1.- CONTROL: SE DEJAN PASAR LOS 5 MINUTOS CON EL INDIVIDUO SENTADO .

2.- MASAJE DEL VASTO EXTERNO.

3.- MASAJE CON HIELO DEL VASTO EXTERNO.

4.-MRM: MÁQUINA DE RELAJACIÓN MUSCULAR POR VIBRACIÓN.

5.-BIOFEEDBACK.

5) BATERIA DE PRUEBAS POSTINTERVENCIÓN: SE REALIZARÁN LOS SUBAPARTADOS A,C Y D DEL APARTADO 1. LA ESCALA ANALÓGICA DE PERCEPCIÓN SUBJETIVA EN ESTE CASO ES DE RECUPERACIÓN GENERAL Y MUSCULAR TRAS EL ESFUERZO.

