



universidad
de león

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
FÍSICA Y DEPORTIVA

Efectos de la **estimulación neuromuscular** mecánica como medio de **recuperación en el fútbol**

[TESIS DOCTORAL]

Raúl Zarzuela Martín
León, 2013



universidad
de león

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
FÍSICA Y DEPORTIVA

Efectos de la **estimulación neuromuscular** mecánica como medio de **recuperación en el fútbol**

[TESIS DOCTORAL]

Raúl Zarzuela Martín
León, 2013

[AGRADECIMIENTOS]

A Gonzalo Cuadrado y su familia, sin los cuales no me dedicaría al mundo del deporte.

A mi director Juan Carlos y a todos los compañeros que son parte de este trabajo, en especial a Pedro J. Marín, por su inestimable colaboración, que ha hecho que esta tesis pueda salir a la luz.

A mi familia, por la preocupación mostrada durante todo el camino recorrido y especialmente, a mi madre y hermana que hacen que mi vida sea más fácil.

A todos los compañeros y amigos del Real Valladolid, Fito, Yarza, Paco, Pereira y Javier Yepes, por facilitarme el trabajo y ayudarme en mi trayectoria personal y profesional.

A los jugadores que mostraron en todo momento una excelente predisposición.

Y por último a mi padre, que me fue mi guía para ser quien soy.

ÍNDICE GENERAL	7
ÍNDICE DE TABLAS	11
ÍNDICE DE FIGURAS	13
ABREVIATURAS	15
RESUMEN	19
ABSTRACT	21

[ÍNDICE GENERAL]

1. INTRODUCCIÓN	23
2. ANTECEDENTES	27
2.1. Análisis de los esfuerzos en el fútbol.	29
2.1.1. Carga Externa.	30
2.1.1.1. Desplazamientos (Distancia recorrida y tipo).	30
2.1.1.2. Acciones explosivas.	34
2.1.2. Carga Interna.	35
2.1.2.1. Consumo de Oxígeno.	35
2.1.2.2. Frecuencia Cardíaca.	36
2.1.2.3. Lactacidemia.	38
2.1.2.4. Glucógeno muscular.	39
2.1.3. Fatiga al final de un partido.	40
2.2. Métodos de recuperación.	41
2.2.1. Pasivos.	41
2.2.1.1. Dormir.	42
2.2.2. Activos.	42
2.2.2.1. Carrera continua de baja intensidad (“jogging”).	43
2.2.2.2. Estiramientos.	47
2.2.2.3. Masaje.	51
A) Masaje y DOMS.	51
B) Masaje y fatiga muscular.	55
2.2.2.4. Electroestimulación.	58
2.2.2.5. Ropa compresiva.	58
2.2.2.6. Tratamiento con oxígeno hiperbárico.	62
2.2.2.7. Hidroterapia.	63
A) Crioterapia.	63
B) Inmersión en agua caliente.	69
C) Terapia de contrastes.	71

2.3. Conceptos físicos y neurofisiológicos del entrenamiento con vibraciones.	75
2.3.1. Concepto de vibración.	75
2.3.2. Parámetros de la vibración.	75
A) Frecuencia.	75
B) Amplitud.	77
C) Magnitud.	77
D) Dirección.	78
E) Duración.	78
F) Resonancia.	78
2.3.3. Factores neurofisiológicos.	79
2.3.4. Interrelación de factores.	79
2.3.5. Sistemas para aplicar el estímulo vibratorio.	81
2.3.6. Plataformas de vibraciones.	81
2.3.7. Sistema oscilatorio <i>versus</i> vertical.	81
2.3.7.1. Análisis descriptivo.	81
2.3.7.2. Efectos del sistema oscilatorio y vertical a nivel electromiográfico y de aceleración.	82
2.3.7.3. Puntuales.	83
2.3.7.4. Anillas con estímulos vibratorios.	84
2.3.7.5. Mancuernas con estímulos vibratorios.	84
2.3.7.6. Superficies inestables con estímulos vibratorios.	84
2.3.8. Efectos generales del entrenamiento con vibraciones para la salud y el rendimiento.	84
2.4. Efectos de las vibraciones como medio de recuperación post-esfuerzo.	85
3.- DEFINICIÓN DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS	89
3.1. Objetivos.	91
3.2. Hipótesis.	92
4.- METODOLOGÍA	93
4.1. Sujetos.	95
4.2. Material.	95
4.2.1. Material empleado para la medición de los valores antropométricos.	95
4.2.2. Material empleado para la toma de datos del test RSA y lactato.	96
4.2.3. Material empleado para la toma de datos de los valores de fuerza.	96
4.2.4. Material empleado para la recuperación post-esfuerzo.	97
4.2.5. Material empleado para el almacenamiento y tratamiento de datos.	97

4.3. Procedimiento.	97
4.3.1. Toma de datos de la percepción de dolor muscular.	98
4.3.2. Toma de datos de fuerza explosiva (CMJ).	98
4.3.3. Toma de datos de la fuerza isométrica máxima.	99
4.3.4. Toma de datos de la prueba de sprints repetidos (RSA).	100
4.3.5. Toma de datos del lactato muscular.	100
4.3.6. Procedimientos de recuperación post-esfuerzo.	101
4.3.7. Tratamiento estadístico de los datos.	102
5.- RESULTADOS	103
5.1. Resultados de la prueba de normalidad.	105
5.2. Resultados de las variables estudiadas.	106
5.2.1. Resultados obtenidos en la prueba de sprints repetidos (RSA)	106
5.2.2 Resultados obtenidos en la prueba de análisis de lactato en sangre	106
5.2.3. Resultados obtenidos en la prueba de dolor muscular percibido	106
5.2.4. Resultados obtenidos en la prueba de fuerza explosiva (CMJ)	107
5.2.5 Resultados obtenidos en la prueba de fuerza isométrica máxima (FIM)	107
5.3. Análisis comparativo de la influencia de los protocolos de recuperación en ambos grupos	108
6.- DISCUSIÓN	111
6.1. Variable de percepción del dolor muscular y efecto de las vibraciones.	114
6.2. Variables de fuerza explosiva y fuerza isométrica máxima y efectos de las vibraciones.	118
7.- CONCLUSIONES	123
7. 1. Conclusiones parte teórica.	125
7. 2. Conclusiones parte empírica.	125
8.- BIBLIOGRAFIA	127
9.- ANEXOS	147
Anexo 1. Declaración de consentimiento informado.	149
Anexo 2. Escala VAS.	150
Anexo 3. Publicación y actividad de difusión de este proyecto.	151
10.- ARTÍCULO	153

[ÍNDICE DE TABLAS]

Tabla 1. Distancias recorridas por los jugadores.	30
Tabla 2. Distancia total en función del puesto según diferentes autores.	31
Tabla 3. Distancia recorrida diferenciando entre alta y baja intensidad.	31
Tabla 4. Distribución de los desplazamientos en función de la intensidad.	31
Tabla 5. Análisis de los esfuerzos de intensidad máxima según diferentes autores.	32
Tabla 6. Porcentaje de cada tipo de desplazamiento en la liga italiana.	33
Tabla 7. Consumo máximo de oxígeno según diferentes autores.	35
Tabla 8. Valoración de la F.C. media en función del puesto específico.	36
Tabla 9. Análisis de la FC en función del puesto ocupado. Primera división Rusa.	37
Tabla 10. Concentración de lactato en sangre obtenido a través de muestras de un dedo de la mano durante o después del partido.	38
Tabla 11. Lactacidemia en función del puesto ocupado al final de la primera parte.	39
Tabla 12. Revisión del tratamiento con masaje sobre las DOMS.	52
Tabla 13. Revisión del tratamiento con masaje y fatiga muscular.	57
Tabla 14. Revisión del tratamiento de ropa compresiva sobre la recuperación.	60
Tabla 15. Revisión de la crioterapia sobre la recuperación.	66
Tabla 16. Revisión de la inmersión de agua caliente sobre la recuperación.	70
Tabla 17. Revisión de la terapia de contraste sobre la recuperación.	73
Tabla 18. Porcentaje de incremento de la actividad EMGrms respecto a la señal sin ENM en la plataforma oscilatoria (PO) y vertical (PV).	83
Tabla 19. Revisión de efecto de las vibraciones sobre la recuperación muscular.	87
Tabla 20. Características WBV.	95
Tabla 21. Características GC.	95
Tabla 22. Resultados obtenidos en la prueba RSA1 para el grupo WBV.	105
Tabla 23. Resultados obtenidos en la prueba RSA2 para el grupo WBV.	106
Tabla 24. Resultados obtenidos en la prueba RSA1 para el GC.	106
Tabla 25. Resultados obtenidos en la prueba RSA2 para el grupo GC.	107
Tabla 26. Resultados obtenidos de las tomas de lactato.	107
Tabla 27. Resultados obtenidos en la variable FIM.	108

[ÍNDICE DE FIGURAS]

Figura 1. Porcentaje de recuperación de la actividad intersticial de la CK a las 0, 36 y 84 horas.	46
Figura 2. Esquema del estudio. Test condicionales; Marcadores bioquímicos.	47
Figura 3. Representación de diferentes tipos de vibración, empezado por arriba: Senoidal, Multi-senoidal, Transitoria, Shock, Randomizada Estacionaria, y Randomizada No Estacionaria (modificado de Jordan y col (Jordan, Norris et al. 2005)).	75
Figura 4. Describe la frecuencia en una onda vibratoria senoidal.	76
Figura 5. Onda senoidal con descripción de los parámetros de amplitud y amplitud pico a pico.	77
Figura 6. Análisis de la magnitud de una plataforma de vibraciones (SoloFlex®), realizado mediante el acelerómetro tridimensional (G-Link® Wireless Accelerometer Node, MicroStrain, Inc., USA). (Marín, datos sin publicar).	78
Figura 7. Hundimiento del puente de Tacoma por el efecto de la resonancia, (Washington, Julio de 1940).	79
Figura 8. Relación del estímulo vibratorio emitido y recibido.	80
Figura 9. Esquema de hipótesis sobre los efectos de la ENM. Es importante matizar, que en los sistemas de carácter puntual, (posteriormente explicados), no desarrollan un significativo incremento de la aceleración (Marin 2007).	80
Figura 10. Representación de los diversos sistemas generadores de vibraciones.	81
Figura 11. Diferencia de regulación y movimiento de las plataformas oscilatorias (PO) y de movimiento principalmente vertical (PV).	82
Figura 12. Diferencias de aceleración transmitida a la cabeza (ms^{-2}) de una plataforma oscilante y otra vertical a 30 Hz y 4 mm de amplitud (pico a pico), atendiendo a los grados de flexión de la articulación de la rodilla adaptado de (Abercromby, Amonette et al. 2007).	83
Figura 13. Material utilizado para la tomas de datos antropométricos.	96
Figura 14. Material utilizado para la toma de datos de los valores de fuerza y RSA.	96
Figura 15. Material utilizado para la toma de datos de los valores de fuerza.	97
Figura 16. Diseño experimental.	98
Figura 17. Valoración del CMJ.	99

Figura 18. Valoración de la FIM.	99
Figura 19. Valoración de la RSA.	100
Figura 20. Valoración del lactato muscular.	101
Figura 21. Las posiciones durante la intervención de recuperación (High: alta amplitud y Low: baja amplitud -en el grupo WBV-).	101
Figura 22. Los porcentajes de las variaciones de dolor muscular percibido por encima del valor inicial. Los valores son medias \pm SD. * Significativamente diferentes respecto al valor basal ($p < 0.05$).	108
Figura 23. La altura del salto vertical (CMJ) en respuesta a la prueba RSA. Los valores (media \pm DE) se expresan como porcentaje de cambio desde el inicio. *Significativamente diferentes respecto al valor basal ($p < 0.05$). # Significativamente diferente entre grupos ($p < 0.05$).DE) se expresan como porcentaje de cambio desde el inicio.	109
Figura 24. Fuerza isométrica máxima (FIM) en respuesta a la prueba RSA. Los valores (media \pm).	109

[ABREVIATURAS]

AMPT: Amplitud.
AVW: Potencia media.
B: Bíceps.
BF: Bíceps femoral.
CBRZ: Circunferencia brazo.
CEX: Contracción excéntrica.
CK: Creatin-Kinasa.
CMJ: Salto con contramovimiento.
CVM: Contracción máxima voluntaria.
COM: Combinado.
CPI: Circunferencia pierna.
C-RP: C-reactive protein.
CSM: Concentración sérica mioglobina.
CTS: Contrastes.
CT: Crioterapia.
DA: Diámetro arterial.
DC: Deporte colectivo.
DJ: Drop Jump.
DS: Diferencias significativas.
DDS: Escala descriptora dolor.
DM: Dolor muscular.
DOMS: Delayed Muscle Soreness.
EMGrms: Actividad electromiográfica.
EMS: Electroestimulación.
ENM: Estimulación neuromuscular mecánica.
EV: Estímulo vibratorio.
FC: Frecuencia cardíaca.
FCMAX: Frecuencia cardíaca máxima.
FG: Fuerza de golpeo.
FIM: Fuerza isométrica máxima.
FMAX: Fuerza isotónica máxima.
FR: Frecuencia.
GC: Grupo control.
GM: Gastrocnemio.
Hm: Huso muscular.
Hz: Herzios.

IAC: Inmersión Agua Caliente.
LACT: Lactato.
JG: Jugador.
m: Metros.
min: Minuto/s.
MC: Masa Corporal.
MSJ: Masaje.
MB: Mioglobina.
Nm: Newton.
NS: No diferencias significativas.
POMS: Cuestionario de procesos cognitivos.
ROM: Rango de movimiento.
P: Prueba.
PER: Percepción escala recuperación.
PFC: Pico de fuerza concéntrica.
PM: Perímetro muslo.
PO: Plataforma oscilatoria.
P.P.M: Pulsaciones por minuto.
PQR: Percepción cualitativa recuperación.
PV: Plataforma vertical.
PW: Pico Potencia.
RACT: Recuperación activa.
RAMR: Rango articular de movimiento de la rodilla.
RC: Ropa compresiva.
RM: Repetición máxima.
RPAS: Recuperación pasiva.
RPE: Percepción del esfuerzo.
RSA: Resistencia a la velocidad.
RTV: Reflejo tónico vibratorio.
s: Segundos.
SIGA: Inmunoglobulina A.
SED: Sensibilidad al dolor.
SH: Salto horizontal.
SJ: Salto vertical.
SJW: Salto vertical con carga.
T: Tiempo.
TA: Tibial anterior.
TAM: Tiempo de administración del masaje.
TAS: Transaminasa aspartato.
TB: Tríceps braquial.
TENS: Estimulación neuromuscular transcutanea.
TP: Temperatura piel.

TR: Temperatura rectal.

Tr: Tratamiento.

TW: Trabajo total.

UDMP: Umbral del dolor muscular por presión.

VAS: Escala analógica visual.

VO_{2max}: Consumo de oxígeno máximo.

VL: Vasto Lateral.

WBV= Vibraciones de cuerpo completo.

[RESUMEN]

El objetivo de estudio fue investigar, si la aplicación de la estimulación neuromuscular mecánica o también denominada vibraciones de cuerpo completo (WBV) podría mejorar la recuperación, en comparación con un protocolo tradicional de vuelta a la calma (basado en estiramientos sin vibraciones) en futbolistas juveniles de alto nivel. Dieciséis jugadores realizaron dos series de un test de sprints repetidos (RSA), tras lo cual se realizó una vuelta a la calma, con vibraciones (WBV) o sin ellas (GC). La recuperación funcional se midió a través de la altura de salto vertical y la fuerza máxima isométrica voluntaria en la extensión de piernas. Los aumentos en el dolor muscular, medidos a través de escalas analógicas visuales, aumentaron tras la prueba RSA (161 a 215%, $P < 0,05$) sólo en el GC. Por otra parte, la altura del salto vertical se recuperó más rápido en el grupo WBV que en el grupo GC (24 h después de la prueba RSA, $P < 0,05$). Por lo tanto, este estudio demuestra que las WBV superpuestas a un protocolo tradicional de vuelta a la calma, reduce la percepción del dolor muscular y mejora la recuperación después de un esfuerzo específico de fútbol.

[ABSTRACT]

The aim of this study was to determine whether superimposed whole-body vibration could improve the recovery-related effects of a traditional cool-down in high-level soccer players. Sixteen high-level junior soccer players performed a repeated sprint ability test, after which they performed a traditional cool-down, with (experimental group) or without (control group) superimposed whole-body vibration. Functional recovery was measured through vertical jump height and maximal voluntary isometric force in leg-extension. The repeated-sprint ability test induced increases (from 161 to 215%; $P < 0.05$) in muscle pain measured by visual analogue scale in the control group only. Vertical jump height was recovered earlier with than without whole-body vibration (24 h after the repeated-sprint ability test; $P < 0.05$). The results of this study demonstrate that whole-body vibration in combination with a traditional cool-down can reduce perceived muscle pain and enhance recovery after a soccer-specific exercise.

1. [INTRODUCCIÓN]

1. [INTRODUCCIÓN].

El fútbol es un deporte de masas que tiene millones de practicantes y aficionados por todo el mundo (Sporis, Jukic et al. 2009). De hecho, es el deporte más popular y jugado en todas las naciones sin excepción. Recientes estudios han comprobado que durante un partido de competición, un futbolista recorre una distancia de 10–12 km a una intensidad media cercana al umbral anaeróbico, 80–90% de la frecuencia cardiaca máxima (Van Gool, et al. 1988). Además, hay que tener en cuenta que el espacio de tiempo entre competiciones es variable, desde horas (en algunos torneos) hasta semanas. Por esta razón, los entrenadores intentan implementar dentro de sus equipos, estrategias de recuperación que permitan una efectiva competencia del jugador en el partido siguiente (Impellizzeri, Rampinini et al. 2008) así como evitar, roturas musculares (Rowell, Coutts et al. 2009), sobrecargas (Kraemer, French et al. 2004) y otras lesiones (Woods, Hawkins et al. 2002).

Numerosos estudios han intentado contrastar diferentes estrategias de recuperación para los deportistas. Las más usadas son: la crioterapia, la terapia de contrastes, los antiinflamatorios, los estiramientos, los ultrasonidos, la electroestimulación, la homeopatía, la ropa compresiva, las vibraciones del cuerpo completo (WBV), los ejercicios de moderada intensidad (“*active recovery*”), las cámaras hiperbáricas y el masaje (Cheung, Hume et al. 2003; Wilcock, Whatman et al. 2009). Barnet (2006) establece que dentro de estas estrategias el masaje, la recuperación activa, los contrastes en agua, las cámaras hiperbáricas, la electroestimulación y los estiramientos no parecen ofrecer beneficios para una adecuada recuperación física y que los antiinflamatorios parecen tener efectos secundarios para la salud y negativos en los procesos de reparación muscular y adaptación al entrenamiento.

Sin embargo, no hay estudios que analicen los efectos de la estimulación neuromuscular mecánica o WBV en la recuperación muscular en el fútbol. Las vibraciones en todo el cuerpo se han convertido en un método de ejercicio popular en los últimos años. Constituyen un estímulo mecánico que se genera en posición de pie sobre la plataforma de vibración. Numerosos

estudios han encontrado beneficios en la fuerza (Marin and Rhea 2010), la potencia muscular (Marin and Rhea 2010), la flexibilidad (van den Tillaar 2006), así como cambios en la circulación periférica (Rittweger, Beller et al. 2000), el flujo sanguíneo del músculo (Lohman, Petrofsky et al. 2007) y la temperatura de los músculos (Hazell, Thomas et al. 2008). Además, investigaciones recientes han demostrado que la vibración puntual que se produce antes de hacer ejercicio excéntrico puede prevenir el dolor muscular, mejorar la recuperación de la fuerza isométrica y reducir los niveles plasmáticos de Creatin-Kinasa (Bakhtiary, Safavi-Farokhi et al. 2007). Rhea et al. (2009), mostraron que los ejercicios de estiramiento mas vibraciones pueden ayudar a reducir la intensidad del dolor muscular después de entrenamientos intensos en personas desentrenadas. El grado de atenuación del dolor varió desde un 22% hasta un 61%. Sin embargo, no hay estudios anteriores que hayan medido la eficacia de la WBV para la recuperación en el fútbol.

Así, este estudio tiene como principal objetivo analizar la eficacia de la WBV como un medio de recuperación en el futbolista.

Para la realización de este estudio, se contó con una muestra de futbolistas juveniles de la categoría división de honor (nivel nacional) del Real Valladolid S.A.D.

2. [ANTECEDENTES]

2. [ANTECEDENTES].

Como paso previo a la programación del entrenamiento y al análisis de los medios para su recuperación, es necesario conocer las características de la actividad que va a desarrollar el deportista, identificando cuales son los factores de rendimiento más importantes a desarrollar, no solo para conseguir el objetivo principal de cualquier deporte, que no es otro que mejorar el rendimiento del deportista en la competición, sino también para establecer las pautas de su recuperación en función de la fatiga generada.

El fútbol depende de numerosos factores, la técnica, la táctica, la psicología y la preparación física que en su conjunto, son determinantes para la consecución final del resultado de un partido o una competición regular. Stolen et al. (2005) advierten que el futbolistas no necesita tener una gran capacidad en uno de estos factores pero si un alto nivel en todos ellos. Todos estos factores y otros, como las condiciones del campo o el rival, hacen que analizar este deporte sea aún más complejo que otros, donde las variables se reducen y la relación factores/rendimiento es más directa.

Sin embargo, toda esta problemática no justifica que el fútbol no sea analizado de forma científica, para ayudar a entender que es lo que pasa en el juego con el objetivo de mejorar el entrenamiento y la recuperación. En este sentido, Bangsbo (2007) comenta: “El fútbol no es una ciencia, pero que la ciencia puede ayudar al fútbol”.

2.1. [ANÁLISIS DE LOS ESFUERZO EN EL FÚTBOL]

Entrando de lleno en el análisis del fútbol y más concretamente en sus esfuerzos específicos para después abordar como recuperar al futbolista de la fatiga generada, dividiremos este apartado en dos:

- *Carga externa*: Aquí se incluirían índices como los desplazamientos (distancia y tipos) y el número de acciones explosivas.

- **Carga interna:** Se analizan factores como la variación de la frecuencia cardiaca, el consumo de oxígeno máximo, las concentraciones de lactato y los depósitos de glucógeno.

2.1.1.1. [CARGA EXTERNA]

2.1.1.1.1. [DESPLAZAMIENTOS (DISTANCIA RECORRIDA Y TIPO)]

En la revisión bibliográfica realizada encontramos por un lado, investigaciones en la que se valora la distancia recorrida de forma general y otras en las que se diferencia en función de la posición del jugador en el campo durante el partido.

Domínguez et al. (1997) presentan una revisión acerca de las distancias recorridas durante un partido, haciendo un breve repaso histórico desde los años 50 hasta los 90 (ver tabla 1).

Tabla 1.- Distancias recorridas por los jugadores.

Año	Distancia
1950-55	8.166 m
1955-60	3.455 m
1960-65	----
1965-70	10.698 m
1970-75	7.251 m
1975-80	7.666 m
1980-85	9.532 m
1985-90	10.866 m

Las diferencias tan significativas pueden estar motivadas por diferentes factores como, el estilo de juego practicado (Bangsbo, laia et al. 2007), el nivel competitivo analizado (Ekblom 1986), aspectos tácticos particulares (Bangsbo, laia et al. 2007), la posición y las funciones concretas de cada jugador (Reilly, Bangsbo et al. 2000) y otras condiciones de desarrollo del partido como, la climatología y el estado del terreno de juego (Stolen, Chamari et al. 2005).Pino (2001) también recoge datos en los que se hace referencia a la distancia recorrida por los futbolistas en función del puesto ocupado (ver tabla 2).

El volumen recorrido no es importante sino le asociamos la intensidad a la cual el futbolista se mueve por el campo. En este sentido, vamos a analizar a diferentes autores, los cuales nos dan una idea del tipo de desplazamientos efectuado por los futbolistas durante un partido de fútbol.

Cometti (2002) diferencia la distancia recorrida en esfuerzos de alta y de baja intensidad (ver tabla 3).

En esta primera comparativa entre autores vemos como los esfuerzos de baja intensidad son los predominantes durante un partido.

También Pino (2001) hace referencia a otros trabajos efectuados en este sentido, en los que se distribuyen los porcentajes en tres grandes intensidades, baja, media y alta intensidad (ver tabla 4).

Tabla 2.-Distancia total en función del puesto según diferentes autores.

Año	Autores	Puesto	Distancia (media)
1976	<i>Gallego</i>	Centrocampistas	8173 m
		Centrocampistas	6718 m
1976	<i>Reilly and Thomas</i>	Defensas	8245 m
		Centrocampistas	9805 m
		Delanteros	8397 m
1986	<i>Eklblom</i>	Defensas	9600 m
		Centrocampistas	10600 m

Tabla 3.- Distancia recorrida diferenciando entre alta y baja intensidad.

Autores	Año	Alta Intensidad	Baja intensidad
Winterbottom	1954	1.015 m	2.347 m
Wade	1962	1.819 m	3.650 m
Reilly and Thomas	1976	974 m en sprint 1.506 m en recorrido	5.337 m
Whithers et al.	1982	2.150 m	--
Turpin	1989	2.500 – 3.000 m	5.000 – 8.000 m

Tabla 4.- Distribución de los desplazamientos en función de la intensidad.

Autor	Baja	Media	Alta
Saltin (1973)	27%	49%	24%
Lacour (1982)	27%	49%	24%
Talaga (1983)	80%	10%	10%
Van Gool (1987)	42%	42'5%	7'5%
Bangsbo (1991)	80%	--	20%
Reilly (1990)	70%	10%	20%

Domínguez et al (1997), realizaron una revisión bibliográfica recogiendo diferentes trabajos que valoraban de forma exhaustiva el desplazamientos a la máxima intensidad, sin duda uno de los más determinantes en la acciones de juego (ver tabla 5).

Tabla 5.- Análisis de los esfuerzos de intensidad máxima según diferentes autores.

Autor	Año	Duración (s)	Distancia (m)	Repeticiones	% del tiempo total de partido	%de metros totales recorridos
Saltin	1973	--	--	--	--	25
Brooke and Kwonles	1974	--	10	52	--	11
Whitehead	1975	--	--	--	--	14
Reilly et al.	1976	--	--	--	--	10
Talaga	1978	--	10-15	30-60	--	--
Ksionda et al.	1982	--	--	61	--	--
Whiters	1982	3-6	22	96	--	--
Lacou and Chatard	1984	3-6	--	100	--	8
Boeda	1984	--	--	--	--	30
Bosco	1984	--	5-16	--	--	--
Winkler	1985	--	5-16	--	--	--
Eklblom	1986	--	--	--	--	8-16
Sledzieweski et al	1987	2-8 3-6	10-35	--	--	--
Van Gool et al.	1987	--	--	--	--	7
Ohashi	1988	--	--	--	--	10
Bosco	1990	--	--	--	--	10
Dufour	1990	2-3	10-15	185	--	--
Pirnay and Geurde	1991	2-3	10-20	90-100	4,9	18
Goubert et al.	1991	1-7	22	33	--	--
Massach	1992	--	--	--	--	10-25
Gorostiaga	1993	--	<12	--	1,1	0,40-2

La principal conclusión a la que llegaron a través de este trabajo fue, que la duración de las acciones de máxima intensidad es muy corta (entre 1'5 y 7 s) y la distancia cubierta en las mismas no llega a superar los 35 metros (m). Sin embargo, estas acciones se repiten en numerosas ocasiones a lo largo del partido, llegando a las 185 repeticiones (Dufour 1989). El porcentaje ocupado

por este tipo de esfuerzos, tanto del tiempo total de competición como de la distancia total recorrida es relativamente pequeño, ya que en el primer caso no llega a superar el 5 % y en el segundo nunca se alcanzan el 20 %.

Las acciones que más se repiten a lo largo de un partido tienen una duración que va de los 0 a los 30 s y de éstas un 33% no superan los 15 s (D'Ottavio 1992; Mombaerts 1998).

Pino (2001) señala que el 12 % de los esfuerzos en competición son sprints cortos que duran entre 2 y 4 s.

Otros autores han relacionado el tipo de desplazamiento y su velocidad con la posición ocupada en el terreno de juego. D'Ottavio (1992) efectúa un estudio en la liga italiana en el que también divide los desplazamientos en varias categorías y analiza los mismos en función del puesto ocupado por el futbolista (ver tabla 6).

Tabla 6.- Porcentaje de cada tipo de desplazamiento en la Liga Italiana.

Puesto	Andando	Carrera lenta (<12 Km/h)	Carrera moderada (12-18 Km/h),	Carrera rápida (19-24 Km /h)	Sprint (>24 Km/h)
Centrocampista	12,20	38,94	26,85	9,64	4,51
Defensa	8,54	35,95	32,65	19,9	2
Delantero	17,64	45,73	19,64	7,77	5,11

Este autor, llega a la conclusión de que el jugador se mueve fundamentalmente a través de desplazamientos a velocidad lenta-moderada alternando carreras a la máxima intensidad con deceleraciones bruscas y cambios continuos de dirección.

Por líneas, podemos ver que son los delanteros los que más porcentaje ocupan en los sprints, pero también caminando o corriendo lentamente, lo que nos hace pensar que son jugadores que se caracterizan por realizar frecuentes acciones explosivas partiendo casi desde parado, alternando éstas con períodos más largos de recuperación en los que el futbolista está caminando.

Los defensas por su parte están más tiempo en la categoría de carrera moderada y menor tiempo en sprint o caminando, lo que nos puede hacer pensar que sus acciones son muy diferentes a las efectuadas por los delanteros.

Los centrocampistas se situarían en un punto intermedio entre ambos, con un porcentaje mayor de sprints y de marcha que los defensas y un porcentaje de carrera rápida y moderada por encima de los delanteros.

De este primer punto del análisis, podemos establecer las siguientes conclusiones:

- La distancia recorrida durante un partido de fútbol ha sufrido modificaciones a lo largo de la historia, como consecuencia de la evolución del propio juego.
- En cuanto a la distancia recorrida según el puesto del jugador en el campo, los centrocampistas son los que cubren un mayor recorrido, al participar de forma permanente en las acciones de ataque y defensa del equipo. Los defensas y delanteros recorren una menor distancia teniendo más pausas para la recuperación, puesto que en estas posiciones se involucran de una manera más activa en solo una de las dos fases del juego.
- En relación al tipo de desplazamientos todos los autores citados coinciden en afirmar que la intensidad predominante durante un partido es ligera o moderada, siendo los esfuerzos de alta intensidad los menos predominantes pero no por ello los menos importantes en el desenlace final del juego.
- La mayor parte de estos “sprints” son muy cortos, con una duración que pocas veces supera los 7 s y una distancia normalmente inferior a los 15 m.

2.1.1.2. [ACCIONES EXPLOSIVAS].

Entre las acciones explosivas más características que se dan en cualquier partido de fútbol podemos destacar, la puesta en acción (arrancada), las paradas, los saltos, las cargas, los golpes, los tiros y las entradas. Martín et al. (2005) efectuaron una revisión acerca de las diferentes acciones técnicas que se realizaban en distintos deportes de equipo, incluyendo entre ellos al fútbol. A través de esta investigación llegaron a la conclusión de que en cada partido llegaban a realizarse 145 conducciones, 255 pases, 15 lanzamientos, 40 golpes de cabeza y 14 saltos.

Gil et al. (1999) efectuaron un estudio sobre el número de intervenciones o acciones de trabajo en jugadores pertenecientes a un equipo de Liga Nacional Juvenil de Cataluña. Respecto al número de intervenciones, llegan a la conclusión de que son los jugadores del centro del campo los que más intervenciones realizan por encima de delanteros y defensas.

Por otro lado, estos autores dividieron las intervenciones en función de su duración:

- 0-5 s: Los mediocampistas realizan un 87% de intervenciones de este tipo mientras que los defensas un 81 % y los delanteros un 86 %.

- 6-14 s: Los centrocampistas un 19 %, los defensas un 14 % y los delanteros un 14%.

Estos datos nos indican que existe un predominio claro de las acciones cortas, es decir aquellas que duran menos de cinco segundos, por lo que será un factor a valorar de manera importante de cara a la recuperación.

Observando los resultados obtenidos por los autores citados, podemos sacar las siguientes conclusiones referidas a las acciones explosivas que se producen en un encuentro de fútbol:

- Todos los autores coinciden en el elevado número de acciones explosivas que se producen durante un partido de fútbol
- El tiempo de duración de estas acciones es pequeño, estando la mayoría de ellas entre 0-5 s en todos los puestos analizados y sin presencia del balón.
- El espacio que el jugador recorre en cada una de estas acciones explosivas es corto, con unos recorridos que se encuentran en los 5 y 20 m.

2.1.2. [CARGA INTERNA].

2.1.2.1. [CONSUMO DE OXÍGENO].

El consumo de oxígeno máximo (VO_{2max}) es un parámetro que se emplea para valorar la potencia aeróbica, es decir, la capacidad de producir trabajo muscular empleando sólo el metabolismo aeróbico.

Pino (2001) realiza un revisión bibliográfica donde vemos que los valores medidos en laboratorio oscilan entre 58-64 (ml/kg/min), la diferencia entre unos y otros, es debida a la utilización de diferentes protocolos de medición, así como a la prueba utilizada (cicloergómetro, tapiz rodante, test de campo, etc).

Tabla 7.- Consumo máximo de oxígeno según diferentes autores.

Autor	VO_{2max} (ml/kg/min)
Agnevik (1970)	58,60
Flandrois (1977)	63,40
Lacour (1980)	64,30
Bangsbo (1993)	59,54
Jiménez et al (1993)	59,12
Bosco (1996)	60,00

Dufour (1990) establece que el 64 % de los esfuerzos en fútbol son aeróbicos, el 22% se producen a un ritmo medio anaeróbico y el 14 % restante lo constituyen carreras de alta intensidad.

En relación al puesto específico, Gómez (1991) afirma que los delanteros son los que obtienen los valores más elevados de consumo de oxígeno con 57 (ml/kg/min) de media; sin embargo Van Gool (1988), Bangsbo (1993), Puga et al. (1993) y Santos (1995) (citados por Pino (2001)) afirman que los defensas laterales registran valores más elevados mientras que los más bajos los obtienen los delanteros y los defensas centrales.

Como conclusión podemos afirmar que el futbolista no registra valores de consumo de oxígeno excesivamente elevados, si los comparamos con deportistas de resistencia como los maratonianos 88-90 (ml/kg/min), además los protocolos de análisis utilizados complican la extrapolación de conclusiones.

2.1.2.2. [FRECUENCIA CARDIACA].

La frecuencia cardiaca (FC) es uno de los parámetros más estudiados y referenciados dentro del ámbito científico en el fútbol.

Gorostiaga (1993) realizó un análisis de diferentes trabajos, observando que la FC media de un centrocampista de Primera División Sueca se situaba entre 165 y 170 P.P.M, pero que ésta sufría oscilaciones a lo largo del partido que la hacían alcanzar en ocasiones valores de 185-190 P.P.M (85% de la FC_{MAX}).

En cuanto a la diferencia existente entre las dos mitades de un partido, Fornaris et al. (1989) afirman que no existen diferencias significativas en cuanto a la FC media entre una y otra (169 vs 170). Por su parte, Nogués (1998) concluye, que sí que se produce un descenso en la segunda parte que puede estar directamente relacionado con el menor tiempo real de juego.

En función del puesto en el campo, Jimenez et al (1993) realizan un exhaustivo estudio llegando a las conclusiones que se reflejan en la tabla 8.

Tabla 8.-Valoración de la F.C. media en función del puesto específico.

Puesto	FC MEDIA (P.P.M.)
Central	146
Carrilero	170
Medio centro	173
Portero	154
Lateral	172
Punta	172
Sostén	159
Media punta	167

Como podemos apreciar la FC media más elevada se obtiene en el caso del medio centro, el lateral, el carrilero y el punta. Esto puede estar motivado, bien porque mantienen un ritmo de carrera continuo moderado que sostiene la FC relativamente elevada, en torno al umbral anaeróbico, (caso del medio centro) o bien, porque realizan esfuerzos cortos de intensidad elevada que incrementan la FC de manera importante (caso del punta).

Los jugadores que ocupan los puestos de central, sostén y portero, tienen los valores inferiores, aspecto que puede estar motivado por el hecho de que ocupan menor tiempo en acciones a la máxima intensidad y además permanecen más tiempo actuando a un ritmo ligero e incluso caminando.

En un punto intermedio entre ambos se situaría el media punta que efectúa esfuerzos característicos tanto de unos como de otros.

En este contexto tenemos el estudio citado por Domínguez et al. (1997) referente a la Primera División Rusa en el cual se analiza el tiempo en el que cada jugador permanece en uno o en otro intervalo de FC (Tabla 9).

Tabla 9.- Análisis de la FC en función del puesto ocupado. Primera División Rusa.

FC (P.P.M.)	Atacante	Medio	Defensa- Libero	Defensa Central
132 - 162	21' 15"	8' 00"	29' 00"	9' 30"
162 - 180	12' 00"	27'30"	16'00"	30 ' 15"
180 - 192	9'00"	8'45"	-	3'45"
192 - 204	2'45"	45"	-	1'30

En los centrocampistas las pulsaciones se mantienen por debajo de las 162 un 82% del tiempo de juego, en los defensas un 73'7 % y en los delanteros un 52%. Las pulsaciones más elevadas aparecen en los delanteros durante el 25% del juego y en los defensas tan sólo un 11 %. Los valores más bajos se obtuvieron en el defensa central ya que sus pulsaciones oscilaron durante todo el partido entre 162 y 180.

En general se puede decir que los jugadores del centro del campo obtienen unos valores de FC más elevados que los demás, hecho motivado, según estos autores, porque realizan pausas más activas y además intervienen en el juego un mayor número de ocasiones. Los valores más bajos son los registrados en defensas y en un punto intermedio se situarían los delanteros.

Como conclusiones a estos estudios referidos a la frecuencia cardiaca podemos establecer las siguientes:

- La mayoría de los autores sitúan la frecuencia cardiaca media entre 160 y 170 pulsaciones (80-85% FC_{MAX}), estando la mayor parte del tiempo en una situación aeróbica.

- En las segundas partes la media de FC disminuye por la propia acción del juego.
- En cuanto a los puestos ocupados en el campo, los delanteros son aquellos que ocupan un mayor porcentaje en cuanto a los períodos de pulsaciones elevadas, los centrocampistas son los que consiguen mantener un ritmo más regular en sus pulsaciones, siempre en torno al umbral anaeróbico y si exceptuamos la figura del portero, el defensa (sobre todo el central), es el que va a alcanzar unos valores más bajos de FC media.

2.1.2.3. [LACTACIDEMIA].

En el punto anterior se demostró que el metabolismo predominante en el fútbol es el aeróbico. Sin embargo son las acciones anaeróbicas como los saltos, golpes y sprints las determinantes en el resultado final (Stolen et al. 2005). La acumulación de ácido láctico en sangre se utiliza para observar si la acumulación de esos esfuerzos cortos e intensos hace que el futbolista trabaje bajo situación de lactacidemia.

En la tabla 10 se puede observar que las concentraciones de lactato son inferiores a 10 mmol/L y menores en la segunda parte con respecto a la primera, esto último se correlaciona con una reducción en la distancia recorrida y la menor intensidad desarrolla durante el partido (Stolen et al. 2005).

Tabla 10.-Concentración de lactato en sangre obtenido a través de muestras de un dedo de la mano durante o después del partido.

			Lactato(mmol/L) Primer tiempo		Lactato(mmol/L) Segundo tiempo	
Autor	Nivel/Pais	Muestra	Durante	Al final	Durante	Al final
Agnevik (1970)	Primera División sueca	10				10
Smaros (1980)	2ª División finlandesa	7		4,90		4,15
Ekblom (1986)	1ª Div. Sueca			9,50		7,22
	2ª Div. Sueca			8		6,65
	3ª Div. Sueca			5,54		4,22
	4ª Div Sueca			4		3,90
Rhode and Espersen (1988)	1ª y 2ª Div. danesas	22		5,1		3,90
Bangsbo et al. (1991)	1ª y 2ª Div danesas	14	4,94		3'74	4,44
Bangsbo (1994)	Liga danesa		4,11	2,64	2'44	2,74
	Liga danesa		6,61	3,94	4	3,94

En la misma línea Dufour (1989), señala que la concentración de lactato en sangre raramente asciende por encima de los 5 mmol/l.

En lo que se refiere a la diferenciación de los jugadores por puestos específicos, tenemos que destacar el trabajo de Jimenez (1993) (Tabla 11).

Tabla 11.- Lactacidemia en función del puesto ocupado al final de la primera parte.

Puesto	Lactato (mmol/l)
Carrilero	10'61
Medio centro	8'34
Lateral	7'81
Punta	6'60
Media punta	6'35
Sostén	5'88
Portero	3'27
Central	2'80

El promedio de lactacidemia en este caso es de 6'4 mmol/l al final de la primera parte. Sin embargo ésta sólo es una cifra global que en realidad no nos desvela aspectos individuales del esfuerzo llevado a cabo en cada una de las posiciones. Si observamos la tabla anterior podremos ver que los esfuerzos tanto del carrilero como el medio centro y el lateral se caracterizan por una importante participación del metabolismo anaeróbico láctico. El sostén, punta y portero no reflejan una participación anaeróbica láctica grande pero sí que habíamos señalado que para ellos era importante la potencia aeróbica.

A pesar de que los datos expuestos revelan cierto nivel de lactacidemia las muestras están condicionadas por la actividad realizada por el jugador 5 minutos antes (Stolen, 2005), por lo tanto es difícil establecer conclusiones fiables para una aplicación posterior en el entrenamiento y la recuperación. Además de la influencia de otros factores como la táctica, el ritmo de juego y el puesto específico hacen todavía más complicado extrapolar conclusiones.

2.1.2.4. [GLUCÓGENO MUSCULAR].

El glucógeno muscular es un sustrato importante para el jugador de fútbol. Saltin (1973) observó que las reservas de glucógeno muscular casi se vaciaron en el descanso cuando los valores pre-partido eran bajos (~200 mmol · kg de peso seco⁻¹). En ese estudio, algunos jugadores empezaron también el partido con concentración de glucógeno muscular normales (~400 mmol · kg de peso seco⁻¹), con valores que aún eran bastante altos en el descanso, pero por debajo al final del partido. Otros autores han reportado concentraciones de ~200 (mmol · kg de peso seco⁻¹) después de un partido (Jacobs, Westlin et al. 1982; Krstrup, Mohr et al. 2006), indicando que las reservas del glucó-

geno muscular no siempre se vacían en un partido de fútbol. Sin embargo en un estudio de Krstrup et al. (2006), la concentración de glucógeno muscular al final del partido se redujo a 150-350 (mmol · kg de peso seco⁻¹). El análisis histoquímico reveló que alrededor de la mitad de las fibras musculares individuales de ambos tipos casi fue vaciada de glucógeno. Esta reducción fue inmediatamente asociada con una disminución en el rendimiento del "sprint" después del partido.

Por lo tanto, es posible que tal vaciamiento de glucógeno en algunas fibras no permita un esfuerzo máximo tanto en los "sprints" individuales como repetidos. No obstante, son inciertos los mecanismos que hay detrás de la posible relación causal entre la concentración de glucógeno muscular y la fatiga durante el ejercicio intermitente prolongado.

Una vez realizada una breve revisión de los datos sobre la demanda energética y los esfuerzos que se producen durante un partido veamos a continuación que nivel de fatiga se observa en los jugadores de fútbol.

2.1.3. [FATIGA AL FINAL DE UN PARTIDO].

La cantidad de ejercicio de alta intensidad disminuye hacia el final del partido, en todos los puestos del fútbol (Bangsbo, Norregaard et al. 1991; Bangsbo 1994). Así, Mohr et al (2003a) vieron que tanto para los jugadores profesionales como de menor nivel, la cantidad de carreras de alta intensidad se redujo en los últimos 15 minutos del partido. Se comprobó al que al final del partido la habilidad para repetir "sprints" se reduce comparando los datos pre-partido (Mohr, Krstrup et al. 2003). Además, se observa que los jugadores que entran en la segunda mitad realizan un 25% más de ejercicios de alta intensidad en comparación con los jugadores que juegan todo el partido. Por lo tanto, la reducción de acciones de alta intensidad durante un partido y la capacidad de repetir "sprints" después de este, se ve reducida independientemente del nivel del jugador y la posición en el campo, indicando que la mayoría de los jugadores desgastan un importante potencial físico durante un partido. En este sentido, Andersson et al. (2008) vieron importantes alteraciones en todos los marcadores condicionales y bioquímicos tras la disputa de un encuentro de fútbol.

Recientemente, Krstrup et al. (2006) lograron analizar diferentes marcadores musculares y sanguíneos en distintos momentos de un encuentro, con el objetivo de examinar la fatiga neuromuscular aguda experimentada durante y hacia el final del encuentro. Se observó un incremento progresivo en la concentración plasmática de ácidos grasos libres (AGL) a lo largo del partido, sobre todo durante la segunda mitad. Esto unido a la reducción en la concentración de ácido láctico hacia el final del encuentro se ha interpretado como una posible modificación de la tendencia en la utilización de los sus-

tratos energéticos (Weltan, Bosch et al. 1998), y sugiere una alteración en la manifestación físico-condicional del jugador en la fase final de los encuentros.

El elevado número de acciones intermitentes provoca niveles de producción de fuerza excéntrica mayores, pudiendo comprometer la función muscular como consecuencia del estrés mecánico y llevando al futbolista a tener un sensación de disconfort muscular a la palpación o ante movimientos al final del partido, este fenómeno es conocido como DOMS (*Delate Once Mescle Serenes*) (Ispirlidis, Fatouros et al. 2008).

Ispirlidis et al. (2008) han analizado el fenómeno de las DOMS aplicando escalas dolor percibido ante palpación del vientre muscular y región distal en vasto lateral, crural y recto femoral, así como la medición del rango articular de movimiento de la rodilla (RAMR) como un índice de edema muscular. El DOMS se incrementó durante las primeras 24 horas post-partido, alcanzando el valor máximo entre las 24 y 72 horas y desapareciendo entre los días 5 y 7, mientras el RAMR declinó como consecuencia del edema muscular observado entre los días 1 y 2 después del encuentro, regresando a los valores basales a las 96 horas. Los resultados hallados parecen confirmar la presencia y persistencia hasta las 48-72 horas de daño muscular, a consecuencia del microtrauma estructural y el posterior incremento de la stiffness e hinchazón alrededor del tejido lesionado, tras un partido de fútbol.

El fútbol competitivo implica muchos de los sistemas del cuerpo, a una exigencia importante. Los sistemas musculoesquelético, nerviosos, inmunitarios y metabólicos son estresados a un punto que hace que las estrategias de recuperación influyan en la preparación del siguiente partido. Además, cuando la densidad competitiva es alta, los procesos de recuperación deben de ser funcionales para restaurar al futbolista a niveles normales lo antes posible, garantizando así una buena disposición tanto para el entrenamiento semanal como para la siguiente competición.

2.2. [MÉTODOS DE RECUPERACIÓN].

2.2.1. [PASIVOS].

La recuperación pasiva hace referencia a la inactividad post-ejercicio, a la ejecución de nada fuera de lo ordinario y el retorno intrínseco al estado de homeostasis tras la realización de actividad física intensa (Sanders 1996).

En la investigación, la recuperación pasiva generalmente consiste en el descanso sentado sin realizar ninguna actividad por el tiempo que dure la fase de recuperación, siendo empleado este medio regenerativo como control (Weltman, Stamford et al. 1979; Monedero and Donne 2000; Lattier, Millet et al. 2004).

2.2.1.1. [DORMIR].

Dormir es probablemente la forma más básica e importante de recuperación pasiva que puede adoptar el atleta (Reilly and Piercy 1994). Una buena conciliación del estado de sueño durante siete a nueve horas puede proporcionar un tiempo de adaptación invaluable para el ajuste físico, neurológico, inmunológico y emocional de los deportistas ante estresores de entrenamiento, competición y de no entrenamiento (Reilly and Piercy 1994).

Durante el ejercicio los subsistemas muscular y cardiovascular son fuertemente estresados, por el contrario algunos parámetros del sistema endocrino alcanzan su valor máximo durante el sueño nocturno (Halson, Quod et al. 2008). En los deportes colectivos el principal efecto relacionado con la pérdida de sueño es el descenso en la capacidad de toma de decisiones (Reilly and Edwards 2007), fundamental en el rendimiento de deportes socio-motrices como el fútbol. Por el contrario, un sueño excesivamente largo puede tener efectos perjudiciales sobre el rendimiento, por la disminución de la actividad del sistema nervioso central, llevando a un incremento de los niveles de melatonina que podrían inducir en el deportista una sensación de lentitud y letargo (Calder 2003).

Entre 7-9 horas de sueño, proporcionan el tiempo adecuado de adaptación ante estresores físicos, neurológicos, y emocionales (Reilly 2005). Es común en ciertos jugadores prolongar el estado de vigilia tras un encuentro como consecuencia de una inadecuada desactivación de la actividad anterior (Beckmann and Kellmann 2004), siendo una alternativa contemplada la práctica de la siesta el día después del partido siempre y cuando no altere los horarios habituales de sueño del deportista (Manso 1999; Reilly 2005). También se han descrito efectos positivos de la siesta sobre distintas habilidades cognitivas, pudiendo ser beneficiosa en jornadas en las que tengan lugar sesiones de aprendizaje y adquisición técnica, táctica o estratégica (Postolache, Hung et al. 2005).

2.2.2. [ACTIVOS].

Si bien en un principio se asoció el término de recuperación activa a la realización de “*jogging*” o carrera de baja-moderada intensidad (Wilmore, Morton et al. 1998), en la actualidad se entiende como aquel ejercicio de intensidad ligera a moderada, realizado tras la competición o el entrenamiento, cuyo objetivo es optimizar la recuperación de la fatiga fisiológica y neurológica del deportista, así como la utilización de diferentes técnicas que activen procesos internos regenerativos a nivel muscular (Calder 2003).

Recientemente, una investigación ha tratado de evaluar el nivel de implantación y dedicación de los procedimientos de recuperación dentro de la

fase de vuelta a la calma en el fútbol profesional, mediante la utilización de cuestionarios dirigidos a los distintos componentes del cuerpo técnico (médicos, fisioterapeutas, entrenadores y preparadores físicos) sobre el empleo y gestión de esta fase del proceso de entrenamiento (Dadebo, White et al. 2004). De los resultados de los 30 equipos analizados, escogidos al azar, pertenecientes a las 4 categorías profesionales del fútbol inglés, se desprende como en torno a 2/3 de los equipos encuestados emplean de manera regular métodos de recuperación activa post-entrenamiento y competición, con una duración de entre 10 y 15 min. Son varias las técnicas de recuperación activa utilizadas en el fútbol, que aplicadas en un nivel inmediato o aplazado, se han descrito en la bibliografía: carrera continua de baja intensidad o “*jogging*”, estiramientos, relajación muscular mediante movilización, soltura de miembros por parejas (“*shaken down*”), masaje, ropas compresivas, hidroterapia y vibraciones (Reilly and Ekblom 2005).

A continuación se procederá a exponer y examinar la evidencia científica existente, así como la justificación teórica empleada, para argumentar el uso de estas técnicas como parte integrante de las rutinas de recuperación.

2.2.2.1. [CARRERA CONTINUA DE BAJA INTENSIDAD (“*JOGGING*”).]

Durante años muchos han sido los investigadores, fundamentalmente del ámbito de la fisiología y la medicina deportiva, los que han estudiado y definido los efectos de la carrera de baja intensidad sobre la recuperación (Ahmaidi, Granier et al. 1996).

A pesar de haber sido objeto de estudio recurrente y de tratarse de una práctica común entre deportistas, actualmente sigue despertando interés investigador, lo que puede ser interpretado como un síntoma del escaso consenso científico al respecto de las ventajas fisiológicas de este medio frente a la recuperación pasiva, fundamentalmente en los deportes colectivos, llegando incluso a ser puesta en entredicho la idoneidad de la concentración de ácido láctico en sangre como un indicador o criterio válido de la cualidad de recuperación del deportista (Barnett 2006).

Se han definido diversos efectos, tanto a corto (tal vez más relevantes en la recuperación intra-sesión) como a largo plazo, sobre el proceso de recuperación en el fútbol (de interés en la recuperación inter-sesión) (Reilly and Ekblom 2005). Se ha constatado que a corto plazo, la carrera continua de baja intensidad favorece el descenso de la concentración de ácido láctico en sangre (McLellan and Jacobs 1989; Taoutaou, Granier et al. 1996; Monedero and Donne 2000), sugiriéndose el aumento del flujo sanguíneo, que produciría una rápida eliminación del lactato en sangre mediante su oxidación por el hígado, corazón y músculo, como el mecanismo fisiológico. Esta eliminación del lactato sanguíneo es la que permitiría un vaciamiento más rápido del lactato acumulado en el músculo (aclarado de ácido láctico muscular) al torrente

sanguíneo, al mantenerse elevado el gradiente entre músculo y sangre, descendiendo la acidez en la fibra muscular (incremento del pH) apuntada como factor de deterioro del funcionamiento contráctil (Terrados et al. 2004). Es este aclarado muscular uno de los posibles efectos beneficiosos de la carrera continua de baja intensidad.

Se ha especulado que la razón por la cual el ejercicio moderado contribuye al aclarado muscular es debido al incremento del flujo sanguíneo, como consecuencia de la actividad moderada de los músculos activos (Hermansen and Osnes 1972; Reilly, Atkinson et al. 2006). Por tal razón, Terrados et al. (2004) sugieren la realización de este medio de recuperación activa con los mismos músculos implicados en el ejercicio causante de fatiga aguda, ejecutando la actividad predominante en la disciplina deportiva, en este caso la carrera, en la que los músculos de las extremidades inferiores son los que mayor estrés sufren a consecuencia de la actividad competitiva en el fútbol.

En cuanto a la intensidad de la carrera continua, ésta debe ser lo suficientemente eficaz como para que los músculos activos y otros órganos empleen ese lactato como combustible para sus funciones energéticas, pero sin alcanzar una intensidad que provoque una alta producción de ácido láctico. Por lo tanto, lógicamente, la intensidad deberá hallarse por debajo del umbral anaeróbico (30 % - 65 % VO_{2max}) (Monedero and Donne 2000). Tal intervalo de intensidad ha sido apuntado como excesivamente amplio para atender a la diversidad en los umbrales anaeróbicos de los distintos jugadores que conforman un equipo de fútbol (Baldari, Videira et al. 2004). Un porcentaje dado de VO_{2max} no tiene que corresponder a la misma intensidad de ejercicio entre diferentes jugadores destacando una relevante variabilidad en las respuestas fisiológicas. Por tal razón se ha propuesto el umbral anaeróbico individual como límite fisiológico válido en la determinación de la intensidad de este medio regenerador aplicado al fútbol.

En el fútbol, como se ha señalado en capítulos anteriores, la concentración de lactado no es excesivamente elevada, fundamentalmente al final de los encuentros, en donde debido a la modificación de la tendencia condicional y de la utilización de sustratos hace que se hayan registrado valores de en torno a los 6 – 8 mmol/L (Bangsbo 1994; Krstrup, Mohr et al. 2003). En diversas investigaciones, aunque no específicas del fútbol, se recomiendan duraciones de entre 15-20 min para actividades similares al fútbol (Baldari, Videira et al. 2004).

Al margen de estos posibles efectos beneficiosos sobre la recuperación de los jugadores, se han descrito otros en la bibliografía como resultado del uso de la carrera continua de baja intensidad. Se ha contemplado el restablecimiento de la capacidad de contracción muscular, deteriorada por las acciones de carácter excéntrico del entrenamiento o la competición (Sayers, Clarkson et al. 2000), un descenso menos abrupto de la temperatura central que

ayudaría a una disminución del nivel de arousal del sistema nervioso central, favoreciendo la conciliación del estado de sueño en la noche tras el encuentro (Smith, Kukielka et al. 2005), la posible ayuda a la cicatrización de las micro-roturas fibrilares producidas por acciones de carácter excéntrico (McEniery, Jenkins et al. 1997) y la sensación de un mejor estado de bienestar, analizado mediante escalas de percepción de la recuperación y de fatiga muscular (Birch and Reilly 2002), incluso se ha llegado a sugerir el posible efecto positivo sobre la inmunodepresión experimentada durante las cuatro a seis horas posteriores a la competición a consecuencia de la teoría del “*open-window*” (Reilly et al. 2006).

También se ha descrito el ejercicio de baja intensidad como una de las técnicas más efectivas para la reducción del dolor muscular post-ejercicio (Thornley, Cheung et al. 2003).

Un total de cinco investigaciones han abordado el análisis de la efectividad de este medio de recuperación activa en deportes colectivos (Suzuki, Umeda et al. 2004; Dawson, Cow et al. 2005; Gill, Beaven et al. 2006; Andersson, Raastad et al. 2008).

Suzuki et al. (2004) realizaron un estudio en jugadores japoneses de rugby, los cuales, tras un partido fueron separados en dos grupos, el primero no realizó ningún ejercicio de recuperación y fue utilizado como control, mientras que el segundo llevo a cabo una recuperación activa en agua ejecutando diferentes tipos de desplazamientos. Se utilizaron analítica de sangre (midiendo marcadores de daño muscular) y el cuestionario POMS de recuperación como elementos de evaluación, observando que no había ninguna mejoría en el grupo de recuperación activa a nivel fisiológico en comparación con el control, mientras que sí a nivel psicológico con una disminución significativa en los valores del POMS.

Dawson et al. (2005) investigaron el efecto de cuatro protocolos de recuperación (activo, contrastes, estiramientos y control) sobre la flexibilidad “*sit and reach*”, potencia (6s de “*sprint*” en cicloergómetro y SJ) y dolor muscular. Al realizar las mediciones 15 y 48 horas postpartido no observaron diferencias significativas en ninguna de las variables analizadas concluyendo que los protocolos de recuperación activa frente al control (descanso) no ofrecían ninguna ventaja.

Gill et al. (2006) examinaron la efectividad de cuatro intervenciones, realizadas inmediatamente después de la competición, sobre la recuperación del daño muscular medido a través de la actividad de la CK. Los 23 jugadores de rugby participantes fueron asignados aleatoriamente en grupo control (reposo total), recuperación activa (7 min cicloergómetro a 80-10 rpm, ~ 150 W), contraste frío-calor en agua (tres series de 1 min 8-10°C y 2 min 40-42°C) y prenda de compresión (12 h aprox.). La recuperación activa resultó ser la técnica más

eficaz sobre la recuperación del daño muscular tras 84 h (ver Figura 1), inducida por el incremento del flujo sanguíneo, logrado con esta técnica, que podría acelerar el aclaramiento muscular de CK (ver figura 1).

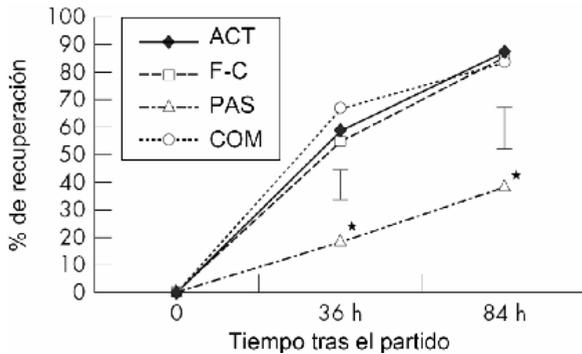


Figura 1.- Porcentaje de recuperación de la actividad intersticial de la CK a las 0, 36 y 84 horas. ACT: recuperación activa; F-C: contraste frío-calor en agua; PAS: recuperación pasiva; COM: prenda de compresión. * Diferencias significativas ($p < 0.05$) con las otras intervenciones (Gill et al. 2006).

Por último, Andersson et al. (2008) investigaron la evolución en el tiempo de recuperación de la fatiga neuromuscular y marcadores bioquímicos entre dos encuentros de fútbol femenino, en los que se aplicaron dos regímenes de recuperación uno activo y otro pasivo. Distintos indicadores condicionales (CMJ, 20 m sprint y fuerza isocinética en flexores y extensores de rodilla) y bioquímicos (CK, urea y ácido úrico), así como la percepción subjetiva del dolor muscular fueron registrados en 17 jugadoras de élite antes, inmediatamente después, 5h, 21h, 45h, 51h y 69 h después del primer partido e inmediatamente después del segundo encuentro (ver figura 2). Las futbolistas fueron aleatoriamente asignadas en grupo control ($n = 9$), consistente en la realización de recuperación pasiva y un grupo experimental ($n = 8$), basado en un protocolo de recuperación activa, constituido por un programa de entrenamiento de baja intensidad (cicloergómetro al 60 % de la FC_{MAX} y aproximadamente al 45 % $VO_{2\text{máx}}$) y un trabajo de fuerza-resistencia (< 50 % 1 RM), realizado a las 22 y 46 h después del primer partido. En respuesta al primer partido, todos los indicadores sufrieron alteraciones significativas. La capacidad de sprint fue la primera en recobrar sus niveles basales (5 h), seguido de la concentración de urea y ácido úrico (21 h), fuerza isocinética en extensores (27 h) y flexores (51 h) de rodilla, CK y dolor muscular (69 h), mientras que el rendimiento en CMJ permaneció deteriorado hasta el comienzo del segundo partido. No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupo control y experimental, revelando la ineficacia del protocolo de recuperación activa sobre los distintos marcadores condicionales, bioquímicos y de dolor muscular evaluados.

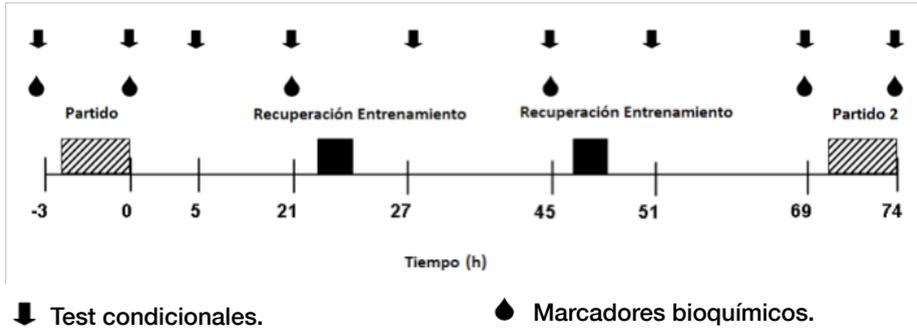


Figura 2.- Esquema del estudio. (Modificado de Andersson et al. 2008).

2.2.2.2. [ESTIRAMIENTOS].

Los estiramientos se han constituido como una modalidad pre y post-entrenamiento y competición comúnmente empleada dentro del fútbol de rendimiento (Dadebo, White et al. 2004). Distintas finalidades han sido atribuidas a esta técnica de entrenamiento deportivo: como medio para la reducción del riesgo de lesiones (Weldon and Hill 2003; Shrier 2007), para la mejora del rendimiento deportivo (Shrier 2007) o como método de recuperación neuromuscular post-ejercicio (Barnett 2006; Herbert and Noronha 2007; Howatson and van Someren 2008)

La gran mayoría de las investigaciones existente entorno a los estiramientos se han centrado en su aplicación previa al ejercicio, reportando efectos negativos (estiramientos pasivos o estáticos) sobre la fuerza explosiva cuando se realizan con hasta 60 min de antelación al entrenamiento o competición (Shrier 2002), así como un incremento en el tiempo en sprint de 20 m tanto en corredores de pista como de campo que compiten en eventos de potencia (Kokkonen, Nelson et al. 2007). Si la reducción de la fuerza explosiva aminora las posibilidades de alcanzar el logro de rendimiento en el entrenamiento subsecuente, los estiramientos pasivos podrían resultar inapropiados en su efecto a corto plazo para un entrenamiento o competición (Barnett 2006).

La práctica del estiramiento como medio regenerador o recuperador surge a raíz de las primeras investigaciones dirigidas al dolor muscular post-ejercicio (mialgia), basadas en la teoría del espasmo. Se creía que dicha técnica restauraba el flujo sanguíneo hacia el músculo, de manera similar al masaje (Kentta and Hassmen 1998), interrumpiendo el ciclo dolor-espasmo-dolor. Si bien estas teorías pioneras han perdido credibilidad empírica (Bobbert, Hollander et al. 1986), parecen no haberse visto superadas en la práctica (Herbert

and de Noronha 2007), y el uso del estiramiento pasivo como medio de recuperación persiste, a pesar del escaso respaldo científico sobre la efectividad de este tratamiento (Baranchuk, Healey et al. 2007)

Recientemente, Herbert et al. (2007) realizaron un meta-análisis con el objetivo de determinar los efectos del estiramiento post-ejercicio sobre la mialgia como síntoma de fatiga neuromuscular. Fueron encontrados un total de 25 estudios en los que se trataba este tópico, de los cuales nueve superaron la evaluación de calidad. Es preciso recalcar que a excepción del estudio de Dawson et al. (2005), la muestra empleada en las restantes investigaciones estaba configurada por sujetos sedentarios y de un amplio rango de edad. Esto sugiere la posibilidad de que el estiramiento pueda ser de mayor eficacia en sujetos entrenados y con un dominio adecuado de las distintas técnicas y tipos de estiramientos (Herbert and de Noronha 2007), además de que los protocolos de trabajo (cargas), evidentemente pueden ser mucho mayores, modificándose por tanto sus efectos.

Si, tal y como se desprende de las nuevas teorías, el daño muscular post-ejercicio es debido a un sobreestiramiento sarcomérico aleatorio que cursa con un deterioro del sistema de acoplamiento de excitación-contracción y con "*stiffness*" muscular (aumento de la tensión pasiva), consecuencia de acciones de carácter excéntrico (p.ej. deceleraciones y saltos en el fútbol) (Proske and Morgan 2001), es concebible que cualquier intervención dirigida a recuperar la alineación sarcomérica y la reducción de la "*stiffness*" pueda contribuir a aminorar el daño de la función contráctil y el dolor muscular. No obstante, empíricamente todavía no han podido ser identificados los mecanismos por los cuales el estiramiento podría favorecer el proceso de recuperación, sugiriéndose la posibilidad de que esta modalidad regeneradora pueda facilitar la dispersión del edema acumulado durante el daño tisular consecuencia de la práctica deportiva (Bobbert, Hollander et al. 1986), si bien parece ponerse en entredicho que tal efecto pueda suponer un beneficio para el DOMS, pudiendo incluso contribuir a agravar dicho cuadro patológico (Thornley, Cheung et al. 2003).

Otro de los posibles beneficios, registrado en la literatura, que esta técnica tiene en la recuperación, es la reducción de la "*stiffness*" muscular pasiva, entendida como la resistencia pasiva al estiramiento de la unidad músculo-tendinosa en estado de relajación muscular cuando son aplicadas fuerzas externas, verificada en la pendiente de la curva fuerza-deformación en cualquier rango de movimiento (Gleim and McHugh 1997; Magnusson 1998; Magnusson, Aagaard et al. 2000), la cual parece estar relacionada con el agravamiento del daño muscular. La realización y mantenimiento de una posición de estiramiento favorece la reducción de la tensión de la unidad músculo-tendinosa (Howatson and van Someren 2008) de manera directa mediante cambios en las propiedades viscoelásticas pasivas, o indirecta vía inhibición muscular refleja y el consiguiente descenso de los puentes cruzados de actina y miosina.

Estos cambios en la "stiffness" muscular permitirían lograr un mayor rango articular de movimiento (Ispirlidis et al. 2008).

Una de las causas atribuidas a la carencia de evidencia científica sobre los beneficios de los estiramientos como medio de recuperación ha sido el hecho de que las investigaciones previas se hayan centrado única y exclusivamente en los efectos del estiramiento estático (Weerapong, Hume et al. 2005).

Son cuatro las investigaciones que han empleado como técnica de recuperación post-partido el estiramiento estático en deportes colectivos (Reilly, Crouch et al. 2002; Reilly 2002; Dawson, Cow et al. 2005; Tessitore, Meeusen et al. 2007; Montgomery, Pyne et al. 2008). Dos de estas investigaciones fueron realizadas sobre jugadores de fútbol, analizando la eficacia de distintos métodos de recuperación post-partido (Reilly et al. 2002) y en la recuperación inter-sesión (Tessitore et al. 2004).

Reilly et al. (2002) examinaron la eficacia de un protocolo de recuperación activa en dos grupos de siete jugadores de fútbol universitario. Uno de los grupos realizó el protocolo de recuperación activa tras la disputa del primer encuentro y un régimen de recuperación controlado la semana después antes de disputar el segundo encuentro tras el cual no se realizó ningún tipo de protocolo formal de recuperación activa. El procedimiento fue el inverso en el segundo grupo con el objetivo de equilibrar el orden de administración del protocolo experimental de vuelta a la calma. La rutina de recuperación tenía una duración de 12 min y constaba de tres fases: (1) "jogging" o carrera suave de baja intensidad (5 min); (2) estiramientos estáticos (5 min); (3) tendido prono con las piernas elevadas siendo sacudidas por un compañero ("shaken-down") (2 min). En la correspondiente a la recuperación (control), los sujetos regresaban a los vestuarios y permanecían descansando sentados durante esos 12 min. Tras el periodo de recuperación (control y experimental) de 12 min y una vez transcurridos 3 días los jugadores completaron una batería de test de rendimiento condicional y un test de dolor muscular mediante la utilización de una escala analógica visual comparándolos con los valores de referencia obtenidos previos a la disputa del encuentro. Las pruebas incluidas fueron: test de salto horizontal, test de salto vertical, prueba de velocidad de tres sprints de 30 m y test de fatiga a la velocidad. El rendimiento en salto vertical y salto horizontal empeoró en ambos grupos, pero este deterioro fue menor en el grupo que había realizado la recuperación activa. Este grupo recuperó los valores pre-partido más rápidamente que los sujetos inactivos, cuyos valores de rendimiento en estos test se mantuvieron por debajo de los niveles de referencia hasta 48 h después del encuentro. Una tendencia similar fue evidenciada en los 30 m sprint, siendo el deterioro del rendimiento de casi un 50 % mayor en el grupo control con respecto al experimental. El rendimiento en el test de fatiga al sprint, consistente en siete sprints de 30 m con 20 s de recuperación activa entre cada uno, permaneció inalterado en el grupo experimental a las 48 h después del encuentro, mientras que en el grupo control se

pudo observar una marcada diferencia con respecto a los niveles basales. Los ratios de dolor muscular se mantuvieron aplacados casi 48 h tras el partido en los jugadores que había realizado la rutina de recuperación activa en contraste con el incremento de las molestias musculares sufrido por los jugadores del grupo control con el transcurso de los días posteriores a la competición. Tal y como sugieren los autores, la tendencia en los datos observados parece indicar que aquellos jugadores que realizan recuperación activa tras un partido en la mitad de la semana, podrían estar adecuadamente recuperados para un encuentro a disputar en el fin de semana 72 h después.

Tessitore et al. (2007) evaluaron el efecto de diversos métodos de recuperación activa (en los que se incluían estiramientos estáticos) y pasiva tras sesiones de entrenamiento. En la investigación participaron 12 jugadores juveniles de élite (A.C. Roma) de edades comprendidas entre los 17 y los 19 años. Durante la pretemporada los jugadores realizaron dos sesiones de dos horas diarias de entrenamiento con cinco horas de descanso entre una y otra. Los datos fueron registrados dos veces por semana durante dos semanas, en las que se realizaron las mismas sesiones de entrenamiento. Al final de la primera sesión de entrenamiento, a cada jugador se le fue asignado al azar uno de los cuatro protocolos de recuperación de 20 min: (1) recuperación pasiva, sentado; (2) ejercicios aeróbicos de baja intensidad (carrera continua y estiramiento estático); (3) ejercicios en agua de baja intensidad; y (4) programa de recuperación activa de Compex (electroestimulación). Antes de la primera (pre) y de la segunda (post) sesión de entrenamiento diaria, los jugadores completaron una batería de test: CMJ, SJ, "stiffness" y 10m sprint. Al final de la primera sesión de entrenamiento y antes de la segunda los sujetos cubrieron una escala RPE y otra de dolor muscular en las piernas. Los resultados de las escalas RPE de las cuatro sesiones oscilaron entre "ligera" y "algo dura" (11 ± 2 puntos). No fueron halladas diferencias significativas en los 10m sprint, siendo la recuperación pasiva la más eficaz. En los test de salto, se encontraron diferencias significativas entre los valores pre y post en los cuatro métodos de recuperación. El método más efectivo en la recuperación de los valores de SJ y CMJ resultó ser la carrera en agua, para el CMJ el ejercicio aeróbico de baja intensidad en agua y los estiramientos, mientras que en la reducción del *stiffness* muscular los más eficientes resultaron ser la recuperación pasiva y la electroestimulación. Tampoco se obtuvieron diferencias significativas entre los métodos de recuperación en la escala de percepción subjetiva del dolor muscular, para la cual los menores valores fueron para la recuperación pasiva y la carrera de baja intensidad más estiramientos.

Otra investigaciones que se han llevado a cabo en deportes como el baloncesto (Montgomery et al. 2008) y el fútbol australiano (Dawson et al. 2005) han llegado a las mismas conclusiones sobre la eficiencia de incluir el estiramiento como medio de recuperación dentro de la vuelta a la calma, aunque sin diferencias significativas con respecto a una recuperación pasiva o en comparación con otro métodos, que los estudios anteriormente citados. Por

lo tanto parece que los estudios demuestran que incluir dichos estiramientos ya sea de forma aislada o conjunta con otras técnicas es positivo para la recuperación del deportista, pero no mejor que ninguna de otras metodologías.

2.2.2.3. [MASAJE].

El masaje es definido como “la manipulación mecánica de los tejidos del cuerpo con la presión rítmica y caricias para el propósito de promover la salud y el bienestar” (Cafarelli and Flint 2002).

Hay poca evidencia en la literatura sobre los efectos positivos sobre la recuperación o el rendimiento y los investigadores han encontrado poca o ninguna evidencia fisiológica de los efectos del masaje (Cafarelli E.; Flint 2002; Weerapong, Hume et al. 2005). La investigación con la técnica del masaje ha demostrado ser problemática con respecto, a la normalización del ejercicio anterior, la duración y el tipo de intervención del masajes así como del control experimental (Robertson, Watt et al. 2004).

A) MASAJE Y DOMS.

Son características de las DOMS una disminución en la habilidad para generar fuerza y alta sensibilidad al dolor (Armstrong 1990; Cheung, Hume et al. 2003). El dolor muscular asociado a las DOMS aparece a las 12-24 horas después de la realización de un ejercicio no habitual que contenga contracciones musculares excéntricas. El pico del dolor muscular aparece a las 48 horas, tardando entre una semana y 10 días la recuperación completa; Clarkson, Nosaka et al. 1992). Las personas que sufren DOMS presentan una reducción en la fuerza concéntrica, excéntrica e isométrica; la completa recuperación en la producción de fuerza excéntrica podría llevar entre 8-10 días, mientras que la fuerza concéntrica e isométrica es más rápida (Cheung, Hume et al. 2003). El examen de las células musculares después de contracciones excéntricas indican un daño estructural en diferentes componentes celulares que conlleva a la formación de un edema y a una respuesta inflamatoria local (Armstrong, Ogilvie et al. 1983; Clarkson and Sayers 1999). La sensación de dolor proviene de la presencia de productos nocivos por el daño estructural, el flujo enzimático, la acumulación de ácido láctico producidos por la inflamación y la estimulación de terminaciones nerviosas (Cheung, Hume et al. 2003). Los movimientos producidos por el masaje sobre la zona muscular dolorida pueden reducir la concentración de sustancias químicas nocivas que producen la estimulación de las terminaciones nerviosas y así reducir la sensación de dolor. Además, el masaje puede acelerar la recuperación de la fuerza muscular al transportar nutrientes al tejido dañado.

En la tabla 12 se presenta un resumen de los estudios más significativos que han investigado los efectos del masaje sobre el dolor muscular. Los datos inconcluyentes sobre los efectos del masaje sobre las DOMS pueden ser de-

Tabla 12.-Revisión del tratamiento con masaje sobre las DOMS.

Año	Autor	Sujetos	Intervención para DOMS	Método Recuperación	Tiempos de Medición Post-Ejercicio	Variables Dependientes	Resultados
1994	Smith et al.	14 hombres desentrenados.	Ejercicio excéntrico bíceps y tríceps. 4-5 series 35-75% FMAX.	MSJ (amasamientos y percusiones). 30' Control. TAM: 2h después del ejercicio.	8',24h,48h,72h,96h y 120h	- Escala DOMS Analítica	-Grupo MSJ: ↓ DOMS y CK
1994	Rodenburg et al.	50 hombres desentrenados.	120 extensiones de codo.	- MSJ (rozamientos, amasamientos y percusiones) en los flexores del codo. 15'. - Control. TAM: 2' después del ejercicio.	8',24h,48h,72h y 96h	- Escala DOMS - FILM - CK - MB	-Grupo MSJ: ↓ DOMS, CK, ↑ FMI
1995	Tiidus et al.	4 hombre y 5 mujeres activos físicamente.	Ejercicio excéntrico de cuádriceps en ambas piernas.	- MSJ (amasamientos) sobre una pierna. 10' durante 4 días post ejercicio. - Control (la pierna contraria) TAM: 1h después del ejercicio.	24h,48h y 96h	- FILM - FMAX - DM	-Grupo MSJ: ↓ DM entre las 48 y 96 horas. -Grupo Control: NS.
1997	Lightfoot et al.	12 hombres y 19 mujeres sin experiencia en entrenamiento.	4x15 ejercicio excéntrico sobre el gemelo izquierdo (carga=peso corporal).	-MSJ (amasamiento) sobre gemelo izquierdo. - Estiramientos. - Control. TAM: Inmediatamente y 24h post ejercicio	24h y 48h	-CK -DM	-NS entre los grupos.
2002	Farr et al.	8 hombres desentrenados.	Andar en bajada sobre cinta de correr (con un 10% más del peso corporal) 40'.	-MSJ (rozamientos y amasamientos) sobre un pierna 30'. La otra sirvió de control. TAM: 2h después del ejercicio	1',24h,72h,120 h	- FILM - CK - DM - SED - SJ	-Grupo MSJ: ↓ DM y SED a las 24 h de aplicación de masaje en la pierna. -Grupo Control: NS.

2003	Hilbert et al.	18 hombres y mujeres. 9 participaban en deporte competitivo.	6x8 CEX (isquiotibial derecho).	- MSJ sueco (7' rozamiento, 1' percusiones y 12' amasamiento). -Placebo (aplicación de un loción) 20'. TAM: 2h post ejercicio.	2',6h,24h,48h	- POMS - ROM - PW - DDS -Analítica(% neutrófilos)	↓ Dolor a las 48 h de aplicar MSJ sueco.
2004	Jónhagen et al.	16 sujetos (8 hombres y 8 mujeres) deporte recreativo.	300 contracciones excéntricas unilaterales del cuádriceps (dinamómetro isocinético).	- MSJ piernas (4' rozamientos y 8' amasamiento) - Control TAM: 10' y 2 post-esfuerzo.	0' y 3 día	- FMAX (isocinético) - DM - Microdiálisis	-NS entre grupos en ningún parámetro.
2005	Zainuddin et al.	10 sujetos sin experiencia en entrenamiento (5 hombres y 5 mujeres).	6x10 rep CEX (isocinético 90°) flexores codo.	- MSJ brazo (fricciones, amasamientos y rozamientos). - Control (brazo contrario). TAM: 3 h post ejercicio.	0',30',24h,48h,72h,7 día, 14 día	-FIM (isocinético) -FMAX (isocinético) -CK -DM	-DS en DM a favor de MSJ. -NS en los demás parámetros.
2006	Mancinelli et al.	22 jugadoras de baloncesto y voleibol universitarias.	Entrenamiento de fuerza del tren superior e inferior 3 días consecutivos.	- 17' de masaje (fricciones, amasamientos y percusiones). - Control (no masaje).	Inmediatamente después del ejercicio y el día 4	- T-test - SJ - VAS	-DS en T-test, SJ y VAS en el grupo que recibió masaje en comparación al control.
2009	Arroyo-Morales	60 sujetos activamente (37 hombres y 23 mujeres).	Wingate test 3x30s. 3'recuperación entre test.	-MSJ (miofascial) 40' tras recuperación activa de 10'. - Control 40' electroterapia.	10' post-test 0'- Después del método de recuperación	Saliva: - Proteínas - Cortisol - SIG-A	-DS en SIG-A post-recuperación entre grupo masaje y control. -NS en los demás parámetros.

DS=Diferencias significativas ;CK= Creatin-Kinasa; CEX=Contracción excéntrica; DDS= Escala descriptora dolor; DM= Dolor muscular; DOMS=Delayed muscle soreness; FIM= Fuerza Isométrica máxima; FMAX=Fuerza isotónica máxima; MB= Mioglobina; NS= No diferencias significativas; POMS= Cuestionario de procesos cognitivos; ROM= Rango de movimiento; PW= Pico Potencia; SED=Sensibilidad al dolor; SJ= Salto vertical; TAM=Tiempo de administración del masaje; slgA=inmunoglobulina A.;VAS= Escala analógica visual.

bidos a las limitaciones metodológicas de las investigaciones. La mayoría de los estudios utilizan muestras pequeñas, lo que limita el poder estadístico de los estudios y aumenta la probabilidad de cometer un error estadístico de tipo II, la mezcla de sexos en los participantes del estudio (Tiidus and Shoemaker 1995; Hilbert, Sforzo et al. 2003; Arroyo-Morales, Olea et al. 2009) aumenta la variabilidad de los resultados, puesto que los valores son diferentes en las DOMS entre hombres y mujeres (MacIntyre, Reid et al. 2000). La variación en las técnicas de masaje, duración así como el área del cuerpo en donde se aplica el masaje afecta también a las conclusiones de los estudios.

Los mecanismos poco claros del masaje también se pueden conducir a una aplicación inapropiada. En la práctica, el masaje se aplica a menudo inmediatamente después del ejercicio con el fin de mejorar la circulación sanguínea. Los efectos del masaje sobre la circulación sanguínea son todavía cuestionables (Tiidus and Shoemaker 1995; Shoemaker, Tiidus et al. 1997). El ejercicio excéntrico, que indujo daño muscular, no produce residuos que requieren un flujo sanguíneo adicional. El estudio que investigó los efectos del masaje inmediatamente después del ejercicio encontró una disminución de la inflamación muscular tras 48 horas, pero no registraron ningún cambio en la circulación sanguínea (Tiidus and Shoemaker 1995). Sin embargo, otro estudio no ha encontrado ningún efecto del masaje inmediatamente después del ejercicio (Weber, Servedio et al. 1994).

En el estudio realizado por Lightfoot et al. (1997), el volumen muscular y la sensación de dolor no cambio después de la aplicación inmediata de masaje después del ejercicio y/o 24h después. El masaje realizado 2 horas post-ejercicio produjo un beneficio de DOMS mediante la reducción de un proceso inflamatorio (Smith, Keating et al. 1994). Dos estudios utilizaron el protocolo de Smith et al. (1994) para examinar los efectos de la aplicación del masaje después de un ejercicio excéntrico. Farr et al. (2002) y Hilbert et al. (2003) encontraron que el masaje realizado 2 horas post-ejercicio fue efectivo en la disminución de la sensación del dolor. Es importante señalar que el estudio de Farr et al. (2002) utilizó una pierna como muestra para la aplicación del masaje y la otra como control. Por lo tanto, es probable que el masaje proporcione una ventaja psicológica, la sensación de dolor solamente (la medida subjetiva reportada por los participantes) se redujo después de la aplicación de masajes. Sin embargo, no se observaron beneficios del masaje para la prevención de la fuerza muscular y la pérdida de la función (según lo determinado por las pruebas isométricas e isocinéticas y la altura de salto, respectivamente) (Farr, Nottle et al. 2002; Hilbert, Sforzo et al. 2003). Curiosamente, en los dos estudios de investigación no se encontró ningún cambio en el recuento de neutrófilos.

Existe una hipótesis, que si el efecto mecánico del masaje puede aumentar la flexibilidad muscular y reducir la rigidez muscular, mejorar la microcirculación local, el flujo linfático y el cumplimiento de aumento de la distensi-

bilidad muscular, el masaje debe aplicarse antes del ejercicio excéntrico a fin de reducir la sobrecarga mecánica inicial del ejercicio excéntrico (Weerapong, Hume et al. 2005).

B) MASAJE Y FATIGA MUSCULAR.

La fatiga muscular puede ser definida como la incapacidad para mantener una potencia requerida (Maclaren, Gibson et al. 1989). La capacidad de un atleta para recuperar la forma física es un esfuerzo importante durante algunas competiciones deportivas o durante los periodos preparatorios (Moraska 2005).

Al igual que la causa de la inflamación muscular no está completamente clara, la causa de la fatiga muscular pueden consistir en mecanismos centrales o periféricos (Maclaren, Gibson et al. 1989). La terapia del masaje puede combatir de forma adecuada a la fatiga debido a la capacidad de influir en el movimiento de fluidos en los tejidos profundos y así mejorar el flujo de nutrientes o la eliminación de desechos o facilitando la relajación para promover la recuperación normal (Moraska 2005). En la tabla 13 se presenta un resumen de las investigaciones publicadas sobre fatiga muscular y masaje.

Monedero et al (2000) encontraron que la duración del ciclo para un segundo esfuerzo máximo de 5 kilómetros en una bicicleta ergométrica no mejoró con un masaje de recuperación de 15 minutos en comparación con la recuperación activa o pasiva pero, una recuperación combinada que consiste en el masaje y el ciclo activo redujo significativamente el aumento en el ciclo de tiempo para el segundo esfuerzo.

Tres investigaciones midieron el efecto del masaje sobre el segundo esfuerzo (Cafarelli, Sim et al. 1990; Hemmings, Smith et al. 2000; Robertson, Watt et al. 2004). En conjunto, estos estudios concluyen que el masaje no altera la generación de fuerza del segundo esfuerzo. Sin embargo, dos de estos estudios no son los típicos artículos de masaje deportivo. En el estudio de Hemmings et al (2000), ocho boxeadores amateur se sometieron a 5 rondas de boxeo simulado, con un descanso de un minuto sentados entre asaltos. La fuerza media de cada ronda se determinó en un ergómetro de boxeo. Los dos grupos estaban separados por un masaje de 20 min administrado a la pierna, dorso del hombro y los brazos por un fisioterapeuta o un descanso de 20 min en el caso del grupo control. La fuerza de golpeo se redujo en la segunda serie de 5 rondas a una tasa igual para ambos, masajes y grupos de control. El gesto del “*punching*” requiere el movimiento coordinado del músculo en la espalda, hombros, cuello y brazo, así como abdominales y músculos de las piernas. Si bien el procedimiento de masaje utilizado en este estudio incluyó algunas de esas regiones del cuerpo, la limitación de tiempo en la realización del re-test hace que el masaje tenga un efecto poco significativo.

Un efecto beneficioso sobre la fuerza- resistencia se observó en un masaje que consistía en seis minutos de rozamientos y percusiones (Rinder and Sutherland 1995). Los sujetos realizaron varios ejercicios con el objetivo de fatigar los cuádriceps, seguidos de un masaje y repetición de los mismos ejercicios. Se encontraron diferencias significativas a favor del grupo que recibió masajes provocando una disminución en el ejercicio de extensión de cuádriceps, en el grupo control.

Por lo tanto, es realmente difícil establecer conclusiones generales sobre la eficacia del masaje, puesto que pocos estudios se han realizado acerca del masaje y la fatiga muscular; además la metodología de investigación ha sido variada y la descripción ambigua de la técnica de masaje utilizada.

En conjunto, la interpretación de los resultados para prolongar la fatiga con masaje indica que las actividades de menor intensidad puede ser un área más prometedora para investigar que los esfuerzos máximos. Para llegar a conclusiones sobre este tema serán necesarios estudios a fondo con métodos unificados (Moraska 2005).

Tabla 13.-Revisión del tratamiento con masaje y fatiga muscular.

Año	Autor	Sujetos	Método de Fatiga	Métodos de recuperación	Variables Dependientes	Resultados
1990	Carafelli et al.	12 hombres sedentarios.	ISO 4x70 % FMAX Cuádriceps.	-MSJ (percusiones) 4'/pierna -RP	-RF en la FMAX.	-NS entre los dos grupos.
1995	Rinder et al.	7 mujeres y 13 hombre activos físicamente.	LEXT al 50% de la FMAX Cicloergómetro, Ski-squat. LEXT al 50% FMAX	-MSJ (rozamientos y percusiones) 3'/ pierna. -RP 6'	-Número de repeticiones en LEXT al 50% FMAX.	-DS a favor del MSJ.
2000	Hemming et al.	8 boxeadores amateur.	Test 5x 80 golpes sobre punching (ergómetro).	-MSJ (rozamientos y amasamientos) 4'/ pierna, 2'lumbar y 5'/hombro. (20'). - RP (20').	- Mejora FG del test. - PER (escala 0-7). - LACT	-NS en PW entre métodos. -DS en PER a favor del MSJ.
2000	Monedero et al.	18 ciclistas entrenados.	5 Km test máximo sobre bicicleta.	- RP (15') - RACT (50% VO2 max) (15') - MSJ (rozamientos y percusiones) 7'5/ pierna (15') - COM (activo 7,5 min 50% VO2max y masaje 3,5'/pierna (15')	-Tiempo 5Km test.	-DS en el tiempo entre método COM y el resto.
2004	Robertson et al.	9 jugadores de DC.	6x30 s esfuerzos máximos en cicloergómetro.	-MSJ (rozamiento y nudillos) 10'/ piernas (20'). - RP (20').	-PW y AWW en 30s test de Wingate (2 series).	-NS en AWW y PPW entre métodos.

DC= Deporte colectivo; MSJ=Masaje; RP=Recuperación pasiva; NS=No diferencias significativas; AWW= Potencia media; PW=Pico potencia; P=Prueba; LACT=Lactato; DS=Diferencias significativas; PER=Percepción escala recuperación; FG =Fuerza golpeo, FMAX =Fuerza Máxima isotónica

2.2.2.4. [ELECTROESTIMULACIÓN].

La electroestimulación (EMS) implica la transmisión de impulsos eléctricos a través de electrodos de superficie para estimular las neuronas motoras en la periferia provocando contracciones musculares (Barnett 2006).

Se ha sugerido que estas contracciones puede ser beneficiosas para la recuperación debido al aumento del flujo sanguíneo a través del “efecto de la bomba muscular”, que puede mejorar la reparación de los tejidos (Martin, Millet et al. 2004). Estos autores examinaron la recuperación 96 horas después de correr cuesta abajo con una pierna. No encontraron ninguna diferencia entre el EMS y las intervenciones de recuperación pasiva y activa. Del mismo modo, Lattier et al (2004) compararon las intervenciones, pasivas (sentados), activas (carrera submáxima) y EMS (cuádriceps, músculos isquiotibiales, tríceps sural) después de un ejercicio de carrera de alta intensidad cuesta arriba (10 carreras de un minuto al 120% de la velocidad aeróbica máxima a un grado de 18%). No reportaron diferencias entre las intervenciones con respecto a la recuperación de la función neuromuscular, aunque hallaron una tendencia hacia un mejor rendimiento posterior de la carrera de máxima intensidad después de la electroestimulación, sin lograr dar explicaciones claras para sus observaciones. La estimulación nerviosa eléctrica transcutánea no tuvo ningún efecto sobre las DOMS 72 horas después del ejercicio excéntrico (Craig, Cunningham et al. 1996). En resumen, en los pocos estudios realizados hasta el momento, la EMS no mejoró la recuperación de forma significativa aunque podría ser útil como medio de recuperación ya que no se obtienen desventajas en su utilización y se podría obtener una cierta ventaja sobre la recuperación pasiva.

2.2.2.5. [ROPA COMPRESIVA].

En el campo de las ciencias del deporte se ha sugerido que las prendas de compresión pueden conferir beneficios adicionales en ayuda a la recuperación de un atleta después del entrenamiento y la competencia. Uno de tales beneficios es un aumento en el retorno venoso de la compresión de las venas superficiales y una mejora en la filtración capilar resultando en un mayor volumen de sangre que se desvía a través de las venas profundas (O'Donnell, Rosenthal et al. 1979). Este aumento en el flujo sanguíneo es la hipótesis para ayudar a la eliminación de productos de desecho y permitir que los gases en sangre puedan volver a la normalidad, como una forma en un principio similar a la recuperación activa. La ropa de la compresión (RC) también está siendo utilizada para acortar el período de recuperación entre la competición y períodos de entrenamiento intenso. (Wigernaes, Hostmark et al. 2000).

En la tabla 14 se muestran estudios sobre la eficacia de este método de recuperación. En el estudio llevada a cabo por Gill et al. (2006) los jugadores de rugby llevaron puesta la ropa compresiva durante 12 horas post-partido,

experimentando una mejora en la sensación de dolor muscular pero no mayor que con otras terapia como la activa o los baños de contrastes. En el misma línea encontramos los estudios de Duffiel et al. (2007; 2008) donde a pesar de que se disminuye la sensación de dolor tras la aplicación de ropa compresiva 24 y 48 horas respectivamente, no encuentran diferencias significativas con respecto al grupo control. En el estudio de Davies et al. (2009) no se observan diferencias significativas en los parámetros medidos tras 48 horas de aplicación de ropa compresiva ni siquiera en la sensación de dolor muscular.

Para llegar a conclusiones más certeras se necesitan metodologías de estudio mas unificadas y con sujetos entrenados con el fin de llegar a resultados mas fiables y válidos (Davies, Thompson et al. 2009).

Tabla 14.- Revisión del tratamiento de ropa compresiva sobre la recuperación.

Año	Autor	Sujetos	Método de fatiga	Métodos de recuperación	Variables dependientes	Resultados
2006	Gill et al.	23 jugadores de rugby (élite).	Partido rugby.	4 semanas de competición cada partido una terapia: 1. RPAS 2. RACT 3. CTS 4. RC (12 h post-partido)	-CK pre and 3, 5, 24h, 36h, 84 h. post-partido.	-NS entre las diferente propuestas de recuperación pero si una mejora mayor con las terapias activa, baños y RC con respecto a la pasiva.
2007	Duffiel et al.	10 jugadores de cricket.	Protocolo de sprints repetidos.	Tres tipos de ropa compresiva: 1. Adidas 2. Skins 3. Under Armour 24 post-ejercicio	-Test de precisión y distancia golpeo. Pre-Post ejercicio (24h) -Temperatura corporal (piel) -Cambios MC -RPE -DM -LACT -PH -CK Post-ejercicio(24 h)	-NS en los test de precisión y distancia. -DS en RPE, Dm y CK post-ejercicio sin diferenciación entre marcas.
2008	Duffiel et al.	14 jugadores de rugby.	80' circuito específico alta intensidad.	-RC (24h). -Control.	-CK -20 m -PPW - LACT -T° piel y tímpano -FC -DM Cada día y 48 h post-ejercicio.	-NS pero ↓ DM 48h post ejercicio con RC.

2008	French et al.	26 hombres	6x10 squats excéntricos 100% 1RM	-CTS - RC -Control	-CK -MB 1h, 24h y 48h post-ejercicio -DM -limb girth - CMJ -30 m sprint 48h post-ejercicio	-NS salvo una disminución transitoria en el dolor muscular con RC.
2008	Montgomery et al.	29 jugadores de fútbol	Torneo de 3 días	-Carbohidratos y estiramien- tos. -CT -RC (18 h post partido)	-SJ -Test 20m -Test Agilidad -Test Flexibilidad Pre Torneo y post-partido	-NS con ningún tratamiento aunque el grupo CT tuvo mejores resultados en los test que los otros dos.
2009	Davies et al.	7 jugadores de netball universitario y 4 jugadores de baloncesto universitario	5x20 drop jumps (60 cm)	-RC (48h) -GC	- CK - LACT - PM(cm) - DM - 5, 10,20m - 5-0-5 agility test	-NS.

RC= Ropa compresiva; LACT = Lactato; PM= Perímetro muslo; DM= Dolor muscular; DS=Diferencias significativas; NS=No diferencias significativas; PFC=Pico de fuerza concéntrica; CK=Creatin-Kinasa; AST= Transaminasa aspartato; C-RP= C-reactive protein; FC= Frecuencia cardiaca; RPE= Percepción del esfuerzo; CTS: Baños contrastes; MB=Mióglobina; CMJ= Salto con contramovimiento; MC=Masa Corporal; SJ=Salto Vertical;

2.2.2.6. [TRATAMIENTO CON OXÍGENO HIPERBÁRICO].

El tratamiento con oxígeno hiperbárico (HBOT) implica la exposición de todo el cuerpo a la presión de > 1 atmósfera, mientras se respira oxígeno al 100% (Staples, Clement et al. 1999). Los mecanismos propuestos por el que el HBOT puede aumentar la tasa de recuperación de lesiones de tejidos blandos son los siguientes: reducción de la hipoxia y la inflamación local, aumento de la vasoconstricción, reducción de la adherencia de neutrófilos, enfriamiento de radicales libres, control del edema y aumento de la síntesis de colágeno y de los procesos de crecimiento de los vasos (Staples and Clement 1996). La hipótesis para su uso como una modalidad de recuperación es que las sesiones de entrenamiento causan cierto grado de traumatismo y que esta terapia mejora la recuperación post-entrenamiento.

Ningún estudio ha examinado los efectos de HBOT en la recuperación del entrenamiento en atletas de élite. Los estudios han utilizado el ejercicio excéntrico para inducir fatiga muscular en sujetos no entrenados (Staples, Clement et al. 1999; Mekjavic, Exner et al. 2000; Harrison, Robinson et al. 2001; Webster, Syrotuik et al. 2002). Staples et al. (1999) realizó un estudio que incluía dos experimentos en los que los sujetos realizaron un ejercicio excéntrico sobre el cuádriceps de 30x10 repeticiones máximas. Primero, se realizó una comparativa entre el grupo experimental (tratamiento, 0, 24, 48, 72, 96 horas, 3 y 5 días después de hacer ejercicio) y el grupo control (sin tratamiento). No hubo diferencias en las escalas de dolor aplicadas, mientras que si se encontraron diferencias significativas en la fuerza excéntrica entre los grupos (a favor del experimental), de inmediato, tras 96 horas y 5 días después del tratamiento con HBOT.

Otro estudio no encontró diferencias en la tasa de recuperación de la fuerza, el dolor percibido, o la circunferencia de brazo entre el HBOT y los tratamientos con placebo después una sesión fuerza excéntrica en los flexores del codo (Mekjavic, Exner et al. 2000). Harrison et al. (2001) compararon el efecto inmediato y retardado del HBOT (tratamiento iniciado a las 24 horas) después del daño muscular inducido por un ejercicio excéntrico. Los grupos no mostraron diferencias significativas en la fuerza isométrica, la concentración sérica de creatina-quinasa, dolor percibido, o una resonancia magnética para evaluar los indicadores de edema durante la recuperación. En otro estudio se analizó el efecto del HBOT sobre un grupo control a las 3-4 horas, 24 y 48 horas después de 5 series al 80% de 1RM al fallo en un ejercicio de flexión y extensión de tobillo (Webster, Syrotuik et al. 2002). Los grupos no presentaron diferencias significativas en el pico de fuerza, la resistencia muscular, el área transversal del músculo, los niveles de fosfato inorgánico, o el tiempo de relajación T2 durante la recuperación. El grupo control muestra significativamente menor pico máximo de fuerza isométrica durante los primeros 2 días después del ejercicio, pero no en los días 3 y 5, y significativamente mayor sensación de dolor e incomodidad en el día 5. Un reciente meta-análisis examinó el efecto del HBOT en DOMS inducida en sujetos no entrenados, no encontrando evidencia de mejora en la recuperación (Bennett, Best et al. 2005)

En resumen, la evidencia científica actual no demuestra la eficacia del HBOT como una modalidad de recuperación en los programas de entrenamiento de atletas de élite. El costoso tratamiento, tanto de equipos y personal debidamente cualificado, así como un posible riesgo de toxicidad por oxígeno o el peligro de una explosión son otras barreras para el uso del HBOT como medio de recuperación (Webster, Syrotuik et al. 2002; Ishii, Deie et al. 2005).

2.2.2.7. [HIDROTERAPIA].

En la actualidad la hidroterapia (inmersión en agua) ha ganado popularidad como método de recuperación post-ejercicio. Algunas de las respuestas fisiológicas a la inmersión en agua están bien investigadas; sin embargo, en términos de recuperación después del ejercicio, los mecanismos subyacentes son poco conocidos (Wilcock, Cronin et al. 2006). Los beneficios para el rendimiento no se han establecido claramente. El cuerpo humano responde a la inmersión en agua con cambios en la respuesta cardíaca, la resistencia periférica y el flujo sanguíneo (Wilcock, Cronin et al. 2006). Además, tanto la presión hidrostática como la temperatura del medio de inmersión pueden influir en el éxito de los diferentes protocolos utilizando la hidroterapia (Wilcock, Cronin et al. 2006).

Wilcock et al. (2006) comentan, que la presión hidrostática puede producir un aumento en la translocación de los sustratos a nivel muscular. Por lo tanto, el edema provocado después del ejercicio puede disminuir y el músculo mantener su función. Además, otras de las respuestas fisiológicas de la inmersión en el agua es un aumento del volumen sistólico y aumento del gasto cardíaco. La resistencia periférica también disminuye, indicando la presencia de vasodilatación periférica (Weston, O'Hare et al. 1987; Yun, Choi et al. 2004; Wilcock, Cronin et al. 2006).

Si bien los efectos de la presión hidrostática del agua ejercida sobre el cuerpo durante la inmersión pueden ser beneficiosos, la temperatura de esta influye en el éxito de las intervenciones de dicha recuperación. El principal efecto fisiológico de la inmersión en agua fría es una reducción en el flujo sanguíneo debido a la vasoconstricción periférica (Meeusen and Lievens 1986). Por el contrario, la inmersión en el agua caliente aumenta el flujo de sangre debido a la vasodilatación periférica (Bonde-Petersen et al. 1992).

Dentro de la hidroterapia encontramos tres métodos que son los más utilizados para las investigaciones: crioterapia (CT), inmersión en agua caliente (IAC) y terapia de contrastes (CTS).

A) CRIOTERAPIA.

La crioterapia se utiliza extensamente para tratar la lesión traumática aguda (en forma de "pack" del hielo) y puede ser adecuada como una modalidad de recuperación después del entrenamiento y la competición (en forma

de inmersión en agua fría) que provocan un cierto nivel de lesión traumática, debido a su capacidad para reducir la respuesta inflamatoria, aliviar los espasmos y el dolor (Eston and Peters 1999).

Son múltiples las respuestas fisiológicas asociadas a la crioterapia, reducción de la frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco, aumento de la presión arterial, de la resistencia periférica (Sramek, Simeckova et al. 2000; Wilcock, Cronin et al. 2006) y otras respuestas que incluyen disminuciones de la temperatura en el núcleo y el tejido de la piel (Lee, Toner et al. 1997; Enwemeka, Allen et al. 2002; Merrick, Bernard et al. 2003; Yanagisawa, Homma et al. 2007), inflamación aguda (Yanagisawa, Kudo et al. 2004), dolor (Bailey, Costantini et al. 2007) y mejor mantenimiento del rendimiento (Yeargin, Casa et al. 2006).

El uso de la crioterapia (inmersión en agua fría) en el tratamiento de lesiones musculares y de la fatiga inducida por el ejercicio se ha investigado con diferentes resultados (ver tabla 15). Eston and Peters (1999) investigaron los efectos de la inmersión en agua fría en el daño muscular después de un ejercicio excéntrico sobre los flexores del codo. Estos encontraron que la actividad de la CK y el ángulo del brazo relajado fue más baja para el grupo de inmersión de agua fría en los días 2 y 3 después del ejercicio excéntrico, concluyendo que el uso de la inmersión en agua fría puede reducir el grado en que el músculo y la unidad de tejido conectivo se acorta después del ejercicio excéntrico extenuante.

En otro estudio Bailey et al. (2007) investigaron la influencia de la inmersión en agua fría sobre los índices de daño muscular. La inmersión en agua fría o recuperación pasiva se administró inmediatamente después de un protocolo de 90 minutos de carrera intermitente; el dolor muscular, el rendimiento muscular (contracción voluntaria máxima de los extensores y flexores de la rodilla) y los marcadores sanguíneos, fueron monitorizados antes y después de hacer ejercicio, y en los siete días posteriores al protocolo de carrera. Los autores concluyeron que la inmersión en agua fría es altamente beneficiosa en la recuperación con una reducción del dolor muscular y de la concentración de mioglobina sérica una hora después del ejercicio. Sin embargo, los valores en todo el período de siete días de recolección no fueron citados y la respuesta de la CK se mantuvo sin cambios a pesar de la intervención. Lane and Wenger (2004) investigaron los efectos de la recuperación activa (grupo control), el masaje y la inmersión en agua fría en una prueba intermitente en cicloergómetro separadas por 24 h. Los métodos de recuperación obtuvieron mejores resultados en la segunda sesión en comparación con el grupo control sobre el rendimiento general de la prueba. Iguales resultados encontraron Vaile et al. (2008 a y b) en varias sesiones de un test en cicloergómetro, los sujetos que recibían tratamiento de crioterapia aumentaban el tiempo de trabajo en los sucesivos días en los que se repitió la prueba. Sin embargo en este estudio no se compara con un grupo control para observar las diferencias.

A pesar de estos resultados prometedores, algunos estudios han encontrado cambios insignificantes cuando se investigan los efectos de la recuperación de la inmersión en agua fría (Paddon-Jones and Quigley 1997; Yamane et al. 2006 Sellwood et al. 2007).

En la investigación realizada por Sellwood et al. (2007) se realizó un ejercicio excéntrico en los extensores de la pierna y a continuación los participantes realizaron una inmersión en agua fría. No hubo diferencias significativas en el dolor muscular, fuerza isométrica máxima, salto horizontal a una pierna y CK a las, 24, 48 y 72 h pos-test. Yamane et al (2006) tampoco encontraron diferencias significativas, en piernas y brazos, entre un grupo control y otro que fue sometido a crioterapia. Estos dos estudios utilizaron sujetos sedentarios para sus estudios lo que hace difícil que sean transferibles sus datos a deportistas entrenados. Sin embargo Paddon-Jones and Quigley (1997) realizaron un estudio con corredores de resistencia entrenados utilizando un ejercicio excéntrico. No se observaron diferencias entre los brazos (uno realizó un protocolo de crioterapia a 5° y el contrario fué utilizado como control).

Solo encontramos cuatro estudios del efecto de la crioterapia vinculado a deportes de equipo. Rowsell et al. (2009) investigaron el efecto de la crioterapia en futbolistas durante 4 días de torneo, sobre marcadores físicos y fisiológicos después de los partidos y al día siguiente, para ver la recuperación pre-partido. No encontraron ninguna diferencia significativa en ninguno de los parámetros medidos entre los dos grupos salvo una disminución en la sensación de fatiga general y dolor muscular en el grupo que recibió crioterapia con respecto al otro grupo. Montgomery et al. (2008) tampoco encontraron diferencias significativas entre tres grupos de jugadores de baloncesto que realizaban diferentes formas de recuperación post-partido durante un torneo de tres días, aunque si vieron que el grupo que recibía crioterapia obtenía mejores resultados a lo largo del torneo sobre los diferentes test físicos realizados. Resultados similares a los anteriores encontramos en los estudios de King and Duffiel (2009) e Ingram et al. (2009) donde no hay diferencias significativas en un protocolo intermitente y un circuito de resistencia específica sobre marcadores físicos y fisiológicos respectivamente.

A pesar de estos resultados, la mayoría de la investigaciones apoya la idea de que la inmersión en agua fría es un tratamiento eficaz de intervención para la reducción de síntomas asociados con la inflamación muscular (Eston and Peters 1999), ejercicios repetitivos de alta intensidad (Lane and Wenger 2004; Bailey et al. 2007) y lesión muscular (Brukner and Khan 1993). Y que sin duda una de las principales ventajas de la inmersión en agua fría es la reducción de sensación de fatiga y dolor muscular (Montgomery, Pyne et al. 2008; Vaile, Halson et al. 2008; King and Duffield 2009; Rowsell, Coutts et al. 2009).

Tabla 15.- Revisión de la crioterapia sobre la recuperación.

Año	Autor	Sujetos	Método de Fatiga	Métodos de Recuperación	Temperatura	Variables Dependientes	Resultados
1997	Paddon-Jones and Quigley	8 corredores de resistencia entrenados	64 contracciones excéntricas con cada brazo.	-CT: 20' un brazo. -Control: el brazo contrario.	-CT: 5°	-DM -CBRZ -Torque isocinético 60 and 300 · S ⁻¹	- NS en ninguna variable (24,48 ,72h) y post esfuerzo.
1999	Eston, and Peters	15 mujeres	8 x5 contracciones máximas isocinéticas (0.58 rad .s ⁻¹) en los flexores del codo (brazo dominante).	-CT: 15' post ejercicio. Cada 12h durante 7 sesiones. -GC.	-CT: 15°	Antes y durante 3 días después del ejercicio. -Sensibilidad muscular. -Relajación del ángulo del brazo. -CK. -FMI -CB.	- DS en CK y relajación del ángulo del brazo al 2 y 3 día post ejercicio en el grupo CT.
2004	Lane and Wenger	10 hombres activos físicamente	2 sesiones de 18' (separadas 24 h) intermitentes en cicloergómetro.	-RACT (15') -CT (15' piernas) -MSJ (15' piernas) -GC.	-CT: 15°	-TW entre sesiones.	- DS en TW entre los métodos de recuperación y el control entre sesiones. - NS entre métodos.
2006	Yamane et al.	6 hombres sedentarios	25' Cicloergómetro 70% VO2 max (Pierna dominante). 3x8RM. 3 ó 4 días semana x 4 a 6 semanas.	-CT (Brazo y pierna dominante) -GC(Brazo y pierna no-dominante)	-CT: Brazo: 10° Pierna: 5°	Piernas: -VO2 max -VT (ml/kg/min) Brazos: -FIM Brazos y piernas: -DA	-NS entre el brazo y pierna en ninguna variable entre grupos.
2007	Sellwood	40 hombres desentrenados	Ejercicio excéntrico cuádriceps (5x10 120° 1 RM).	-CT (3x1') -IAC	-CT:5° - IAC: 24°	-DM -CPI -SH -FMI -CK	-NS en ninguna de la variables analizadas (24,48 y 72 h post-test).

2007	Bailey et al.	20 hombres	90' test intermitente de carrera.	-CT -GC	-CT: 10°	-DM -CSM -CK -FIM -Pre-test, 1, 24 y 48 h post-test.	-DS entre CT y CG (↓ del DM y CSM). -NS en CK entre grupos. -↓ del FIM en el grupo CWI con respecto al GC.
2008(a)	Vaile et al.	38 hombres entrenador en fuerza	Trabajo excéntrico en leg-press 5x10 (120% 1RM). Trabajo concéntrico 2x10 (100% 1RM).	-RPAS (14') -CT (14') -IAC (14') -CTS (14'- 1'-1')	-CT (15°) -IAC (38°) -CTS (15°-38°)	-SJ -FIM -CK -DM -CPI Pre-test, 1, 24, 48 y 72 h post-test.	-DS a favor de CT (24,48 y 72h) y CTS (48 y 72 h) en ↑ Sv y ↑ FMI con relación a RPAS. -DS a favor de CT 24,48 y 72 h post en DM.
2008(b)	Vaile et al.	12 ciclistas	Test isométrico cicloergómetro. (5 sesiones).	1ª-Sesion: CT (14'). 2ª-Sesion: IAC (14'). 3ª-Sesion: CTS (14' 1'-1'). 4ª-Sesion: RPAS (14').	1ª-10° 2ª-15° 3ª-20° 4ª-20°	-TW -TC -TP -LACT -RPE -FC	-DS entre la RACT y las otras sesiones ↓ TW. -NS entre las sesiones aunque las sesiones con CT mantienen mejor el TW que la RACT.
2008	Montgomery et al.	29 jugadores de baloncesto	Torneo de 3 días.	-Carbohidratos y estiramientos. -CWI:5x1' -RC(18 h post partido)	-CWI: 11°	-SJ -Test 20m -Test Agilidad -Test Flexibilidad. Pre Torneo y post partido.	-NS con ningún tratamiento aunque el grupo CT tuvo mejores resultados en los test que los otros dos.
2009	Ingram et al.	10 jugadores de varios deportes de equipo	80' Protocolo simulación intermitente. 20' test carrera intermitente.	-CT: 2x5'. -CTS: 2' (agua fría)-2' (agua caliente). -GC: 15' sentados	-CT: 10° -CTS: - Frio:10° - Calor:40°	-Test RSA -FIM -DM -CK	-DS solo en DM a favor de CT sobre CTS y GC (48 post-esfuerzo).

2009	King and Duffield	10 jugadoras netball	2 sesiones de un circuito.	<ul style="list-style-type: none"> -RPAS (15') (40%VO-2max). -CT: 2x5' (2,5 descansa). 15' -CTS:1' (agua fría)-2'(ducha-calor). 15' 	<ul style="list-style-type: none"> -CT: 16° -CTS: <ul style="list-style-type: none"> -Frio:14° - Calor:39° 	<ul style="list-style-type: none"> -SJ -Test RSA -10 y20 m -TP -FC -RPE -DM 	<ul style="list-style-type: none"> -NS en ningún parámetro entre sesiones. - ↓ tamaño del efecto en Test RSA y VJ en CT y CTS. - ↑ FC, RPE y DM en el grupo RACT.
2009	Rowse et al.	20 jugadores fútbol juvenil	4 días de torneo.	<ul style="list-style-type: none"> -CT: 5x1'(1' entre inmersión). -CTS: 5x1'(1' entre inmersión). 20' post-partido. 	<ul style="list-style-type: none"> -CT: 10° -IAC: 34° 	<ul style="list-style-type: none"> -CMJ -DM -FC -Test RSA -Test (5' carrera) -CK -LACT 	<ul style="list-style-type: none"> -NS en ningún parámetro durante los 4 días de torneo entre grupos. - ↓ DM en el grupo CT entre partidos del torneo.
2009	Peiffer et al.	10 ciclistas entrenados	90' cicloergómetro (216 W) y 16 km en el ↓ tiempo.	<ul style="list-style-type: none"> -CT: 20' (25' post-test). -GC: Sentados 	<ul style="list-style-type: none"> -CT: 14° 	<ul style="list-style-type: none"> -FIM -TP -TR -DA 	<ul style="list-style-type: none"> -NS en TR, TP y DA (antes,0',45' y 90' posttest). - ↓ TR y TP mayor en el CWI. -DS en FIM (45' y 90') entre grupos (↓ en CT)

CT =Crioterapia; GC=Grupo control; FIM =Fuerza isométrica máxima ; NS =No diferencias significativas; TP=Temperatura piel; TR= Temperatura rectal; DA= Diámetro arterial; DS=Diferencias significativas; IAC = Inmersión Agua Caliente; RPE=Percepción del esfuerzo; FC=Frecuencia cardiaca; RSA=Resistencia a laVelocidad; CK=Creatin-Kinasa; LACT=Lactato; RPAS=Lactato; RPAS=Recuperación pasiva; CPI =Circunferencia pierna; CTS: Terapia contrastes; SJ=Salto vertical; RACT=Recuperación activa; CTS= Terapia contrastes; DM=Dolor muscular; TW= Trabajo total; AVW Potencia media; PW=Pico Potencia; SH= Salto horizontal; CSM= Concentración sérica mioglobina; CMJ=Salto con contramovimiento; MSJ=Masaje; CBRZ=Circunferencia brazo.-(

B) INMERSIÓN EN AGUA CALIENTE.

El uso del calor como una herramienta de recuperación ha sido recomendado para aumentar la capacidad de trabajo de los atletas (Viitasalo, Niemela et al. 1995), ayudar a la rehabilitación de lesiones de tejidos blandos y la recuperación atlética (Cornelius, Ebrahim et al. 1992; Brukner 1993). La mayoría de los protocolos de inmersión en agua caliente (IAC) se llevan a cabo en agua superior a 37 ° C, resultando en un aumento de la temperatura corporal (Weston, O'Hare et al. 1987; Bonde-Petersen, Schultz-Pedersen et al. 1992).

Los efectos fisiológicos de la inmersión en agua caliente quedan aun por determinar de una forma clara. Uno de las principales respuestas fisiológicas asociadas con la exposición al agua caliente es el incremento de la vasodilatación periférica, dando lugar a un aumento del flujo sanguíneo (Bonde-Petersen, Schultz-Pedersen et al. 1992; Wilcock, Cronin et al. 2006).

El efecto de la inmersión en agua caliente en el rendimiento posterior también es poco conocida. Viitasalo et al. (1995) incorporó tres series de 20 minutos de masajes con chorro bajo el agua caliente (~ 37 ° C) dentro de una semana de entrenamiento de jóvenes atletas. Los resultados indicaron un mejor mantenimiento en una prueba de saltos con caída ("*drop jumps*") tras el tratamiento, lo que supondría una disminución de las DOMS. Sin embargo, un aumento de la CK y la concentración de mioglobina en sangre observada tras el tratamiento, sugieren un mayor daño muscular. Los autores concluyeron que los masajes con chorro bajo el agua caliente (~ 37 ° C) en combinación con entrenamiento intensos de fuerza aumenta la liberación de proteínas en la sangre de los músculos mientras que mejora el mantenimiento de la funciones neuromusculares. Este último dato se contrapone al estudio de Vaile et al. (2008b) que encontraron que la crioterapia y los contrastes tienen mejor efecto en el mantenimiento de la potencia media y trabajo total en una prueba de cicloergómetro en ciclistas con respecto a la inmersión en agua caliente.

Solo encontramos un estudio realizado en futbolistas por Roswell et al. (2009), durante un torneo de cuatro días en el que se compara como medio de recuperación la crioterapia con la inmersión en agua caliente, no encontrando diferencias significativas entre los dos tratamientos aunque la sensación de fatiga y dolor muscular disminuye mas en el grupo que recibió el tratamiento con crioterapia.

Por lo tanto y a pesar de la hipótesis de los beneficios de este tratamiento como medio de recuperación, la evidencia científica (ver tabla 16) sugiere que la inmersión en agua caliente no es efectiva en relación a otras posibles opciones para la recuperación ya que no se obtienen mejoras significativas en el rendimiento ni en la recuperación.

Tabla 16.- Revisión de la inmersión de agua caliente sobre la recuperación.

Año	Autor	Sujetos	Método de Fatiga	Métodos de Recuperación	Temperatura	Variables Dependientes	Resultados
1995	Vitassalo et al.	14 atletas	5 sesiones de fuerza/potencia durante 1 semana (3días).	-IAC (3x20') -Semana control	- IAC:37°	- DJ continuos. -CK -CSM	- DS en la semana de IAC en ↓ de contacto. - Mejor mantenimiento Dj en la semana IAC. - ↑ CK y CSM con IAC en relación a la de control.
2007	Sellwood	40 hombres desentrenados.	Ejercicio excéntrico cuádriceps (5x10 120 ^a 1 RM).	-CT (3x1') -IAC	-CT:5° -IAC: 24°	-DM -CPI -SH -FIM -CK	-NS en ninguna de la variables analizadas (24,48 y 72 h post-test).
2008(a)	Vaile et al	38 hombres entrenador en fuerza	Trabajo excéntrico en leg press 5x10 (120% 1RM). Trabajo concéntrico 2x10 (100% 1RM)	-RPAS (14') -CT (14') -IAC (14') -CTS (14'- 1'-1')	-CT (15°) -IAC (38°) -CTS (15°-38°)	-SJ -FIM -CK -DM -CPI Pre-test, 1, 24, 48 y 72 h post-test.	-DS a favor de CT (24,48 y 72h) y CTS (48 y 72 h) en ↑ Sv y ↑ FMI con relación a RPAS. -DS a favor de CT 24,48 y 72 h post en DM.
2008(b)	Vaile et al.	12 ciclistas	Test isométrico cicloergómetro. (5 sesiones).	1 ^a -Sesión: CT (14'). 2 ^a -Sesión: IAC (14'). 3 ^a -Sesión: CTS (14' 1'-1'). 4 ^a -Sesión: RPAS (14').	1 ^a -10° 2 ^a -15° 3 ^a -20° 4 ^a -20°	-TW -TC -TP -Lact -RPE -FC	-DS entre la RACT y las otras sesiones ↓ TW. -NS entre las sesiones aunque las sesiones con CT mantienen mejor el TW que la RACT y IAC.
2009	Rowse et al.	20 jugadores fútbol	4 días de torneo	-CT: 5x1'(1' entre inmersión). -IAC: 5x1'(1' entre inmersión). 20' post-partido.	-CT: 10° -IAC: 34°	-CMJ -RPE -FC -Test RSA -Test (5' carrera) -CK -LACT	-NS en ningún parámetro durante los 4 días de torneo entre grupos. ↓ RPE en el grupo CWI.

CT =Crioterapia; IAC=Inmersión Agua Caliente; CMJ=Salto con contramovimiento; RPE= Percepción del esfuerzo; FC=Frecuencia cardiaca; RSA= Resistencia a laVelocidad; CK =Creatin-kinasa; LACT=Lactato; NS =No diferencias significativas; RM=Repetición Máxima; CT=Terapia Contrastes; SJ= Salto vertical; FIM=Fuerza isométrica máxima; CK=Creatin-Kinasa; CPI= circunferencia pierna; DS=Diferencias significativas; RPAS=Recuperación pasiva; TW=Trabajo total; AWW Potencia media; TP= Temperatura piel; TR= Temperatura rectal; SH= Temperatura rectal; DJ= Drop Jump; CSM=Concentración sérica mioglobina.

C) TERAPIA DE CONTRASTES.

La terapia de contraste (CTS) consiste en alternar inmersiones en agua caliente y fría de forma alterna. Su utilización ha sido de uso frecuente dentro de la medicina deportiva (Higgins and Kaminski 1998) y ahora es de uso común dentro de la comunidad deportiva como medio de recuperación. Aunque la investigación de la terapia de contrastes en agua como medio de recuperación para el dolor muscular y la fatiga inducida por el ejercicio es limitada, varios investigadores han propuesto posibles mecanismos que pueden apoyar su uso. Higgins and Kaminski (1998) sugieren que la terapia acuática de contraste puede reducir el edema a través de una “acción de bombeo”, creada por la alternancia vasodilatación-vasoconstricción. La terapia de contrastes en agua puede provocar otros cambios, como aumento o disminución de la temperatura del tejido, el aumento o disminución del flujo sanguíneo, cambios en la distribución del flujo sanguíneo, reducción de los espasmos musculares, hiperemia de los vasos sanguíneos superficiales, disminución de la inflamación y una mejora en el rango de movimiento (Myrer et al. 1994).

Myrer et al. (1994) propusieron que si la terapia de contrastes producía efectos fisiológicos (vasodilatación y vasoconstricción de los vasos sanguíneos locales, cambios en el flujo sanguíneo, reducción de la hinchazón e inflamación y el espasmo muscular) debería de provocar fluctuaciones significativas de la temperatura muscular debido a la alternancia calor y frío. Los participantes en su estudio alternaron la inmersión de su pierna en agua caliente (40,6°) durante 4 minutos para acto seguido introducirla en agua fría (15,6°) durante 1 minuto, repitiendo este proceso durante cuatro veces. Este protocolo no produjo diferencias significativas en la temperatura intramuscular de 1 cm por debajo de la piel en el músculo gemelo. En un estudio posterior Myrer et al (1997) cambiaron la modalidad de la terapia de contrastes utilizando compresas frías y calientes. La duración de la exposición se extendió a 5 min tanto para el tratamiento de frío-calor. La justificación del uso de los paquetes era dar una penetración más profunda, una mayor transferencia de calor y provocar unas fluctuaciones de temperatura superior. Los resultados de su estudio verificaron que el tratamiento de contraste frío-calor no produce los efectos fisiológicos necesarios para inducir cambios de temperatura intramuscular. Higgins and Kaminski (1998) también llegaron a resultados similares.

La terapia de contraste en agua se ha encontrado que disminuye los niveles de lactato después del ejercicio (Coffey, Leveritt et al. 2004; Hamlin 2007; Morton 2007). Coffey et al. (2004) investigaron los efectos de tres diferentes intervenciones de recuperación (activa, pasiva y contrastes). La terapia de contraste en agua y la recuperación activa provocaron una mayor reducción de la concentración de lactato en cantidades similares después de correr. Además, la terapia de contraste se asoció con una percepción de mayor recuperación por parte de los participantes. Sin embargo, el rendimiento durante la repetición de la prueba de carrera de alta intensidad regresó a los niveles

basales cuatro horas después del ejercicio inicial, independientemente de la intervención de recuperación utilizada.

En estudios más recientes (ver tabla 17) que investigan el efecto de la terapia de contrastes sobre el dolor muscular y la recuperación del rendimiento en ejercicios explosivos, en la mayoría de ellos no existen diferencias significativas en relación a otras terapias como la crioterapia o la recuperación activa, incluso en algunos como el de Kinugasa and Kilding (2009) la combinación de estos dos tuvo mejores efectos sobre la sensación de recuperación en comparación con la terapia con contraste en futbolistas. En relación a la recuperación y mantenimiento de parámetros neuromusculares, la terapia con contrastes provoca una mejora con relación a métodos de recuperación pasivos (Kuligowski, Lephart et al. 1998; Vaile, Gill et al. 2007; Vaile, Halson et al. 2008; Vaile, Halson et al. 2008). Sin embargo, Hamlin (2007) y King and Duffield (2009) encontraron que con la terapia de contrastes no había diferencias significativas sobre el rendimiento en pruebas de velocidad intermitente (RSA). Por lo tanto, mientras que la terapia de contraste de agua parece ser beneficiosa en la recuperación y mantenimiento de la fuerza, no puede acelerar la recuperación en ejercicios repetitivos de sprint.

A pesar de la popularidad de la inmersión en agua caliente-fría como una modalidad de recuperación, pocas investigaciones se han llevado a cabo para explicar los efectos fisiológicos que se producen después del ejercicio. Además, las directrices de la duración calor-frío, las repeticiones, la temperatura, el uso de chorros subacuáticos y el efecto de adaptación del cuerpo a la terapia de contrastes deben de ser todavía investigadas para que esta terapia ayude a la recuperación del deportista.

Tabla 17.- Revisión de la terapia de contraste sobre la recuperación

Año	Autor	Sujetos	Método de Fatiga	Métodos de Recuperación	Temperatura	Variables Dependientes	Resultados
1998	Kuligowski	26 hombres y 26 mujeres	5x10. Ejercicio excéntrico flexores codo (1 RM + 2.27 Kg).	- IAC (24') - CT (24') - CTS (24'- 3'-1') - GC	- IAC: 38,9° - CT: 12,8° - CTS : - Calor: 38,9° - Frio:12,8°	-ROM (codo) -DM -FIM Pre-test 0'-24, 48 y 72 h post-terapia. - LACT -RPE	- El grupo CT y CTS retornan más rápido a valores iniciales. - DS en DM a favor del CWI y CTWI. - ↓ LACT con CTS y RACT. - ↑ RPE en la recuperación en CTS.
2004	Coffey et al.	14 hombres	Prueba de carrera hasta el agotamiento al 120% y 90% de pico la velocidad de carrera.	- RACT (15') - RPAS (15') - CTWI (15'-1'-2')	-CTS : - Frio:10° - Calor:42°		
2006	Gill et al.	23 jugadores de rugby (elite)	Partido de rugby.	- 4 semanas de competición cada partido una terapia: 1. RPAS (rutina postpartido). 2. RACT (Bicleta 9'-150W) 3. CTS(9'- 1'-2') 4. RC (12 h post partido).	-CTS: -Frio.8° -Calor 40°- 42°.	-CK pre and 3, 5 24h, 36h, 84 h. Post-parted.	-NS entre las diferente propuestas de recuperación pero si una mejora mayor con las terapias activa, CTS y RC con respecto a la pasiva.
2008	French et al.	26 hombres	6x10 squats excéntricos 100% 1RM.	1.CTS 2.RC 3.Control	-CTS	-CK -MB 1h, 24h y 48h post-ejercicio -DM -limb girth -30 m sprint 48h post-ejercicio	-NS salvo una disminución transitoria en el dolor muscular con CTS.
2007	Hamlin et al.	20 jugadores de rugby	Prueba RSA.	- RACT (6') - CTS (6'-1'-1')	-CTS: - Frio:10° - Calor:38° (ducha)	-LACT -FC - Tiempo RSA (1h después)	- ↓ Lacty FC mayor con CTS. - NS en la prueba de RSA (1 h después) entre terapias.
2007	Vaile et al.	4 hombre y 9 mujeres activos físicamente	5x10 leg- press 140% 1 RM (2 sesiones separadas por 6 semanas).	- 1° Sesión: CTS (15'- 1'-2') -2° Sesión: RPAS (15').	-CTS : - Frio:8°-10° - Calor:40°-42°.	-CK -DM - FIM - CPI - SJW 0'-24, 48 y 72 h post-terapia.	- DS en CPI a favor de CTS. - ↑ reducción y rapidez en recuperar FIM y SuW con CTWI. - NS en CK y DM entre terapias.

2008(a)	Vaile et al.	38 hombres entrenador en fuerza	Trabajo excéntrico en leg-press 5x10 (120% 1RM). Trabajo concéntrico 2x10 (100% 1RM).	-RPAS (14') -CT (14') -IAC (14') -CTS (14'- 1'-1')	-CT (15°) -IAC (38°) -CTS (15°-38°)	-SJ -FIM -CK -DM -CPI Pre-test, 1, 24, 48 y 72 h post-test	-DS a favor de CT (24,48 y 72h) y CTS (48 y 72 h) en Sv y ↑ FMI con relación a RPAS. -DS a favor de CT 24,48 y 72 h post en DM.
2008(b)	Vaile et al.	12 ciclistas	Test isométrico cicloergómetro. (5 sesiones).	1ª-Sesion: CT (14'). 2ª-Sesion: IAC (14'). 3ª-Sesion: CTS (14' 1'-1'). 4ª-Sesion: RPAS (14').	1ª-10° 2ª-15° 3ª-20° 4ª-20°	-TW -TC -TP -LACT -RPE -FC	-DS entre la RACT y las otras sesiones ↓ TW. -NS entre las sesiones aun-que las sesiones con CT mantienen mejor el TW que la RACT y IAC.
2009	Ingram et al.	10 jugadores de varios deportes de equipo.	80' Protocolo de simulación intermitente. 20' test de carrera intermitente.	-CT: 2x5'. -CTS: 2' (agua fría)-2' (agua caliente). GC: 15' sentados	-CT: 10° -CTS: - Frio:10° - Calor:40°	-Test RSA -FIM -DM -CK	-DS solo en DM entre CT sobre CTS y GC.
2009	King and Duffield	10 jugadoras netball.	2 sesiones de un circuito.	-RPAS 15' -RACT 15' (40%VO2max). -CT: 2x5' (2,5 descanso). 15' CTS:1'(agua-fría)/2'(ducha-calor), 15'	-CT: 16° -CTS: -Frio:14° - Calor:39°	-SJ -Test RSA -10 y20 m -TP -FC -RPE -DM	-NS en ningún parámetro entre sesiones. - ↓ tamaño del efecto en Test RSA y SJ en CT y CTS. - ↑ FC, RPE y DM en el grupo RACT.
2009	Kinugasa and Kilding	28 jugadores de fútbol.	3 partidos de fútbol	- 1º Partido. CTS (9'-1'-2') - 2º Partido. COM (9'- 1' CT- 2' RACT -cicloergómetro 2') - 3º Partido: RPAS 9'.	-CTS: -Frio:12° - Calor:38° -CWI: 12°	-SJ -FC -TR -PQR 10' pre-partido- 1' post-partido y 0', 24 h post-terapia.	- NS entre terapias. - ↑ PQR en terapia COM en relación a CTS y RPAS.

CTS= Terapia Contrastes; COM=Combinado; CWI =Crioterapia; RACT=Recuperación activa; RPAS=Recuperación pasiva; SJ= Salto vertical; FC=Frecuencia cardíaca; TR= Temperatura rectal; RPE =Percepción del esfuerzo; PQR= Percepción cualitativa recuperación ; DS=Diferencias significativas; RSA= Resistencia a la Velocidad; DM=Dolor muscular; NS =No diferencias significativas; CK =Creatin-kinasa; GC=Grupo control; FIM=Fuera isométrica máxima; TP = Temperatura piel; IAC=Inmersión en agua caliente; CPI =Circunferencia de la pierna; TW=Trabajo total; PW= Potencia; AWW= Potencia media; RC=Ropa Compresiva; MB= mioglobina; LACT=Lactato; SJW =Salto vertical con carga;

2.3. [CONCEPTOS FÍSICOS Y NEUROFISIOLÓGICOS DEL ENTRENAMIENTO CON VIBRACIONES].

2.3.1. [CONCEPTO DE VIBRACIÓN].

En términos muy simples una vibración es un movimiento oscilatorio de pequeña amplitud. Todos los cuerpos poseen una señal de vibración en la cual plasman cada una de sus características. La vibración que normalmente se utiliza para el entrenamiento son las vibraciones *senoidales* (Seidel 2005). Estas son las más simples y representan oscilaciones puras. Únicamente hemos encontrado una publicación que se haya utilizado para el entrenamiento, la vibración randomizada estacionaria (Cronin J. 2007) (véase Figura 3).

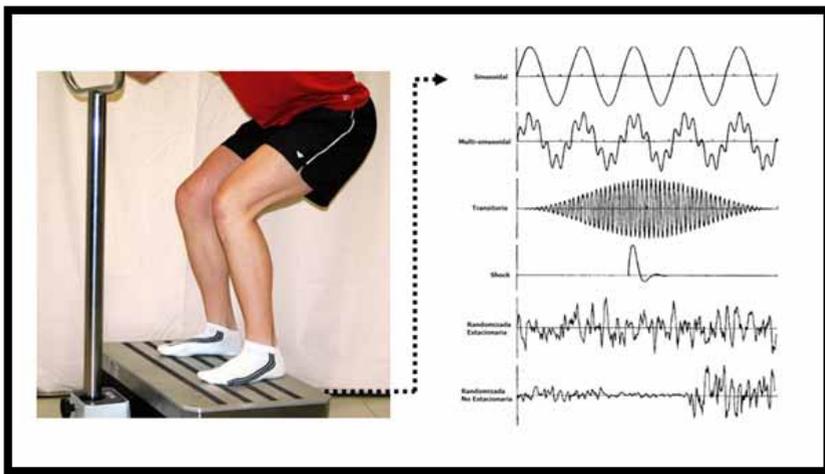


Figura 3. Representación de diferentes tipos de vibración, empezado por arriba: Senoidal, Multi-senoidal, Transitoria, Shock, Randomizada Estacionaria, y Randomizada No Estacionaria (modificado de Jordan y col [Jordan, Norris et al. 2005]).

2.3.2. [PARÁMETROS DE LA VIBRACIÓN].

A) FRECUENCIA

La frecuencia es el término empleado para indicar el número de veces que se repite en un segundo cualquier fenómeno periódico. La frecuencia de las vibraciones se expresa en ciclos por segundo (hercios, Hz) (Figura 4). El estímulo vibratorio ha sido estudiado con diferentes rangos de frecuencia; con altas frecuencias (40-200 Hz) (Martin and Park 1997) y bajas frecuencias (< 50 Hz) (De Gail 1966). Registra la mayor evocación del reflejo tónico vibratorio (RTV) con frecuencias por debajo de 150 Hz. A su vez, en el estudio De Gail et al. (1966) fue aplicada la vibración de modo creciente; registrando disminución de la evocación del RTV cuando la frecuencia estaba próxima a 50 Hz.

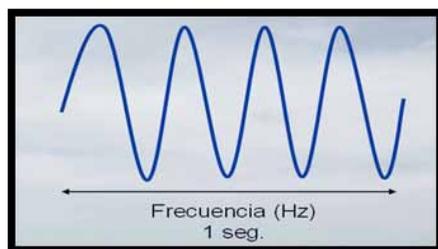


Figura 4. Describe la frecuencia en una onda vibratoria senoidal.

Dentro del ámbito del entrenamiento deportivo, las frecuencias de vibración más utilizadas en investigación, para el entrenamiento de la fuerza y la potencia muscular, han sido 30 y 40 Hz (plataforma vertical), y 26 Hz (plataforma oscilatoria) (Marín and Rhea 2010). En el estudio realizado por Cardinale and Lim (2003), en el cual analizan la actividad electromiográfica (EMGrms) del vasto lateral (VL) del cuádriceps, en posición de sentadilla, con 100° de flexión de la articulación de la rodilla, a diferentes frecuencias de estimulación neuromuscular mecánica (ENM), 30, 40 y 50 Hz, con 10 mm de amplitud (pico a pico). En estas condiciones, encontraban un aumento mayor de la actividad EMGrms en el VL del cuádriceps a 30Hz con 10 mm de amplitud (pico a pico).

En esta misma línea de trabajos, recientemente, fue analizada la actividad EMGrms en 10 estudiantes universitarios, físicamente activos, en los músculos: vasto lateral (VL), bíceps femoral (BF), bíceps (B) y tríceps (TB) braquial, en los ejercicios de semi-squat y el curl de bíceps, en contracción isométrica y anisométrica, a diferentes frecuencias (25, 30, 35, 40 y 45 Hz) y amplitudes (2 y 4 mm). Manifestándose un incremento mayor de la actividad EMGrms para el VL en dinámico 3.7 a 8.7%, respecto a la contracción máxima voluntaria (CMV). Para el BF, el mayor incremento de la EMGrms, fue en isométrico 0.8 a 1.2% de la CMV. Por último, para el TB y B, la mayor EMGrms fue dinámico 0.2-1 % y 0.6%-0.8%, respectivamente. Atendiendo a los parámetros de regulación, la mayor respuesta neuromuscular, se obtuvo en todos los músculos analizados, cuando se aplicaron frecuencias altas (35, 40 y 45 Hz), y 4 mm de amplitud (Hazell, Jakobi et al. 2007).

Por otra parte, atendiendo a la metodología de progresión, la literatura describe métodos poco homogéneos, por ejemplo hay estudios que incrementan la frecuencia durante las sesiones del proceso de entrenamiento (Torvinen, Kannus et al. 2002; Torvinen, Sievanen et al. 2002; Delecluse, Roelants et al. 2003; Roelants, Delecluse et al. 2004; Roelants, Delecluse et al. 2004; Verschueren, Roelants et al. 2004). Y otros que, contrariamente, mantienen constante la frecuencia en todas las sesiones de la intervención, a 18 Hz (Rittweger, Ehrig et al. 2002), 26 Hz (Bosco, Iacovelli et al. 2000; Marin and Rhea 2010) y 30 Hz (de Ruitter, Van Raak et al. 2003). No obstante, en los meta-

análisis desarrollados por Marín and Rhea (2010), registraron que los estudios que modifican la frecuencia, a largo de proceso de entrenamiento, obtenían mayores beneficios frente a los estudios que la mantenían constante.

B) AMPLITUD

La amplitud es la distancia entre los extremos alcanzados por el movimiento (valor *pico-pico*), o también el recorrido comprendido desde el punto central hasta la desviación máxima, (valor *pico*, o descrito únicamente como *amplitud*) (Figura 5).

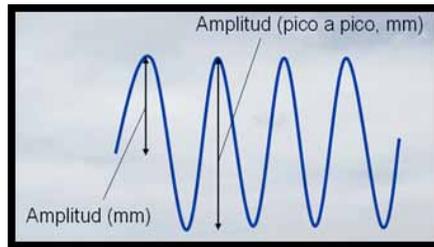


Figura 5. Onda senoidal con descripción de los parámetros de amplitud y amplitud pico a pico.

Atendiendo al estudio realizado por Hazell et al (2007), citado anteriormente, fue registrada mayor actividad EMGrms, para la musculatura del tren superior como inferior con 4 mm vs. 2 mm (pico a pico). Rittweger et al (2002), analizaron el consumo de oxígeno con diferentes amplitudes desde 2.5 a 7.5 mm, registrando mayores consumos de oxígeno con amplitudes cercanas a 7.5 mm. Por tanto, podríamos pensar que existe una relación directa entre amplitud y efectos.

No obstante, consideramos oportuno reflexionar sobre los valores de amplitud descritos por los estudios que utilizaban plataformas de movimiento principalmente vertical (se describen después). Este tipo de sistemas generan la vibración por mecanismo de excentricidad de los cabezales rotores de los motores, permitiendo los grados de libertad del sistema (amplitud de vibración) a tenor de los materiales elastoméricos situados debajo de los motores, y el peso del sujeto. Por tanto, este tipo de plataformas con diferentes pesos, pueden generar amplitudes distintas.

C) MAGNITUD

Viene expresada en unidades de aceleración (m/s^2 o g ; $g = 9.81 m/s^2$), obteniéndose de forma directa mediante acelerómetros (ver Figura 7), o de manera indirecta a partir de la frecuencia (en ciclos por segundo Hz), y la amplitud (en metros) (Griffin 1997) (Figura 6).

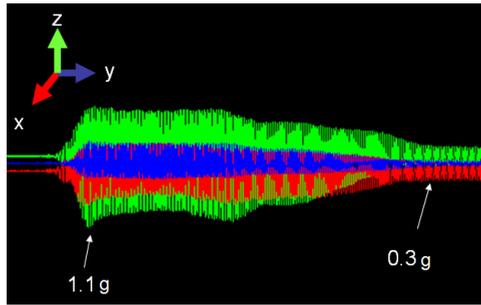


Figura 6. Análisis de la magnitud de una plataforma de vibraciones (SoloFlex®), realizado mediante el acelerómetro tridimensional (G-Link® Wireless Accelerometer Node, MicroStrain, Inc., USA). (Marín, datos sin publicar).

D) DIRECCIÓN.

Las vibraciones pueden producirse en tres direcciones lineales y tres rotacionales. Los ejes lineales se designan como eje x (longitudinal), eje y (lateral) y eje z (vertical). Las rotaciones alrededor de los ejes x, y, z se designan como rx (balanceo), ry (cabeceo) y rz (deriva), respectivamente (Griffin 1997). Generalmente el eje predominante en las plataformas vibratorias, posteriormente descritas, es el z.

E) DURACIÓN.

La respuesta humana a las vibraciones depende en gran medida de la duración total de la exposición a las vibraciones (Marín y Rhea 2010). El volumen (segundos de estímulo) más utilizado por la comunidad científica para aumentar los niveles de fuerza son 690 segundos (plataformas verticales) y 480 segundos (plataformas oscilatorias). En cambio, el entrenamiento orientado hacia la potencia muscular, los volúmenes más utilizados son 300 segundos (plataformas verticales) y 77 segundos (plataformas oscilatorias) (Marín y Rhea 2010).

F) RESONANCIA.

Constituye el fenómeno que presenta un sistema físico influido por una fuerza de excitación periódica externa (la vibración). Este fenómeno físico puede darse en cualquier estructura (véase Figura 7). La amplitud resultante de la oscilación del sistema es grande, cuando la frecuencia de la fuerza de excitación está próxima a la frecuencia libre natural del sistema (las estructuras del organismo). Esta frecuencia está comprendida para nuestro organismo entre 9 y 16 Hz (Randall, Matthews et al. 1997), excepto para la región ocular que es entre 20 y 25 Hz (Mester, Kleinoder et al. 2006). Por ello, para que nuestras estructuras no entren en resonancia y no sufran lesiones, deberíamos utilizar frecuencias mayores a 20 Hz (Mester, Kleinoder et al. 2006).

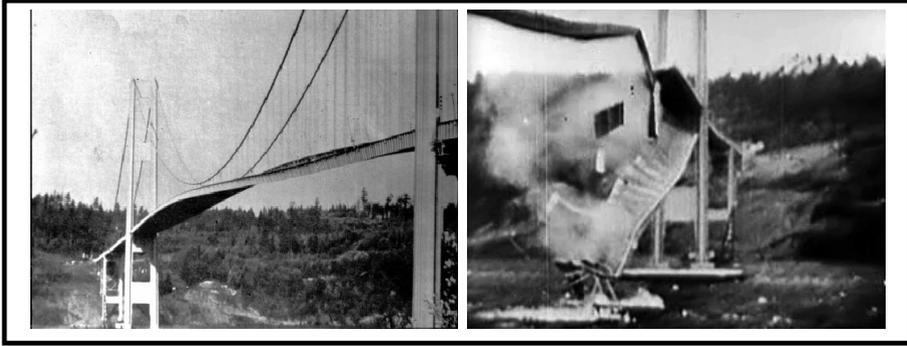


Figura 7. Hundimiento del puente de Tacoma por el efecto de la resonancia, (Washington, Julio de 1940).

2.3.3. [FACTORES NEUROFISIOLÓGICOS].

La aplicación de una vibración mecánica sobre una estructura músculo-tendinosa produce un reflejo de contracción muscular, denominado Reflejo Tónico Vibratorio (RTV) (Hagbarth 1967; Abbruzzese, Hagbarth et al. 1978; Bongiovanni and Hagbarth 1990). Dicha contracción muscular puede involucrar, a su vez, el reflejo de inhibición recíproca de la musculatura antagonista (Crone and Nielsen 1994).

Según Johnston et al (1970) , la intensidad de la contracción muscular desarrollada por el RTV es dependiente de diferentes factores, como son: (i) la longitud inicial de la musculatura implicada; (ii) la localización de la maquinaria que genera las vibraciones; (iii) los parámetros de la ENM (principalmente, frecuencia y amplitud); (iv) el estado de excitabilidad del sistema nervioso central.

Atendiendo a un interesante estudio desarrollado por Roll et al (1989) demuestran mediante microneurografía (registro nervioso a nivel intraneural o intrafascicular) que la evocación del RTV estimula de manera predominante las fibras la frente las II o Ib. A su vez, el RTV está mediado por los receptores cutáneos (Abbruzzese, Hagbarth et al. 1978), véase la Figura 8.

2.3.4. [INTERRELACIÓN DE FACTORES].

En relación con la Figura 9, la magnitud de recepción de un estímulo vibratorio (EV), viene determinado por múltiples factores como son los relacionados con la emisión de vibración (sistema) y la recepción de la vibración (características de la persona). Por tanto, el EV recibido (no siempre es el mismo que el emitido) activa los receptores cutáneos y el huso muscular (HM) produciendo un aumento de la excitación de la motoneuronas a, todo ello mediado por centros motores superiores, sin olvidarnos de la importante implicación de la activación a-g.

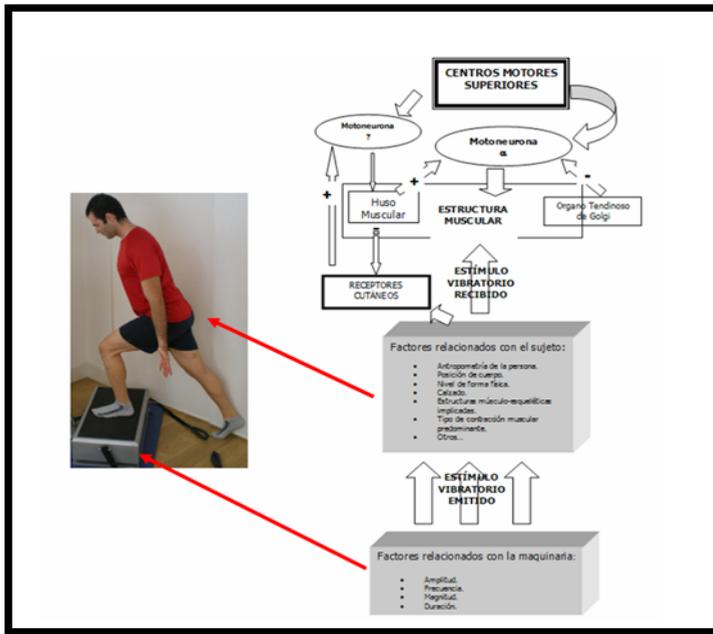


Figura 8. Relación del estímulo vibratorio emitido y recibido (Marín, 2007).

Para sintetizar los conceptos clave influyentes en efectos de la ENM debemos citar, la activación del RTV y el incremento de acción gravitacional (aumento de la aceleración), (Figura 9).

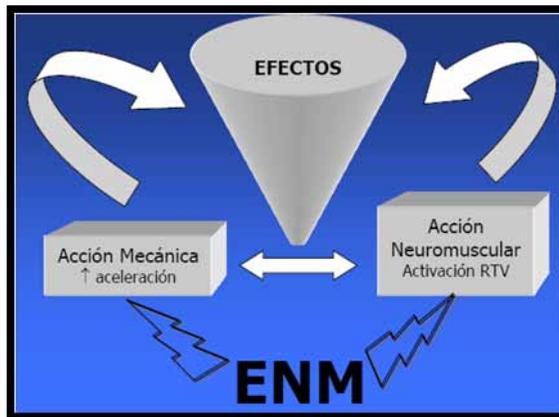


Figura 9. Esquema de hipótesis sobre los efectos de la ENM. Es importante matizar, que en los sistemas de carácter puntual, (posteriormente explicados), no desarrollan un significativo incremento de la aceleración (Marin 2007).

2.3.5. [SISTEMAS PARA APLICAR EL ESTÍMULO VIBRATORIO].

Los sistemas con los que podemos aplicar un estímulo vibratorio al organismo son variados tanto en las características técnicas como en los efectos que desarrollan, véase Figura 10.

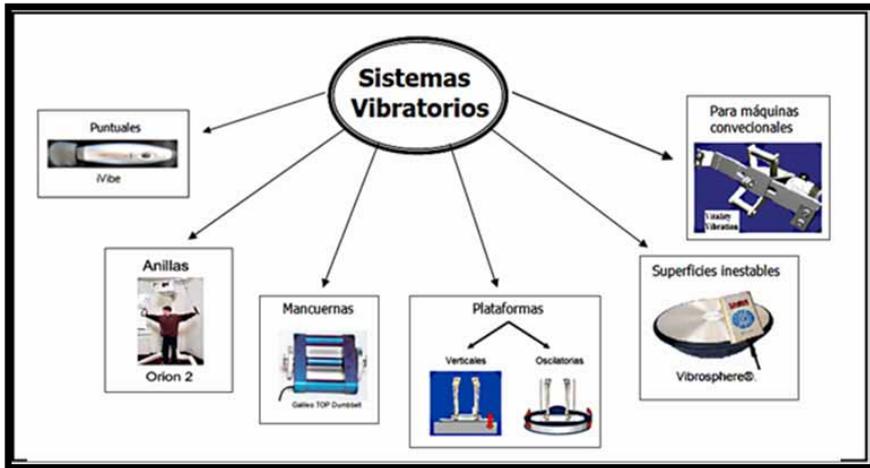


Figura 10. Representación de los diversos sistemas generadores de vibraciones.

2.3.6. [PLATAFORMAS DE VIBRACIONES].

Actualmente, las plataformas son los sistemas más utilizados dentro de las áreas de investigación y entrenamiento; existiendo principalmente dos tipos: las que generan el movimiento principalmente vertical y las de movimiento oscilatorio. Como comentábamos anteriormente, no podemos generalizar sobre los efectos de las vibraciones, y lo mismo ocurre con las plataformas. Por consiguiente, pasaremos al análisis descriptivo, y de los efectos electromiográficos y de aceleración de ambos sistemas.

2.3.7. [SISTEMA OSCILATORIO *VERSUS* VERTICAL].

2.3.7.1. [ANÁLISIS DESCRIPTIVO].

Ambos sistemas están constituidos por una superficie donde se generan las vibraciones, una columna con un manillar para facilitar las ejecuciones y un cuadro de control por el cual son introducidos los parámetros de tiempo, frecuencia y amplitud (en el sistema vertical).

Prestando atención a la regulación de la frecuencia de vibración, las plataformas oscilatorias (PO) permiten iniciar las vibraciones desde frecuencias más bajas, pero a su vez no admiten llegar a la frecuencia de 50 Hz, como ocurre con las plataformas de movimiento predominantemente vertical (PV).

La gran diferencia que hay entre PO y PV es el movimiento que transfieren al cuerpo. El primer sistema, genera de manera alternativa, la flexión y extensión de los miembros que están en contacto con la plataforma. El segundo, desarrolla un movimiento simultáneo de flexo-extensión de los miembros apoyados en la máquina, (Figura 11).

<u>Tipos de plataformas vibratorias</u>	Sistema de rotación sobre un eje horizontal (PO)	Sistema de movimiento vertical (PV)
Posibles Frecuencias	5-30 Hz	25 a 50 Hz
Posibles Amplitudes	0-13 mm	2-4mm ó de 4-6 mm

Figura 11. Diferencia de regulación y movimiento de las plataformas oscilatorias (PO) y de movimiento principalmente vertical (PV).

La PO permite mayores posibilidades de ajuste de la amplitud de vibración, ya que cuanto más nos separamos de la línea media de la plataforma, mayor es la amplitud que genera. Actualmente, con la PV podemos optar solamente por dos márgenes de vibraciones.

2.3.7.2. [EFECTOS DEL SISTEMA OSCILATORIO Y VERTICAL A NIVEL ELECTROMIOGRÁFICO Y DE ACELERACIÓN].

Atendiendo a las diferencias de la actividad electromiográfica (EMGrms) generadas por la PV versus a la PO. Abercromby et al. (2007a) han analizado la activación EMGrms en vasto lateral de cuádriceps (VL), bíceps femoral (BF), gastrocnemio (GM) y el tibial anterior (TA), a diferentes grados flexión de sentadilla, en dinámico, fase excéntrica y concéntrica, y en régimen de contracción isométrico, a 30 Hz y 4 mm de amplitud (pico a pico). Siendo la posición isométrica de 20° de flexión la que mayor activación neuromuscular generó. A su vez, la PO generó mayor activación en el VL, BF y GM, únicamente el TA fue activado más con la PV (Tabla 18).

Tabla 18. Porcentaje de incremento de la actividad EMGrms respecto a la señal sin ENM en la plataforma oscilatoria (PO) y vertical (PV) en: dinámico, isométrico a 18.5 + 3° de flexión de rodilla, fase excéntrica entre (16-20° de flexión de rodilla), y fase concéntrica entre (16-20° de flexión de rodilla) (Abercromby, Amonette et al. 2007) NS=sin diferencias estadísticamente significativas.

	Porcentaje de incremento EMGrms respecto a la señal sin ENM							
	Dinámico		Isométrico		Excéntrico		Concéntrico	
	PO	PV	PO	PV	PO	PV	PO	PV
Vasto lateral	26	NS	103	77	26	30	26	NS
Bíceps femoral	30	NS	10	9	NS	NS	48	NS
Gastrocnemio	106	34	151	132	123	40	89	29
Tibial anterior	57	145	328	223	50	28	63	261

Por otra parte, analizando la aceleración transmitida a la cabeza fue de un 71% al 189 % mayor en la PV versus a la PO. Este efecto, posiblemente sucede por la basculación pélvica desarrollada en la PO. Analizando la flexión de las rodillas, entre 26 y 30°, son los grados articulares que mayor energía absorbieron (Abercromby, Amonette et al. 2007) (Figura 12).

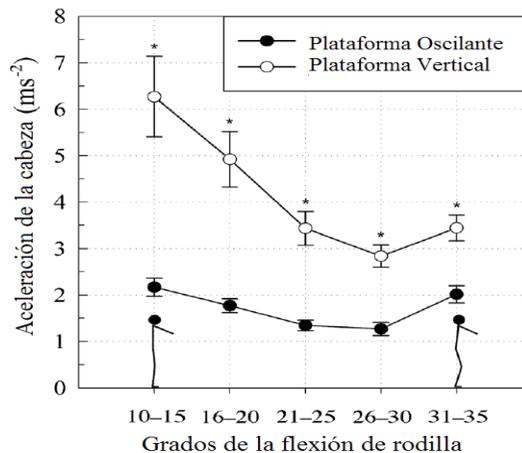


Figura 12. Diferencias de aceleración transmitida a la cabeza (ms⁻²) de una plataforma oscilante y otra vertical a 30 Hz y 4 mm de amplitud (pico a pico), atendiendo a los grados de flexión de la articulación de la rodilla adaptado de (Abercromby, Amonette et al. 2007).

2.3.7.3. [PUNTUALES].

En los sistemas de aplicación de vibraciones de carácter puntual, las frecuencias pueden oscilar entre 50 a 100 Hz y la amplitud 0,5 a 1 mm pico

a pico. Existe evidencia sobre la utilización de estos sistemas para mejorar la amplitud articular en pacientes que cursan con espasticidad asociada a la enfermedad motriz cerebral (García 2001). Los sistemas puntuales también potencian el efecto individual analgésico del TENS (Estimulación neuromuscular transcutánea), cuando son aplicados de manera simultánea (Guieu, Tardy-Gervet et al. 1991) (Figura 10).

2.3.7.4. [ANILLAS CON ESTÍMULOS VIBRATORIOS].

Procedente del entrenamiento de los gimnastas rusos, se encuentran en el mercado unos sistemas de anillas que generan vibraciones con frecuencias entre 15 a 35 Hz. Mediante este sistema se pueden realizar ejercicios suspendidos en las anillas con ENM (Figura 10).

2.3.7.5. [MANCUERNAS CON ESTÍMULOS VIBRATORIOS].

Por otra parte, se han diseñado mancuernas con ENM, con capacidad de regulación entre 5 a 30 Hz de frecuencia y con amplitudes comprendidas entre 2 y 4 mm. El peso de este tipo de mancuerna suele ser inferior a 10 Kg (Figura 10).

2.3.7.6. [SUPERFICIES INESTABLES CON ESTÍMULOS VIBRATORIOS].

Dentro de las plataformas o superficies que generan estímulos vibratorios, recientemente se ha desarrollado un sistema que fusiona el concepto de superficie inestable semiesférica más ENM. Las frecuencias utilizadas por este dispositivo son entre 20-45 Hz (Figura 10).

2.3.8. [EFECTOS GENERALES DEL ENTRENAMIENTO CON VIBRACIONES PARA LA SALUD Y EL RENDIMIENTO].

Un gran número de estudios han demostrado mejoras de la fuerza, la potencia muscular, la capacidad de salto (Rhea, Bunker et al. 2009), y la velocidad de carrera (Paradis G. 2007). Estos estudios se caracterizan por utilizar frecuencias entre 25 y 50 Hz con amplitudes entre 1–10 mm, y magnitudes entre 3–7 g.

Por otra parte, la ENM ha demostrado influir positivamente sobre las estructuras óseas, tanto en animales (Brouwers, van Rietbergen et al. ; Flieger, Karachalios et al. 1998; Judex, Lei et al. 2007), como en seres humanos (Torvinen, Sievanen et al. 2002; Verschueren, Roelants et al. 2004; Gusi, Raimundo et al. 2006) teniendo en común todos estos estudios el haber utilizado frecuencias altas (30–90 Hz) con bajas magnitudes 0.2–2g. No obstante, también se han registrado mejoras en las estructuras óseas con bajas frecuencias y altas aceleraciones, utilizando una plataforma oscilante. En un estudio realizado por Gusi et al. (2006), compararon durante un periodo de 8 meses con 3 sesiones por semana de ENM, a razón de 6 series de 1 minuto a 12.6 Hz y

5g de magnitud con 1 minuto de recuperación entre series, frente a caminar 55 minutos. EL grupo de ENM desarrolló incrementos significativos en la densidad mineral ósea, a nivel del cuello femoral (4.3%), y en el equilibrio (29%).

Por lo tanto, se atribuye a este tipo de entrenamiento/tratamiento la posibilidad de mejorar tanto el rendimiento deportivo de personas de mediana edad, así como la calidad de vida de las personas de edad avanzada. Es evidente, que poseer una correcta coordinación y unos adecuados niveles de fuerza reducen el riesgo fracturas óseas por caída. Runge et al. (2000) registraron mejoras de coordinación y equilibrio en 35 personas mayores, con dos meses de entrenamiento con vibraciones de carácter oscilatorio a 27 Hz y de 7 a 14 mm de amplitud (pico a pico).

Del mismo modo, la ENM ha reportado beneficios significativos para mejorar la amplitud del moviendo articular “flexibilidad”(Sands, McNeal et al. 2006; van den Tillaar 2006; Marín 2007). Issurin et al. (1994) registró que el entrenamiento con vibraciones podía aumentar la flexibilidad, a razón de 3 días por semana durante 3 semanas. La frecuencia de aplicación de las vibraciones en este estudio fue de 44 Hz, con una amplitud de 3 mm. En esta línea, estudios recientes siguen corroborando aumentos significativos de la flexibilidad de la musculatura isquiosural en mujeres entrenadas (Fagnani, Giombini et al. 2006), y en población con una especial amplitud articular como son los gimnastas (Sands, McNeal et al. 2006). Estos estudios se hicieron con diferentes sistemas, frecuencias (26 a 44 Hz) y amplitudes (3 a 7 mm).

Otra reciente línea de investigación ha consistido el estudio de los efectos del ENM en pacientes con patología parkinsoniana. En este sentido, el grupo de investigación de Haas et al. (2006) registraron, con una sesión de 5 series de 1 minuto, mejoras significativas en los síntomas de temblor (25%) y rigidez muscular (24%). Concluyendo que la ENM, en pacientes con Parkinson, puede mejorar la función del área motora suplementaria y de los neurotransmisores.

2.4. [EFECTOS DE LAS VIBRACIONES COMO MEDIO DE RECUPERACIÓN POST-ESFUERZO.]

Las vibraciones en todo el cuerpo (WBV) se han sugerido como uno de los métodos de recuperación post-esfuerzo (Rhea, Bunker et al. 2009).

Varias investigaciones se han realizado con el propósito de comprobar que efecto tenía la aplicación de vibraciones tras diferentes protocolos de fatiga (Tabla 19). Bakhtiary et al. (2007) realizaron un estudio con sujetos activos, a los que se aplicó una carga excéntrica que consistía en andar sobre un plano declinado a 4 km/h durante 30', posteriormente un grupo sirvió de control y el otro recuperó del esfuerzo mediante vibraciones sobre una plataforma vertical, los resultados mostraron que se mejoraba la fuerza isométrica

máxima, disminuían los niveles de CK y la sensación de percepción de dolor muscular. Rhea et al. (2009) también encontraron diferencias significativas en esta sensación varias horas después de aplicar un protocolo de fatiga que consistió en una combinación de ejercicio de fuerza y velocidad. Aminian-Far et al. (2011) encontraron también mejoras significativas en diferentes pruebas (dolor muscular, FMI, UDMP y CK) tras la administración de vibraciones como protocolo de recuperación de una prueba de fuerza isocinética sobre población no entrenada. Estos estudios sin embargo contrastan con el realizado por Edge et al. (2009) que no encuentran ninguna diferencia en los niveles de CK, el umbral del dolor mediante presión y el tiempo en una prueba de 3 Km/h, tras la aplicación de un protocolo con vibraciones sobre plataforma oscilante a corredores de resistencia, la diferencia puede venir dada por la utilización de este tipo de plataformas en comparación con la vertical utilizada en las otras investigaciones.

Tabla 19.- Revisión de efecto de las vibraciones sobre la recuperación muscular.

Año	Autor	Sujetos	Método de Fatiga	Métodos de Recuperación	Tipo de Plataforma	Parámetros	Variables Dependientes	Resultados
2007	Bakhtiyari et al.	50 sujetos activos físicamente (25 hombres y 25 mujeres).	- Carrera en plano declinado (10°) a 4 km/h - 30'.	-WBV -GC	- Vertical	FRC: 50Hz AMPT: T: 1' en cada pierna (cuádriceps, isquiotibial y gemelo, post-esfuerzo)	- FIM - UDMP - CK - DM	- DS en todos los parámetros a favor de las WBV.
2009	Edge et al.	9 corredores resistencia .	- 8x400 m	- WBV - GC 2 días diferentes.	- Oscilante	FRC: 12Hz AMPT: 6mm T: 2x15'(60s + 30s x 5)	- CK - CRP - Tiempo en 3 Km. (24h post)	- NS en ningún parámetro entre grupos.
2009	Rhea et al.	16 hombres.	- 4 Ejercicios de fuerza. 4 series de 8-10 repeticiones. - 10 sprints de 36 m con 1' recuperación.	-Estiramientos sin WBV. -WBV + estiramientos.	- Vertical	FRC: 35Hz AMPT: 2mm T: 1'	- DM (12, 24, 48 y 72 horas post-esfuerzo)	- DS en el DM en todas las horas post-esfuerzo a favor del grupo WBV + estiramientos.
2011	Aminian-Far et al.	32 hombres no entrenados.	-6x10 contracciones excéntricas en pierna dominante (dinamómetro isocinético). 3' recuperación.	- WBV - GC	- Vertical	FRC: 35 Hz AMPT: 5mm T: 1'	- DM, CPI, UDMP (1,2,3,4,7 y 14 días post-esfuerzo). - FIM y FMAX (1,2,7 y 14 días post-esfuerzo). - CK (1,2 y 7 días post-esfuerzo)	- DS en DM, UDMP, FMI, FMAX y CK a favor del grupo que recibió WBV.

WBV= Vibraciones cuerpo completo; GC=Grupo control; FRC= Frecuencia; AMPT= Amplitud; DM= Dolor muscular; CPI =Circunferencia de la pierna; UDMP= Umbral del dolor muscular por presión; FIM=Fuerza isométrica máxima; FMAX= Fuerza máxima isotónica; CK =Creatin-kinasa; DS=Diferencias significativas; T= Tiempo; CRP= C-reactive protein NS =No diferencias significativas.

3. [DEFINICION DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS]

3. [DEFINICION DEL PROBLEMA, OBJETIVOS E HIPÓTESIS]

Atendiendo a la revisión desarrollada en el apartado de antecedentes, podemos plantear las siguientes conclusiones:

- 1.-** El fútbol es un deporte de una alta exigencia muscular, con poco espacio de recuperación entre competiciones; por lo tanto, es importante encontrar estrategias que permitan una recuperación rápida de los futbolistas para rendir en las mejores condiciones.
- 2.-** Las estrategias más utilizadas para la recuperación de los deportistas, analizadas en el punto anterior, no ofrecen demasiados beneficios para un adecuado restablecimiento físico.
- 3.-** Los estudios realizados con vibraciones en todo el cuerpo (WBV) como medio de recuperación post-esfuerzo son muy limitados (ver tabla 19), no habiendo encontrado ninguna en el ámbito del fútbol.

Todo ello hace necesario estudiar los efectos de esta nueva herramienta como posible estrategia de recuperación post-esfuerzo, para poder aplicarla dentro del ámbito del fútbol como medio habitual de restablecimiento de la competencia física del futbolista durante el año de competiciones.

3.1. [OBJETIVOS].

A la vista del estado actual del conocimiento sobre medios y métodos de recuperación post-esfuerzo en fútbol, nos hemos propuesto desarrollar una intervención cuyo objetivo principal es medir la eficacia de las WBV como medio de recuperación en futbolistas

A partir de este objetivo general nos hemos propuesto la realización de un estudio en donde se han planteado diferentes objetivos específicos:

- Medir las modificaciones de la fuerza isométrica máxima de los extensores de la rodilla y el salto con contra-movimiento, tras la aplicación de un test específico en futbolistas, justo después de una intervención de recuperación, así como a las 24, 48 y 72 horas posteriores al test.
- Analizar las modificaciones de la percepción de dolor muscular a las 24, 48 y 72 horas tras la aplicación de un test específico en futbolistas.
- Comparar el efecto que provocaba las WBV en un grupo con respecto a otro que no recibe las vibraciones, sobre las variables dependientes citadas anteriormente.

3.2. [HIPÓTESIS].

La hipótesis general de este proyecto de tesis doctoral defiende que la aplicación de WBV mejora la recuperación de la fuerza isométrica máxima y el salto con contra-movimiento, así como la percepción de dolor en los días sucesivos a su aplicación.

4. [METODOLOGÍA]

4. [METODOLOGÍA].

4.1. [SUJETOS].

Dieciséis jugadores del Real Valladolid S.A.D de la categoría Juvenil División de Honor 17,1 (0.9) (media \pm desviación estándar) años; altura de 176,7 (5.2) cm; masa corporal 69,1 (5.4) kg fueron asignados aleatoriamente en dos intervenciones. WBV (vibraciones cuerpo completo, n = 8) (tabla 20) y GC (no WBV, n = 8) (tabla 21). Los participantes tenían al menos dos años de experiencias en la categoría y entrenaban un promedio de 6 días incluido el partido. Ninguno de ellos tenía experiencia previa con WBV. Antes de realizar la fase experimental, los sujetos fueron informados de los requisitos relacionados con la participación en el estudio y firmaron los consentimientos. Además, no se les permitió que modificaran sus hábitos alimenticios y de descanso durante el estudio. El proyecto de investigación se llevó a cabo de acuerdo con la Declaración de Helsinki y fue aprobado por la Junta de Revisión de la Universidad UEMC para la investigación con seres humanos.

Tabla 20.- Características WBV.

WBV N=8	Edad (años)	Altura (cm)	Masa Corporal (kg)
Media \pm SD	16,9 \pm 0,6	175,1 \pm 5,4	68,4 \pm 6,3

Tabla 21.- Características GC.

GC N=8	Edad (años)	Altura (cm)	Masa Corporal (kg)
Media \pm SD	17,4 \pm 1,1	178,4 \pm 5,2	69,9 \pm 4,9

4.2. [MATERIAL].

4.2.1. [MATERIAL EMPLEADO PARA LA MEDICIÓN DE LOS VALORES ANTROPOMÉTRICOS].

- Báscula electrónica (SECA® 815 ELEGANTIA, Hamburgo, Alemania).
- Tallímetros (SECA® 222, Hamburgo, Alemania).



Figura 13.- Material utilizado para la tomas de datos antropométricos

4.2.2. [MATERIAL EMPLEADO PARA LA TOMA DE DATOS DEL TEST RSA Y LACTATO].

- Analizador de lactato portátil (Miniphotometer LP20, el Dr. Bruno Lange GmbH & Co.KG, Berlin, Alemania).
- Células fotoeléctricas (Globus Ergo Tester, Codogne, Italia).

4.2.3. [MATERIAL EMPLEADO PARA LA TOMA DE DATOS DE LOS VALORES DE FUERZA].

- Célula de carga (SportMetrics, Valencia, España).
- Una máquina extensora de pierna (Telju, Toledo, España).
- Alfombra de contactos (Globus Ergo Tester, Codogne, Italia).



Figura 14.- Material utilizado para la toma de datos de los valores de fuerza y RSA

4.2.4. [MATERIAL EMPLEADO PARA LA RECUPERACIÓN POST-ESFUERZO].

- Plataforma Power Plate ® Next Generation (Power Plate América del Norte, Northbrook, Illinois).
- Acelerómetro de acuerdo con la norma ISO2954, (Vibration meter, VT-6360, Hong Kong, China).



Figura 15.- Material utilizado para generar y medir las vibraciones

4.2.5. [MATERIAL EMPLEADO PARA EL ALMACENAMIENTO Y TRATAMIENTO DE DATOS].

- Documento de consentimiento de participación voluntaria (Anexo 1).
- Ordenador portátil Toshiba Satellite c660 con el sistema operativo Windows XP (Profesional).
- Microsoft Word y Excel 2007.
- Paquete SPSS 15.0 para Windows.

4.3. [PROCEDIMIENTO].

Una vez planteados los objetivos y el diseño del estudio se informó del mismo a todas las personas implicadas, secretaria técnica del club, entrenadores, jugadores y demás cuerpo técnico, solicitando su permiso y adscripción voluntaria. Antes del inicio del protocolo del estudio, se cumplimentó por parte de los jugadores, el documento de consentimiento de participación voluntaria en el estudio (Anexo 1).

En la figura 16 se muestra una representación gráfica del diseño del estudio. Los participantes una vez repartidos en grupos, fueron llevados al laboratorio donde empezaban a realizar las pruebas establecidas para el estudio. Cada participante visitó el laboratorio en cuatro ocasiones distintas, con 24 horas entre cada sesión de pruebas. Con el fin de minimizar la influencia del ciclo circadiano, los participantes realizaron todas las sesiones de pruebas

en el mismo momento del día. Los participantes realizaron 3 pruebas en el mismo orden durante todo el estudio: a) escala visual analógica (EVA) para la percepción dolor muscular (DM), b) salto con contramovimiento (CMJ) y fuerza isométrica máxima de los extensores de la rodilla (FIM). Todos los participantes se familiarizaron con las pruebas y procedimientos antes del comienzo del estudio.

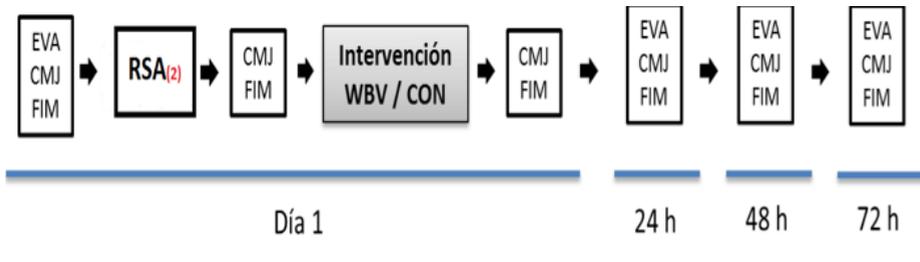


Figura 16.-Diseño experimental.

4.3.1 [TOMA DE DATOS DE LA PERCEPCIÓN DE DOLOR MUSCULAR (DM)].

La percepción del dolor de los diferentes músculos de las extremidades inferiores (cuádriceps, isquiotibiales, glúteos y gemelos) se midió con una escala visual analógica (EVA) de 10 cm, cuyos extremos izquierdo y derecho se refieren a “ningún dolor muscular” y “dolor muscular máximo” respectivamente (Anexo 2), para el tratamiento estadístico se aplicó el promedio del dolor de los músculos comentados. Se pidió a los sujetos que colocaran en una línea vertical la cantidad de dolor percibido, se cuantificó la distancia (con una precisión de 0.1 cm) entre la línea extrema de la izquierda y la marca colocada por el sujeto. Todos los participantes estaban familiarizados con la escala EVA. La escala EVA es fácil y rápidamente administrada y se ha utilizado como una medida confiable para determinar la intensidad del dolor humano (Price, McGrath et al. 1983). El dolor muscular se controló inmediatamente antes del calentamiento, así como 24, 48 y 72 h después de las pruebas RSA. No se controló inmediatamente después de la prueba de sprint, ya que podría confundir a los sujetos para discriminar entre el dolor y fatiga muscular.

4.3.2. [TOMA DE DATOS DE FUERZA EXPLOSIVA (CMJ)].

La prueba CMJ se llevó a cabo por los sujetos inmediatamente antes y después de las pruebas de RSA, de la estrategia de recuperación, así como a las 24, 48 y 72 horas. El sujeto se colocaba encima de la alfombra de contactos (Globus Ergo Tester, Codogno, Italia) con las manos en la cadera y realizaba el descenso hasta un ángulo aproximado de 90° de flexión de rodillas. Se le pidió que saltaran lo más alto posible, registrando el mejor de tres intentos (figura 17).



Figura 17.- Valoración del CMJ

4.3.3. [TOMA DE DATOS DE LA FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA (FIM)].

Para la determinación de la FIM de los extensores de la rodilla se utilizó una célula de carga (SportMetrics, Valencia, España) y una máquina extensora de piernas (Telju, Toledo, España). El sujeto se colocaba sentado con la rodilla y la cadera a 90° . El eje del brazo de palanca de la máquina de extensión de la pierna estaba alineado visualmente con el centro de rotación de la articulación de la rodilla. La almohadilla tibial se colocó proximal al maléolo de la extremidad inferior de cada sujeto. La distancia promedio entre el eje de rotación a la plataforma tibial fue de $0.41 \pm 0.03\text{m}$. Esta distancia fue medida cuidadosamente para cada sujeto y se mantuvo durante toda la fase experimental (figura 18). Dos mediciones de FIM de una duración de 5 segundos cada una fueron efectuadas, separados por un tiempo de recuperación de 3 minutos. La mejor medición se utilizó para su posterior análisis. La FIM fue medida inmediatamente antes y después de la prueba RSA, inmediatamente después de la estrategia de recuperación, así como 24, 48 y 72 h después de la prueba RSA.



Figura 18.- Valoración de la FIM

4.3.4. [TOMA DE DATOS DE LA PRUEBA DE SPRINT REPETIDOS (RSA)].

Con el fin de aplicar un estímulo específico para el fútbol, se utilizó una prueba RSA, repetida dos veces, que constaba de seis repeticiones de 40m (20m + 20m sprints con un giro de 180°) separados entre sí por 20s de recuperación pasiva (Rampinini, Bishop et al. 2007). Esta prueba fue diseñada para medir la habilidad de repetir "*sprints*" y el cambio de dirección.

Los atletas comenzaron en una línea, corrieron 20m, tocaban un cono con la mano y volvían a la línea de salida lo más rápido posible. Después de 20s de recuperación pasiva, cada jugador de fútbol comenzaba de nuevo (figura 19). Antes de la prueba de RSA, los participantes se sometieron a un calentamiento de 15 minutos durante el cual se llevó a cabo carreras en varias direcciones, ejercicios de movilidad articular y ejercicios técnicos, a una intensidad moderada correspondiente a una frecuencia cardíaca de alrededor de 135 latidos min⁻¹ (Tessitore, Meeusen et al. 2007) inmediatamente después cada jugador completó la prueba de "*sprints*" repetidos. Después de la primera prueba, los sujetos descansaron durante 5 min antes del comienzo de la 2 serie. Cinco segundos antes del inicio de cada "*sprint*" los sujetos se colocaban en la línea de salida y esperaban la señal acústica (con una cuenta de 10 segundos). Las mediciones se llevaron a cabo mediante el sistema Globus (Codogne, Italia).



Figura 19.- Valoración de la RSA

4.3.5. [TOMA DE DATOS DEL LACTATO MUSCULAR].

La concentración de lactato [La] (mmol · l⁻¹) se determinó a partir de muestras de sangre arterializada que fueron recogidas a través de una pequeña incisión en el lóbulo de la oreja derecha justo antes de calentamiento, 15 s antes e inmediatamente después de cada serie de la prueba RSA, y 15 min después de la prueba. El lóbulo de la oreja se limpiaba con un algodón empapado en alcohol, se secaba y luego se punzaba con una lanceta para la muestra de sangre que quedaba almacenada en tubos capilares para determinar la sangre [La] (figura 20). La sangre [La] se determinó usando un analizador

de lactato portátil (Miniphotometer LP20, el Dr. Bruno Lange GmbH & Co.KG, Berlin, Alemania). Las muestras de sangre fueron analizadas por el método fotométrico Dr. Lange.



Figura 20.- Valoración de la concentración de lactato

4.3.6. [PROCEDIMIENTOS DE RECUPERACIÓN POST-ESFUERZO].

Las dos intervenciones de vuelta a la calma fueron: (1) WBV y (2) GC. Ambos grupos experimentales realizaron los mismos ejercicios (ver Figura 21), sin embargo, en el grupo WBV, los ejercicios se llevaron a cabo con vibraciones en la plataforma elegida para el estudio (figura 15). La plataforma vibratoria fue regulada a una frecuencia de 50 Hz con una amplitud pico a pico de 2.41 mm (H: alto) y una frecuencia de 35 Hz con una amplitud pico a pico de 1.15 mm (L: bajo).

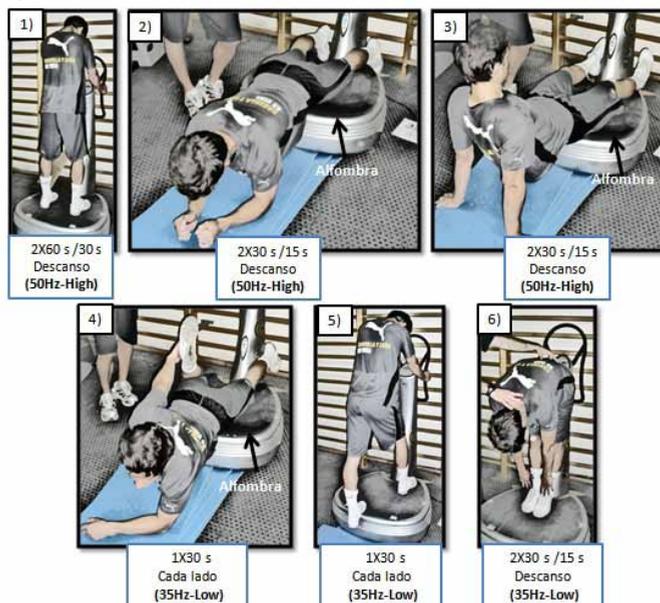


Figura 21.- Las posiciones durante la intervención de recuperación (High: alta amplitud y Low: baja amplitud -en el grupo WBV-)

4.3.7. [TRATAMIENTO ESTADÍSTICO DE LOS DATOS].

En primer lugar se determinó la normalidad de la distribución de la muestra empleando para ello la prueba no paramétrica de *Kolmogorov-Smirnov* para una muestra que nos permitiera afirmar que nuestras observaciones tienen una distribución normal.

Por otro lado, se calcularon los estadísticos descriptivos de las diferentes variables analizadas, para cada uno de los grupos y para cada una de las pruebas efectuadas.

Para descartar la existencia de diferencias significativas entre ambos grupos en las distintas variables antes de iniciar la intervención en el proceso, se efectuó una *prueba t* para muestras independientes, asumiendo un intervalo de confianza del 95%, de manera que las diferencias eran significativas cuando $P < 0.05$.

Para analizar los efectos del entrenamiento y determinar por tanto la existencia de diferencias significativas entre GC y WBV en la evolución en el tiempo de las distintas variables analizadas se utilizó el análisis de varianza de dos factores (ANOVA) con medidas repetidas (grupo x tiempo). El factor intersujetos era el grupo y el factor intrasujetos el tiempo. Se tomó como estadístico de referencia la Lambda de *Wilks*, que permitía poner a prueba la hipótesis nula referida al efecto del factor tiempo. Cuando $p < 0.05$ se rechazaba la hipótesis nula de igualdad de medias, constatando la existencia de diferencias significativas en la evolución en el tiempo de las variables entre ambos grupos, efectuando en tal caso las pruebas post-hoc de *Scheffe* con el objetivo de localizarlas en el tiempo. Tanto los niveles críticos como el intervalo de confianza fueron ajustados a través de la corrección de *Bonferroni*. Dicho ajuste permitió controlar la tasa de error dividiendo el nivel de significación entre el número de comparaciones llevadas a cabo. De nuevo, se asumió un intervalo de confianza del 95%, de manera que las diferencias eran estadísticamente significativas cuando $P < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software SPSS v.15 (SPSS Inc, Chicago, EE.UU.)

5. [RESULTADOS]

5. [RESULTADOS].

5.1. [RESULTADOS DE LA PRUEBA DE NORMALIDAD]

En la tabla 22 se muestra el valor p-valor obtenido en cada una de las variables analizadas distinguiendo entre el grupo WBV y GC. En todos los casos dicho valor es superior a 0,05 por lo que no se rechaza la hipótesis nula de distribución normal de la muestra.

Tabla 22.- Resultados de la prueba de normalidad Kolmogorov- Smirnov (K-S) de las variables dependientes analizadas.

WBV (n=8)						
Variable	K-S (Basal)	K-S (D_RSA)	K-S (D_T)	K-S (24h)	K-S (48h)	K-S (72h)
DOMS	P=0,23	-	-	P=0,19	P=0,62	P=0,32
FMI	P=0,62	P=0,73	P=0,64	P=0,44	P=0,24	P=0,44
CMJ	P=0,32	P=0,53	P=0,43	P=0,22	P=0,52	P=0,12

GC (n=8)						
Variable	K-S (Basal)	K-S (D_RSA)	K-S (D_T)	K-S (24h)	K-S (48h)	K-S (72h)
DOMS	P=0,33	-	-	P=0,23	P=0,53	P=0,28
FMI	P=0,59	P=0,69	P=0,45	P=0,54	P=0,41	P=0,33
CMJ	P=0,44	P=0,43	P=0,46	P=0,32	P=0,32	P=0,23

5.2. [RESULTADOS DE LAS VARIABLES ESTUDIADAS].

5.2.1. [RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE SPRINTS REPETIDOS (RSA)].

En la tabla 23 se muestran los resultados obtenidos de las pruebas de RSA en ambos grupos. Los tiempos de la prueba aumentaron de forma notable tanto en el grupo WBV como en el GC de una a otra prueba producto de la fatiga.

Tabla 23.- Resultados obtenidos de la prueba de RSA en WBV y GC en las dos pruebas efectuadas.

Prueba	RSA 1	RSA 2
WBV (N=8)	7,57 ± 0,2	7,73 ± 0,2
GC (N=8)	7,50 ± 0,3	7,82 ± 0,3

5.2.2. [RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE ANÁLISIS DE LACTATO EN SANGRE].

En relación al lactato muscular las comparaciones post hoc indicaron que en condición basal fue significativamente menor que en cualquiera de las demás mediciones realizadas durante las pruebas. El lactato se incrementó progresivamente de la toma basal antes del calentamiento, 15 s antes de las pruebas de RSA (T1 y T2) y continuó aumentándose hasta un minuto después del final de la prueba (T3 y T4), a partir de ese momento, el lactato disminuyó (T5) (tabla 24).

Tabla 24. Resultados obtenidos de las toma de lactato

Variable	Basal	T1	T2	T3	T4	T5
WBV (N=8)						
Lactato	1,7±0,5	7,5±1,2	9,8±1,9	14,4±2,4	15,9±2,7	4,1±1,8
GC (N=8)						
Lactato	1,7±0,8	8,1±2,2	10,8±2,3	14,8±2,4	15,3±2,1	4,8±3,7

5.2.3. [RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE DOLOR MUSCULAR PERCIBIDO].

En relación al dolor muscular percibido se realizó un promedio de diferentes músculos (gemelos, cuádriceps, isquiotibiales y glúteos). Como se puede observar en la tabla 25 se tomaron solo mediciones en basal a las 24,

48 y 72 horas, donde encontramos como a las 24 horas el dolor percibido ya empieza a ser inferior para el grupo WBV en relación al grupo GC, una tendencia que se mantiene durante las dos mediciones posteriores.

Tabla 25. Resultados obtenidos en la variable CMJ.

Variable	Basal	24 h	48h	72h
WBV (N=8)				
Dolor muscular(cm)	0,2±0,1	1,6±0,5	1,4±0,2	1,1±0,1
GC (N=8)				
Dolor muscular (cm)	0,1±0	2,2±0,6	2±0,3	1,6±0,2

5.2.4. [RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE FUERZA EXPLOSIVA (CMJ)].

En la tabla 26 se ofrecen los resultados de la prueba de CMJ efectuada en ambos grupos durante las seis mediciones. Se observa una disminución de la capacidad de salto posterior a la realización de los test de RSA con respecto al valor basal en ambos grupos. Si bien los dos grupos van recuperando su fuerza explosiva de manera progresiva, observamos como en el WBV se produce una mejora en la capacidad de salto cercana al valor basal a las 24 horas, llegando a valores cercanos a las 72 horas, en comparación al GC que no llega a una recuperación completa durante el proceso.

Tabla 26. Resultados obtenidos en la variable CMJ.

Variable	Basal	Post RSA	Post Tr	24 h	48 h	72 h
WBV (N=8)						
CMJ(cm)	43±5,2	39,4±5	38,9±3,2	42,5±4,1	42,5±5,4	42,8±5,2
GC (N=8)						
CMJ(cm)	45,6±5,2	40,7±6,6	41,4±5,5	42,7±4,3	42,7±4,3	45,1±4,3

5.2.5. [RESULTADOS OBTENIDOS EN LA PRUEBA DE FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA (FIM)].

Los datos referentes a la FIM (tabla 27) nos indican como en los dos grupos se reduce el nivel de fuerza tras la prueba de RSA y una progresión de mejora durante las horas posteriores al tratamiento, sin embargo ninguno de los dos grupos retorna al nivel basal tras las 72 horas.

Tabla 27. Resultados obtenidos en la variable FIM.

Variable	Basal	Post RSA	Post Tr	24 h	48 h	72 h
WBV (N=8)						
FIM(Nm)	699,3±108,1	644,9±89,9	648,4±84,5	664,5±124,9	665,9±79,5	679,9±83,2
GC (N=8)						
FIM(Nm)	701,4±105,5	630,9±80,1	623,8±89,9	647±115,2	641±71,8	672,9±68,2

5.3 [ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA INFLUENCIA DE LOS PROTOCOLOS DE RECUPERACIÓN EN AMBOS GRUPOS].

La figura 22 muestra la evolución del dolor muscular de GC y WBV, respectivamente. Los análisis post hoc indicaron que el dolor percibido por el GC a las 24, 48 y 72 h fue significativamente mayor que el valor basal. Por otra parte, los valores de dolor en el grupo WBV no llegaron a un aumento significativo respecto al valor basal. El análisis estadístico permitió identificar un nivel significativamente mayor de dolor percibido en todas las mediciones posteriores a RSA en el grupo control ($P < 0.05$).

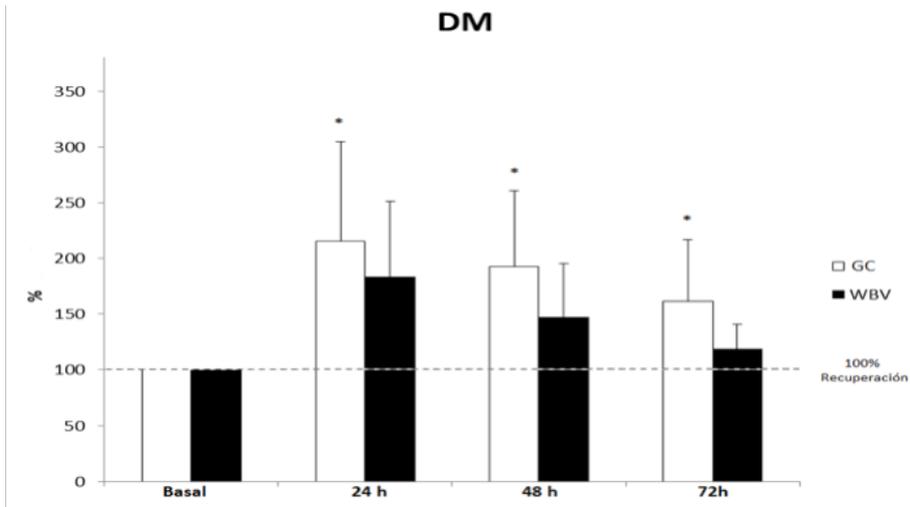


Figura 22. Los porcentajes de las variaciones de dolor muscular percibido (DM) por encima del valor inicial. Los valores son medias \pm SD. * Significativamente diferentes respecto al valor basal ($p < 0.05$).

En relación al tiempo en la prueba CMJ el análisis post hoc indica que la capacidad CMJ se recuperó antes en el grupo de WBV que en el GC. Así, 72 h después de la prueba RSA, el grupo GC tenía diferencias estadísticamente

significativas con respecto al dolor basal mientras que el grupo de WBV se acercaba a una recuperación completa (figura 23).

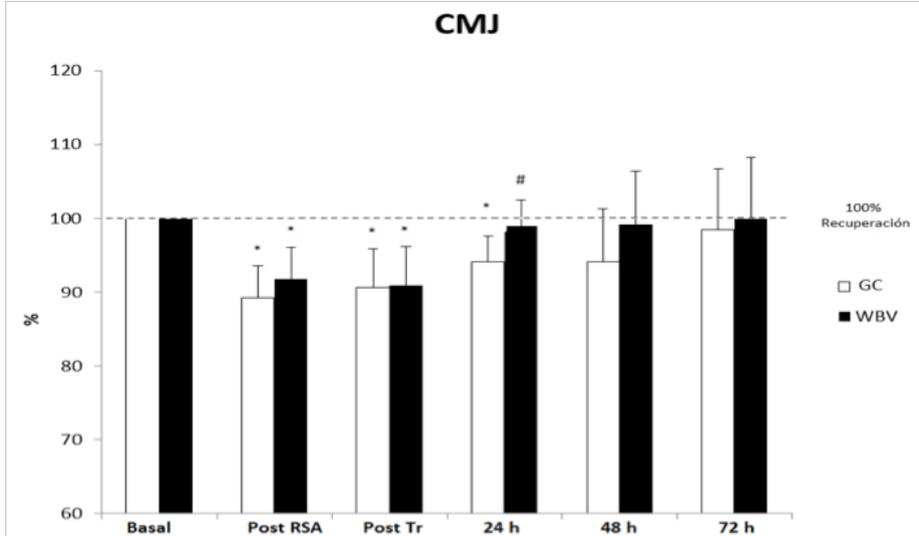


Figura 23. La altura del salto vertical (CMJ) en respuesta a la prueba RSA. Los valores (media \pm DE) se expresan como porcentaje de cambio desde el inicio. *Significativamente diferentes respecto al valor basal ($p < 0.05$). # Significativamente diferente entre grupos ($p < 0.05$).

La Figura 24 muestra la evolución de la FIM de los extensores de la pierna tras realizar la prueba RSA. Aunque hay ligeros descensos en la FIM, estos cambios no alcanzaron significación estadística.

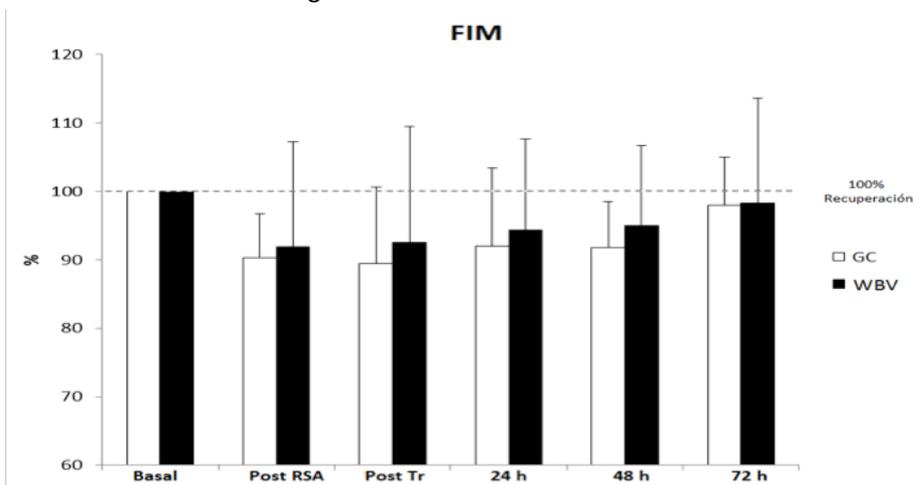


Figura 24. Fuerza isométrica máxima (FIM) en respuesta a la prueba RSA. Los valores (media \pm DE) se expresan como porcentaje de cambio desde el inicio.

6. [DISCUSIÓN]

6. [DISCUSIÓN].

Los resultados del presente estudio señalan que las vibraciones de cuerpo completo reducen el dolor muscular inducido por un esfuerzo específico para futbolistas juveniles, en comparación con un modelo tradicional de recuperación basado en estiramientos estáticos. Por otra parte, las vibraciones de cuerpo completo permiten una aceleración en la recuperación de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores.

Durante los partidos y entrenamientos el futbolista desarrolla un elevado número de acciones musculares excéntricas (saltos, aceleraciones, golpes, etc). Estas acciones realizadas de forma repetitiva se han asociado a daño muscular y dolor muscular tardío que provocaría una pérdida en la fuerza explosiva (García-Lopez, de Paz et al. 2006). En un estudio realizado por Ascenso et al. (2008) sugieren que tras un partido de fútbol los niveles de estrés oxidativo y daño muscular se mantienen elevados hasta 72 horas después de su finalización. El daño muscular es principalmente inducido por el estrés mecánico de las acciones de juego y las alteraciones de la homeostasis del calcio, que provocarían a su vez un aumento en la percepción del dolor muscular y una disminución de la fuerza y resistencia muscular (Fielding, Manfredi et al. 1993), lo que afectaría de manera importante al rendimiento global del futbolista. Si a esto le sumamos el incremento del número de competiciones al año y el corto espacio de tiempo entre las mismas, nos encontramos que la recuperación del futbolista se encuentra entre uno de los objetivos prioritarios dentro de la planificación deportiva.

La recuperación de los deportistas tanto de las sesiones de entrenamiento como fundamentalmente de la competición, depende de muchos factores, por lo general a los derivados del estrés físico y psicológico a que son sometidos estos deportistas, se suman también otros que vienen asociados a factores externos que se alejan del ámbito estrictamente deportivo y que se relacionarían con lo social (Kentta, G and Hassmen, P. 1998). Con el fin de permitir una mejora en la recuperación muscular se han propuesto diferentes

métodos de recuperación post-esfuerzo como, la carrera activa, el masaje, los estiramientos, los antiinflamatorios, las vestimentas de compresión, la electroestimulación, la hidroterapia, el ejercicios de intensidad moderada, el tratamiento con oxígeno hiperbárico y la combinación de métodos entre otros, sin que los autores lleguen a un acuerdo sobre su eficacia (Bishop, Jones et al. 2008). Barnett (2006) comenta que una limitación importante en los estudios realizados es que en la mayoría de estos se utilizan personas inexpertas o con poca experiencia en el ejercicio físico y más concretamente en los de carácter excéntrico, que a su vez son los más utilizados en estas investigaciones para provocar el dolor muscular tardío, lo que hace que sea de difícil su aplicación en deportistas experimentados, aun consiguiendo efectos positivos con este tipo de población. Incluso sin tener en cuenta las limitaciones anteriores, hay poca evidencia científica que apoye el uso de esas modalidades como aceleradoras del proceso de recuperación entre entrenamientos o competiciones en deportistas de elite (Barnett 2006).

Según la revisión realizada en el presente proyecto de tesis, este es el primer estudio que analiza los efectos de las vibraciones de cuerpo completo en la mejora de la recuperación después de un esfuerzo específico en futbolistas masculinos de alto rendimiento.

La discusión se divide en dos apartados: el primero hace referencia a los resultados obtenidos en la variable de dolor muscular y el segundo a las variables relacionadas con la fuerza.

6.1. [VARIABLE DE PERCEPCIÓN DEL DOLOR MUSCULAR Y EFECTO DE LAS VIBRACIONES].

La recuperación del deportista se ha demostrado que resulta de la combinación de la restauración de parámetros no sólo fisiológicos sino también psicológicos (Barnett, A. 2006). Los preparadores físicos y entrenadores de los deportistas de élite han empezado a incorporar cuestionarios pre/post sesiones de entrenamiento y partidos como herramienta de cuantificación subjetiva del esfuerzo y dolor muscular (Kallus 1995).

Comparando nuestros resultados en la percepción del dolor con otros estudios que utilizan la carrera de baja intensidad, como medio de vuelta a la calma o recuperación post-esfuerzo, vemos que, en el estudio realizado por Andersson et al. (2008) las jugadoras de fútbol analizadas recobran el valor basal de dolor muscular a las 69 h post-partido, no encontrando diferencias significativas en su percepción con respecto al grupo control que realizaba una recuperación pasiva, comentando en sus conclusiones que no supone ninguna ventaja realizar una recuperación activa respecto a una pasiva. En nuestro estudio se observa, que el tratamiento con vibraciones supone que los jugadores perciban menor dolor muscular durante las mediciones realiza-

das post-esfuerzo, recobrándose el valor basal casi en su totalidad a las 72 horas, en comparación con el grupo control, lo que supone una ventaja temporal en la sensación de recuperación, en comparación a realizar solo estiramientos. Sin embargo, tenemos que tener en cuenta que el esfuerzo analizado por Andersson et al. (2008) aun siendo más específico que el nuestro, ya que toman como referencia un partido amistoso, es más variable dependiendo de los esfuerzos llevados a cabo durante el juego y esto provocaría a su vez una diferenciación en el grado de fatiga post-partido, lo que se alude en el citado estudio como una de las causas de la ineficacia de este tipo de recuperación. La población utilizada también difiere de la de nuestro estudio ya que existen diferencias en la condición física entre hombres y mujeres futbolistas (Mujika, Santisteban et al. 2009). Por lo tanto, parece que la recuperación activa utilizada en su estudio no mejora de forma significativa la percepción subjetiva de dolor muscular, con respecto a una recuperación pasiva y en el nuestro las vibraciones muestran una ventaja temporal con respecto a los estiramientos, siempre teniendo en cuenta lo comentado con anterioridad.

Las mismas conclusiones podríamos sacar de los estudios que añaden los estiramientos como elemento de recuperación post-esfuerzo junto con la carrera de baja intensidad como modelo de vuelta a la calma. El estudio de Tessitore et al. (2007) muestra que no hay diferencias entre los 4 modelos de recuperación (recuperación pasiva; carrera aeróbica más estiramiento; carrera en agua más estiramientos y electroestimulación) aplicados a futbolistas juveniles de élite tras cuatro entrenamientos, siendo la recuperación pasiva y la carrera aeróbica en agua más estiramientos las dos técnicas que más disminuyen el dolor muscular. Dawson et al. (2005) no obtienen diferencias significativas en la aplicación de protocolos de recuperación (incluyendo los estiramientos estáticos) con respecto a una recuperación pasiva. Sin embargo, estos estudios contrastan con el llevado a cabo por Reilly et al. (2002), que aplicando un modelo de recuperación basado en estiramientos pasivos y carrera de baja intensidad en jugadores de fútbol universitarios, logran alcanzar los niveles basales de dolor muscular tras 48 h post-partido, con diferencias significativas respecto a un grupo control, que realizó una recuperación pasiva. En este último grupo, la percepción dolor muscular seguía aumentando durante esas 48 horas.

Por lo tanto, en la mayoría de los estudios analizados, no se encuentran diferencias estadísticamente significativas en la disminución del dolor muscular, utilizando protocolos de vuelta a la calma que incluyen estiramientos y/o carrera a baja intensidad; sin embargo, todos recomiendan su utilización por no encontrar tampoco empeoramiento en las diferentes pruebas utilizadas con sus deportistas. En nuestro estudio vemos que el añadir vibraciones a los ejercicios de estiramientos provocaría un aumento significativo en la recuperación de dolor muscular que simplemente realizar estiramientos estáticos, utilizados en alguno de los estudios comentados anteriormente; sin embargo, se necesitaría comparar esta metodología con otras formas de vuelta a la calma, como la carrera de baja intensidad o la combinación con estiramientos.

En los estudios que utilizaron los masajes como medio de recuperación, existe una gran variabilidad de resultados sobre la percepción del dolor muscular. Farr et al. (2002) encontraron una disminución del dolor muscular a las 24h. Hilbert et al. (2003) y Tidus et al. (1995) observaron que sólo había menor dolor muscular a las 48 h post-masaje, todos ellos sin diferencias significativas con respecto al grupo control, en este mismo sentido, se han encontrado otros estudios como el de Weber et al. (1994) ó Jönhagen et al. (2004).

Por otro lado, Zainuddin et al. (2005) y Mancinelli et al. (2006) encontraron diferencias significativas a favor de la aplicación del masaje, en un porcentaje de entre un 20 y 40% de mejor, respecto al dolor ,en el caso del primero y a las 96 h en el caso segundo (aunque no midieron tiempos intermedios). Si comparamos la variable temporal con nuestro estudio, vemos que la percepción del dolor muscular mostrada por nuestros jugadores fue más regular durante las mediciones intermedias post-esfuerzos con respecto al grupo control, aspecto este que no se ve reflejado en los estudios anteriormente citados, en los que o no se hacen mediciones intermedias o sólo aparecen en determinados momentos. (Weber, Servedio et al. 1994)

Resulta difícil establecer conclusiones definitivas de la efectividad del masaje en la sensación de recuperación, debido a las limitaciones metodológicas encontradas en los estudios, las diferencias entre los tipos de técnicas utilizadas, la duración del tratamiento o la falta de cualificación profesional del terapeuta (Howatson and van Someren 2008), con lo que cualquier comparativa con otro medio de recuperación necesitaría una cierta unificación de criterios que hicieran más fácil después establecer una propuesta. En este sentido, Moraska (2005) comenta que el masaje muestra unas posibilidades terapéuticas altas para el beneficio de los deportistas, pero que hace falta realizar investigaciones más controladas para confirmar estos posibles beneficios. (Moraska 2005)

La utilización de las terapias en agua (hidroterapia) a diferentes temperaturas como medio de recuperación post-ejercicio también muestra variabilidad de resultados. Los estudios realizados por Bailey et al (2007), Vailey et al. (2008a) e Ingram et al. (2009) muestran que la aplicación de crioterapia suponen una disminución significativa en la sensación de dolor muscular, incluso por encima de otras terapias como la de contrastes, en el caso de los dos últimos estudios. Además, en comparación con los masajes, los tres estudios mantienen esa significación temporal en los controles de dolor muscular realizados después de los sucesivos protocolos de fatiga. Esto concuerda con nuestros datos donde también se ven esas diferencias en relación con el grupo control, además de que las pruebas fueron realizadas con protocolos donde se simulaban los esfuerzos semejantes al que realizamos nosotros, lo que nos permite una comparativa más eficaz.

En el estudio de Rowsell et al. (2009) observaron que aunque no había diferencias significativas entre crioterapia o inmersión en agua caliente, la primera terapia mostraba una disminución del dolor muscular durante 96 h de un torneo de fútbol juvenil, lo que permite establecer que después de situaciones de juego real, esta terapia también parece ser efectiva; no obstante, todavía se necesitarían más estudios en este sentido, aspecto este que deberíamos comparar también en el caso de las vibraciones para así comprobar que esta técnica fuera eficaz no sólo en situaciones simuladas sino también reales.

La similitud encontrada en los resultados entre ambas terapias, podría estar asociada a mecanismos neurofisiológicos relacionados con modificaciones a nivel nociceptivo, aumentando el umbral de este, consiguiendo que el sujeto tenga, posterior a su aplicación, una sensación de confort o de menor dolor muscular (George, Aziz et al. 2007; Weerakkody, Mahns et al. 2007; Rhea, Bunker et al. 2009).

Por lo tanto, parece que la crioterapia disminuye el dolor muscular en la mayoría de los estudios revisados, incluso por encima de la terapia de contrastes y la inmersión en agua caliente, lo que todavía no se ha podido definir de una manera clara son todos los mecanismos que provocarían este beneficio (Roswell et al. 2009).

La utilización de ropas compresivas es otro de los métodos utilizados dentro del mundo de deporte para acelerar la recuperación (Bishop, Jones et al. 2008). Las investigaciones revisadas nos ofrecen datos poco concluyentes, ya que la diversidad de modelos de compresión, las poblaciones utilizadas y el tiempo de administración nos hacen imposible comparar los resultados. Además, tampoco se obtienen diferencias que nos hagan pensar que este método tenga eficacia como terapia de recuperación, aunque si parece que los estudios de Duffiel et al. (2008,2009) encuentran una disminución del dolor muscular pero sin diferencias significativas con respecto a los grupos de control.

En los estudios que aplicaron vibraciones de cuerpo completo como método de recuperación encontramos que tanto el estudio de Aminian-Far et al. (2011), Rhea et al. (2009) y Bakhtiary et al. (2007) observan una mejora significativa en la percepción del dolor muscular tras la aplicación de vibraciones, que en el caso del primer estudio se mantiene de forma constante hasta las 72 horas. Por el contrario, Edge et al. (2009) no encontraron diferencias significativas en el dolor muscular tras la utilización del estímulo vibratorio, siendo este, aplicado con una plataforma de vibraciones oscilante y unos parámetros de amplitud y frecuencia que difieren de los utilizados en los estudios anteriormente citados; todo ello, podría argumentar la diferencia de resultados.

La mejora del flujo sanguíneo local puede ser otro de los mecanismos que podrían provocar una mejora en la percepción del dolor muscular al generar más calor local e iniciar la regeneración de tejidos (Cochrane, Stannard

et al. 2008). Si bien se necesitan más investigaciones para identificar los mecanismos neurofisiológicos por los que las vibraciones de cuerpo completo puede provocar una disminución en la percepción de dolor muscular, parece que los estudios muestran un beneficio significativo tras su aplicación.

Por lo tanto, las vibraciones de cuerpo completo aplicadas post-esfuerzo, suponen una ventaja temporal, ya que se mantienen las diferencias significativas hasta 72 horas post-ejercicio sobre la percepción de dolor muscular con respecto al grupo control. La ventaja de que los deportistas perciban que el tratamiento ha sido beneficioso para su recuperación hace que rindan mejor durante los esfuerzos, por lo tanto, cuanto mejor sea esa percepción tanto en la intensidad como en el tiempo, mayor será el desempeño sobre las competencias o entrenamiento posteriores (Clark, Hopkins et al. 2000; Beedie, Coleman et al. 2007).

6.2. [VARIABLES DE FUERZA EXPLOSIVA Y FUERZA ISOMÉTRICA MÁXIMA Y EFECTOS DE LAS VIBRACIONES].

La utilización de test de salto y fuerza isométrica como medios para determinar el rendimiento neuromuscular y/o fatiga es utilizado comúnmente dentro de la investigaciones sobre rendimiento deportivo (Cronin, Hing et al. 2004). La reducción en los valores de fuerza (fuerza isométrica máxima y CMJ) observados en nuestro estudio concuerdan con los encontrados en otras investigaciones que utilizaron un partido de fútbol o protocolos específico de carrera en futbolistas (Krustrup, Mohr et al. 2006; Ascensao, Azevedo et al. 2008; Oliver, Armstrong et al. 2008). La causa de la disminución en el rendimiento de estos parámetros puede ser provocada por una alteración de la estructura de las miofibrillas (Gibala, MacLean et al. 1998), alteraciones en el proceso de contracción muscular (que implica la alteración de Ca^{2+} y un PH muscular bajo como consecuencia de la acumulación de ácido láctico) (Warren, Ingalls et al. 2001), un agotamiento del glucógeno muscular (Krustrup, Mohr et al. 2006) y por un deterioro del ciclo estiramiento-acortamiento muscular (Avela and Komi 1998).

En relación con el efecto de las vibraciones de cuerpo entero sobre los parámetros de fuerza analizados encontramos una mejora significativa en la recuperación del rendimiento del CMJ a las 24 horas post-esfuerzo, que no se produce en las mediciones posteriores aunque se mantiene la tendencia de una mayor recuperación con respecto al grupo control, en las horas sucesivas. No ocurre de la misma manera con la fuerza isométrica máxima, donde no se encuentran diferencias significativas entre los dos grupos.

Dentro de los estudios que aplicaron una recuperación activa, Anderson et al. (2008) no encontraron diferencias significativas en la mejora del rendimiento en el CMJ y la fuerza isométrica máxima de las piernas en ninguna de

las posteriores mediciones realizadas en las jugadoras de fútbol, tanto la recuperación pasiva como la activa mostraron la misma eficacia. En este sentido, tampoco Tessitore et al. (2008) observaron diferencias en ninguna de las terapias realizadas con posterioridad sobre la recuperación del CMJ. Sin embargo y aunque nuestro estudio suponga una ventaja en la mejora del rendimiento de la fuerza explosiva, la prueba que se utilizó para provocar la fatiga de los deportista fue más inespecífica que en los estudios anteriores, lo que provoca dificultades en la comparación de resultados, aunque como en el caso de la percepción del dolor muscular, el añadir vibraciones a los estiramientos supondría una cierta ventaja sobre la recuperación del CMJ.

El estudio del efecto del masaje sobre la recuperación de la fuerza explosiva parece poco investigado, solo dos estudios de los revisados utilizaron este parámetro en la medición post-esfuerzo. Mancinelli et al. (2006) encontraron que había una mejora significativa del salto vertical (SJ) en jugadoras de voleibol a las 96 h de haber recibido un tratamiento con masaje después de un entrenamiento de fuerza, mientras que Farr et al. (2002) no hallaron diferencias tras la aplicación del masaje tomando tiempos intermedios de medición (1', 24h, 72h y 120h) en la altura del SJ; sin embargo, este estudio último fue realizado con sujetos no entrenados, en comparación al primero que participaron jugadoras entrenadas, esto hace que sea demasiada la diferencia entre los grupos de población así como la medición del SJ que en el caso del primer estudio no se hace hasta 96 h después, sin toma de datos intermedia. Por lo tanto, teniendo en cuenta la poca documentación existente y la heterogeneidad de los estudios no se pueden extraer conclusión acerca de los efectos del masaje sobre la recuperación de un parámetro tan importante en el rendimiento del futbolista como la fuerza explosiva.

La aplicación de los tratamientos de hidroterapia en sus múltiples variantes como son la crioterapia, la inmersión en agua caliente y la terapia con contrastes, ofrecen datos contradictorios en la recuperación de la fuerza explosiva y la fuerza isométrica máxima en el tren inferior. Rowsell et al. (2009) no encontraron mejoras significativas en la aplicación de crioterapia o inmersión en agua caliente tras una serie de partidos, dentro de un torneo de 4 días, sobre el CMJ a las 24 h de la aplicación del tratamiento. En la misma línea, encontramos otro estudio de Kinugasa and Kilding (2009) los cuales tampoco encontraron ninguna mejora en la aplicación de una terapia de contrastes sobre el SJ a las 24 horas de su aplicación en sucesivos partidos de fútbol. Tampoco Ingram et al. (2009) observaron ninguna ventaja entre la aplicación de crioterapia y terapia de contrastes sobre un grupo control (recuperación pasiva) en la fuerza isométrica máxima, realizando para la fatiga una prueba intermitente, aplicada sobre varios jugadores de deportes de equipo. Estas diferencias pueden ser debidas a la aplicación de protocolos de fatiga diferentes, en el casos de los dos primeros estudios se realizan partidos de competición y el tercero una prueba intermitente, con lo que sus esfuerzos son menos específicos; sin embargo, la utilización de la competición tiene la problemática

de la heterogeneidad en los esfuerzos realizados por los jugadores, tanto en metros recorridos, como en intensidad, además de otros factores como el resultado (Lago et al. 2009) o el nivel de la competición (D'Ottavio 1992), aspectos estos que afectan a la fatiga producida y a la recuperación posterior, como sucedía en los estudios relacionados con el dolor muscular.

En otros estudios que no utilizan jugadores de fútbol, Montgomery et al. (2008), Sellwood (2007), Yamame et al. (2006) y French et al. (2008) tampoco encontraron mejoras ni en la fuerza isométrica máxima o el SJ, después de la aplicación de terapias en agua.

Otros estudios observan mejoras en la fuerza. King et al (2009) no encontrando diferencias significativas entre terapias (crioterapia y contrastes) con respecto a un grupo control que realizaba una recuperación pasiva, pero si observan una disminución en el tamaño del efecto en la realización, a las 24 horas, de un salto vertical y una prueba de velocidad sobre 10 y 20 metros. Vaile et al. (2008b) observaron mejoras significativas tanto en el salto vertical como en la fuerza isométrica máxima en la aplicación tanto de crioterapia como de contrastes, sobre un grupo que realizó recuperación pasiva a las 48 y 72 horas, el estudio se llevo a cabo con sujetos entrenados en fuerza sobre una prueba de trabajo excéntrico. También Baile et al. (2007) encontró mejoras significativas en la fuerza isométrica máxima tras 24 y 48 horas de un protocolo intermitente. Nuestro estudio no encontró mejoras significativas en relación a la fuerza isométrica máxima al contrario que en estos estudios, sin embargo, el grupo de población (no deportistas en los dos casos), la prueba isométrica (en el caso del primer estudio fue utilizado el squat) y el protocolo para generar fatiga, podrían explicar estas diferencias.

En relación a los estudios que utilizan vibraciones, encontramos dos estudios que provocan una mejora en la fuerza isométrica máxima (Bakhtiary et al. 2007; Aminan-Far et al. 2011), y solo uno que ofrece mejoras sobre fuerza explosiva (Aminan-Far et al. 2011). Las diferencias entres estos estudios y el nuestro hacen difícil comparar los resultados por las poblaciones utilizadas y los protocolos de fatiga.

En resumen, las WBV, según la metodología desarrollada en el presente proyecto de tesis, reducen el dolor muscular para jóvenes jugadores de fútbol. Por otro lado, las WBV parecen provocar una mejora temporal en la recuperación de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores en comparación con otras terapias revisadas, capacidad importante para el rendimiento del futbolista. Sin embargo, nuestro estudio ha contado con ciertas limitaciones al no incluir pruebas físicas que analizaran la velocidad o agilidad, que son importantes en el desempeño del futbolista, pruebas directas, como los análisis de sangre para observar como evolucionan a nivel fisiológico los marcadores de daño muscular, que hubieran proporcionado una mejor explicación de los procesos de recuperación muscular. En este sentido, los estudios futuros de-

berán centrarse en explicar los posibles efectos que provocan las vibraciones sobre el dolor muscular ofreciendo una explicación más concreta sobre los mecanismos, así como comparar este método con otras estrategias de recuperación como la crioterapia o protocolos de vuelta a la calma que sean capaces de utilizar varias técnicas de las analizadas con anterioridad.

7. [CONCLUSIONES]

7. [CONCLUSIONES].

7.1. [CONCLUSIONES PARTE TEÓRICA]:

Primera: La modalidad de recuperación activa que combina carrera de baja intensidad y/o estiramiento estático no ofrece mejoras significativas en la recuperación post-esfuerzo en la mayoría de los estudios analizados.

Segunda: Hay poca evidencia en la literatura científica sobre los efectos positivos del masaje sobre la recuperación y el rendimiento al ser difícil comparar los estudios.

Tercera: La crioterapia supone una reducción de la sensación de fatiga y dolor muscular post-esfuerzo.

Cuarta: La evidencia científica sugiere que la inmersión en agua caliente no es efectiva para la recuperación.

Quinta: Existen pocas investigaciones y con datos dispares sobre los efectos de la terapia con contrastes como modalidad de recuperación.

7. 2. [CONCLUSIONES PARTE EMPÍRICA]:

Primera: El protocolo de recuperación con WBV, según los medios y la metodología empleada en este proyecto, reduce el dolor muscular en futbolistas juveniles de élite, tras la realización de un esfuerzo específico.

Segunda: La aplicación del protocolo con WBV acelera la recuperación de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores, en un salto con contra-movimiento, en las primeras 24 horas post-esfuerzo.

8. [BIBLIOGRAFÍA]

- Abbruzzese, G., K. E. Hagbarth, et al. (1978). "Excitation from skin receptors contributing to the tonic vibration reflex in man." Brain Res **150**(1): 194-197.
- Abercromby, A. F., W. E. Amonette, et al. (2007). "Variation in neuromuscular responses during acute whole-body vibration exercise." Med Sci Sports Exerc **39**(9): 1642-1650.
- Abercromby, A. F., W. E. Amonette, et al. (2007). "Vibration exposure and biodynamic responses during whole-body vibration training." Med Sci Sports Exerc **39**(10): 1794-1800.
- Ahmadi, S., P. Granier, et al. (1996). "Effects of active recovery on plasma lactate and anaerobic power following repeated intensive exercise." Med Sci Sports Exerc **28**(4): 450-456.
- Aminian-Far, A., M. R. Hadian, et al. (2011). "Whole-body vibration and the prevention and treatment of delayed-onset muscle soreness." J Athl Train **46**(1): 43-49.
- Andersson, H., T. Raastad, et al. (2008). "Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: effects of active recovery." Med Sci Sports Exerc **40**(2): 372-380.
- Armstrong, R. B. (1990). "Initial events in exercise-induced muscular injury." Med Sci Sports Exerc **22**(4): 429-435.
- Armstrong, R. B., R. W. Ogilvie, et al. (1983). "Eccentric exercise-induced injury to rat skeletal muscle." J Appl Physiol **54**(1): 80-93.
- Arroyo-Morales, M., N. Olea, et al. (2009). "Massage after exercise-responses of immunologic and endocrine markers: a randomized single-blind placebo-controlled study." J Strength Cond Res **23**(2): 638-644.
- Ascensao, A., V. Azevedo, et al. (2008). "Physiological, biochemical and functional changes induced by a simulated 30 min off-road competitive motocross heat." J Sports Med Phys Fitness **48**(3): 311-319.
- Avela, J. and P. V. Komi (1998). "Reduced stretch reflex sensitivity and muscle stiffness after long-lasting stretch-shortening cycle exercise in humans." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **78**(5): 403-410.

- Bailey, K. E., D. L. Costantini, et al. (2007). "Epidermal growth factor receptor inhibition modulates the nuclear localization and cytotoxicity of the Auger electron emitting radiopharmaceutical ¹¹¹In-DTPA human epidermal growth factor." J Nucl Med **48**(9): 1562-1570.
- Bakhtiary, A. H., Z. Safavi-Farokhi, et al. (2007). "Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise." Br J Sports Med **41**(3): 145-148.
- Baldari, C., M. Videira, et al. (2004). "Lactate removal during active recovery related to the individual anaerobic and ventilatory thresholds in soccer players." Eur J Appl Physiol **93**(1-2): 224-230.
- Bangsbo, J. (1994). "Energy demands in competitive soccer." J Sports Sci **12 Spec No**: S5-12.
- Bangsbo, J., F. M. Iaia, et al. (2007). "Metabolic response and fatigue in soccer." Int J Sports Physiol Perform **2**(2): 111-127.
- Bangsbo, J., L. Norregaard, et al. (1991). "Activity profile of competition soccer." Can J Sport Sci **16**(2): 110-116.
- Baranchuk, A., J. S. Healey, et al. (2007). "The effect of atrial-based pacing on exercise capacity as measured by the 6-minute walk test: a substudy of the Canadian Trial of Physiological Pacing (CTOPP)." Heart Rhythm **4**(8): 1024-1028.
- Barnett, A. (2006). "Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help?" Sports Med **36**(9): 781-796.
- Beckmann, J. and M. Kellmann (2004). "Self-regulation and recovery: approaching an understanding of the process of recovery from stress." Psychol Rep **95**(3 Pt 2): 1135-1153.
- Beedie, C. J., D. A. Coleman, et al. (2007). "Positive and negative placebo effects resulting from the deceptive administration of an ergogenic aid." Int J Sport Nutr Exerc Metab **17**(3): 259-269.
- Bennett, M., T. M. Best, et al. (2005). "Hyperbaric oxygen therapy for delayed onset muscle soreness and closed soft tissue injury." Cochrane Database Syst Rev(4): CD004713.
- Birch, K. and T. Reilly (2002). "The diurnal rhythm in isometric muscular performance differs with eumenorrheic menstrual cycle phase." Chronobiol Int **19**(4): 731-742.
- Bishop, P. A., E. Jones, et al. (2008). "Recovery from training: a brief review: brief review." J Strength Cond Res **22**(3): 1015-1024.
- Bobbert, M. F., A. P. Hollander, et al. (1986). "Factors in delayed onset muscular soreness of man." Med Sci Sports Exerc **18**(1): 75-81.

- Bonde-Petersen, F., L. Schultz-Pedersen, et al. (1992). "Peripheral and central blood flow in man during cold, thermoneutral, and hot water immersion." Aviat Space Environ Med **63**(5): 346-350.
- Bongiovanni, L. G. and K. E. Hagbarth (1990). "Tonic vibration reflexes elicited during fatigue from maximal voluntary contractions in man." J Physiol **423**: 1-14.
- Bosco, C., M. Iacovelli, et al. (2000). "Hormonal responses to whole-body vibration in men." Eur J Appl Physiol **81**(6): 449-454.
- Brouwers, J. E., B. van Rietbergen, et al. "Effects of vibration treatment on tibial bone of ovariectomized rats analyzed by in vivo micro-CT." J Orthop Res **28**(1): 62-69.
- Brukner, P. (1993). "Sports medicine in Australia." Med J Aust **158**(8): 511-512.
- Burke, L. M., B. Kiens, et al. (2004). "Carbohydrates and fat for training and recovery." J Sports Sci **22**(1): 15-30.
- Cafarelli, E., J. Sim, et al. (1990). "Vibratory massage and short-term recovery from muscular fatigue." Int J Sports Med **11**(6): 474-478.
- Cafarelli, E and F. Flint (2002). "The role of massage in preparation for and recovery from exercise. An overview." Sport Meds **14**(1): 1-9.
- Calder, A. (2003). " Recovery Strategies for Sports Performance." Olympic coach **10**(3).
- Cardinale, M. and J. Lim (2003). "Electromyography activity of vastus lateralis muscle during whole-body vibrations of different frequencies." J Strength Cond Res **17**(3): 621-624.
- Clark, V. R., W. G. Hopkins, et al. (2000). "Placebo effect of carbohydrate feedings during a 40-km cycling time trial." Med Sci Sports Exerc **32**(9): 1642-1647.
- Clarkson, P. M., K. Nosaka, et al. (1992). "Muscle function after exercise-induced muscle damage and rapid adaptation." Med Sci Sports Exerc **24**(5): 512-520.
- Clarkson, P. M. and S. P. Sayers (1999). "Etiology of exercise-induced muscle damage." Can J Appl Physiol **24**(3): 234-248.
- Cochrane, D. J., S. R. Stannard, et al. (2008). "The rate of muscle temperature increase during acute whole-body vibration exercise." Eur J Appl Physiol **103**(4): 441-448.
- Coffey, V., M. Leveritt, et al. (2004). "Effect of recovery modality on 4-hour repeated treadmill running performance and changes in physiological variables." J Sci Med Sport **7**(1): 1-10.

- Cometti, G. (2002) “La preparación física en el fútbol.” Paidotribo. Barcelona.
- Cornelius, W. L., K. Ebrahim, et al. (1992). “The effects of cold application and modified PNF stretching techniques on hip joint flexibility in college males.” Res Q Exerc Sport **63**(3): 311-314.
- Craig, J. A., M. B. Cunningham, et al. (1996). “Lack of effect of transcutaneous electrical nerve stimulation upon experimentally induced delayed onset muscle soreness in humans.” Pain **67**(2-3): 285-289.
- Crone, C. and J. Nielsen (1994). “Central control of disynaptic reciprocal inhibition in humans.” Acta Physiol Scand **152**(4): 351-363.
- Cronin J., N. M., Whatman C. (2007). “The effect of four different vibratory stimuli on dynamic range of motion of the hamstrings.” Physical Therapy in Sport **8**(1): 30-36.
- Cronin, J. B., R. D. Hing, et al. (2004). “Reliability and validity of a linear position transducer for measuring jump performance.” J Strength Cond Res **18**(3): 590-593.
- Cheung, K., P. Hume, et al. (2003). “Delayed onset muscle soreness : treatment strategies and performance factors.” Sports Med **33**(2): 145-164.
- D’Ottavio, S. (1992). “La prestazione del giocatore di calcio.” Rivista di Cultura Sportiva **24**: 74-78.
- Dadebo, B., J. White, et al. (2004). “A survey of flexibility training protocols and hamstring strains in professional football clubs in England.” Br J Sports Med **38**(4): 388-394.
- Davies, V., K. G. Thompson, et al. (2009). “The effects of compression garments on recovery.” J Strength Cond Res **23**(6): 1786-1794.
- Davis, D. S., E. E. Bosley, et al. (2006). “The relationship of body segment length and vertical jump displacement in recreational athletes.” J Strength Cond Res **20**(1): 136-140.
- Dawson, B., S. Cow, et al. (2005). “Effects of immediate post-game recovery procedures on muscle soreness, power and flexibility levels over the next 48 hours.” J Sci Med Sport **8**(2): 210-221.
- De Gail, P., J. W. Lance, et al. (1966). “Differential effects on tonic and phasic reflex mechanisms produced by vibration of muscles in man.” J Neurol Neurosurg Psychiatry **29**(1): 1-11.
- De Gail, P., Lance, W.P., Neilson, P.D. (1966). “Differential effects on tonic and phasic reflex mechanics produced by vibration of muscles in man.” J Neurol Neurosurg Psychiat **29**: 1-11.

- De Ruiter, C. J., S. M. Van Raak, et al. (2003). "The effects of 11 weeks whole body vibration training on jump height, contractile properties and activation of human knee extensors." Eur J Appl Physiol **90**(5-6): 595-600.
- Delecluse, C., M. Roelants, et al. (2003). "Strength increase after whole-body vibration compared with resistance training." Med Sci Sports Exerc **35**(6): 1033-1041.
- Dominguez Lago, E., D. Patiño, et al. (1997). "La estructura energética del fútbol." El Entrenador Español de Fútbol **74** :12-33.
- Duffield, R., and M. Portus, (2007). "Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players". Br J Sports Med **41** : 409.
- Duffield, R., J. Edge, et al. (2008). "The effects of compression garments on intermittent exercise performance and recovery on consecutive days." Int J Sports Physiol Perform **3** :454-468.
- Dufour, W. (1989). "Fútbol: La reflexión táctica." RED **3**(1): 22-30.
- Edge, J., T. Mundel, et al. (2009). "The effects of acute whole body vibration as a recovery modality following high-intensity interval training in well-trained, middle-aged runners." Eur J Appl Physiol **105**(3): 421-428.
- Ekblom, B. (1986). "Applied physiology of soccer." Sports Med **3**(1): 50-60.
- Enwemeka, C. S., C. Allen, et al. (2002). "Soft tissue thermodynamics before, during, and after cold pack therapy." Med Sci Sports Exerc **34**(1): 45-50.
- Eston, R. and D. Peters (1999). "Effects of cold water immersion on the symptoms of exercise-induced muscle damage." J Sports Sci **17**(3): 231-238.
- Fagnani, F., A. Giombini, et al. (2006). "The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes." Am J Phys Med Rehabil **85**(12): 956-962.
- Farr, T., C. Nottle, et al. (2002). "The effects of therapeutic massage on delayed onset muscle soreness and muscle function following downhill walking." J Sci Med Sport **5**(4): 297-306.
- Fielding, R. A., T. J. Manfredi, et al. (1993). "Acute phase response in exercise. III. Neutrophil and IL-1 beta accumulation in skeletal muscle." Am J Physiol **265**(1 Pt 2): R166-172.
- Flieger, J., T. Karachalios, et al. (1998). "Mechanical stimulation in the form of vibration prevents postmenopausal bone loss in ovariectomized rats." Calcif Tissue Int **63**(6): 510-514.

- French, D., K.Thompson, et al. (2008). "The Effects of Contrast Bathing and Compression Therapy on Muscular Performance." Med Sci Sports Exerc **40**(7) : 1297-1306.
- Fornaris, E., J. Vankersschaver, et al (1989). "Football. Aspects énergétiques". Médecine du Sport **63** (1) : 32-36.
- Garcia-Lopez, D., J. A. de Paz, et al. (2006). "Early explosive force reduction associated with exercise-induced muscle damage." J Physiol Biochem **62**(3): 163-169.
- García, E., Padilla, I., Franco, M.A., (2001). "Vibrotterapia en la inhibición de la espasticidad asociada a la enfermedad motriz cerebral." Iberoam Fisioter Kinesil **4**(1): 00-00.
- George, A., O. Aziz, et al. (2007). "Acute abdominal pain in a 16-year-old woman: the pitfalls of sexual history." Br J Hosp Med (Lond) **68**(2): 106.
- Gibala, M. J., D. A. MacLean, et al. (1998). "Tricarboxylic acid cycle intermediate pool size and estimated cycle flux in human muscle during exercise." Am J Physiol **275**(2 Pt 1): E235-242.
- Gil, D and LL, Dalmau. (1999). "Análisis de la estructura condicional y coordinativa en el fútbol." Training Fútbol **35** :16-23.
- Gill, N. D., C. M. Beaven, et al. (2006). "Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players." Br J Sports Med **40**(3): 260-263.
- Gleim, G. W. and M. P. McHugh (1997). "Flexibility and its effects on sports injury and performance." Sports Med **24**(5): 289-299.
- Gómez, J.C. (1991). "Valoración de la capacidad física de trabajo del futbolista." El Entrenador Español **49** :53-59.
- Gorostiaga, E. (1993). "Bases científicas del fútbol: aplicación al entrenamiento (1ª parte)." El Entrenador Español **56**: 37-47.
- Griffin, M. J. (1997). Vibration and motion. In Handbook of human factors and vibration. New York.
- Guieu, R., M. F. Tardy-Gervet, et al. (1991). "Analgesic effects of vibration and transcutaneous electrical nerve stimulation applied separately and simultaneously to patients with chronic pain." Can J Neurol Sci **18**(2): 113-119.
- Gusi, N., A. Raimundo, et al. (2006). "Low-frequency vibratory exercise reduces the risk of bone fracture more than walking: a randomized controlled trial." BMC Musculoskelet Disord **7**: 92.
- Haas, C. T., S. Turbanski, et al. (2006). "The effects of random whole-body-vibration on motor symptoms in Parkinson's disease." NeuroRehabilitation **21**(1): 29-36.

- Hagbarth, K. E. (1967). "EMG studies of stretch reflexes in man." *Electroencephalogr Clin Neurophysiol* **25**:74-29.
- Halson, S. L., M. J. Quod, et al. (2008). "Physiological responses to cold water immersion following cycling in the heat." *Int J Sports Physiol Perform* **3**(3): 331-346.
- Hamlin, M. J. (2007). "The effect of contrast temperature water therapy on repeated sprint performance." *J Sci Med Sport* **10**(6): 398-402.
- Harrison, B. C., D. Robinson, et al. (2001). "Treatment of exercise-induced muscle injury via hyperbaric oxygen therapy." *Med Sci Sports Exerc* **33**(1): 36-42.
- Hazell, T. J., J. M. Jakobi, et al. (2007). "The effects of whole-body vibration on upper- and lower-body EMG during static and dynamic contractions." *Appl Physiol Nutr Metab* **32**(6): 1156-1163.
- Hazell, T. J., G. W. Thomas, et al. (2008). "Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise." *Eur J Appl Physiol* **104**(5): 903-908.
- Hemmings, B., M. Smith, et al. (2000). "Effects of massage on physiological restoration, perceived recovery, and repeated sports performance." *Br J Sports Med* **34**(2): 109-114.
- Herbert, R. D. and M. de Noronha (2007). "Stretching to prevent or reduce muscle soreness after exercise." *Cochrane Database Syst Rev*(4): CD004577.
- Hermansen, L. and J. B. Osnes (1972). "Blood and muscle pH after maximal exercise in man." *J Appl Physiol* **32**(3): 304-308.
- Higgins, D. and T. W. Kaminski (1998). "Contrast therapy does not cause fluctuations in human gastrocnemius intramuscular temperature." *J Athl Train* **33**(4): 336-340.
- Hilbert, J. E., G. A. Sforzo, et al. (2003). "The effects of massage on delayed onset muscle soreness." *Br J Sports Med* **37**(1): 72-75.
- Howatson, G. and K. A. van Someren (2008). "The prevention and treatment of exercise-induced muscle damage." *Sports Med* **38**(6): 483-503.
- Impellizzeri, F. M., E. Rampinini, et al. (2008). "Effects of aerobic training on the exercise-induced decline in short-passing ability in junior soccer players." *Appl Physiol Nutr Metab* **33**(6): 1192-1198.
- Ingram, J., B. Dawson, et al. (2009). "Effect of water immersion methods on post-exercise recovery from simulated team sport exercise." *J Sci Med Sport* **12**(3): 417-421.
- Ishii, Y., M. Deie, et al. (2005). "Hyperbaric oxygen as an adjuvant for athletes." *Sports Med* **35**(9): 739-746.

- Ispirlidis, I., I. G. Fatouros, et al. (2008). "Time-course of changes in inflammatory and performance responses following a soccer game." Clin J Sport Med **18**(5): 423-431.
- Issurin, V. B., D. G. Liebermann, et al. (1994). "Effect of vibratory stimulation training on maximal force and flexibility." J Sports Sci **12**(6): 561-566.
- Jacobs, I., N. Westlin, et al. (1982). "Muscle glycogen and diet in elite soccer players." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **48**(3): 297-302.
- Jimenez, R., J. Mendiluce, et al (1993). "Estudio fisiológico sobre el fútbol juvenil" R.E.D **2** :22-27
- Johnston, R. M., B. Bishop, et al. (1970). "Mechanical vibration of skeletal muscles." Phys Ther **50**(4): 499-505.
- Jonhagen, S., P. Ackermann, et al. (2004). "Sports massage after eccentric exercise." Am J Sports Med **32**(6): 1499-1503.
- Jordan, M. J., S. R. Norris, et al. (2005). "Vibration training: an overview of the area, training consequences, and future considerations." J Strength Cond Res **19**(2): 459-466.
- Judex, S., X. Lei, et al. (2007). "Low-magnitude mechanical signals that stimulate bone formation in the ovariectomized rat are dependent on the applied frequency but not on the strain magnitude." J Biomech **40**(6): 1333-1339.
- Kellmann, M. (2002). "Enhancing Recovery. Preventing Underperformance in Athletes". Champaign, IL: Human Kinetics.
- Kentta, G. and P. Hassmen (1998). "Overtraining and recovery. A conceptual model." Sports Med **26**(1): 1-16.
- King, M. and R. Duffield (2009). "The effects of recovery interventions on consecutive days of intermittent sprint exercise." J Strength Cond Res **23**(6): 1795-1802.
- Kinugasa, T. and A. E. Kilding (2009). "A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players." J Strength Cond Res **23**(5): 1402-1407.
- Kokkonen, J., A. G. Nelson, et al. (2007). "Chronic static stretching improves exercise performance." Med Sci Sports Exerc **39**(10): 1825-1831.
- Kraemer, W. J., D. N. French, et al. (2004). "Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters." J Strength Cond Res **18**(1): 121-128.
- Krustup, P., M. Mohr, et al. (2003). "The yo-yo intermittent recovery test: physiological response, reliability, and validity." Med Sci Sports Exerc **35**(4): 697-705.

- Krstrup, P., M. Mohr, et al. (2006). "Muscle and blood metabolites during a soccer game: implications for sprint performance." Med Sci Sports Exerc **38**(6): 1165-1174.
- Kuligowski, L. A., S. M. Lephart, et al. (1998). "Effect of whirlpool therapy on the signs and symptoms of delayed-onset muscle soreness." J Athl Train **33**(3): 222-228.
- Lane, K. N. and H. A. Wenger (2004). "Effect of selected recovery conditions on performance of repeated bouts of intermittent cycling separated by 24 hours." J Strength Cond Res **18**(4): 855-860.
- Lattier, G., G. Y. Millet, et al. (2004). "Fatigue and recovery after high-intensity exercise. Part II: Recovery interventions." Int J Sports Med **25**(7): 509-515.
- Lee, D. T., M. M. Toner, et al. (1997). "Thermal and metabolic responses to cold-water immersion at knee, hip, and shoulder levels." J Appl Physiol **82**(5): 1523-1530.
- Lightfoot, J.T., D. Char, et al. (1997). "Immediate post exercise massage does not attenuate delayed onset muscle soreness". J Strength Cond Res **11** : 119-124.
- Lohman, E. B., 3rd, J. S. Petrofsky, et al. (2007). "The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects." Med Sci Monit **13**(2): CR71-76.
- MacIntyre, D. L., W. D. Reid, et al. (2000). "Different effects of strenuous eccentric exercise on the accumulation of neutrophils in muscle in women and men." Eur J Appl Physiol **81**(1-2): 47-53.
- Maclaren, D. P., H. Gibson, et al. (1989). "A review of metabolic and physiological factors in fatigue." Exerc Sport Sci Rev **17**: 29-66.
- Magnusson, S. P. (1998). "Passive properties of human skeletal muscle during stretch maneuvers. A review." Scand J Med Sci Sports **8**(2): 65-77.
- Magnusson, S. P., P. Aagaard, et al. (2000). "Passive energy return after repeated stretches of the hamstring muscle-tendon unit." Med Sci Sports Exerc **32**(6): 1160-1164.
- Mancinelli, C.A., D. Scott, et al. (2006). "The effect of massage on delayed onset muscle soreness and physical performance in female collegiate athletes". Physical Therapy on sport **7** : 5-13
- Manso, G. (1999). "Alto rendimiento: la adaptación y la excelencia deportiva." Gymnos. Barcelona.
- Marin, P. J., Ed. (2007). "Fundamentos, medios y aplicaciones de la estimulación neuromuscular mecánica. Avances en la Actividad Física y el Deporte, entrenamiento de fuerza". Escuela de estudios universitarios Real Madrid. Madrid.

- Marín, P. J., Jiménez A, Rhea M., Alvar B (2007). Acute Effects Of Whole Body Vibration At Different Frequencies On Sit And Reach Test. Southwest Chapter of The American College Of Sports Medicine. San Diego.
- Marin, P. J. and M. R. Rhea (2010). "Effects of vibration training on muscle power: a meta-analysis." J Strength Cond Res **24**(3): 871-878.
- Marin, P. J. and M. R. Rhea (2010). "Effects of vibration training on muscle strength: a meta-analysis." J Strength Cond Res **24**(2): 548-556.
- Martín , R. and C. Lago, (2005). " Deportes de equipo: comprender la complejidad para elevar el rendimiento." INDE. Barcelona.
- Martin, B. J. and H. S. Park (1997). "Analysis of the tonic vibration reflex: influence of vibration variables on motor unit synchronization and fatigue." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **75**(6): 504-511.
- Martin, V., G. Y. Millet, et al. (2004). "Effects of recovery modes after knee extensor muscles eccentric contractions." Med Sci Sports Exerc **36**(11): 1907-1915.
- McEniery, C. M., D. G. Jenkins, et al. (1997). "The relationship between plasma potassium concentration and muscle torque during recovery following intense exercise." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **75**(5): 462-466.
- McLellan, T. M. and I. Jacobs (1989). "Active recovery, endurance training, and the calculation of the individual anaerobic threshold." Med Sci Sports Exerc **21**(5): 586-592.
- Meeusen, R. and P. Lievens (1986). "The use of cryotherapy in sports injuries." Sports Med **3**(6): 398-414.
- Mekjavic, I. B., J. A. Exner, et al. (2000). "Hyperbaric oxygen therapy does not affect recovery from delayed onset muscle soreness." Med Sci Sports Exerc **32**(3): 558-563.
- Merrick, M. A., K. D. Bernard, et al. (2003). "Identical 3-MHz ultrasound treatments with different devices produce different intramuscular temperatures." J Orthop Sports Phys Ther **33**(7): 379-385.
- Mester, J., H. Kleinoder, et al. (2006). "Vibration training: benefits and risks." J Biomech **39**(6): 1056-1065.
- Mohr, M., P. Krstrup, et al. (2003). "Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue." J Sports Sci **21**(7): 519-528.
- Mohr, M., P. Krstrup, et al. (2005). "Fatigue in soccer: a brief review." J Sports Sci **23**(6): 593-599.
- Mombaerts, J (1998). "Fútbol:Entrenamiento y rendimiento colectivo." Inde. Barcelona.

- Monedero, J. and B. Donne (2000). "Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance." Int J Sports Med **21**(8): 593-597.
- Montgomery, P. G., D. B. Pyne, et al. (2008). "The effect of recovery strategies on physical performance and cumulative fatigue in competitive basketball." J Sports Sci **26**(11): 1135-1145.
- Moraska, A. (2005). "Sports massage. A comprehensive review." J Sports Med Phys Fitness **45**(3): 370-380.
- Morton, R. H. (2007). "Contrast water immersion hastens plasma lactate decrease after intense anaerobic exercise." J Sci Med Sport **10**(6): 467-470.
- Mujika, I., J. Santisteban, et al. (2009). "Fitness determinants of success in men's and women's football." J Sports Sci **27**(2): 107-114.
- Myrer, J.D and E. Durrant, (1994). "Contrast water therapy and intramuscular temperature in the human leg." J Athl Train **29** : 318-322.
- Nogués, R. (1998). "Análisis de las modificaciones de frecuencia cardiaca de futbolistas no profesionales durante la competición." Training Fútbol **25** : 42-46.
- O'Donnell, T. F., Jr., D. A. Rosenthal, et al. (1979). "Effect of elastic compression on venous hemodynamics in postphlebotic limbs." JAMA **242**(25): 2766-2768.
- Oliver, J., N. Armstrong, et al. (2008). "Changes in jump performance and muscle activity following soccer-specific exercise." J Sports Sci **26**(2): 141-148.
- Paddon-Jones, D. J. and B. M. Quigley (1997). "Effect of cryotherapy on muscle soreness and strength following eccentric exercise." Int J Sports Med **18**(8): 588-593.
- Paradis G., Z. E. (2007). "Effects of whole-body vibration training on sprint running kinematics and explosive strength performance." Journal of Sports Science and Medicine **6**: 44-49.
- Peiffer, J. J., C. R. Abbiss, et al. (2009). "Effect of cold-water immersion duration on body temperature and muscle function." J Sports Sci **27**(10): 987-993.
- Pino, J. (2001). "Análisis de las demandas energéticas en fútbol: Revisión bibliográfica." El Entrenador Español **90**: 45 - 58.
- Porta, J., L. Miquel (1990). "Técnicas de prevención activa". RED **4**(1) :32-36.
- Postolache, T. T., T. M. Hung, et al. (2005). "Sports chronobiology consultation: from the lab to the arena." Clin Sports Med **24**(2): 415-456, xiv.

- Price, D. D., P. A. McGrath, et al. (1983). "The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain." Pain **17**(1): 45-56.
- Proske, U. and D. L. Morgan (2001). "Muscle damage from eccentric exercise: mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications." J Physiol **537**(Pt 2): 333-345.
- Rampinini, E., D. Bishop, et al. (2007). "Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players." Int J Sports Med **28**(3): 228-235.
- Randall, J. M., R. T. Matthews, et al. (1997). "Resonant frequencies of standing humans." Ergonomics **40**(9): 879-886.
- Reilly, C. A., D. J. Crouch, et al. (2002). "Determination of capsaicin, nonivamide, and dihydrocapsaicin in blood and tissue by liquid chromatography-tandem mass spectrometry." J Anal Toxicol **26**(6): 313-319.
- Reilly, T. (2005). "An ergonomics model of the soccer training process." J Sports Sci **23**(6): 561-572.
- Reilly, T., G. Atkinson, et al. (2006). "Some chronobiological considerations related to physical exercise." Clin Ter **157**(3): 249-264.
- Reilly, T., J. Bangsbo, et al. (2000). "Anthropometric and physiological predispositions for elite soccer." J Sports Sci **18**(9): 669-683.
- Reilly, T. and B. Edwards (2007). "Altered sleep-wake cycles and physical performance in athletes." Physiol Behav **90**(2-3): 274-284.
- Reilly, T. and B. Ekblom (2005). "The use of recovery methods post-exercise." J Sports Sci **23**(6): 619-627.
- Reilly, T. and M. Piercy (1994). "The effect of partial sleep deprivation on weight-lifting performance." Ergonomics **37**(1): 107-115.
- Reilly, T. and M. Rigby (2002). "Effect of an active warm-down following competitive soccer." Science and Football IV. London: Routledge.
- Rhea, M. R., D. Bunker, et al. (2009). "Effect of iTonic whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals." J Strength Cond Res **23**(6): 1677-1682.
- Rinder, A. N. and C. J. Sutherland (1995). "An investigation of the effects of massage on quadriceps performance after exercise fatigue." Complement Ther Nurs Midwifery **1**(4): 99-102.
- Rittweger, J., G. Beller, et al. (2000). "Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man." Clin Physiol **20**(2): 134-142.
- Rittweger, J., J. Ehrig, et al. (2002). "Oxygen uptake in whole-body vibration exercise: influence of vibration frequency, amplitude, and external load." Int J Sports Med **23**(6): 428-432.

- Robertson, A., J. M. Watt, et al. (2004). "Effects of leg massage on recovery from high intensity cycling exercise." Br J Sports Med **38**(2): 173-176.
- Rodenburg, J. B., D. Steenbeek, et al. (1994). "Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise." Int J Sports Med **15**(7): 414-419.
- Roelants, M., C. Delecluse, et al. (2004). "Effects of 24 weeks of whole body vibration training on body composition and muscle strength in untrained females." Int J Sports Med **25**(1): 1-5.
- Roelants, M., C. Delecluse, et al. (2004). "Whole-body-vibration training increases knee-extension strength and speed of movement in older women." J Am Geriatr Soc **52**(6): 901-908.
- Roll, J. P., J. P. Vedel, et al. (1989). "Alteration of proprioceptive messages induced by tendon vibration in man: a microneurographic study." Exp Brain Res **76**(1): 213-222.
- Rowsell, G. J., A. J. Coutts, et al. (2009). "Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players." J Sports Sci **27**(6): 565-573.
- Runge, M., G. Rehfeld, et al. (2000). "Balance training and exercise in geriatric patients." J Musculoskelet Neuronal Interact **1**(1): 61-65.
- Saltin, B. (1973). "Metabolic Fundamentals in exercise". Med Sci Sports Exerc **5**:137-146.
- Sanders, J. (1996). "Effect of contrast-temperature immersion on recovery from short-duration intense exercise". Unpublished thesis, Bachelor of applied Science. University of Canberra.
- Sands, W. A., J. R. McNeal, et al. (2006). "Flexibility enhancement with vibration: Acute and long-term." Med Sci Sports Exerc **38**(4): 720-725.
- Sayers, S. P., P. M. Clarkson, et al. (2000). "Activity and immobilization after eccentric exercise: I. Recovery of muscle function." Med Sci Sports Exerc **32**(9): 1587-1592.
- Seidel, H. (2005). "On the relationship between whole-body vibration exposure and spinal health risk." Ind Health **43**(3): 361-377.
- Sellwood, K. L., P. Brukner, et al. (2007). "Ice-water immersion and delayed-onset muscle soreness: a randomised controlled trial." Br J Sports Med **41**(6): 392-397.
- Shoemaker, J. K., P. M. Tiidus, et al. (1997). "Failure of manual massage to alter limb blood flow: measures by Doppler ultrasound." Med Sci Sports Exerc **29**(5): 610-614.
- Shrier, I. (2007). "Understanding causal inference: the future direction in sports injury prevention." Clin J Sport Med **17**(3): 220-224.

- Smith, L. L., M. N. Keating, et al. (1994). "The effects of athletic massage on delayed onset muscle soreness, creatine kinase, and neutrophil count: a preliminary report." J Orthop Sports Phys Ther **19**(2): 93-99.
- Smith, L. L., M. Kukielka, et al. (2005). "Heart rate recovery after exercise: a predictor of ventricular fibrillation susceptibility after myocardial infarction." Am J Physiol Heart Circ Physiol **288**(4): H1763-1769.
- Sporis, G., I. Jukic, et al. (2009). "Fitness profiling in soccer: physical and physiologic characteristics of elite players." J Strength Cond Res **23**(7): 1947-1953.
- Sramek, P., M. Simeckova, et al. (2000). "Human physiological responses to immersion into water of different temperatures." Eur J Appl Physiol **81**(5): 436-442.
- Staples, J. and D. Clement (1996). "Hyperbaric oxygen chambers and the treatment of sports injuries." Sports Med **22**(4): 219-227.
- Staples, J. R., D. B. Clement, et al. (1999). "Effects of hyperbaric oxygen on a human model of injury." Am J Sports Med **27**(5): 600-605.
- Stolen, T., K. Chamari, et al. (2005). "Physiology of soccer: an update." Sports Med **35**(6): 501-536.
- Suzuki, M., T. Umeda, et al. (2004). "Effect of incorporating low intensity exercise into the recovery period after a rugby match." Br J Sports Med **38**(4): 436-440.
- Taoutaou, Z., P. Granier, et al. (1996). "Lactate kinetics during passive and partially active recovery in endurance and sprint athletes." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **73**(5): 465-470.
- Terrados, N., R. Mora, et al. (2004). "La Recuperación de la Fatiga del Deportista". Gymnos. Madrid.
- Tessitore, A., R. Meeusen, et al. (2007). "Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training." J Strength Cond Res **21**(3): 745-750.
- Thornley, L. J., S. S. Cheung, et al. (2003). "Responsiveness of thermal sensors to nonuniform thermal environments and exercise." Aviat Space Environ Med **74**(11): 1135-1141.
- Tiidus, P. M. and J. K. Shoemaker (1995). "Effleurage massage, muscle blood flow and long-term post-exercise strength recovery." Int J Sports Med **16**(7): 478-483.
- Torvinen, S., P. Kannus, et al. (2002). "Effect of four-month vertical whole body vibration on performance and balance." Med Sci Sports Exerc **34**(9): 1523-1528.
- Torvinen, S., H. Sievanen, et al. (2002). "Effect of 4-min vertical whole body vibration on muscle performance and body balance: a randomized cross-over study." Int J Sports Med **23**(5): 374-379.

- Vaile, J., S. Halson, et al. (2008a). "Effect of hydrotherapy on recovery from fatigue." Int J Sports Med **29**(7): 539-544.
- Vaile, J., S. Halson, et al. (2008b). "Effect of hydrotherapy on the signs and symptoms of delayed onset muscle soreness." Eur J Appl Physiol **102**(4): 447-455.
- Vaile, J. M., N. D. Gill, et al. (2007). "The effect of contrast water therapy on symptoms of delayed onset muscle soreness." J Strength Cond Res **21**(3): 697-702.
- van den Tillaar, R. (2006). "Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings?" J Strength Cond Res **20**(1): 192-196.
- Van Gool, D., D. Van Gerven et al. (1987). "The physiological and imposed on soccer player during real match play." Science and Football. 51- 59.
- Verschueren, S. M., M. Roelants, et al. (2004). "Effect of 6-month whole body vibration training on hip density, muscle strength, and postural control in postmenopausal women: a randomized controlled pilot study." J Bone Miner Res **19**(3): 352-359.
- Viitasalo, J. T., K. Niemela, et al. (1995). "Warm underwater water-jet massage improves recovery from intense physical exercise." Eur J Appl Physiol Occup Physiol **71**(5): 431-438.
- Warren, G. L., C. P. Ingalls, et al. (2001). "Excitation-contraction uncoupling: major role in contraction-induced muscle injury." Exerc Sport Sci Rev **29**(2): 82-87.
- Weber, M. D., F. J. Servedio, et al. (1994). "The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness." J Orthop Sports Phys Ther **20**(5): 236-242.
- Webster, A. L., D. G. Syrotuik, et al. (2002). "Effects of hyperbaric oxygen on recovery from exercise-induced muscle damage in humans." Clin J Sport Med **12**(3): 139-150.
- Weerakkody, N. S., D. A. Mahns, et al. (2007). "Impairment of human proprioception by high-frequency cutaneous vibration." J Physiol **581**(Pt 3): 971-980.
- Weerapong, P., P. A. Hume, et al. (2005). "The mechanisms of massage and effects on performance, muscle recovery and injury prevention." Sports Med **35**(3): 235-256.
- Weldon, S. M. and R. H. Hill (2003). "The efficacy of stretching for prevention of exercise-related injury: a systematic review of the literature." Man Ther **8**(3): 141-150.

- Weltan, S. M., A. N. Bosch, et al. (1998). "Influence of muscle glycogen content on metabolic regulation." Am J Physiol **274**(1 Pt 1): E72-82.
- Weltman, A., B. A. Stamford, et al. (1979). "Recovery from maximal effort exercise: lactate disappearance and subsequent performance." J Appl Physiol **47**(4): 677-682.
- Weston, C. F., J. P. O'Hare, et al. (1987). "Haemodynamic changes in man during immersion in water at different temperatures." Clin Sci (Lond) **73**(6): 613-616.
- Wigernaes, I., A. T. Hostmark, et al. (2000). "Active recovery reduces the decrease in circulating white blood cells after exercise." Int J Sports Med **21**(8): 608-612.
- Wilcock, I. M., J. B. Cronin, et al. (2006). "Physiological response to water immersion: a method for sport recovery?." Sports Med **36**(9): 747-765.
- Wilcock, I. M., J. B. Cronin, et al. (2006). "Water immersion: does it enhance recovery from exercise?" Int J Sports Physiol Perform **1**(3): 195-206.
- Wilcock, I. M., C. Whatman, et al. (2009). "Vibration training: could it enhance the strength, power, or speed of athletes?." J Strength Cond Res **23**(2): 593-603.
- Wilmore, J. H., A. R. Morton, et al. (1998). "Role of taste preference on fluid intake during and after 90 min of running at 60% of VO₂max in the heat." Med Sci Sports Exerc **30**(4): 587-595.
- Woods, C., R. Hawkins, et al. (2002). "The Football Association Medical Research Programme: an audit of injuries in professional football-analysis of preseason injuries." Br J Sports Med **36**(6): 436-441; discussion 441.
- Yamane, M., H. Teruya, et al. (2006). "Post-exercise leg and forearm flexor muscle cooling in humans attenuates endurance and resistance training effects on muscle performance and on circulatory adaptation." Eur J Appl Physiol **96**(5): 572-580.
- Yanagisawa, O., T. Homma, et al. (2007). "Effects of cooling on human skin and skeletal muscle." Eur J Appl Physiol **100**(6): 737-745.
- Yanagisawa, O., H. Kudo, et al. (2004). "Magnetic resonance imaging evaluation of cooling on blood flow and oedema in skeletal muscles after exercise." Eur J Appl Physiol **91**(5-6): 737-740.
- Yeargin, S. W., D. J. Casa, et al. (2006). "Body cooling between two bouts of exercise in the heat enhances subsequent performance." J Strength Cond Res **20**(2): 383-389.
- Yun, S. H., J. K. Choi, et al. (2004). "Cardiovascular responses to head-out water immersion in Korean women breath-hold divers." Eur J Appl Physiol **91**(5-6): 708-711.

- Zainuddin Z. et al (2005). "Effects of massage on delayed-onset muscle soreness, swelling, and recovery of muscle function." J Athl Train **40**: 174-180.

9. [ANEXOS]

ANEXO 1. DECLARACIÓN DE CONSENTIMIENTO INFORMADO.

D./Dña, de años de edad y con DNI nº, manifiesta que ha sido informado/a sobre de la metodología y riesgos que podría suponer la aplicación de estimulación neuromuscular mecánica y la RSA para cubrir los objetivos del Proyecto de Investigación titulado “.....” con el objetivo principal de identificar los efectos de la estimulación neuromuscular mecánica sobre la recuperación muscular.

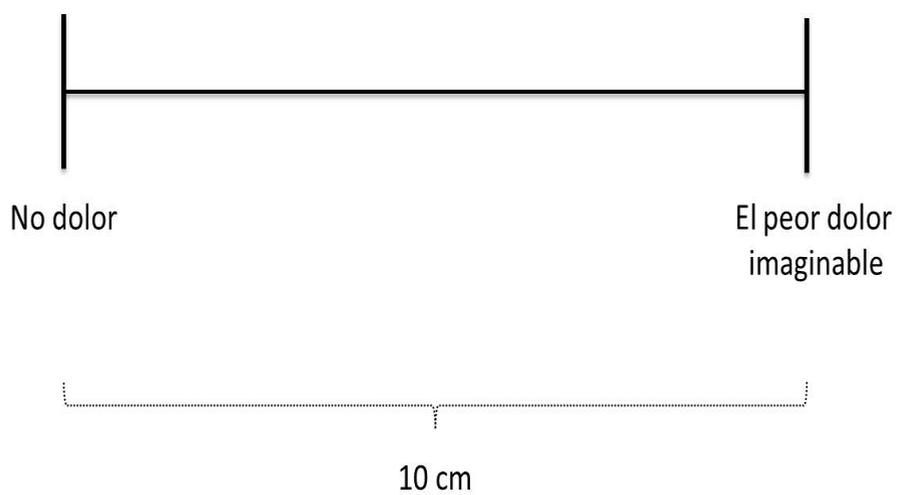
He sido también informado/a de que mis datos personales serán protegidos e incluidos en un fichero que deberá estar sometido a y con las garantías de la ley 15/1999 de 13 de diciembre.

Tomando ello en consideración, OTORGO mi CONSENTIMIENTO a que la toma de datos tenga lugar y sea utilizada para cubrir los objetivos especificados en el proyecto.

Valladolid, a ... de de.....

Fdo. D/Dña

ANEXO 2. ESCALA VAS.



ANEXO 3. PUBLICACIÓN Y ACTIVIDAD DE DIFUSIÓN DE ESTE PROYECTO.

Marín P.J; Zarzuela, R; Zarzosa, F; Herrero, A.J; Garatachea, N; Rhea, M. R and García-Lopez D. (2011). "Whole-body vibration as a method of recovery for soccer players". European J Sport Sci **11**(0): 1-7.

10. [ARTÍCULO]

This article was downloaded by: [Pedro J. Marín]
On: 06 February 2012, At: 07:17
Publisher: Taylor & Francis
Informa Ltd Registered in England and Wales Registered Number: 1072954
Registered office: Mortimer House,
37-41 Mortimer Street, London W1T 3JH, UK



**European Journal
of Sport Science**
The Official Journal of the European College of Sport Science

[EUROPEAN JOURNAL OF SPORT SCIENCE]
Publication details, including instructions for authors
and subscription information:
<http://www.tandfonline.com/loi/tejs20>

[WHOLE-BODY VIBRATION AS A METHOD OF RECOVERY FOR SOCCER
PLAYERS]

Pedro J. Marín^a, Raúl Zarzuela^a, Fernando Zarzosa^a, Azael J. Herrero^a, Nuria Garatachea^b, Matthew R. Rhea^c & David García-López^a

^a Laboratory of Physiology, European University Miguel de Cervantes, Valladolid, Spain.

^b Institute of Biomedicine, University of León, León, Spain.

^c Department of Interdisciplinary Studies, A. T. Still University, Mesa, Arizona, USA.

Available online: 06 Feb 2012

To cite this article: Pedro J. Marín, Raúl Zarzuela, Fernando Zarzosa, Azael J. Herrero, Nuria Garatachea, Matthew R. Rhea & David García-López (2012): Whole-body vibration as a method of recovery for soccer players, *European Journal of Sport Science*, 12:1, 2-8

To link to this article: <http://dx.doi.org/10.1080/17461391.2010.536579>

PLEASE SCROLL DOWN FOR ARTICLE

Full terms and conditions of use:

<http://www.tandfonline.com/page/terms-and-conditions>

This article may be used for research, teaching, and private study purposes. Any substantial or systematic reproduction, redistribution, reselling, loan, sub-licensing, systematic supply, or distribution in any form to anyone is expressly forbidden.

The publisher does not give any warranty express or implied or make any representation that the contents will be complete or accurate or up to date. The accuracy of any instructions, formulae, and drug doses should be independently verified with primary sources. The publisher shall not be liable for any loss, actions, claims, proceedings, demand, or costs or damages whatsoever or howsoever caused arising directly or indirectly in connection with or arising out of the use of this material.

ORIGINAL ARTICLE

Whole-body vibration as a method of recovery for soccer players

PEDRO J. MARIN¹, RAÚL ZARZUELA¹, FERNANDO ZARZOSA¹, AZAEL J. HERRERO¹,
NURIA GARATACHEA², MATTHEW R. RHEA³, & DAVID GARCÍA-LÓPEZ¹

¹Laboratory of Physiology, European University Miguel de Cervantes, Valladolid, Spain, ²Institute of Biomedicine, University of León, León, Spain, and ³Department of Interdisciplinary Studies, A. T. Still University, Mesa, Arizona, USA

Abstract

The aim of this study was to determine whether superimposed whole-body vibration could improve the recovery-related effects of a traditional cool-down in high-level soccer players. Sixteen high-level junior soccer players performed a repeated-sprint ability test, after which they performed a traditional cool-down, with (experimental group) or without (control group) superimposed whole-body vibration. Functional recovery was measured through vertical jump height and maximal voluntary isometric force in leg-extension. The repeated-sprint ability test induced increases (from 161 to 215%; $P < 0.05$) in muscle pain measured by visual analogue scale in the control group only. Vertical jump height was recovered earlier with than without whole-body vibration (24 h after the repeated-sprint ability test; $P < 0.05$). The results of this study demonstrate that whole-body vibration in combination with a traditional cool-down can reduce perceived muscle pain and enhance recovery after a soccer-specific exercise.

Keywords: Pain, soreness, prevention of delayed-onset muscle soreness, athletes

Introduction

It has been shown that during a competitive soccer match an elite player can cover 10–12 km, attaining approximately 80–90% of maximal heart rate and 70–80% of maximal oxygen uptake (Helgerud, Engen, Wisloff, & Hoff, 2001; Sporis, Jukic, Ostojic, & Milanovic, 2009). In soccer, the gap between games is variable, ranging from hours (in some tournaments) to weeks. For this reason, coaches should implement effective recovery strategies to enhance performance (Rowell, Coutts, Reaburn, & Hill-Haas, 2009) and to avoid the incidence of muscle damage (Gill, Beaven, & Cook, 2006), the symptoms of overreaching (Kraemer et al., 2004), and lower limb injuries (Woods, Hawkins, Hulse, & Hodson, 2002) that result from the high frequency and intensity involved in competition and training.

Many researchers have attempted to identify adequate recovery strategies for athletes. The most common recovery strategies are contrast temperature water immersion, anti-inflammatory drugs,

stretching, ultrasound, homeopathy, electrical current techniques, compression, moderate-intensity exercise (active recovery), hyperbaric oxygen, and massage (Barnett, 2006; Cheung, Hume, & Maxwell, 2003; Wilcock, Cronin, & Hing, 2006). According to Barnett (2006), massage, active recovery, contrast temperature water immersion, hyperbaric oxygen, and electrical stimulation do not appear to be advantageous. Anti-inflammatory drugs have potential negative health outcomes and may negatively affect muscle repair and adaptation to training (Barnett, 2006). In contrast, Vaile et al. (2010) recently showed that cold water immersion is an effective intervention for maintaining repeat cycling performance in the heat and this performance benefit is associated with alterations in core temperature and limb blood flow.

To the best of our knowledge, no research has assessed the effects of whole-body vibration (WBV) on performance recovery. Whole-body vibration constitutes a mechanical stimulus that enters the body via the feet when standing on a vibration

Correspondence: P. J. Marin, Laboratory of Physiology, European University Miguel de Cervantes, c/ Padre Julio Chevalier 2, 47012 Valladolid, Spain. E-mail: pjmarin@uemc.es

platform. The effects of whole-body vibration have been reported to include increased muscle power (Marin & Rhea, 2010a; Rhea & Kenn, 2009; Wilcock, Whatman, Harris, & Keogh, 2009), strength (Marin & Rhea, 2010b; Wilcock et al., 2009), and flexibility (Cochrane & Stannard, 2005; Fagnani, Giombini, Di Cesare, Pigozzi, & Di Salvo, 2006; van den Tillaar, 2006), as well as changes in energy expenditure (Garatachea et al., 2007), peripheral circulation (Kerschan-Schindl et al., 2001; Rittweger, Beller, & Felsenberg, 2000), muscle blood flow (Lohman, Petrofsky, Maloney-Hinds, Betts-Schwab, & Thorpe, 2007), and muscle temperature (Hazell, Thomas, Deguire, & Lemon, 2008). Furthermore, recent research has shown that vibration before eccentric exercise may prevent muscle soreness by reducing plasma creatine kinase concentrations (Bakhtiary, Safavi-Farokhi, & Aminian-Far, 2007). Rhea and co-workers (Rhea, Bunker, Marin, & Lunt, 2009) showed that WBV massage and flexibility exercises can help to reduce the severity of muscle soreness following strenuous workouts among untrained individuals. The degree of pain attenuation ranged from 22 to 61%. However, to our knowledge no previous studies have assessed the effectiveness of whole-body vibration for recovery from soccer-specific exercise or strenuous exercise among athletic populations. Thus, this study aimed to determine the effectiveness of whole-body vibration as a means to enhance post-training recovery in high-level male soccer players. We hypothesized that superimposed whole-body vibration would improve the recovery-related effects of a standard cool-down strategy.

Methods

Participants and experimental design

Sixteen high-level male soccer players (mean (*s*) age 17.1 (0.9) years; height 176.7 (5.2) cm; body mass 69.16 (5.4) kg) were randomly assigned to one of two groups: whole-body vibration ($n=8$) and control ($n=8$). Participants played for their national team and regularly participated in one match and 8–10 training sessions per week. None of the participants had previous experience of whole-body vibration. Before data collection, the players were

informed of the requirements associated with participation and provided written informed consent. Moreover, the participants were instructed to not change their sleeping, eating or drinking habits throughout the study. The research project was conducted according to the Declaration of Helsinki and received approval from the University Review Board for research involving humans. Participants also provided consent for the use of all visual images.

A schematic representation of the study design is given in Figure 1. The study consisted of two interventions: (1) whole-body vibration cool-down and (2) control cool-down. Both groups performed the same exercises (see Figure 2); however, in the WBV group, the exercises were performed with a superimposed vibration stimulus, which consisted of uniform vertical oscillations (Power Plate® Next Generation, Power Plate North America, Northbrook, IL). The vertical component of the acceleration was measured using an accelerometer in accordance with ISO2954 (Vibration Meter, VT-6360, Hong Kong, China). Vibration platform settings included a frequency of 50 Hz with a peak-to-peak amplitude of 2.41 ± 0.02 mm (High-H), and a frequency of 35 Hz with a peak-to-peak amplitude of 1.15 ± 0.03 mm (Low-L). Measurement of vibration amplitude was made according to the range of weights of the participants. Frequencies were applied according to previous related research (Rhea et al., 2009).

Before testing, participants underwent a 15-min standardized soccer warm-up during which they performed jogging, technical exercises, and stretching at a moderate intensity corresponding to a heart rate of around $135 \text{ beats} \cdot \text{min}^{-1}$ (Tessitore, Meeusen, Cortis, & Capranica, 2007).

Each participant visited the laboratory on four separate occasions, with 24 h between test sessions. To minimize the influence of circadian rhythms, participants performed all test sessions at the same time of day. In each test session, participants performed three tests, administered in the same order throughout the study: (a) visual analogue scale (VAS); (b) countermovement jump (CMJ); (c) maximal voluntary isometric contraction (MVIC) in leg-extension. One week before testing, all participants were familiarized with the equipment, tests, and procedures.

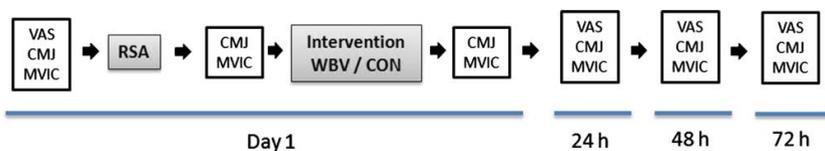


Figure 1. Experimental design. VAS = visual analogue scale; CMJ = countermovement jump; MVIC = maximal voluntary isometric contraction; RSA = repeated-sprint ability test; WBV = whole-body vibration; CON = control.

Table I. Effect sizes (*d*) between groups for countermovement jump (CMJ), maximal voluntary isometric contraction (MVIC), and perceived muscle pain (visual analogue scale; VAS)

	CMJ	MVIC	VAS
After RSA test	0.59	0.26	
After intervention	0.07	0.27	
24 h	1.45	0.20	0.41
48 h	0.67	0.48	0.77
72 h	0.30	0.05	1.02

Note: RSA test = repeated-sprint ability test.

Repeated-sprint ability test

To apply a stimulus specific to soccer, we used a repeated-sprint ability test, which consisted of two series of six 40-m (two 20-m sprints with a 180° turn) shuttle sprints separated by 20 s of passive recovery (Impellizzeri et al., 2008; Rampinini et al., 2007). This test was designed to measure both repeated-sprint ability and ability to change direction. From the start line, players sprinted for 20 m, touched a line with a foot, and returned to the starting line as fast as possible. After 20 s of passive

recovery, the players began the next 40-m sprint and their performances were monitored by a photocells system (Globus Ergo Tester, Codogne, Italy).

Perceived muscle pain

The soreness of different lower-limb muscles was assessed using a 10-cm visual analogue scale whose left and right extremes are labelled “no muscle soreness” and “maximum muscle soreness”, respectively. Participants were asked to place a vertical line indicating the amount of soreness they perceived, which was quantified as the distance (with a precision of 0.1 cm) between the left extreme of the line and the mark placed by the participant. All participants were familiar with visual analogue scales. The visual analogue scale is easily and quickly administered and has been used as a reliable means for determining the intensity of human pain (Price, McGrath, Rafii, & Buckingham, 1983).

Muscle soreness was monitored immediately before the warm-up, as well as 24, 48, and 72 h after the repeated-sprint ability test. Muscle soreness

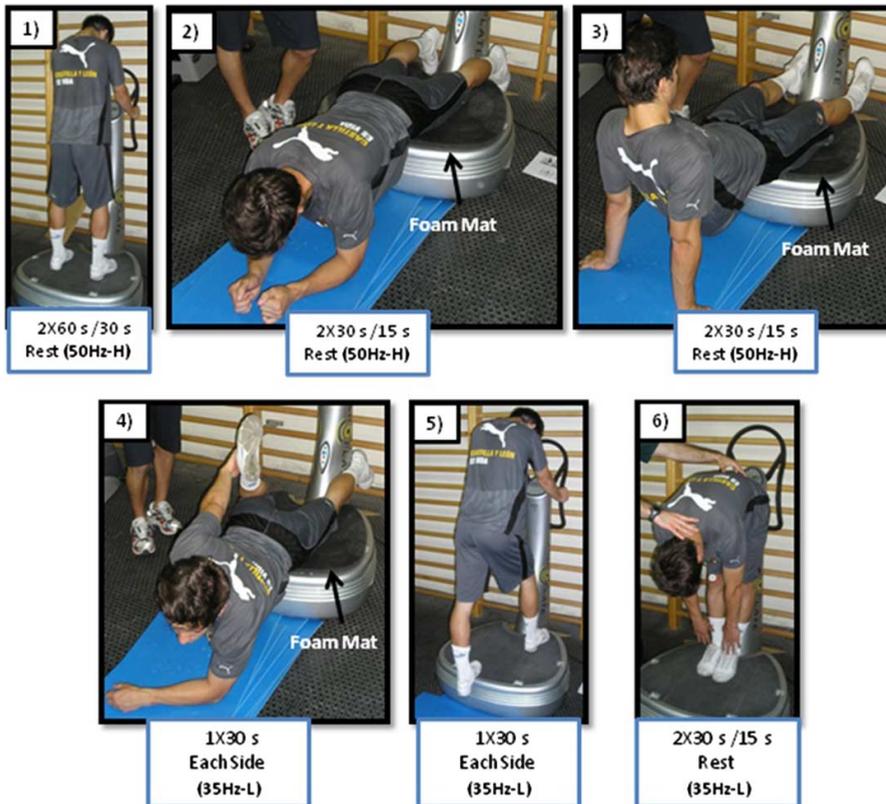


Figure 2. Positions and stretches during the recovery intervention. H = high amplitude and L = low amplitude (for whole-body vibration group).

was not monitored immediately after the repeated-sprint ability because it could have been confusing for the participants to discriminate between soreness and other feelings related to muscle fatigue.

Countermovement jump

The participants performed a countermovement jump on a contact mat (Globus Ergo Tester, Codogne, Italy) immediately before and after the repeated-sprint ability test, immediately after the intervention, as well as 24, 48, and 72 h after the repeated-sprint ability test. A countermovement to approximately 90° of knee flexion was permitted, with the hands placed on the hips. The participants were asked to jump as high as possible.

Maximal voluntary isometric contraction in leg-extension

A load cell (SportMetrics, Valencia, Spain) was used to determine the maximal voluntary isometric contraction (MVIC) of the knee extensors in a leg-extension machine (Telju, Toledo, Spain), with knee and hip at 90°. The axis of the lever arm of the leg-extension machine was visually aligned with the centre of rotation of the knee joint. The tibial pad was placed just proximal to the medial malleolus on the lower extremity for each participant. The average distance from the axis of rotation to the tibial pad was 0.41 ± 0.03 m. This distance was carefully measured for each participant and it was maintained throughout the study. Two MVIC measurements lasting for 5 s each were made at each sample point, separated by 3 min of recovery. The best recording was used for further analysis. The MVIC was measured immediately before and after the repeated-sprint ability test, immediately after the intervention, as well as 24, 48, and 72 h after the repeated-sprint ability test.

Statistical analysis

Normality of the dependent variables was checked and subsequently confirmed using the Kolmogorov-Smirnov test. A two-way (group \times time) analysis of variance (ANOVA) for repeated measures was performed to test significance between and within groups for the visual analogue scale, countermovement jump, and MVIC. Following a significant *F*-test, pairwise comparisons were made with Bonferroni corrections for multiple comparisons.

All statistical analyses were conducted using SPSS v.15 (SPSS Inc., Chicago, IL). Data are presented as means \pm standard deviations (*s*) unless otherwise stated. Statistical significance was set at $P \leq 0.05$. Effect sizes (*d*) were computed to determine the magnitude of an effect between groups independent

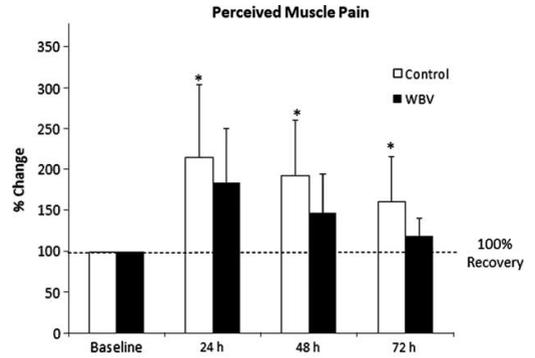


Figure 3. Perceived muscle pain. Values (mean \pm s) are expressed as a percentage change from baseline. *Significantly different from baseline ($P < 0.05$), same group. WBV = whole-body vibration.

of sample size. Values of $d \leq 0.2$ were considered small effects, $0.2 < d < 0.8$ moderate, and $d \geq 0.8$ large (Thomas, Salazar, & Landers, 1991).

Results

Repeated-sprint ability mean time

The results of the two-factor ANOVA for mean time revealed a significant test main effect ($P < 0.01$) but no significant interaction of test \times group ($P > 0.05$). That is, the mean time increased significantly from the first to the second shuttle-sprint, with no differences between groups. The mean time for the two sprints was 7.56 ± 0.2 s vs. 7.71 ± 0.1 s for the whole-body vibration group and 7.50 ± 0.3 s vs. 7.83 ± 0.3 s for the control group.

Perceived muscle pain

Figure 3 shows the evolution over time of muscle pain for the whole-body vibration and control groups, respectively. ANOVA revealed a significant time main effect. *Post-hoc* analysis indicated that the pain perceived by the control group at 24, 48, and 72 h was significantly higher than the baseline value ($P < 0.05$). In contrast, pain for the whole-body vibration group did not increase significantly from baseline ($P > 0.05$).

Statistical analyses identified significantly higher perceptions of pain at all times after the repeated-sprint ability test than at baseline among the control group participants ($P < 0.05$).

Countermovement jump

A significant time main effect was observed for countermovement jump (Figure 4). That is, the repeated-sprint ability test induced a decrease in countermovement jump ability. *Post-hoc* analysis

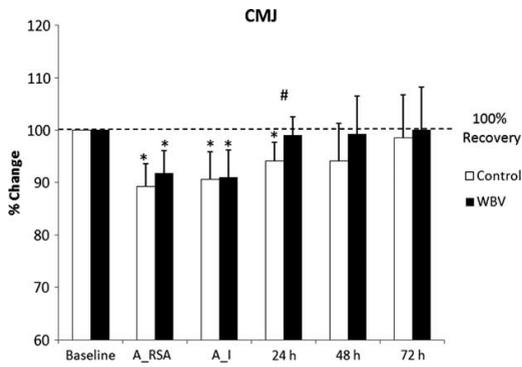


Figure 4. Counter-movement jump. Values (mean \pm s) are expressed as a percentage change from baseline. *Significantly different from baseline ($P < 0.05$), same group. #Significant difference between groups ($P < 0.05$), same time. WBV = whole-body vibration; A_RSA = after the repeated-sprint ability test; A_I = after the intervention.

indicated that counter-movement jump ability was recovered earlier in the whole-body vibration group than in the control group. Thus, 24 h after the repeated-sprint ability test, vertical jump height was still significantly lower than at baseline in the control group, while this capacity had been already recovered in the whole-body vibration group.

Leg-extension maximal voluntary isometric contraction

Figure 5 shows the evolution of leg-extension MVIC after the repeated-sprint ability test. Although the repeated-sprint ability test induced slight decreases in MVIC, these changes did not reach statistical significance. Thus, no time, group or interaction effects were observed.

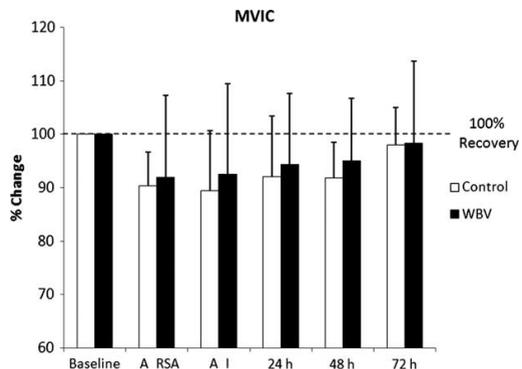


Figure 5. Maximal voluntary isometric contraction (MVIC) response to the repeated-sprint ability test. Values (mean \pm s) are expressed as a percentage change from baseline. WBV = whole-body vibration; A_RSA = after the repeated-sprint ability test; A_I = after the intervention.

Discussion

The main finding of the present study is that whole-body vibration in combination with a traditional cool-down protocol reduces the muscle pain induced by a soccer-specific effort in high-level junior players. Moreover, whole-body vibration seems to advance the recovery of lower-limb explosive force, which is a performance-related capacity in soccer.

Recovery strategies have captured the attention of scientists, coaches, and athletes in recent years. Given that muscle pain or impaired muscle function negatively affect the quality of training sessions and therefore the subsequent adaptations, enhancing recovery from soreness is vital to long-term training and performance. During a soccer match, athletes can make approximately 220 high-intensity runs, with the activity pattern changing every 4–6 s (Mohr, Krstrup, & Bangsbo, 2003). During soccer events (training sessions and competitive games), several eccentric muscle actions are performed (i.e. such as those involved in running, kicking, jumping, and tackling). Repetitive eccentric muscle actions have been associated with muscle damage, which is accompanied by delayed-onset muscular soreness, loss of explosive force, and increases in plasma creatine kinase (Garcia-Lopez, et al., 2006). Muscle damage is mainly induced by mechanical stress and disturbance of calcium homeostasis, and a sensation of discomfort within the muscle may be experienced (Fielding et al., 1993). Several methods have been proposed to attenuate the symptoms of exercise-induced muscle damage (i.e. massage, stretching, ultrasound, homeopathy, electrical current techniques, compression, moderate-intensity exercise), although there is no agreement among authors concerning the effectiveness of each recovery method.

To the best of our knowledge, this is the first study to assess the ability of whole-body vibration to enhance post-training recovery in high-level male soccer players. Compared with studies using isolated eccentric actions, the participants in this study reported lower perceived muscle pain. The control group showed significant increases in perceived muscle pain lasting for at least 72 h; however, the whole-body vibration intervention showed significant decreases in perceived muscle pain. Previous work has indicated that whole-body vibration can reduce muscle soreness induced by a training session including resistance-training exercises (4 sets of 8–10 repetitions of parallel squat, leg-extension, leg curl, heel raises, and deadlifts) and running sprints (10 repetitions of 40-yard sprints, with 60 s of recovery between consecutive sprints) (Rhea, et al., 2009). However, the participants used by Rhea and colleagues were untrained individuals, so direct

generalizations to athletes cannot be made based on that study alone. Regarding performance-related results, our data indicate that whole-body vibration in combination with a traditional cool-down strategy can result in an earlier recovery of vertical-jump height, while there is no effect on MVIC. Given that soccer players are less accustomed to isometric maximal efforts, feelings of discomfort may affect this test more acutely, reducing the potential positive effects of whole-body vibration.

The positive effects of whole-body vibration on perceived muscle pain and countermovement jump shown by our data could be dependent on vascular and neurophysiological mechanisms. Enhanced local blood flow immediately after a vibration stimulus (Kerschman-Schindl et al., 2001; Maloney-Hinds, Petrofsky, & Zimmerman, 2008) is one of the factors that would be expected to result in a decrease in perceived muscle pain and an increase in countermovement jump ability. This increase in local blood flow generates additional heat and thereby initiates a healing response within the tissues. Another prediction could be the proprioceptive feedback potentiation of inhibition of pain. This mechanism increases the pain threshold (Hansson & Ekblom, 1986; Lundberg, Abrahamsson, Bondesson, & Haker, 1987). The reason why whole-body vibration aided countermovement jump performance but not MVIC is speculative at best; however, it may be related to different test procedures and mechanics. Further research is needed to identify the physiological mechanisms by which whole-body vibration may result in decreased perceived muscle pain.

In conclusion, whole-body vibration in combination with a traditional cool-down protocol reduces the perceived muscle pain induced by a soccer-specific effort in high-level junior players. Moreover, whole-body vibration seems to hasten the recovery of lower-limb explosive force, which is a performance-related capacity in soccer. Therefore, this recovery mode could represent a valuable aid for muscle recovery to improve players' attitude towards workouts, given that the absence of muscle pain may ensure a better performance during training and competitive sessions. Future studies should focus on the effects of whole-body vibration recovery strategies on different soccer-related capabilities.

References

- Bakhtiary, A. H., Safavi-Farokhi, Z., & Aminian-Far, A. (2007). Influence of vibration on delayed onset of muscle soreness following eccentric exercise. *British Journal of Sports Medicine*, *41*, 145–148.
- Barnett, A. (2006). Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: Does it help? *Sports Medicine*, *36*, 781–796.
- Cochrane, D. J., & Stannard, S. R. (2005). Acute whole body vibration training increases vertical jump and flexibility performance in elite female field hockey players. *British Journal of Sports Medicine*, *39*, 860–865.
- Cheung, K., Hume, P., & Maxwell, L. (2003). Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Medicine*, *33*, 145–164.
- Fagnani, F., Giombini, A., Di Cesare, A., Pigozzi, F., & Di Salvo, V. (2006). The effects of a whole-body vibration program on muscle performance and flexibility in female athletes. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, *85*, 956–962.
- Fielding, R. A., Manfredi, T. J., Ding, W., Fiatarone, M. A., Evans, W. J., & Cannon, J. G. (1993). Acute phase response in exercise. III. Neutrophil and IL-1 beta accumulation in skeletal muscle. *American Journal of Physiology: Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, *265*, R166–R172.
- Garatachea, N., Jiménez, A., Bresciani, G., Mariño, N. A., González-Gallego, J., & de Paz, J. A. (2007). The effects of movement velocity during squatting on energy expenditure and substrate utilization in whole-body vibration. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*, 594–598.
- García-Lopez, D., de Paz, J. A., Jimenez-Jimenez, R., Bresciani, G., De Souza-Teixeira, F., Herrero, J. A., et al. (2006). Early explosive force reduction associated with exercise-induced muscle damage. *Journal of Physiology and Biochemistry*, *62*, 163–169.
- Gill, N. D., Beaven, C. M., & Cook, C. (2006). Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*, *40*, 260–263.
- Hansson, P., & Ekblom, A. (1986). Influence of stimulus frequency and probe size on vibration-induced alleviation of acute orofacial pain. *Applied Neurophysiology*, *49*, 155–165.
- Hazell, T. J., Thomas, G. W., Deguire, J. R., & Lemon, P. W. (2008). Vertical whole-body vibration does not increase cardiovascular stress to static semi-squat exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *104*, 903–908.
- Helgerud, J., Engen, L. C., Wisloff, U., & Hoff, J. (2001). Aerobic endurance training improves soccer performance. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *33*, 1925–1931.
- Impellizzeri, F. M., Rampinini, E., Castagna, C., Bishop, D., Ferrari Bravo, D., Tibaudi, A., et al. (2008). Validity of a repeated-sprint test for football. *International Journal of Sports Medicine*, *29*, 899–905.
- Kerschman-Schindl, K., Grampp, S., Henk, C., Resch, H., Preisinger, E., Fialka-Moser, V., et al. (2001). Whole-body vibration exercise leads to alterations in muscle blood volume. *Clinical Physiology*, *21*, 377–382.
- Kraemer, W. J., French, D. N., Paxton, N. J., Hakkinen, K., Volek, J. S., Sebastianelli, W. J., et al. (2004). Changes in exercise performance and hormonal concentrations over a big ten soccer season in starters and nonstarters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *18*, 121–128.
- Lohman, E. B., III, Petrofsky, J. S., Maloney-Hinds, C., Betts-Schwab, H., & Thorpe, D. (2007). The effect of whole body vibration on lower extremity skin blood flow in normal subjects. *Medical Science Monitor*, *13*, CR71–CR76.
- Lundberg, T., Abrahamsson, P., Bondesson, L., & Haker, E. (1987). Vibratory stimulation compared to placebo in alleviation of pain. *Scandinavian Journal of Rehabilitation Medicine*, *19*, 153–158.
- Maloney-Hinds, C., Petrofsky, J. S., & Zimmerman, G. (2008). The effect of 30 Hz vs. 50 Hz passive vibration and duration of vibration on skin blood flow in the arm. *Medical Science Monitor*, *14*, CR112–CR116.
- Marin, P. J., & Rhea, M. R. (2010a). Effects of vibration training on muscle power: A meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*, 871–878.

- Marin, P. J., & Rhea, M. R. (2010b). Effects of vibration training on muscle strength: A meta-analysis. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *24*, 548–556.
- Mohr, M., Krustrup, P., & Bangsbo, J. (2003). Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *Journal of Sports Sciences*, *21*, 519–528.
- Price, D. D., McGrath, P. A., Rafii, A., & Buckingham, B. (1983). The validation of visual analogue scales as ratio scale measures for chronic and experimental pain. *Pain*, *17*, 45–56.
- Rampinini, E., Bishop, D., Marcora, S. M., Ferrari Bravo, D., Sassi, R., & Impellizzeri, F. M. (2007). Validity of simple field tests as indicators of match-related physical performance in top-level professional soccer players. *International Journal of Sports Medicine*, *28*, 228–235.
- Rhea, M. R., Bunker, D., Marin, P. J., & Lunt, K. (2009). Effect of iTonic whole-body vibration on delayed-onset muscle soreness among untrained individuals. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 1677–1682.
- Rhea, M. R., & Kenn, J. G. (2009). The effect of acute applications of whole-body vibration on the iTonic platform on subsequent lower-body power output during the back squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 58–61.
- Rittweger, J., Beller, G., & Felsenberg, D. (2000). Acute physiological effects of exhaustive whole-body vibration exercise in man. *Clinical Physiology*, *20*, 134–142.
- Rowell, G. J., Coutts, A. J., Reaburn, P., & Hill-Haas, S. (2009). Effects of cold-water immersion on physical performance between successive matches in high-performance junior male soccer players. *Journal of Sports Sciences*, *27*, 565–573.
- Sporis, G., Jukic, I., Ostojic, S. M., & Milanovic, D. (2009). Fitness profiling in soccer: Physical and physiologic characteristics of elite players. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 1947–1953.
- Tessitore, A., Meeusen, R., Cortis, C., & Capranica, L. (2007). Effects of different recovery interventions on anaerobic performances following preseason soccer training. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *21*, 745–750.
- Thomas, J. R., Salazar, W., & Landers, D. M. (1991). What is missing in $p < .05$? Effect size. *Research Quarterly for Exercise and Sport*, *62*, 344–348.
- Vaile, J., O'Hagan, C., Stefanovic, B., Walker, M., Gill, N., & Askew, C. D. (2010). Effect of cold water immersion on repeated cycling performance and limb blood flow. *British Journal of Sports Medicine*, 16 March [Epub ahead of print].
- van den Tillaar, R. (2006). Will whole-body vibration training help increase the range of motion of the hamstrings? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *20*, 192–196.
- Wilcock, I. M., Cronin, J. B., & Hing, W. A. (2006). Water immersion: Does it enhance recovery from exercise? *International Journal of Sports Physiology and Performance*, *1*, 195–206.
- Wilcock, I. M., Whatman, C., Harris, N., & Keogh, J. W. (2009). Vibration training: Could it enhance the strength, power, or speed of athletes? *Journal of Strength and Conditioning Research*, *23*, 593–603.
- Woods, C., Hawkins, R., Hulse, M., & Hodson, A. (2002). The Football Association Medical Research Programme: An audit of injuries in professional football – analysis of preseason injuries. *British Journal of Sports Medicine*, *36*, 436–441; discussion 441.



universidad
de león

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN
FÍSICA Y DEPORTIVA