



EUSKO JAURLARITZA

HEZKUNTZA, HEZKUNTZA POLITIKA
ETA KULTURA SAIA



GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,
POLÍTICA LINGÜÍSTICA Y CULTURA

SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO Y DE RECUPERACIÓN
¿QUÉ ES EFICAZ Y QUÉ NO?

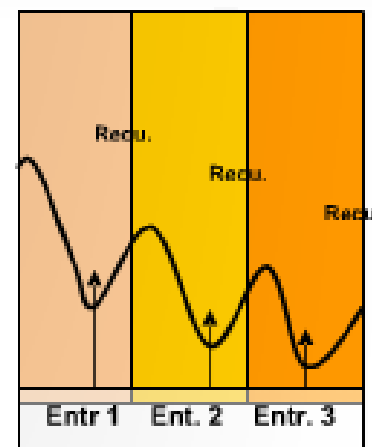
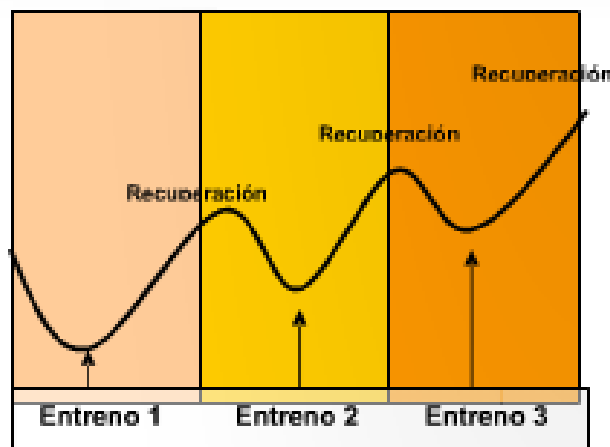
**¿SON EFICACES LOS MEDIOS DE
COMPRESION EN EL DEPORTE?**

D. Diego Marqués Jiménez

Getxo, 11 de junio de 2016

¿Qué es la recuperación?

Proceso fisiológico, psicológico y social, de naturaleza interindividual, y orientado a la recuperación de las habilidades de rendimiento específicas
(Kellmann y Kallus, 2001)

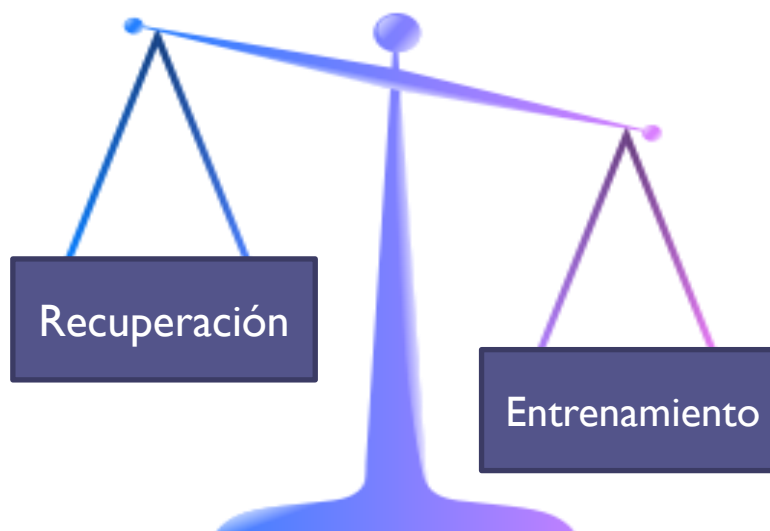


Correcta aplicación e incorrecta aplicación de las cargas de trabajo en el momento de supercompensación (Terrados et al., 2004)

¿Qué sabemos de la recuperación?



1200 estudios en recuperación
post-ejercicio desde el 2000
(Ostojic, 2016)



(Terrados et al., 2004; Bishop et al., 2008).

Importancia de la recuperación

El deportista pasa mas tiempo recuperando que entrenando
(Calleja-González et al., 2015)



Necesidad de optimizar este proceso



Si el deportista no lo consigue en un periodo temporal determinado, o durante las 72 horas posteriores al ejercicio no puede dedicar tiempo de descanso para la recuperación (Kenttä & Hassmén, 1998), se pueden realizar acciones para acelerar los procesos de recuperación

Sobre los medios de recuperación...

Recuperación específica al trabajo realizado

(Terrados et al., 2004)

Comprensión de las adaptaciones al ejercicio
que contribuyen a la fatiga para diseñar
estrategias de recuperación óptimas

(Bishop et al., 2008; Bompa, 1994; Fernández-García & Terrados, 2004;
Terrados & Calleja, 2008).



Prácticas adecuadas de recuperación

Entrenar antes y con mejor calidad, evitar
disminuciones en el rendimiento, prevenir la fatiga y
experimentar síntomas de sobreentrenamiento y
lesiones.

(Burke et al., 2004; Gill et al., 2006; Kuipers & Keizer, 1988; Terrados et al., 2004)

Pero... ¿Qué sabemos de la fatiga?



Escaso conocimiento
práctico de la
recuperación

(Abbiss & Laursen, 2005; Bishop, 2008; Kay et al., 2001)

Escasa comprensión
de la fatiga

No existen evidencias en la literatura científica para aseverar qué estrategia es más eficaz de cara a la recuperación de los deportistas
(Barnett, 2006)



El auge de la ropa compresiva en el deporte



Tipos de vendajes y prendas de compresión

Vendajes elásticos, ligeros y de retención

Mantener los vendajes fijos en su lugar en cualquier parte del cuerpo.

Prendas de soporte (inelásticos o de baja elasticidad)

Soporte mecánico y evitar la inflamación

Short-stretch
Incapacidad para adaptarse al contorno corporal
(Moffatt et al., 2007; Ramelet, 2002)

Presión baja en reposo
y
alta en movimiento

Prendas de compresión (elásticos o alta elasticidad)

Long-stretch
Estructura flexible y presión mantenida mas tiempo
(Moffatt et al., 2007)

Variaciones mínimas de presión en movimiento

Tipos de prendas de compresión

Prendas de compresión elásticas

Compresión
uniforme

Compresión
graduada

Diferentes
grados de
presión en
diferentes
segmentos de
extremidad

(Agu et al., 1999; Brennan
& Miller, 1998; Iwama et
al., 2000)

Compresión
distal
mayor que
compresión
proximal

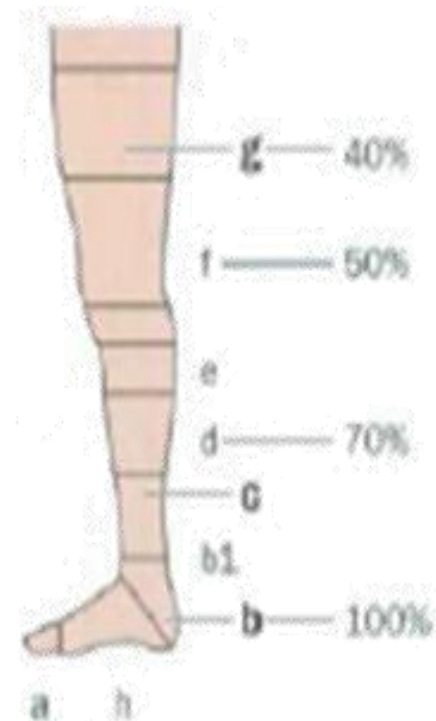
> 24 h.

(Van Geest et al., 2003;
Wienert, 2003)

< 24 h.

(Van Geest et al., 2003; Wienert, 2003)

mmHg



(Linnitt & Davies, 2007)

Clasificación de la terapia compresiva



Comparación de la clasificación de las medias según diferentes normas

Autoría	Británica BS 6612:1985	Británica BS 7505:1995	Francesa ASQUAL	Alemana RAL-GZ 387:2000
Método de evaluación	HATRA	HATRA	IFTH	HOSY
Clase I	14-17 mmHg	<20 mmHg (3A)	10-15 mmHg	18-21 mmHg
Clase II	18-24 mmHg	21-30 mmHg (3B)	15-20 mmHg	23-32 mmHg
Clase III	25-35 mmHg	31-40 mmHg (3C)	20-36 mmHg	34-36 mmHg
Clase IV	No descrita	41-60 mmHg (3D)	>36 mmHg	>49 mmHg

Necesidad de un acuerdo europeo (Pokrovsky & Sapelkin, 2002)

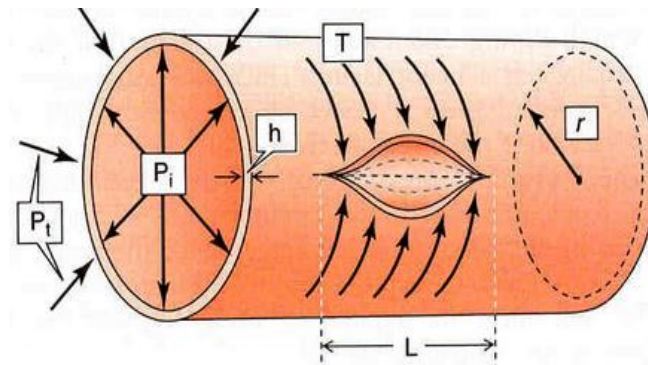
Principios y mecanismos fisiológicos

Nivel de compresión determinado por (Troynikov et al., 2010):

- estructura física y las propiedades elastoméricas
 - el tamaño y la forma de la extremidad
- naturaleza de la actividad física que realice el individuo

La forma de las extremidades humana impide que la presión se distribuya por igual.

El nivel de compresión es directamente proporcional a la tensión aplicada por la compresión, e inversamente relacionado con el tamaño de la extremidad a aplicar de acuerdo con la **ley de Laplace** (Clark & Krimmel, 2006).



$$\Delta P = P_i - P_t$$

P_i = Intravascular pressure

P_t = Tissue pressure

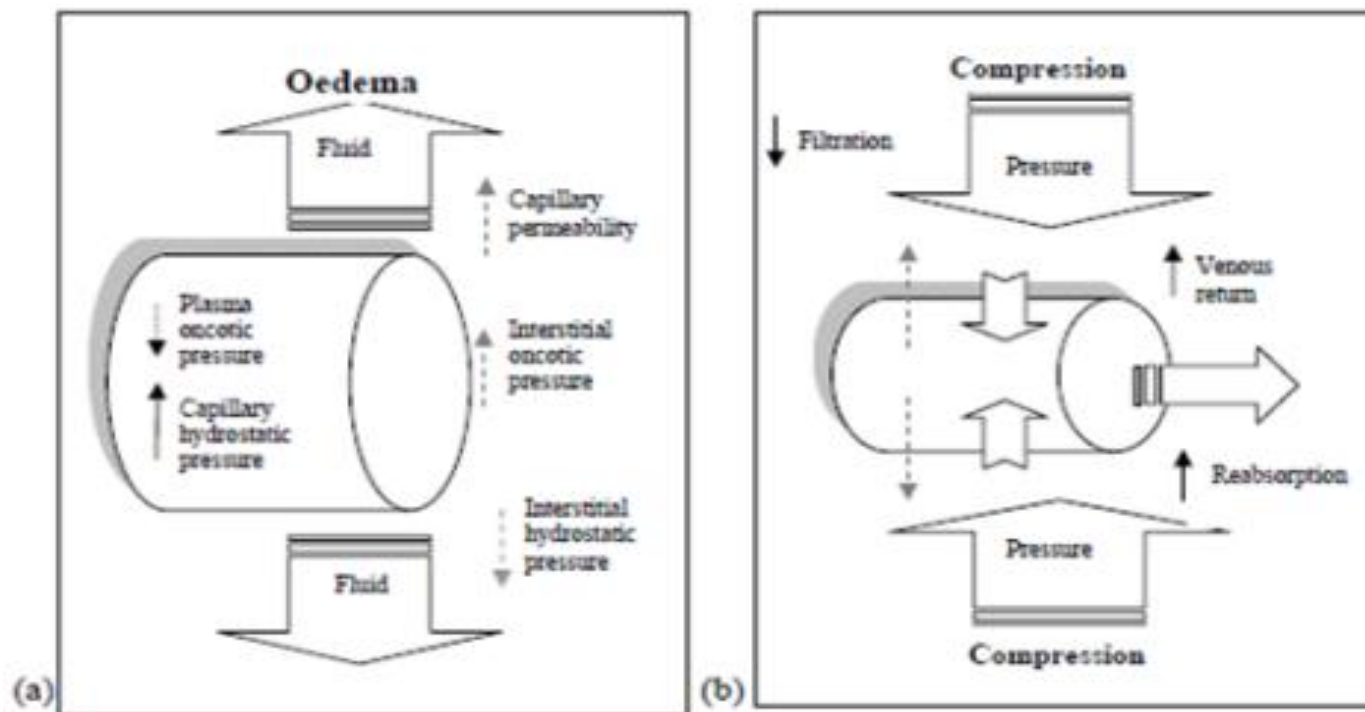
T = Wall tension

r = Radius

L = Length

Principios y mecanismos fisiológicos

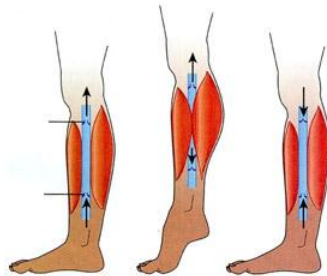
Los efectos dependen de la presión aplicada al cuerpo humano y las reacciones consecuentes (ecuación de Starling).



(Bindemann, 2007)

Principios y mecanismos fisiológicos

- **Aumento funcional de la bomba muscular.**



- “Imitación” o incremento de las acciones de la bomba muscular (Bergan & Sparks, 2000; Choucair & Phillips, 1998; Morris & Woodcock, 2004; O'Donnell et al., 1979).

Óptima
presión

- Reduce diámetro venas mayores y capilares (Partsch, et al., 2000)
- Acelera flujo sanguíneo (Bollinger & Fagrell, 1990; Litter, 1952; Sigel et al., 1975)
- Aumenta la IMP en todos los compartimentos musculares (Maton et al., 2006)
 - no influye en la relajación del músculo durante el reposo
 - desviación de la sangre de los vasos superficiales y profundos de regreso al corazón durante las contracciones dinámicas

Principios y mecanismos fisiológicos

Soporte físico y mecánico del músculo

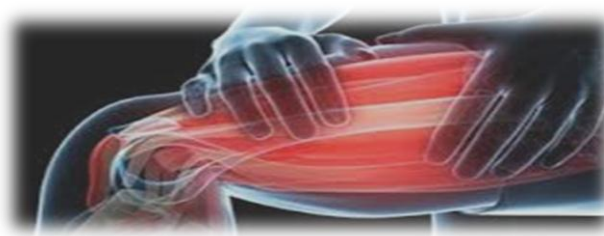
Mantener la estructura y función muscular
(Kraemer et al., 2001)

Limitar la formación de edema
(French et al., 2008)

Reducir la oscilación muscular tras salto
(Doan et al., 2003; Kraemer et al., 1998)

Atenuar las fuerzas de impacto
(Doan et al., 2003)

Mejorar la propiocepción
(Borràs et al., 2011; Doan et al., 2003; Kraemer et al., 1996)



Soporte físico y mecánico del músculo: influencia directa en EIMD

Restricción del espacio acumulación de fluidos e inflamación
(Friden et al., 1986; Jakeman et al., 2010)

Alineación de fibras musculares
(Kraemer et al., 2001; Kraemer et al., 2010)

Por lo tanto...



El soporte físico y mecánico reduciría la magnitud del EIMD, aceleraría la recuperación y disminuiría el tiempo de recuperación tras una lesión

(Borràs et al., 2011; Jakeman et al., 2010; Kraemer et al., 2010)



Los efectos del uso de las prendas de compresión en diferentes parámetros fisiológicos y de rendimiento físico durante la recuperación todavía muestran resultados contradictorios y/o necesitar ser corroborados

(de Glanville & Hamlin, 2012; Marqués-Jiménez et al., 2016)

Cuestiones sobre la recuperación

¿Cuándo la recuperación es completa?

- Cuando el deportista es capaz de alcanzar o superar la actividad de referencia (Bishop et al., 2008)

¿Cómo se puede cuantificar?

- En función al tiempo requerido para la desaparición de la fatiga (Terrados et al., 2004)

¿Cómo la podemos medir?

- Marcadores subjetivos, neuromusculares, de rendimiento y bioquímicos (Bishop et al., 2008; Lanier, 2003; Nédélec et al., 2012)



Lactato



No es un indicador realmente válido de la calidad de la recuperación
(Barnett, 2006)

(Barnett, 2006)

El aumento del flujo sanguíneo venoso inducido por la compresión podría favorecer la eliminación de metabolitos

(Berry & McMurray, 1987; Chatard et al., 2004)

(Berry & McMurray, 1987; Chatard et al., 2004)

Con las medias de compresión se retiene parcialmente en el músculo
previamente activo

(Berry & McMurray, 1987; Rimaud et al., 2010)

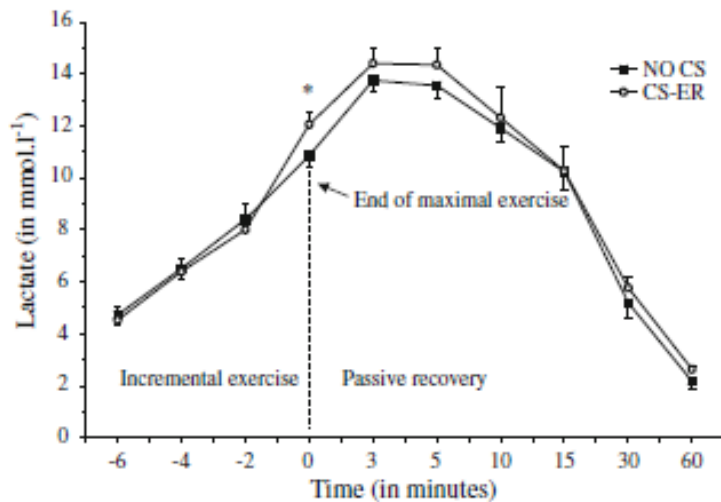
(Berry & McMurray, 1987; Rimaud et al., 2010)

Algunos estudios que señalaron cambios en $[La-]_p$ también mostraron pequeños cambios del volumen plasmático, lo que puede explicar las reducciones observadas

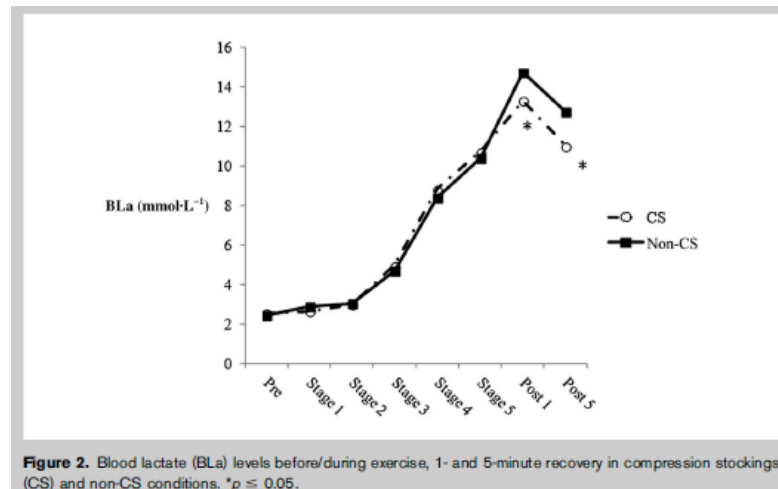
(Berry & McMurray, 1987; Chatard et al., 2004)

(Berry & McMurray, 1987; Chatard et al., 2004)

Lactato



Rimaud et al. (2010)



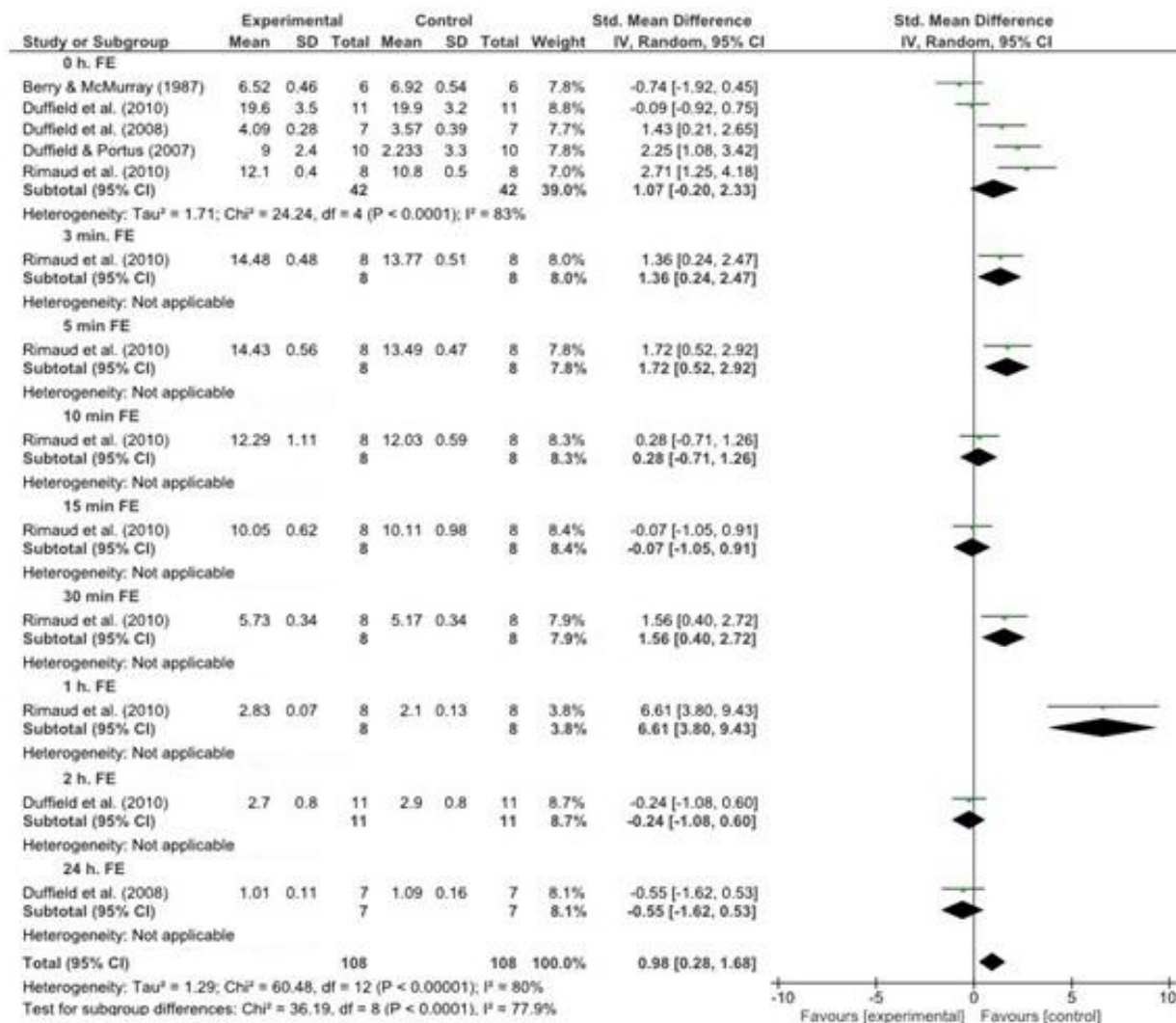
Rider et al. (2014)

	Recovery condition		Magnitude of differences		
	Compression	Placebo	ES	Rating	<i>p</i>
3km _{La} (mmol·L ⁻¹)	9.37 ± 3.46	8.66 ± 3.74	0.16	Trivial	0.38
RS _{La} (mmol·L ⁻¹)	11.61 ± 2.77	10.99 ± 2.73	0.22	Small	0.34

Hamlin et al. (2012)

Lactato

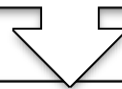
Marqués-Jiménez et al. (2016)



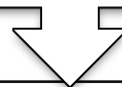
CK



Del tejido muscular dañado al fluido intersticial antes de entrar en la circulación sanguínea (Hortobagyi & Denahan, 1989)



No aparece en la sangre hasta varias horas post-ejercicio
(Volfinger et al., 1994)



La mejora del retorno venoso y el mejor aclaramiento de metabolitos facilitado por las prendas de compresión podría reducir la concentración sanguínea de CK
(Ali et al., 2007; Kraemer et al., 2004)

Descensos

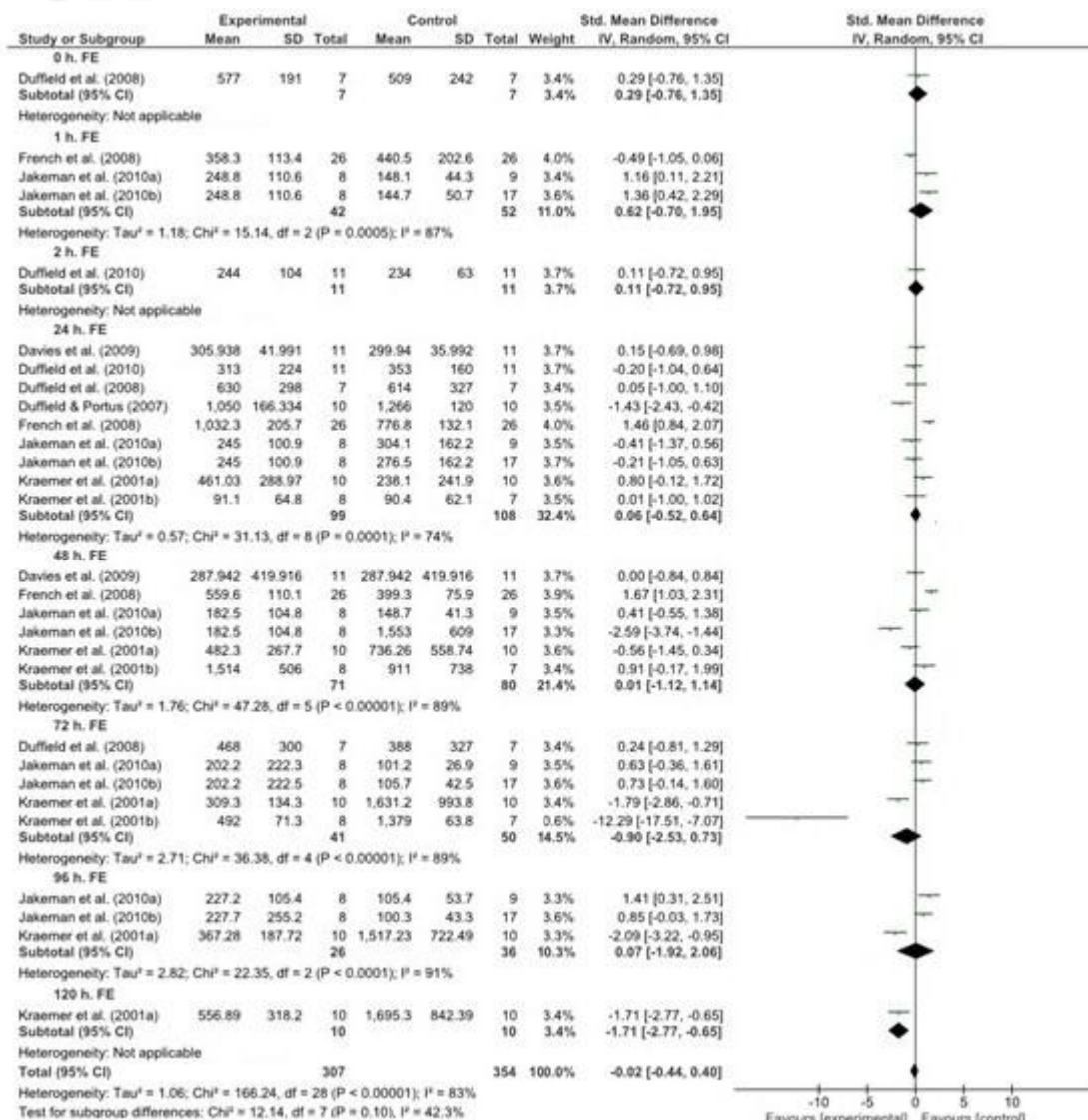
- 24 h post-ejercicio (Duffield & Portus, 2007)
- 48 h post-ejercicio (Kraemer et al., 2001)
- 72 horas post-ejercicio (Kraemer et al., 2001)

Sin diferencias

- Davies et al. (2009)
- Duffield et al. (2008, 2010)
- French et al. (2008)
- Jakeman et al. (2010a, 2010b)

CK

Marqués-Jiménez et al. (2016)



CK

Variabilidad en su repuesta

- Lugar del daño muscular (Kraemer et al., 2001)
- Nivel de entrenamiento (Maughan & Gleeson, 2010; Pyne, 1994)
- Género (Apple et al., 1986; Sewright et al., 2008)
- Tipo y familiaridad con la modalidad de ejercicio (Klapcinska et al., 2001; Paulsen et al., 2010)
- Variación genética (altos y bajos respondedores) (Hartmann & Mester, 2000; Koch et al., 2014; Vincent et al., 2010)



Su precisión para medir la magnitud del daño muscular
ha sido cuestionada

(Clarkson et al., 1986; Friden & Lieber, 2001)

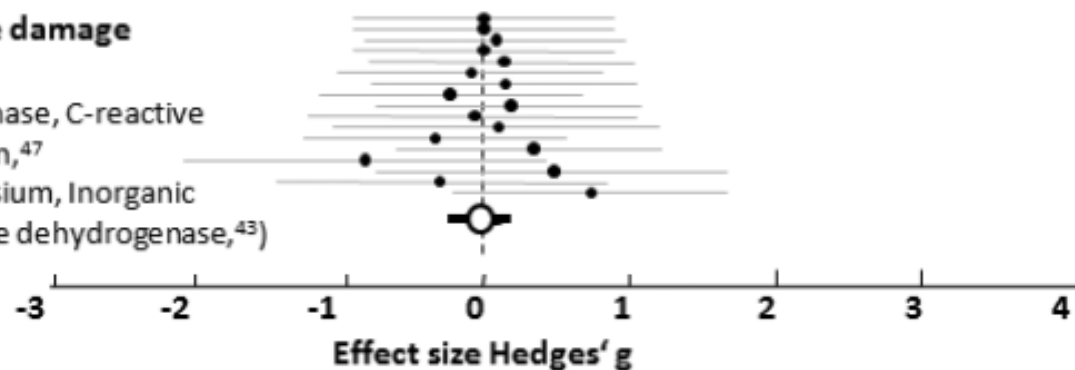
La CK es más útil como una medida cualitativa de si se
ha producido el EIMD que como una medida
cuantitativa para evaluar su magnitud

(Koch et al., 2014)

Otros marcadores bioquímicos

Additional muscle damage marker

(Aspartate transaminase, C-reactive protein,³⁹ Myoglobin,⁴⁷ Intracellular magnesium, Inorganic phosphate,⁴⁶ Lactate dehydrogenase,⁴³)



Born et al. (2013)



Respuesta inflamatoria

La compresión favorece la salida de flujo linfático y su transporte desde el intersticio muscular a la circulación

(Burnand et al., 1980; Kraemer et al., 2001)



El gradiente de presión externa atenúa los cambios en la presión osmótica y reduce el espacio para la inflamación y el edema

(Kraemer et al., 2004)



SIN DIFERENCIAS

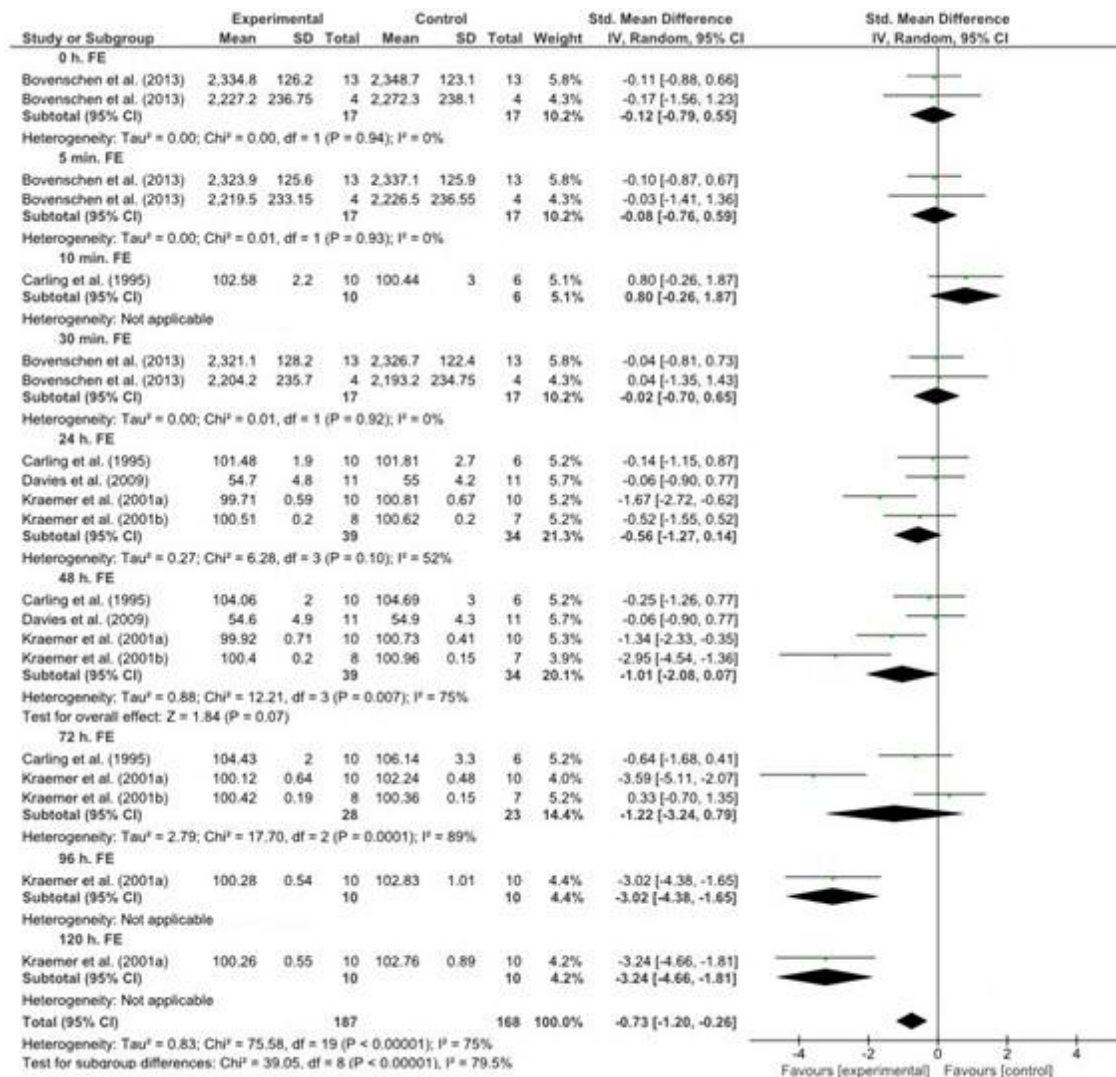
(Carling et al., 1995; Davies et al., 2009)

REDUCCIÓN

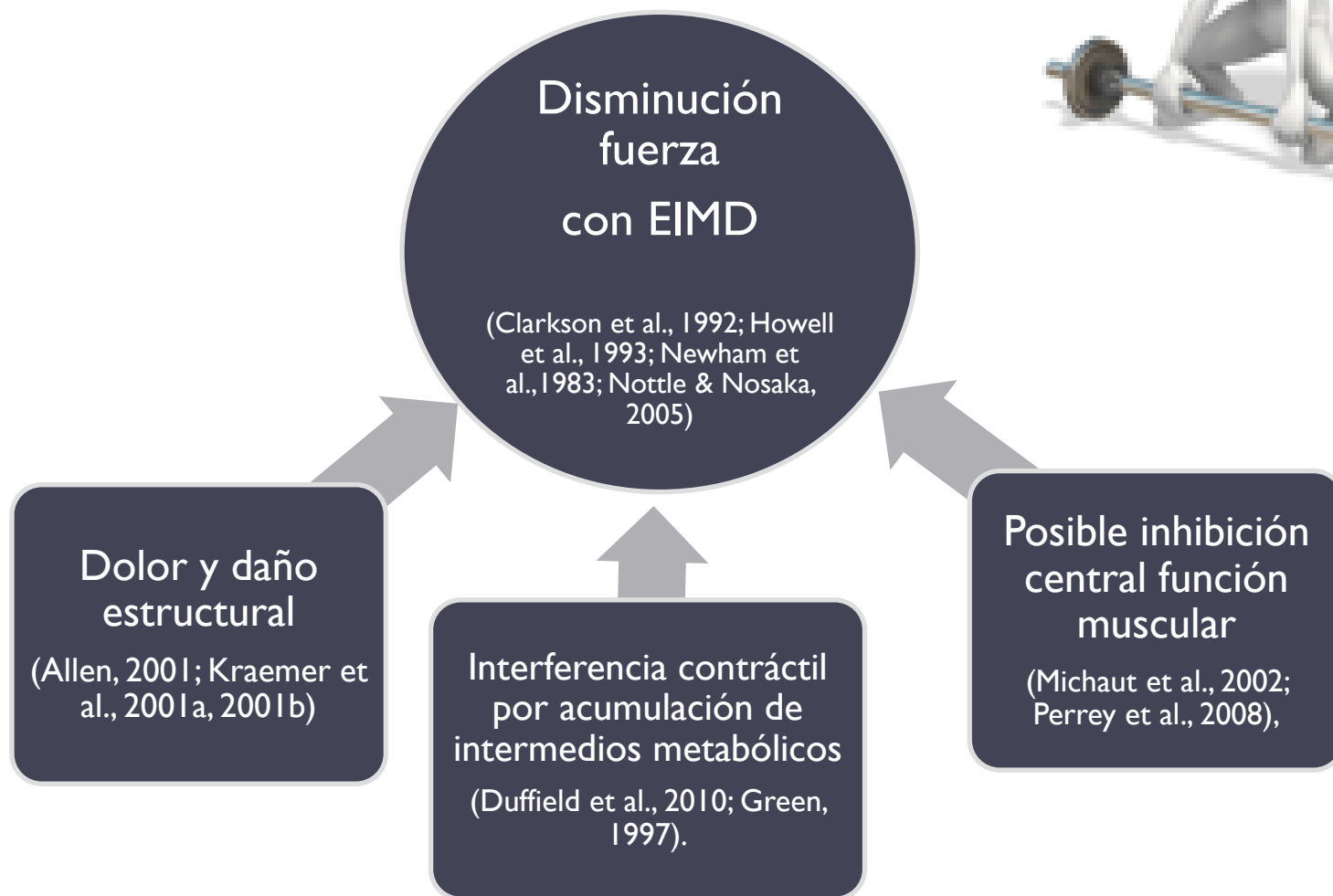
(Bovenschen et al., 2013; Goto & Morishima, 2014; Kraemer et al., 2001a, 2001b)

Respuesta inflamatoria

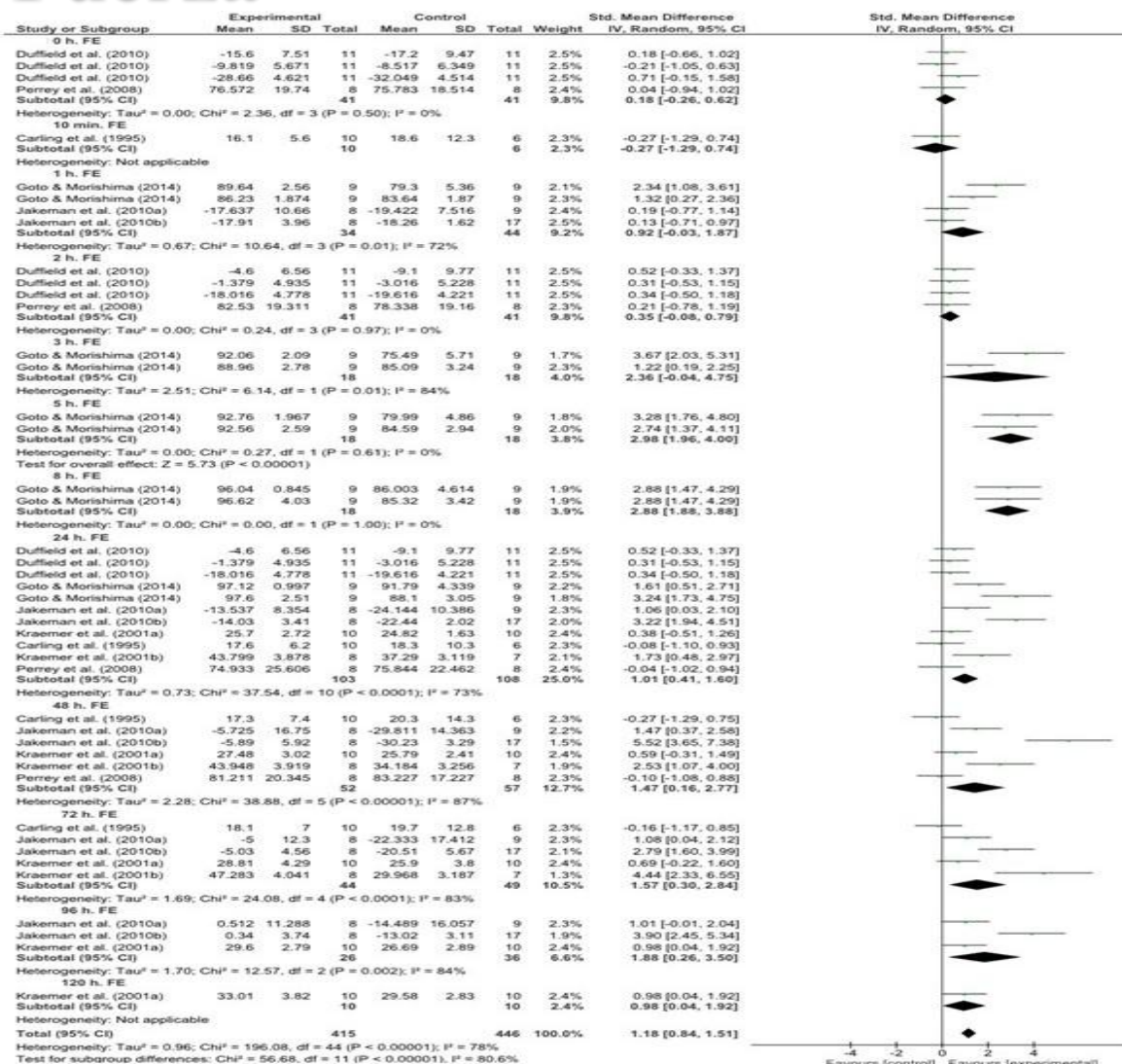
Marqués-Jiménez et al. (2016)



Fuerza



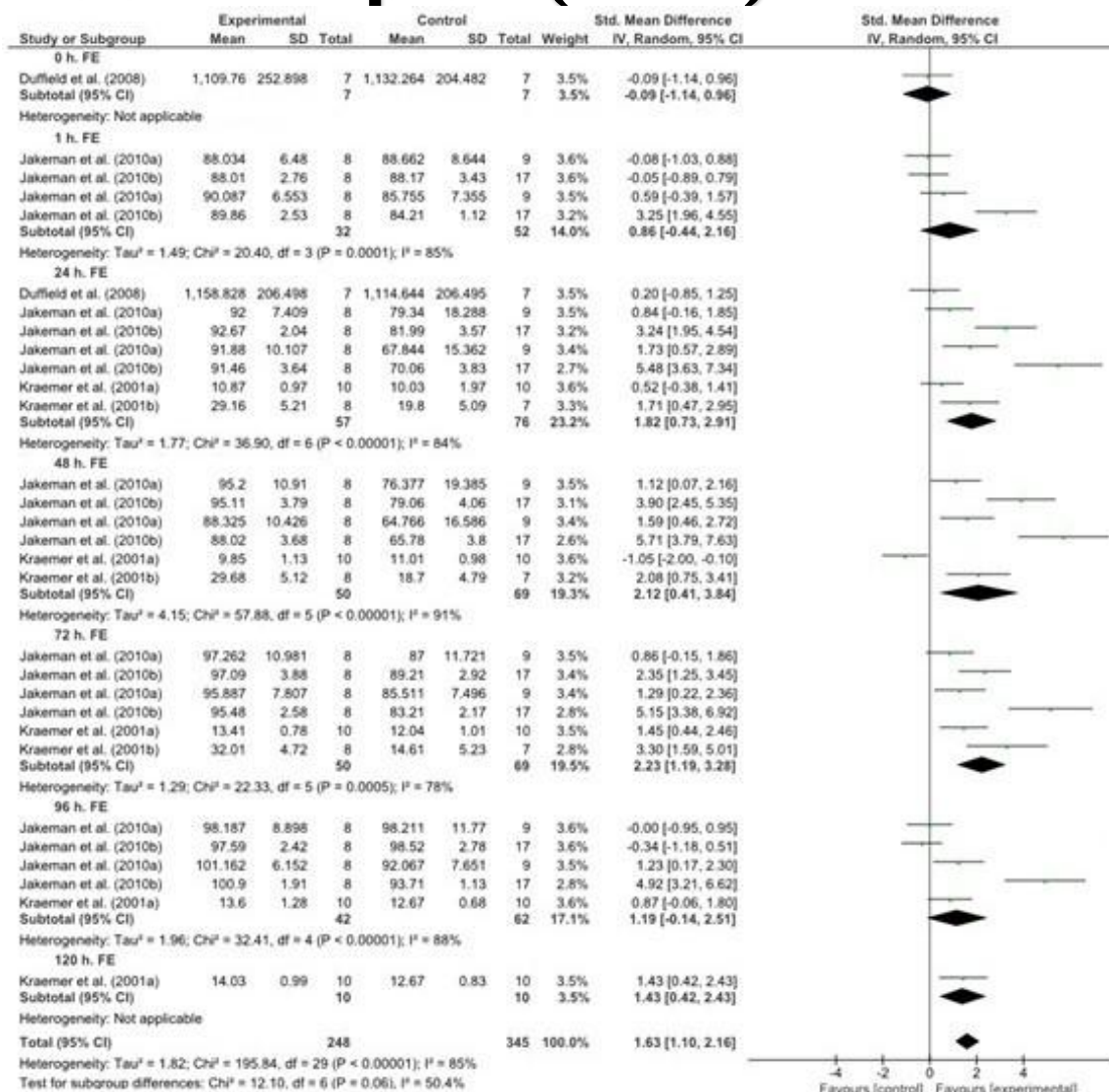
Fuerza



Favours [control] Favours [experimental]

Fuerza rápida (RFD)

Marqués-Jiménez et al. (2016)



Otras mediciones de fuerza rápida (RFD)

20m sprint (0, 2, 24 h post-ejercicio)

15h de tratamiento compresivo

Medias ¿mmHg??

(Duffield et al., 2008)



5-10-20m sprint
48 h de tratamiento compresivo
Medias 15mmHg



Experimental variables (units)	Control condition			Compression tights worn		
	Baseline	24 hours	48 hours	Baseline	24 hours	48 hours
5-m sprint time (s)	1.16 ± 0.18 (1.04–1.27)		1.20 ± 0.11 (1.13–1.28)	1.16 ± 0.18† (1.04–1.27)		1.26 ± 0.11† (1.18–2.23)
10-m sprint time (s)	1.94 ± 0.21* (1.80–2.08)		2.05 ± 0.16* (1.94–2.16)	1.94 ± 0.21* (1.80–2.08)		2.10 ± 0.19* (1.97–2.23)
20-m sprint time (s)	3.41 ± 0.31† (3.20–3.61)		3.56 ± 0.29† (3.36–3.75)	3.41 ± 0.31† (3.20–3.61)		3.61 ± 0.30† (3.41–3.82)

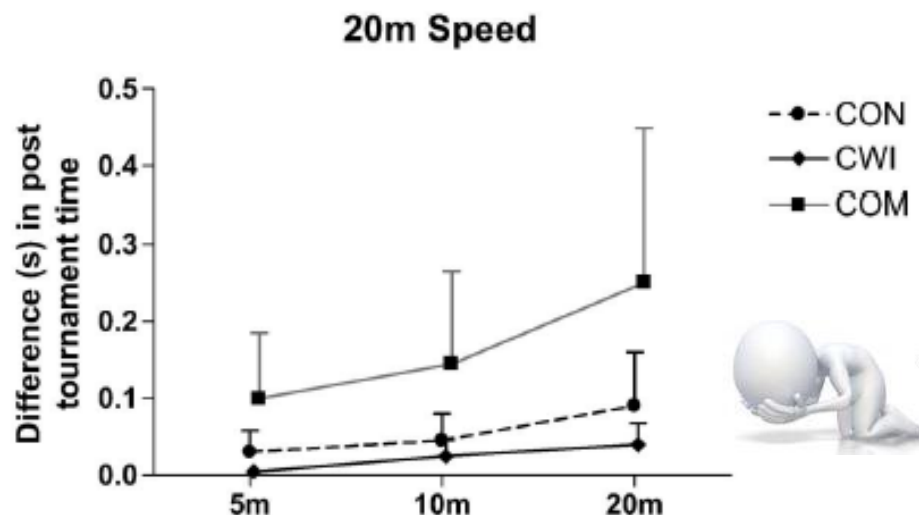
(Davies et al., 2009)



Otras mediciones de fuerza rápida (RFD)

Sprint 20m
Partidos baloncesto en 3
dias consecutivos
Medias 18h post-partido
incluido durante noche
18mmHg

(Montgomery et al., 2008)



10-30m sprint

12 h de tratamiento compresivo (noche)

Medias 12-10mmHg

2% peor rendimiento en 30m que el control en post 48h

(French et al., 2008)



Agilidad

“M” run test 35-m multidirectional agility (French et al., 2008)

- No hay mejoras 48 h post-ejercicio

Test de agilidad 5-0-5 (Davies et al., 2009)

Experimental variables (units)	Control condition			Compression tights worn		
	Baseline	24 hours	48 hours	Baseline	24 hours	48 hours
5-0-5 agility test time (s)	2.54 ± 0.17 (2.43–2.66)		2.61 ± 0.10 (2.53–2.68)	2.54 ± 0.17 (2.43–2.66)		2.57 ± 0.18 (2.45–2.69)

Basketball line-drill (Montgomery et al., 2008)

	SWC (%)	CWI			COM			CON		
		Pre	Post	Change (%)	Pre	Post	Change (%)	Pre	Post	Change (%)
Line-drill (s)	0.76	27.42 ± 1.40	27.27 ± 1.04	-1.4 ± 1.7	27.52 ± 0.71	27.05 ± 0.57	-1.5 ± 1.7	27.15 ± 1.60	27.6 ± 1.15	0.4 ± 1.8





Rendimiento aeróbico (RSA)

Duffield &
Portus (2007)

24 h
tratamiento

Traje
compresión

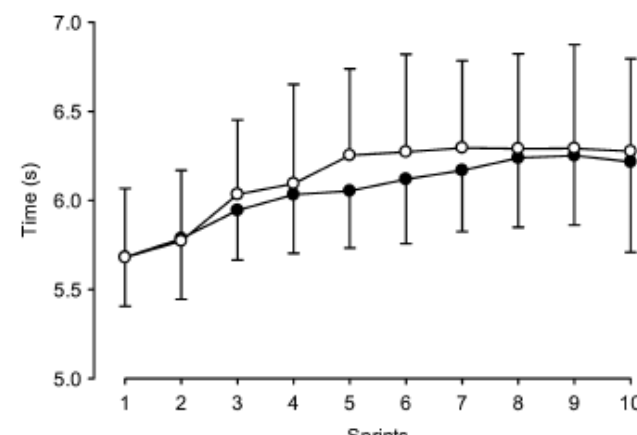
				Control
10 m (s)	2.00 (0.09)	1.99 (0.08)	1.99 (0.09)	2.01 (0.06)
10 m total (s)	54.06 (2.53)	53.99 (2.12)	53.84 (2.61)	54.38 (1.72)
10 m decline (%)	6.4 (2.3)	5.5 (2.7)	6.0 (1.9)	5.9 (2.4)
20 m (s)	3.42 (0.16)	3.42 (0.14)	3.40 (0.15)	3.48 (0.08)
20 m total (s)	92.35 (4.27)	92.47 (3.80)	92.06 (4.13)	93.98 (2.05)
20 m decline (%)	5.4 (2.9)	5.2 (2.0)	5.9 (2.0)	6.0 (2.3)
Total distance (m)	3488.4 (197.4)	3484.4 (176.4)	3517.8 (367.3)	3370.7 (239.8)

Hamlin et al.,
(2012)

24 h
tratamiento

Medias
¿mmHg?

	Compression	Placebo
RS _{mean} (s)	6.05 ± 0.32	6.12 ± 0.44
RS _{best} (s)	5.64 ± 0.27	5.63 ± 0.41
Fatigue (%)	7.21 ± 2.67	8.69 ± 3.21



Rendimiento aeróbico

TABLE 2. Mean maximal heart rate, rate of perceived exertion, and treadmill time to exhaustion.*

Treadmill	Placebo first treadmill (mean $\pm$ SD)	Placebo second treadmill (mean $\pm$ SD)	Compression first treadmill (mean $\pm$ SD)	Compression second treadmill (mean $\pm$ SD)
Maximum HR (b $\cdot$ min ⁻¹)	179 $\pm$ 10.7	181 $\pm$ 9.0	183 $\pm$ 10.7	182 $\pm$ 10.9
Maximum RPE (VAS)	8.7 $\pm$ 1.5	8.3 $\pm$ 1.9	7.9 $\pm$ 1.4	8.8 $\pm$ 1.1
Time to exhaustion (s)	1,839 $\pm$ 382	1,777 $\pm$ 386	1,765 $\pm$ 254	1,811 $\pm$ 319

*RPE = rate of perceived exertion; VAS = visual analogue scale.

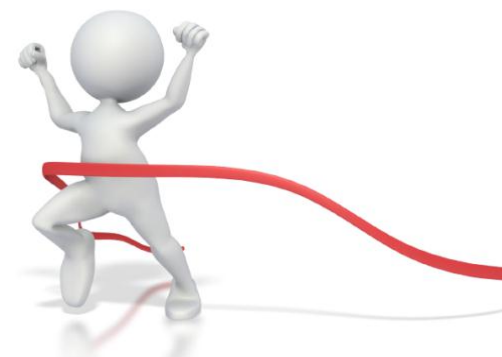
Armstrong et al., (2015)

	Recovery condition		Magnitude of differences		
	Compression	Placebo	ES	Rating	<i>p</i>
3km _{time} (min)	13.74 $\pm$ 1.08	14.01 $\pm$ 1.12	0.23	Small	0.12

Hamlin et al., (2012)

Performance variable	Effect size (%) $\pm$ 90% confidence limit
Average power output	3.3 $\pm$ 1.1
Mean performance time	-1.2 $\pm$ 0.4
Mean oxygen cost	-1.4 $\pm$ 3.0

De Glanville et al. (2012)



DOMS

DOMS asociado a EIMD



Dolor muscular percibido muy utilizado para evaluar durante la recuperación
(MacRae et al., 2011)



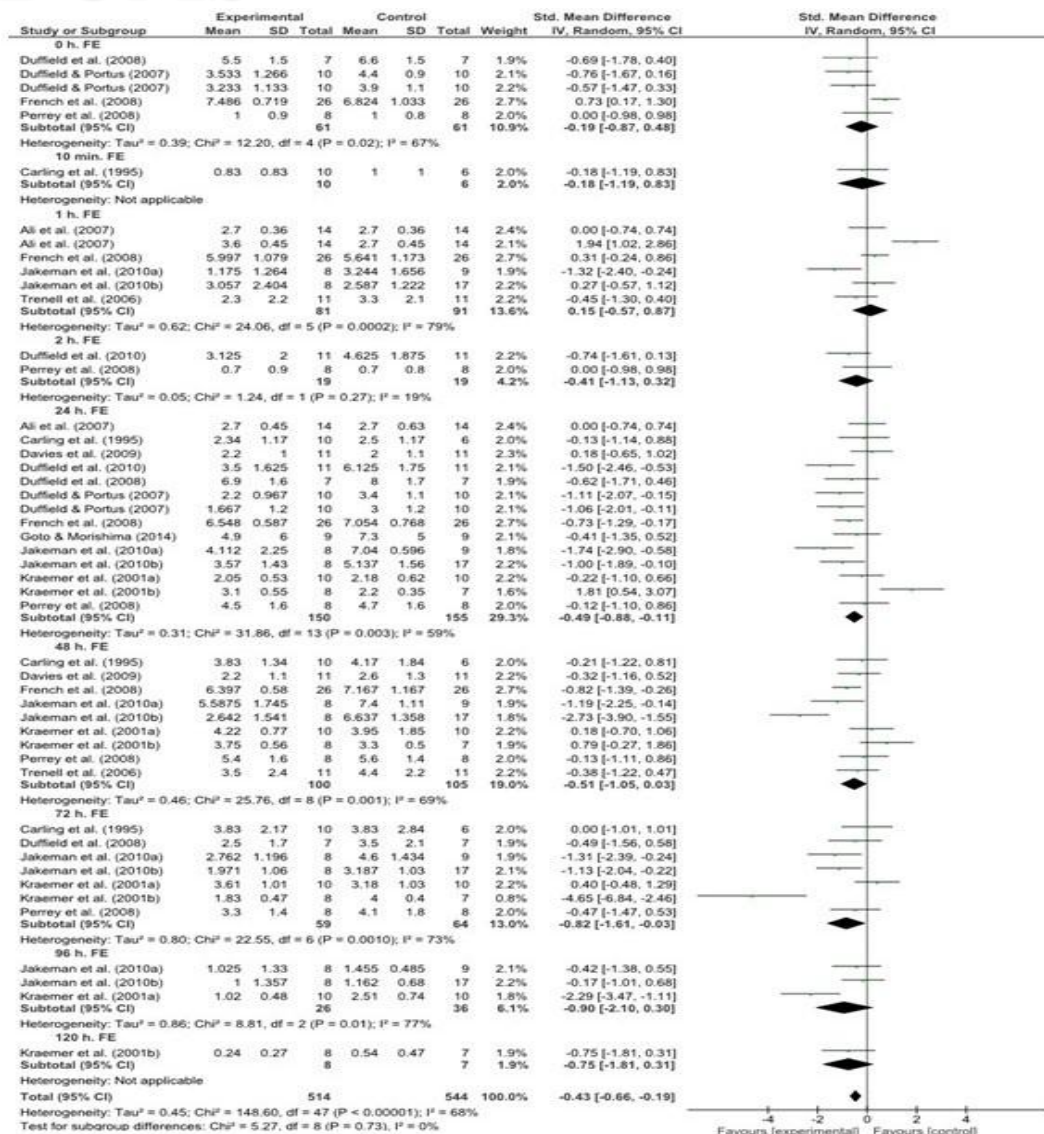
Informa del estado muscular, pero no de la magnitud del EIMD
(Nosaka, et al., 2002).



Mecanismos de DOMS sin definir claramente
(Cheung et al., 2003; MacIntyre et al., 1995)



DOMS



Marqués-Jiménez et al. (2016)



El efecto placebo



La interacción de variables fisiológicas y psicológicas pueden ser importantes factores en la obtención de resultados positivos y negativos

(Beedie & Foad, 2009)

El rendimiento es superior al usar prendas de compresión en comparación con un grupo placebo, reflejando así un real efecto de las prendas de compresión

(Hamlin et al., 2012; Armstrong et al., 2015)

Determinar su contribución es complicado:

- Sujetos con experiencias previa (de Glanville & Hamlin, 2012; Higgins et al., 2009)
- Ensayos ciegos (MacRae et al., 2011)

Causas de la controversia



Insuficiente nivel de presión

(Brophy-Williams et al., 2014; Hill et al., 2015)

Regiones anatómicas cubiertas

(Bottaro, et al., 2011; Kraemer et al., 2001)

Posturas y posiciones corporales durante la recuperación

(Wertheim et al., 1999, Brophy-Williams et al., 2014)

Posible sesgo asociado al patrocinio

(Sperlich et al., 2010)

Escasas mediciones de la presión ejercida

Aplicaciones



- Cualquier tipo de deporte:
 - El factor psicológico puede ser clave (pesadez, dolor, bienestar...)
- Especialmente en:
 - deportes con impacto (EIMD)
 - deportes con escaso descanso entre las competiciones
- Ante periodos de aumento de intensidad o volumen de entrenamiento, o durante las pretemporadas (mayor EIMD).
- Durante los largos viajes a las competiciones (Bartholomew et al., 2011; Gill et al., 2006), reduciendo el riesgo de trombosis venosa profunda.

Aplicaciones



- Aplicar el tratamiento lo antes posible (Kraemer et al., 2004).
- “Supuestamente” los efectos son mayores cuanto más tiempo que aplique el tratamiento (Vaile et al., 2010).
- Fabricada de modo específico para adaptarse a los contornos de las extremidades del individuo (Vaile et al., 2010).
- CUIDADO POR LA NOCHE: el aumento de la temperatura puede alterar el patrón del sueño (Davies et al., 2009).

Tenemos tarea por delante...



ESPECIFICIDAD EN LA FATIGA





EUSKO JAURLARITZA

HEZKUNTZA, HEZKUNTZA POLITIKA
ETA KULTURA SAIA



GOBIERNO VASCO

DEPARTAMENTO DE EDUCACIÓN,
POLÍTICA LINGÜÍSTICA Y CULTURA

SISTEMAS DE ENTRENAMIENTO Y DE RECUPERACIÓN ¿QUÉ ES EFICAZ Y QUÉ NO?

ESKERRIK ASKO



D. Diego Marqués Jiménez

Getxo, 11 de junio de 2016