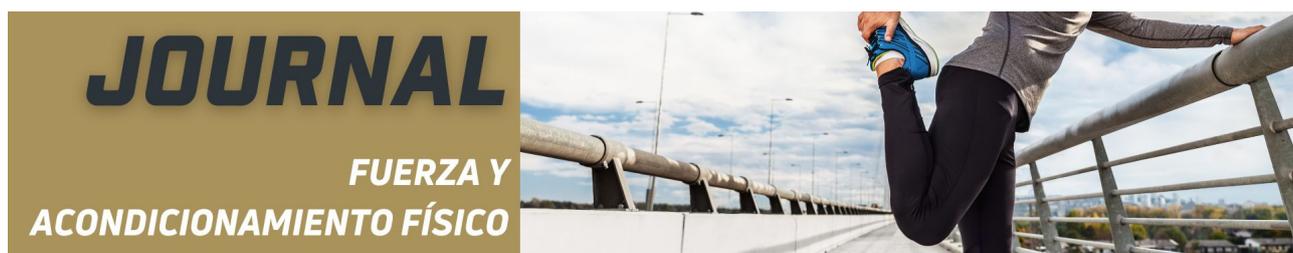


## EFECTO DE LOS PROTOCOLOS DE RECUPERACIÓN ACTIVA EN EL MANEJO DE LOS SÍNTOMAS RELACIONADOS CON EL DAÑO MUSCULAR INDUCIDO POR EL EJERCICIO



Rony Fares, MSc,<sup>1,2</sup> Germán Vicente-Rodríguez, PhD,<sup>1,2,3,4</sup> y Hugo Olmedillas, PhD<sup>5,6</sup>

<sup>1</sup>GENUD (Growth, Exercise, Nutrition and Development) Research Group, Universidad de Zaragoza, Spain; <sup>2</sup>Faculty of Health and Sport Sciences (FCSD), Department of Physiatry and Nursing, Universidad de Zaragoza, Huesca, Spain; <sup>3</sup>Centro de Investigación Biomédica en Red de Fisiopatología de la Obesidad y Nutrición (CIBERObn), Spain; <sup>4</sup>Instituto Agroalimentario de Aragón (IA2); <sup>5</sup>Department of Functional Biology; University of Oviedo, Spain; <sup>6</sup>Health Research Institute of the Principality of Asturias (ISPA), Oviedo, Spain

Artículo original: Effect of active recovery protocols on the management of symptoms related to exercise-induced muscle damage: a systematic review. Strength and Conditioning Journal, 2022, 44(1): 57-70.

### RESUMEN

La recuperación activa ofrece un método eficaz para aliviar el dolor muscular de aparición tardía (DOMS, del inglés delayed onset muscle soreness) y recuperarse del daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD, del inglés exercise-induced muscle damage). El

objetivo principal de esta revisión sistemática es identificar y comparar diferentes protocolos de recuperación activa después de EIMD. Se realizaron búsquedas en seis bases de datos y se seleccionaron 17 estudios elegibles. Los resultados mostraron alivio del dolor, prevención de la pérdida de fuerza muscular, mejora de la flexibilidad y disminución de la inflamación después de uno o más protocolos de recuperación, como contracciones musculares aisladas, ejercicios acuáticos, yoga y trote y carrera combinados. Una mejor estrategia debería centrarse en la prevención de los síntomas después del EIMD a través de una periodización precisa del entrenamiento y el ajuste de la carga utilizada en los ejercicios.

## INTRODUCCIÓN

El ejercicio físico ofrece numerosas ventajas y beneficios tanto para el estado general de salud como para el nivel de rendimiento. Para aumentar la eficacia del ejercicio, se recomiendan precauciones y requisitos particulares para prevenir la incidencia de lesiones y acelerar el proceso de recuperación si se produce una lesión. Una de las ocurrencias más comunes e informadas después del ejercicio no acostumbrado, conocida como daño muscular inducido por el ejercicio (EIMD), es un fenómeno llamado dolor muscular de aparición tardía (DOMS). El DOMS se define como una sensación de incomodidad experimentada en el músculo esquelético, y generalmente se asocia con una disminución de la fuerza muscular (6). La intensidad de este malestar se caracteriza por un aumento dentro de las primeras 24 horas posteriores al ejercicio, un pico entre las 24 y las 72 horas, una reducción y finalmente una desaparición a los 5-7 días posteriores al ejercicio (47). El mecanismo subyacente del DOMS aún no está claro, pero se han atribuido muchas hipótesis y teorías a estos fenómenos: espasmo muscular (50), daño muscular y del tejido conectivo (22), salida de enzimas (18), hipoxia e isquemia (13) e inflamación (15).

Desde una perspectiva fisiológica, en ausencia de patología muscular, la lesión provocada por el ejercicio excéntrico conduce a la inflamación intramuscular (38). Esta reacción es un proceso dinámico coordinado que conduce a la remodelación adaptativa y al retorno a la homeostasis (39). Bloquear o reducir dicha respuesta interfiere con la regeneración muscular y una recuperación más rápida (9). En particular, se observan cambios en los reactivos de fase aguda, como la proteína C reactiva sérica y la creatina quinasa (CK), así como aumentos en los glóbulos blancos circulantes, como resultado de la inflamación después de la mayoría de los tipos de daño tisular (16). Como resultado, tiene lugar la síntesis de prostaglandinas y leucotrienos; siendo el primero responsable de la sensación de dolor, y el segundo responsable de aumentar la permeabilidad vascular y atraer neutrófilos al sitio del daño, generando radicales libres, causando inflamación en el músculo y agravando el daño a la membrana celular (10,11).

La gravedad del DOMS está influenciada por la duración y la intensidad del EIMD, siendo la intensidad el principal determinante (8), aunque el tipo de contracción muscular (isométrica, concéntrica, excéntrica o una combinación de ambas) es otro factor que afecta al dolor (23). Los resultados han demostrado que las contracciones isométricas y excéntricas han causado una mayor percepción de dolor muscular en comparación con las contracciones concéntricas, y las excéntricas causan más dolor que las isométricas (7). Además, las contracciones excéntricas en comparación con el reposo u otros tipos de contracción han provocado una disminución del 30% al 36% en la fuerza (37), una disminución del 5% al 77% en el rango de movimiento (ROM) (5), y un aumento de la

rigidez muscular que persiste durante varios días sin diferencias significativas en los valores de los niveles plasmáticos de CK (7,14,33,34). También se investigó una comparación entre el efecto de correr cuesta abajo frente a correr en una superficie nivelada, sobre el dolor y la CK plasmática, mostrándose que ambos parámetros aumentaron significativamente después de correr cuesta abajo (44). Además, según un estudio que examinó diferentes protocolos de entrenamiento de intervalos de alta intensidad, los sprints cortos, en comparación con intervalos más largos, mostraron un mayor daño y dolor muscular (55).

En esta revisión, se investigaron diferentes protocolos de recuperación activa para abordar el DOMS y otros síntomas asociados. La atención se centró exclusivamente en los métodos activos que comprenden movimientos o actividades realizadas por los participantes. Varios estudios han favorecido las recuperaciones activas sobre las pasivas debido a los posibles beneficios fisiológicos: mejor eliminación de lactato sanguíneo y mayor rendimiento muscular (24), mayor contracción isométrica voluntaria de los músculos (30), recuperación de mayor calidad total y menor sensación de pesadez en las piernas (26). Los últimos 2 hallazgos respaldan el uso de la recuperación activa no solo por los beneficios fisiológicos ya mencionados, sino también por consideraciones perceptivas y psicológicas positivas (26). No obstante, varios protocolos activos han mostrado resultados controvertidos con respecto a la elección de la intensidad, la duración y el tipo de ejercicio (18,36,41,46,48,51). Según nuestro conocimiento actual, no hay otras revisiones que hayan proporcionado un análisis exclusivo y profundo de los métodos de recuperación activa para mejorar el rendimiento después de EIMD. Esta revisión tiene como objetivo resumir los beneficios, identificar las limitaciones y proporcionar un enfoque práctico para personas activas, entrenadores y terapeutas con respecto a qué tipo de recuperación activa podría mejorar el nivel de rendimiento después de actividades extenuantes. La pregunta principal que debe plantearse es si los protocolos activos investigados satisfacen las demandas de los practicantes de deportes en cuanto a eficiencia y ofrecen a los atletas una mejora óptima de su nivel de rendimiento.

## **METODOLOGÍA**

La metodología adoptada en esta búsqueda bibliográfica se implementa de acuerdo con las pautas descritas en la declaración Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses (PRISMA) (31). La revisión se registró con PROSPERO (CRD42018114679) en la Universidad de York, Reino Unido. Las siguientes secciones detallan cómo se realizó la revisión para abordar cualquier sesgo en la selección.

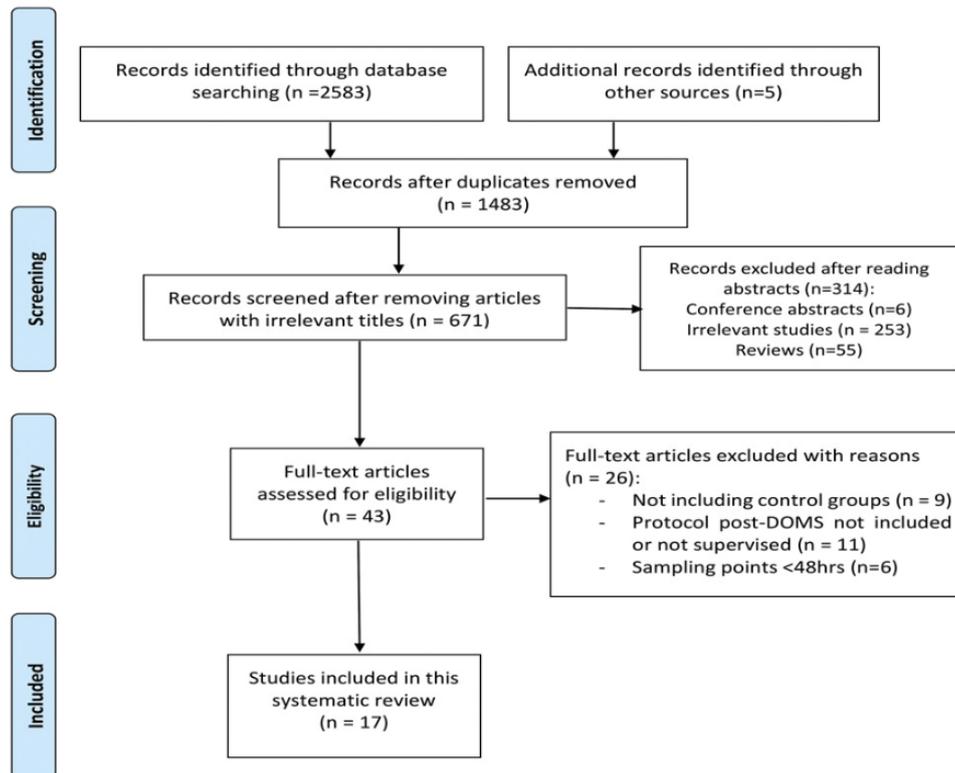
### **Estrategia de búsqueda**

Se realizó una búsqueda detallada de 6 bases de datos principales hasta el 2 de enero de 2020 inclusive. Los artículos se recopilaron de las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed/MEDLINE, WEB OF SCIENCE, SPORTDiscus, EMBASE, SCOPUS y CENTRAL. Los detalles de la estrategia de búsqueda de PubMed/MEDLINE se muestran en el Apéndice 1, Contenido digital complementario 1, <https://links.lww.com/SCJ/A307>. También buscamos registros de ensayos clínicos el 1 de marzo de 2020, en ClinicalTrials.gov y en la Plataforma de Registro Internacional de Ensayos Clínicos de la OMS para identificar ensayos en curso. Se identificaron estudios adicionales complementando la búsqueda en la base de datos electrónica con referencias seleccionadas manualmente de los artículos incluidos y el seguimiento de citas de los

estudios incluidos en SCOPUS.

## Criterios de elegibilidad

Los estudios se incluyeron si cumplían con los siguientes criterios: ensayos que incluyeran grupos experimentales y de control, diseños de estudios cruzados, estudios que incluyeran al menos un método de recuperación activa, estudios que incluyeran medidas de resultado tomadas en diferentes intervalos hasta un mínimo de 48 horas, estudios realizados sobre humanos y artículos en inglés. Se excluyeron las revisiones sistemáticas o los metanálisis. Después de examinar los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 17 referencias para esta revisión sistemática (Figura 1).



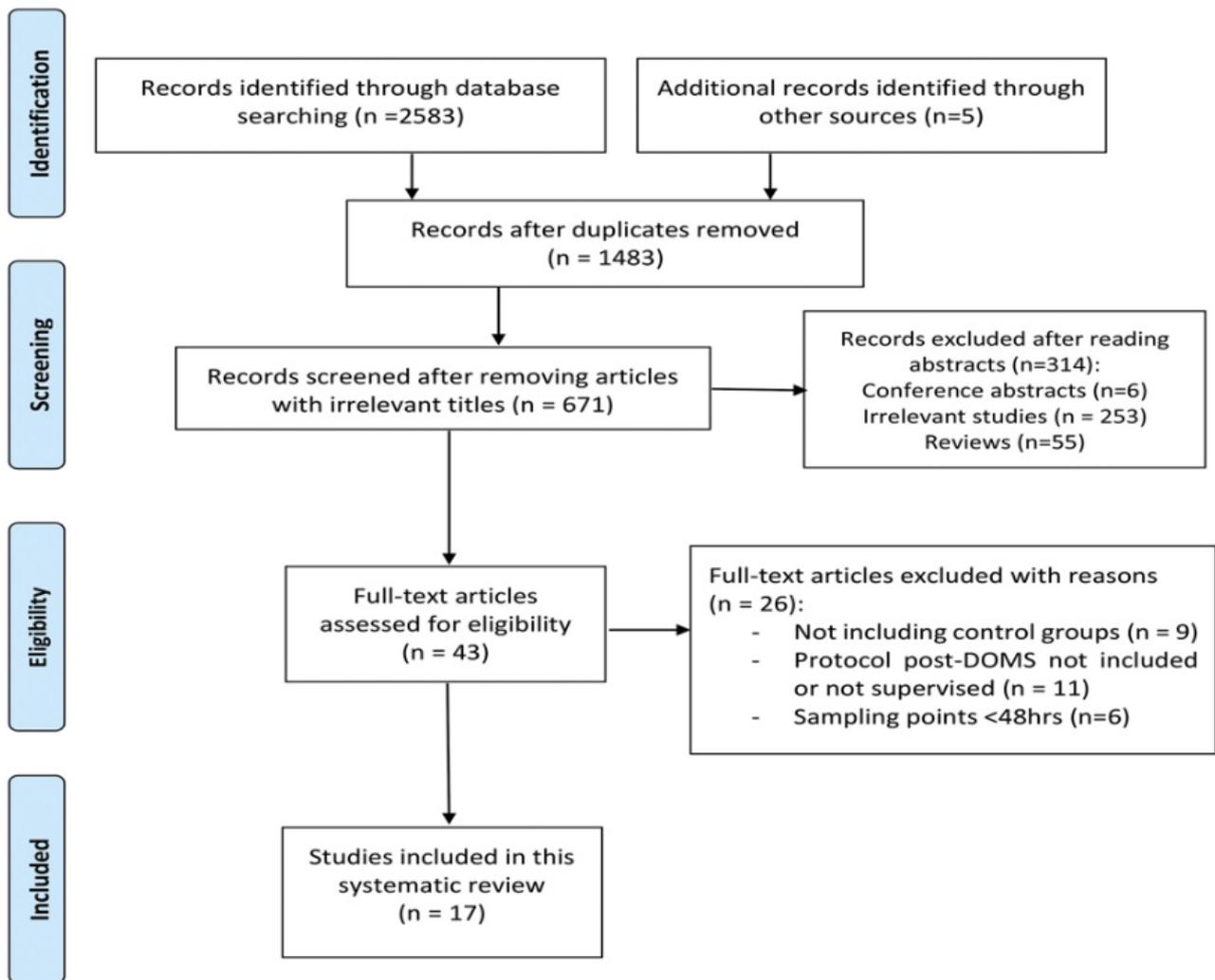


Figura 1. Diagrama de flujo del proceso de selección de estudios.

## Selección de estudios

La estrategia de búsqueda consistió en recopilar todos los resultados de todas las bases de datos y eliminar los duplicados utilizando Mendeley Reference Manager. Los artículos identificados por la estrategia de búsqueda fueron examinados de forma independiente por 2 revisores (RF y HO) utilizando primero el título y el resumen y luego el texto completo. Los desacuerdos sobre la inclusión de artículos se resolvieron mediante discusión con un tercer revisor hasta que se llegó a un consenso. Dos revisores (RF y HO) extrajeron los datos por duplicado y de forma independiente mediante un formulario electrónico de extracción de datos. Los datos extraídos incluyeron lo siguiente: autor y año, características de los participantes (número, estado de entrenamiento, sexo y edad), y los correspondientes protocolos de daño muscular inducido por el ejercicio y recuperación activa.

## Evaluación de la calidad

Los estudios seleccionados fueron evaluados por 2 revisores de forma independiente (RF y HO) utilizando una lista de verificación de 5 subcategorías y un total de 27 elementos para evaluar la calidad metodológica de los estudios aleatorios y no aleatorios de intervención de atención médica. Las diferentes subescalas abordan, respectivamente,

(a) el informe, que consta de 10 ítems que evalúan si la información proporcionada por los estudios brinda al lector una evaluación imparcial de los hallazgos, (b) la validez externa, que consta de 3 ítems que abordan en qué medida los hallazgos de los estudios puede generalizarse a la población de la que se tomó el tamaño de la muestra, (c) validez interna (sesgo), que consta de 7 ítems para sesgos en las mediciones de la intervención y los resultados, (d) validez interna (selección de factores de confusión parcialidad), compuesto por 6 ítems para sesgos en la selección de los sujetos, y (e) potencia, para evaluar si los resultados negativos del estudio se deben posiblemente al azar. A cada respuesta se le otorgó una puntuación de 0 o 1, excepto un ítem de la subescala de reporte, que obtuvo una puntuación de 0 a 2, y la última subcategoría con una pregunta sobre poder, que obtuvo una puntuación de 0 a 5. Por lo tanto, la puntuación máxima total fue de 31. La puntuación media de nuestros estudios seleccionados fue de 17,7 (12) (Tabla 1).

References	Reporting										External validity			Internal validity—bias						Internal validity—confounding						Power	Score	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26		27
Andersson et al. (1)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	17	
Boyle et al. (3)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	17
Buroker et al. (4)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	19
Gulick et al. (18)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	17
Hasson et al. (19)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	18
Kawczynski et al. (25)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	18
Law et al. (28)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	23
Naugle et al. (32)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	19
Olsen et al. (35)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	17
Sakamoto et al. (43)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	16
Takahashi et al. (46)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	16
Tufano et al. (48)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	15
Wahl et al. (51)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	17
Weber et al. (52)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	15
Wessel et al. (54)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	18
Xie et al. (58)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	22
Zainuddin et al. (57)	1	1	1	1	0	1	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	0	17

## RESULTADOS

### Estudios incluidos

La estrategia de búsqueda y los filtros se adaptaron y utilizaron para cada base de datos para maximizar la sensibilidad y la especificidad. Se investigaron un total de 2.588 referencias, de las cuales se eliminaron 1.105 artículos duplicados. Se analizaron los títulos y resúmenes de los artículos restantes, se eliminaron los temas o estudios irrelevantes, los artículos de congresos y las revisiones, y los 43 artículos restantes se seleccionaron para un análisis en profundidad. Después de la lectura de los textos completos, se excluyeron 26 artículos y se incluyeron para el análisis cualitativo 17 estudios que cumplían con los criterios de elegibilidad (1,3,6,20,21,26,31,35,38,43,46,48, 51, 52, 54, 56, 57) (Figura 1).

### Características de los participantes

El análisis cualitativo incluyó a 481 participantes, de los cuales 190 eran hombres y 291 mujeres. Tres estudios evaluaron solo a hombres (25, 46, 51) y 4 evaluaron solo a mujeres (1, 3, 48, 52), y los 10 estudios restantes utilizaron muestras mixtas. El número de participantes en cada estudio osciló entre un mínimo de 10 (19,46) y un máximo de 70 (18). La edad promedio de los participantes fue de 24,4 años, la mínima de 18,7 años (25) y la máxima de 38,0 años (3).

En cuanto al nivel de condición física de los participantes, los estudios incluyeron participantes de diferentes tipos de deportes: jugadores de fútbol (1,25), corredores de fondo (46), estudiantes que practican diferentes tipos de deportes (51), practicantes de yoga (3), recreativos regulares ejercicio físico (35), y también individuos sanos desentrenados (4,18,19,28,32,45,49,52,54,56,57).

### **Características de la intervención**

Todos los estudios investigaron el efecto de los protocolos de recuperación activa después de la EIMD. Los estudios se clasificaron según el tipo de protocolo de recuperación y se resumen en la Tabla 2. Las categorías son las siguientes: contracciones musculares aisladas (19,43,57), ciclismo o giro de brazos (1,18,35,48,52), estiramientos (4,54,56), actividad física general (25,28, 32), ejercicio en el agua (46,51) y yoga (3). Todos los protocolos de recuperación se realizaron en el mismo grupo de músculos que habían inducido el daño. Todos los estudios midieron el dolor mediante escalas, algómetro o cuestionario. Parámetros de rendimiento muscular como la contracción voluntaria máxima (MVC), el salto con contramovimiento (CMJ), el par máximo (PT), el trabajo total (TW), el ángulo de PT, la potencia muscular, el ciclo de estiramiento-acortamiento (SSC), el tiempo de sprint y la fatiga dinámica en 12 estudios (1, 4, 18, 19, 35, 45, 48, 49, 51, 52, 56, 57). Siete estudios evaluaron marcadores inflamatorios: CK (1,4,25,45,48,51,57), mioglobina (25,51), lactato deshidrogenasa (51), urea y ácido úrico (1). La flexibilidad se evaluó en 3 estudios (3,46,54), la calificación del esfuerzo físico se evaluó en 3 estudios (3, 25, 51), el ROM de rango activo y pasivo se midió en 6 estudios (18, 32, 43, 46, 56, 57), la circunferencia muscular se evaluó en 4 estudios (4,18,45,56) y otros parámetros relacionados con la conciencia corporal, las discapacidades, el tiempo de reacción y el estado físico percibido se evaluaron en 4 estudios (3,25,33,46).

**Table 2**  
**Different recovery protocols in the management of symptoms after exercise-induced muscle damage (EIMD)**

Reference	Subjects (sex, age, groups)	Training status	DOMS-inducing protocol	Active protocol post-EIMD	Outcome measures	Sampling points	Results
Isolated muscle contractions							
Hasson et al. (19)	6♂ 4♀ (28.7 ± 8.0) MCE (n = 5) CG (n = 5)	Not specified	10' bench stepping—15 steps/min	6 sets/20 reps knee F-E	MVC/PT/TW/SPI	PRE, POST, P24H, P48H	Decrease of soreness and SPI, less decrease in muscle performance
Sakamoto et al. (43)	7♂ 5♀ (25.9 ± 3.7) MCE arm (n = 12) Control arm (n = 12)	Untrained active	5 sets/6 reps ECEF	5 sets arm curls until failure (70% MVC), repeated for 4 d	VAS/MC/SJA/CK/MVC/SSC	PRE, POST, P1D, P2D, P3D, P5D, P7D	Increase in static relaxed angle for MC. Increase of circumference, MVC, DEA for control and MC
Zainuddin et al. (57)	10♂ 4♀ (24.4 ± 2.4) LCE arm (n = 14) Control arm (n = 14)	Not specified	10 sets/6 reps ECEF	25' LCE: 10 sets/60 reps elbow F-E, repeated for 4 d	VAS/tenderness/MVC/CON-PT/ROM (difference between FANG and SANG)/RANG/MC/CK	PRE, POST, P1D, P2D, P3D, P4D, P7D	Decrease of soreness and tenderness immediately after LCE
Cycling and arm cranking							
Andersson et al. (1)	17♀ (22 ± 3.4) AR (n = 8) CG (n = 9)	Elite soccer players	One soccer game	20' cycling (60% HR max), 30' RT (<50% 1RM) (UE + LE)—10' cycling (60% HR max)	LIKERT scale/CMJ/ST/PT/CK/UA/U	PRE, POST, P5H, P21H, P27H, P45H, PHS1, P69H	No effect
Olsen et al. (35)	15♂ 21♀ (20–30) warm-up (n = 12) cool down (n = 12) CG (n = 12)	Recreationally active	5 sets/10 reps front lunges	Cool down: 20' MIC, 65–75 rpm (60–70% HR max)	VAS/PPT/MVC	PRE, P24H, P48H	Cool-down group: Decrease of PPT from PRE to P24H

**Table 2  
(continued)**

Tufano et al. (48)	26♀ (22.1 ± 2.49) MIC (n = 10) LIC (n = 10) CG (n = 6)	Familiar with DOMS	6 sets/10 reps ECKE	MIC: 20' cycling, 80 rpm (70% HR max) LIC: 20' cycling, 80 rpm (30% HR max)	PS/MVC/PT	PRE, POST, P24H, P48H, P72H, P96H	MIC group: Increase in MVC at P72H and P96H from P24H and P72H from IP
Gulick et al. (18)	35♂ 35♀ (21–40) NSAID UEE; IM; SS; OSP; CG	Untrained	15 sets/15 reps ECWE	10' UEE high velocity (360□/s)	A + P ROM/MC/ volume/VAS/ PPT/MVC/TW-PT-angle of PT CON/ECC	PRE, POST, P20', P24H, P48H, P72H	No effect
Weber et al. (52)	40♀ (18–35) massage (n = 10) UEE (n = 10) NMES (n = 10) CG (n = 10)	Untrained	10 reps or repeated until failure, ECEF, 5"/rep	8' UEE, 60 rpm, workload 400 Kg-m/min	VAS/MVC/PT	PRE, P24H, P48H	No effect
<b>Stretching</b>							
Buroker et al. (4)	16♂ 7♀ (18–33) stretch LKE (n = 7) stretch LKE + RPF (n = 8) CG (n = 8)	Moderate	20' bench stepping—15 steps/min	10 reps/30 s SS, 10" rest between reps, left KE and right PF	VAS/PPT/MC/ MVC/CK	PRE, P24H, P48H, P72H	No effect
Wessel et al. (54)	13♂ 7♀ (25.2 ± 3.36) stretch pre-EIMD/control leg (n = 10) stretch post-EIMD/control leg (n = 10)	Sedentary	3 sets/20 reps CECKF	10x hamstrings static stretches, 60" holding,	VAS/PPT/SLR	VAS*: P12H, P24H, P36H, P48H, P60H, P72H/ PPT*+SLR*: PRE, P48H	No effect
Xie et al. (58)	20♂ 28♀ (21.7 ± 1.4) DS (n = 16) SS (n = 16) CG (n = 16)	Healthy individuals	3 sets heel raising against elastic band-120x/min	DS: 10x C-R S + G/5" IC-30" holding stretching. SS: 10x SS S + G/30" holding, 2x/day-5 d	VAS/PPT/ROM/ MC/MIC	PRE, POST, P24H, P48H, P72H, P96H, P120H	No effect

(continued)

**Table 2  
(continued)**

General physical activity							
Kawczynski et al. (25)	11♂ (18.7 ± 1.2) S1; S2; S3	Professional football field players	3 soccer games	Standard recovery (no activity after the game, 30' jogging at 24h and ball control skills at 48h)/control: No activity recovery/ DOMS reduction training (20' jogging after game, 20' jogging,, 20' running-eccentric muscle action related with football and 20' ball control skills at 24 and 48h)	RPE/PPT/CK/Mb	PRE, P24H, P48H	Increase in PPT for the "DOMS reduction" protocol and increase in CK* for "no activity" and "DOMS reduction session"
Law et al. (28)	23♂ 29♀ (17-40) warm-up + cool down (n = 13)  Warm-up (n = 13) Cool-down (n = 13) CG (n = 13)	Not specified	30' walking backwards downhill, 35 steps/min	Cool down: 10' walking on inclined treadmill, 4,5-5kph	VAS/NRS/PPT	P10'; P24H, P48H, P72H	Decrease of pain and tenderness in warm-up grp. No significant effect for cool down on soreness or tenderness
Naugle et al. (32)	4♂ 44♀ (20.0 ± 1.9) WB (n = 12) IT (n = 12) LCE (n = 12) CG (n = 12)	Healthy adults	3 sets/10 reps ECEF	20' WB/8 sets/60 reps EF	Active total ROM/ Pain free ROM/ VAS/PPT/ QuickDASH	PRE, P24, post AR1, P48, post AR2	Increase in EF and pain-free ROM, decrease in VAS and increase in PPT in WB from pretest to posttest. Higher QuickDASH scores for WB at d 2

**Table 2  
(continued)**

Exercise in water							
Takahashi et al. (46)	10♂ (20 ± 1) AE (n = 5) CG (n = 5)	Long-distance runners	3 sets/5' downhill running	30' walking, jogging and jumping in the pool	Stiffness/MP/SR/SL/ROM/CK/WBRT	PRE, P24H, P48H, P72H	Better recovery of soreness in AC. No decline of whole-body reaction time in AC
Wahl et al. (51)	20♂ (24.4 ± 2.2) AC (n = 10) CG (n = 10)	Sports students	300 CMJ, one jump every 8"	30' LIC in a pool, cadence: 65-75 rpm	VAS/RPE/PEPS/MVC/dynamic fatigue test/Mb/CK/LDH	PRE-EIMD, POST-EIMD, PRE-recovery, POST-recovery, P1H, P2H, P4H, P24H, P48H, P72H	No effect
Yoga							
Boyle et al. (3)	24 ♀ (37.8-38.3) YG (n = 12) CG (n = 12)	Yoga trained and no yoga experience	20' bench stepping (15.5 steps/min)	90' gentle or moderate yoga class, 24 and 72h after initial testing	BA/SR/VAS/RPE	PRE, P24H, P48H, P72H, P120H	Decrease in pain and increase in flexibility in YG

MCE = ejercicio de contracción muscular; CG = grupo control; WB = boxeo con la Wii; IT = terapia con hielo; AR = recuperación activa; NMES = electroestimulación neuromuscular; UEE = ergometría extremidad superior; LKE = extensores de la rodilla izquierda; RPF = flexor plantar derecho; EA = actividad de resistencia; AE = ejercicio acuático; AC = pedaleo acuático; S = sesión; IM = masaje con hielo; SS = estiramiento

estático; OSP = gránulos sublinguales de ungüento; ECEF = contracciones excéntricas de los flexores del codo; LE = extremidad inferior; ECKE = contracciones excéntricas de los extensores de la rodilla; ECWE = contracciones excéntricas de los extensores de la muñeca; CECKF = contracciones concéntrico-excéntricas de los flexores de la rodilla; F = flexión; E = extensión; EF = flexión del codo; LCIE = ejercicio concéntrico de baja intensidad; MIAE = ejercicio aeróbico de intensidad moderada; RT = entrenamiento de fuerza; MIC = pedaleo de intensidad moderada; LIC = pedaleo de baja intensidad; HR = frecuencia cardiaca; VAS = escala analógica visual; A = activo; P = pasivo; MC = circunferencia muscular; QuickDASH = discapacidades rápidas de brazo, hombro y mano; SJA = ángulos articulares estáticos; PPT = umbral de punto de presión; MVC = contracción máxima voluntaria; PT = par máximo; TW = trabajo total; CON = concéntrico; ECC = excéntrico; WBRT = tiempo de reacción del cuerpo completo; SPI = índice de percepción de dolor muscular; SSC = ciclo estiramiento acortamiento; PS = escala de dolor; ROM = rango de movimiento; FANG = ángulo articular flexionado; SANG = ángulo articular estirado; RANG = ángulo articular relajado; ST = tiempo de sprint; CK = creatín kinasa; Mb = mioglobina; LDH = lactato deshidrogenasa; UA = ácido úrico; U = urea; SLR = elevación de pierna recta; STAI = inventario de ansiedad estado-rasgo; RPE = escala de esfuerzo percibido; CMJ = salto con contramovimiento; PEPS = estado físico percibido por la persona; MP = potencia muscular; SR = sit-and-reach; SL = amplitud de zancada; BA = conciencia corporal; MM = procedimiento de igualación de magnitud; YG = grupo de yoga.

## **Resultados de los protocolos de recuperación**

Después de un protocolo de recuperación de ejercicio de flexión-extensión de rodilla, se observó una disminución significativa del dolor y una disminución más modesta de MVC, TW y PT de los extensores de rodilla en comparación con un grupo de control (8,3 frente a 33,4 %, 2,3 frente a 13,8 % y 3,8 vs. 12,1 %, respectivamente) a las 48 h (19). El ejercicio ligero de flexión-extensión concéntrica de los flexores del codo resultó en una disminución inmediata significativa en la percepción del dolor (43% en promedio); sin embargo, este efecto fue a corto plazo y no sostenido (57).

Se realizaron dos tipos de protocolos de recuperación dinámica inmediatamente, 24 h y 48 h después de un partido de fútbol: sesión de “entrenamiento de reducción de DOMS” (trote, carrera, ejercicios excéntricos de baja intensidad y habilidades de control de balón) y sesión de “entrenamiento de recuperación estándar” (habilidades para trotar y controlar el balón) (25). Las diferencias en los resultados entre antes y 48 h después del juego han mostrado un aumento significativo en el umbral del dolor en un 29 % después del “entrenamiento de reducción de DOMS”, mientras que se notó una disminución del 19 % después de una sesión de “entrenamiento de recuperación estándar” (25). La CK plasmática disminuyó significativamente de 24 h a 48 h después del partido en un 36,6 % cuando no se realizó ningún protocolo de recuperación y en un 22,3 % después de una sesión de entrenamiento de reducción de DOMS (25). Nauglé et al. han investigado el juego activo de boxeo deportivo de Wii y un ejercicio estandarizado de flexión y extensión del codo (1 libra, 8 series × 60 repeticiones), ambos comparados entre sí y para descansar. Se notó un mayor umbral de dolor después del boxeo Wii junto con un aumento en el ROM total activo el día 1 en comparación con el ejercicio concéntrico ligero ( $150,67^{\circ} \pm 1,16^{\circ}$  frente a  $148,33^{\circ} \pm 1,16^{\circ}$ ) (32).

También se investigó el ejercicio en el agua que implicaba ejercicio dinámico general durante 3 días consecutivos (46) y ciclismo (51). El grupo de ejercicios acuáticos mostró una disminución significativa en el dolor y la rigidez de los músculos de la pantorrilla y un resultado significativo en la potencia muscular, donde se notó una disminución más pronunciada en el grupo de control el día 2 después de la EIMD (46). Todos los marcadores sanguíneos mostraron un mayor aumento en el grupo de ciclismo acuático en comparación con el grupo de control (51).

Los resultados del ejercicio de yoga mostraron un dolor muscular máximo más bajo y una mayor flexibilidad a las 24 h y 48 h después de la EIMD en comparación con el grupo de control (3).

Finalmente, no se informaron resultados significativos en ninguna de las medidas de resultado evaluadas después de ciclismo y manivela (18,35,48,52), ciclismo combinado y entrenamiento de fuerza de baja intensidad (1), y estiramiento en ambas formas, estática y dinámico (4,54,56). Todas las medidas de resultado evaluadas en los artículos se resumen en la Tabla 3.

References	Outcome measures						
	Soreness	Muscle performance	Inflammatory markers	Flexibility	Fatigue	ROM	Other
Andersson et al. (1)	LIKERT scale	PT, CMJ, ST	CK, UA, U				
Boyle et al. (3)	VAS			SR	RPE		BA
Buroker et al. (4)	VAS, PPT	MVC	CK				MC
Gulick et al. (18)	VAS, PPT	MVC, TW, PT, angle PT				Active and passive ROM	MC/ volume
Hasson et al. (19)	SPI	MVC, TW, PT					
Kawczynski et al. (25)	PPT		CK, Mb		RPE		
Law et al. (28)	VAS, NRS, PPT						
Naugle et al. (32)	VAS*, PPT*					Active total ROM, pain-free ROM	QuickDASH
Olsen et al. (35)	VAS*, PPT*	MVC					
Sakamoto et al. (43)	VAS*	MVC, SSC	CK			RANG, FANG	MC
Takahashi et al. (46)	Stiffness by a questionnaire	MP	CK	SR, SL		Total active ROM	WBRT
Tufano et al. (48)	PS	MVC, PT					
Wahl et al. (51)	VAS	MVC, dynamic fatigue	CK, Mb, LDH		RPE		PEPS
Weber et al. (52)	VAS	MVC/PT					
Wessel et al. (54)	VAS, PPT			SLR			
Xie et al. (58)	VAS, PPT	MVC				Active total ROM	MC
Zainuddin et al. (57)	VAS, tenderness by pressure	MVC, CON-PT	CK			ROM (difference between FANG and SANG), RANG	

Consultar abreviaturas en Tabla 2. |

## DISCUSIÓN

El objetivo principal de esta revisión sistemática fue examinar y evaluar diferentes protocolos de recuperación activa y mostrar los beneficios potenciales en la recuperación

del DOMS y otros síntomas relacionados después de EIMD. Se han demostrado efectos positivos sobre el dolor muscular con contracciones musculares aisladas, pero menos sobre el rendimiento muscular y el ROM. Los estudios que examinaron el ciclismo para las extremidades inferiores y superiores, así como el estiramiento estático y dinámico, no mostraron resultados significativos en los parámetros de recuperación después de la EIMD. Las actividades de trotar/correr mostraron resultados satisfactorios en cuanto a la percepción del dolor y una disminución de los marcadores inflamatorios en la sangre inmediatamente después de una actividad intensa. Caminar cuesta arriba parece más eficiente cuando se usa como calentamiento que como protocolo de recuperación con efectos positivos en la reducción del DOMS. En la misma dirección, el ejercicio acuático facilitó la recuperación de los músculos de las piernas y mostró mejoras más rápidas en el dolor muscular, la rigidez y la potencia. Finalmente, la práctica de yoga parece aliviar el DOMS y mejorar la flexibilidad.

En consecuencia, una fuerte evidencia apoya el efecto de las contracciones musculares sobre el dolor. También se ha revelado que es muy importante agregar motivación y diversión al ejercicio para maximizar sus efectos en comparación con otros métodos activos (32). Del mismo modo, la elección de la intensidad del ejercicio podría influir en los presentes resultados; por lo tanto, el boxeo de Wii que involucra una intensidad de ligera a moderada podría conducir a una mayor activación muscular y potencialmente puede ser necesario para optimizar la efectividad del ejercicio en los días posteriores al protocolo de intervención (32). Por el contrario, el uso de ejercicios concéntricos ligeros (LCE) que involucran repeticiones de flexo-extensión sin peso, realizados en los días posteriores a una sesión de entrenamiento intensivo, ha mostrado un resultado positivo en el dolor solo inmediatamente después del protocolo de recuperación (57). Este hallazgo se correlaciona con la hipótesis de la "analgesia inducida por el ejercicio", que mostró que la intensidad de leve a moderada parece contribuir a aliviar el dolor, aunque el efecto es temporal y no sostenible (27). Por lo tanto, desde una perspectiva práctica, LCE parece recomendarse para ayudar a aliviar el dolor inmediatamente después de una sesión de entrenamiento intenso.

Una posible explicación para la menor disminución en el rendimiento muscular después de la flexión-extensión de la rodilla es el efecto potencial que tienen las contracciones máximas de alta velocidad (300°/s) o un tiempo más corto bajo tensión muscular sobre los marcadores inflamatorios (19). Durante las contracciones excéntricas y de alta velocidad, se reclutan predominantemente unidades de contracción rápida (20), lo que estimula las fibras musculares de tipo II que potencialmente se lesionan con más frecuencia que las de tipo I (40). El reclutamiento selectivo de estas fibras de tipo II afectadas reduce la acumulación de líquido y la hinchazón y retrasa la regulación positiva de las citocinas proinflamatorias, como el factor de crecimiento nervioso, la histamina y las prostaglandinas, que son responsables de la activación de los nociceptores (34).). Por lo tanto, los participantes mostraron un mejor rendimiento muscular en la pierna ejercitada debido a la disminución reportada en el dolor percibido en comparación con la pierna de control. Sin embargo, se estudiaron las extremidades superiores (32, 43, 57) y no se encontraron diferencias significativas en todos los parámetros relacionados con el rendimiento muscular entre los grupos de ejercicio y de control. Los estudios que utilizaron las extremidades superiores no indicaron ningún resultado positivo significativo en la recuperación muscular después de un ejercicio dañino y fatiga. La razón detrás de esto podría estar relacionada con la masa muscular involucrada en la recuperación ya que la extremidad inferior tiene una masa muscular mayor que la extremidad superior;

como resultado, la contracción muscular ejercida es más acentuada y puede conducir a hallazgos positivos significativos.

Los resultados contradictorios entre las 2 recuperaciones en ROM podrían atribuirse a la diferencia en los protocolos LCE realizados (32,57). Por ejemplo, en un estudio se realizaron 10 series de 60 repeticiones (2 s/flexión-extensión), utilizando un dinamómetro isocinético a 240°/s, durante 20 minutos (57), mientras que 8 series de 60 repeticiones de flexión-extensión con en otro estudio se incluyó un peso libre de 1 libra (32). Esta diferencia en el modo de ejercicio podría traducirse en una modificación en la tensión muscular que ocurre entre el ejercicio isotónico e isocinético para velocidades de velocidad e intensidades de carga. Recientemente, algunos autores han destacado la importancia de la velocidad para cuantificar la intensidad de un ejercicio, dando lugar a diferencias en el rendimiento (37,41).

Ni la extremidad superior ni la inferior mostraron un cambio significativo en el dolor ni en la fuerza isométrica o dinámica después de la aplicación de un protocolo de baja o moderada intensidad (1,18,25,35); sin embargo, se encontró un aumento en la fuerza isométrica a las 72 y 92 horas en comparación con las 24 horas posteriores al EIMD en un estudio después de ciclismo moderado sin efecto sobre la fuerza dinámica (48). El resultado contrasta con los hallazgos previos de los estudios mencionados anteriormente que indican el efecto positivo de las contracciones musculares aisladas en la percepción del dolor (19,43,57). La razón detrás de esta disimilitud podría atribuirse a la elección de la intensidad en los protocolos de recuperación examinados. El ejercicio de resistencia aguda está relacionado con un mayor flujo sanguíneo y un aumento en la perfusión muscular que ayuda a eliminar los productos de desecho nocivos después de un ejercicio de alta intensidad que causa la interrupción de los elementos contráctiles (49). Se sugirió que para aumentar la perfusión de este músculo y, por lo tanto, disminuir el dolor, se debe elevar la frecuencia cardíaca antes de cada ejercicio para mejorar la reparación del tejido (11). En consecuencia, la intensidad de resistencia ligera (entre 30 y 60%FCmax) utilizada en ciclismo y brazadas (1,48) y las contracciones submáximas en ergometría superior (360/s) (18) podría no haber sido eficaz para obtener una disminución considerable del dolor muscular, mientras que intensidades más altas (entre 60 y 70% de la FCmáx) han mostrado mejores resultados en el rendimiento muscular (48).

Además, no se detectaron diferencias significativas después de un protocolo de estiramiento en la percepción del dolor y las molestias. Esto es consistente con todos los estudios incluidos en esta revisión (4,54,56). Se informa que los resultados del dolor reflejan el proceso de nocicepción muscular en respuesta a la acumulación de agentes analgésicos endógenos (17). El hecho de que los participantes no puedan ser cegados durante su protocolo de recuperación es un factor importante a mencionar porque se esperaba una percepción positiva subjetiva en los grupos que realizaron estiramientos, lo que conduce a una mayor expectativa de alivio después de su sesión (54). Aunque se sugirió el estiramiento dinámico por su efecto analgésico informado causado por la contracción isométrica y, por lo tanto, interrumpiendo la transmisión del dolor (21,45), los resultados no respaldaron esta idea. Además, no se observó un efecto positivo sobre el rendimiento muscular y los marcadores inflamatorios, lo que podría deberse al bajo nivel de daño muscular informado después de una combinación de contracciones concéntricas y excéntricas en lugar de sesiones excéntricas puras para inducir el dolor por déficit muscular (56).

La actividad física general que incluye calentamientos y enfriamientos mostró beneficios potenciales, incluido el aumento de la temperatura y la flexibilidad muscular, la reducción de las lesiones por tensión muscular (42) y la disminución del DOMS (2). En el estudio revisado, solo el calentamiento mostró un efecto significativo a las 48 horas después del ejercicio excéntrico en la reducción del dolor y la sensibilidad muscular (28). Este hallazgo justifica el uso de ejercicio dinámico antes de la actividad principal para aliviar el dolor a través de la eliminación de productos de desecho al estimular el flujo sanguíneo y aumentar las endorfinas (8).

En consecuencia, la principal diferencia con todos los estudios cubiertos anteriormente es la inclusión de un protocolo de ejercicio de alto volumen realizado 24 y 48 horas después de una actividad intensa, como un partido de fútbol. Esta estimulación adicional del músculo principal afectado por DOMS puede conducir a un mayor nivel de interferencia en la sensación de dolor mediada por fibras mecano-receptoras (53).

En cuanto al efecto positivo sobre la actividad de la CK plasmática, un protocolo de recuperación activa inmediata parece ayudar a disminuir los marcadores sanguíneos después de la actividad al tiempo que aumenta la circulación sanguínea y elimina los productos de desecho metabólicos, como el dióxido de carbono, la urea y el ácido úrico. Esto puede explicar la disminución de CK observada después de implementar un protocolo activo inmediato con un mayor volumen (25).

También se ha descubierto que hacer ejercicio en el agua es un método eficaz para tratar el dolor (46). Una posible explicación podría ser la disminución de la carga sobre las piernas al sumergirlas en el agua, provocando un efecto de masaje que, por tanto, podría aumentar el flujo sanguíneo periférico, facilitar la eliminación de edemas y reducir la rigidez muscular local. En consecuencia, los músculos parecen estar menos hinchados y menos dolorosos. Este efecto de masaje podría ser menor al realizar ciclismo en el agua (51), lo que puede explicar la similitud de los resultados sobre la intensidad del dolor siguiendo esa modalidad y en el grupo control.

Sin embargo, el aumento de los marcadores sanguíneos tras el aqua-ciclismo podría deberse al efecto de un ejercicio localizado (ciclismo) realizado en el músculo anterior del muslo en el agua, tras una actividad muy fatigosa (300 saltos), que podría haber acentuado potencialmente el daño muscular. (51). El efecto positivo del ejercicio acuático en el rendimiento muscular también fue respaldado por estudios previos que mostraron el beneficio de los chorros de agua para prevenir cualquier pérdida potencial de potencia muscular (49).

Finalmente, los resultados de la práctica de yoga mostraron resultados positivos en el dolor muscular. Esto podría estar relacionado con las diferencias existentes originalmente en la condición muscular de los practicantes de yoga en comparación con los participantes no entrenados (3). La flexibilidad también mejoró y podría explicar la mejora en la intensidad del dolor después de las sesiones de yoga porque la flexibilidad siempre se ha relacionado con una disminución de la percepción del dolor muscular en la práctica del yoga (29).

## **CONCLUSIÓN**

Los protocolos de recuperación activa mostraron varias ventajas y beneficios sobre el

descanso con las principales mejoras observadas en la magnitud del dolor. Las contracciones musculares aisladas, trotar, correr, ejercicios acuáticos y yoga parecen ofrecer un manejo limitado del DOMS después de EIMD. El ejercicio acuático previno hasta cierto punto la pérdida de fuerza muscular, trotar y correr disminuyó los marcadores inflamatorios y la práctica de yoga mejoró la flexibilidad. Por otro lado, el pedaleo de brazos, el ciclismo y el estiramiento no parecían ayudar con el dolor ni con ningún otro síntoma. Además, el impacto de la recuperación activa fue menos evidente en los resultados relacionados con la capacidad funcional y el rendimiento. También es importante tener en cuenta que ninguno de los métodos probados ha mostrado un efecto adverso sobre el dolor. En consecuencia, el intento de disminuir el período de recuperación sin afectar el rendimiento general de un atleta sigue siendo un desafío crítico y requiere más investigaciones para optimizar los beneficios y resultados del entrenamiento.

## **APLICACIONES PRÁCTICAS**

Esta revisión ofrece algunas implicaciones prácticas para los practicantes de deportes. Aunque no se encontró que ninguna recuperación activa en particular fuera eficiente para ayudar a mejorar el nivel de rendimiento después de una sesión de entrenamiento intensivo, es esencial resaltar los beneficios en diferentes aspectos relacionados con el rendimiento. El ejercicio bajo el agua puede ser una buena opción para limitar la disminución de la fuerza muscular tras una intensa sesión de entrenamiento. Además, el dolor debido al DOMS puede aliviarse mediante varios protocolos de recuperación que van desde contracciones musculares aisladas hasta actividad física general.

## **REFERENCIAS**

1. Andersson H, Raastad P, Nilsson J, et al. Neuromuscular fatigue and recovery in elite female soccer: Effects of active recovery. *Med Sci Sports Exerc* 40: 372–380, 2008.
2. Bale P, James H. Massage, warmdown and rest as recuperative measures after short term intense exercise. *Physiother Sport* 13: 4–7, 1991.
3. Boyle CA, Sayers SP, Jensen BE, Headley SA, Manos TM. The effects of yoga training and a single bout of yoga on delayed onset muscle soreness in the lower extremity. *J Strength Cond Res* 18: 723–729, 2004.
4. Buroker KC, Schwane JA. Does postexercise static stretching alleviate delayed muscle soreness?. *Physician Sports Med* 17: 65–83, 1989.
5. Chatzinikolaou A, Fatouros IG, Gourgoulis V, et al. Time course of changes in performance and inflammatory responses after acute plyometric exercise. *J Strength Cond Res* 24: 1389–1398, 2010.
6. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Med* 33: 145–164, 2003.
7. Clarkson PM, Byrnes WC, McCormick KM, Turcotte LP, White JS. Muscle soreness and serum creatine kinase activity following isometric, eccentric, and concentric exercise. *Int J Sports Med* 70: 152–155, 1986.
8. Cleak MJ, Eston RG. Delayed onset muscle soreness: Mechanisms and management.

J Sports Sci 10: 325–341, 1992.

9. Connolly DAJ, Sayers SP, McHugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. J Strength Conditioning Res 17: 197–208, 2003.

10. Dannecker EA, Koltyn KF, Riley JL III, Robinson ME. The influence of endurance exercise on delayed onset muscle soreness. J Sports Med Phys Fitness 42: 458–465, 2002.

11. Davis WJ, Wood DT, Andrews RG, Elkind LM, Davis WB. Elimination of delayed-onset muscle soreness by pre-resistance cardioacceleration before each set. J Strength Cond Res 22: 212–225, 2008.

12. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. J Epidemiol Community Health 52: 377–384, 1998.

13. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. Sports Med 7: 207–234, 1989.

14. Eston RG, Finney S, Baker S, Baltzopoulos V. Muscle tenderness and peak torque changes after downhill running following a prior bout of isokinetic eccentric exercise. J Sports Sci 14: 291–299, 1996.

15. Evans WJ. Exercise-induced skeletal muscle damage. Physician Sports Med 15: 89–100, 1987.

16. Gleeson M, Almey J, Brooks S, et al. Haematological and acute-phase responses associated with delayed-onset muscle soreness in humans. Eur J Appl Physiol Occup Physiol 71: 137–142, 1995.

17. Graven-Nielsen T, Mense S. The peripheral apparatus of muscle pain: Evidence from animal and human studies. Clin J Pain 17: 2–10, 2001.

18. Gulick DT, Kimura IF, Sitler M, Paolone a, Kelly JD. Various treatment techniques on signs and symptoms of delayed onset muscle soreness. J Athletic Train 31: 145–152, 1996.

19. Hasson S, Barnes W, Hunter M, Williams J. Therapeutic effect of high speed voluntary muscle contractions on muscle soreness and muscle performance. J Orthopaedic Sports Phys Ther 10: 499–507, 1989.

20. Nosratollah Hedayatpour, Deborah Falla, "Physiological and Neural Adaptations to Eccentric Exercise: Mechanisms and Considerations for Training", BioMed Research International 2015: 7, 2015.

21. Hindle K, Whitcomb T, Briggs W, Hong J. Proprioceptive neuromuscular facilitation (PNF): Its mechanisms and effects on range of motion and muscular function. J Hum Kinetics 31: 105–113, 2012.

22. Hough T. Ergographic studies in muscular soreness. Am J Physiol 7: 76–92, 1902.

23. Jamurtas AZ, Fatouros IG, Buckenmeyer P, et al. Effects of plyometric exercise on muscle soreness and plasma creatine kinase levels and its comparison with eccentric and concentric exercise. *J Strength Cond Res* 14: 68–74, 2000.
24. Jemni M, Sands WA, Friemel F, Delamarche P. Effect of active and passive recovery on blood lactate and performance during simulated competition in high level gymnasts. *Can J Appl Physiol* 28: 240–256, 2003.
25. Kawczynski A, Mroczek D, Frackiewicz A, et al. Effects of two recovery procedures after a football game on sensory and biochemical markers. *J Sports Med Phys Fitness* 54: 394–402, 2014.
26. Kinugasa T, Kilding AE. A comparison of post-match recovery strategies in youth soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 1402–1407, 2009.
27. Koltyn KF. Analgesia following exercise: a review. *Sports Med* 29: 85–98, 2000.
28. Law RYW, Herbert RD. Warm-up reduces delayed-onset muscle soreness but cool-down does not: A randomised controlled trial. *Aust J Physiother* 53: 91–95, 2007.
29. McHugh MP, Connolly DAJ, Eston RG, et al. The role of passive muscle stiffness in symptoms of exercise-induced muscle damage. *Am J Sports Med* 27: 594–599, 1999.
30. Mika A, Mika P, Fernhall B, Unnithan VB. Comparison of recovery strategies on muscle performance after fatiguing exercise. *Am J Phys Med Rehabil* 86: 474–481, 2007.
31. Moher D, Liberati A, Tetzlaff J, et al. Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: The PRISMA statement. *PLoS Med* 6: e1000097, 2009.
32. Naugle KE, Parr JJ, Chang S, Naugle KM. Active gaming as pain relief following induced muscle soreness in a college-aged population. *Athletic Train Sports Health Care* 9: 225–232, 2017.
33. Nikolaidis MG, Paschalis V, Giakas G, et al. Decreased blood oxidative stress after repeated muscle-damaging exercise. *Med Sci Sports Exerc* 39: 1080–1089, 2007.
34. Nosaka K, Newton M. Repeated eccentric exercise bouts do not exacerbate muscle damage and repair. *J Strength Cond Res* 16: 117–122, 2002.
35. Olsen O, Sjøhaug M, Van Beekvelt M, Mork PJ. The effect of warm-up and cool-down exercise on delayed onset muscle soreness in the quadriceps muscle: A randomized controlled trial. *J Hum Kinetics* 35: 59–68, 2012.
36. Pareja-Blanco F, Rodríguez-Rosell D, Sánchez-Medina L, Gorostiaga EM, González-Badillo JJ. Effect of movement velocity during resistance training on neuromuscular performance. *Int J Sports Med* 35: 916–924, 2014.
37. Parr JJ, Yarrow JF, Garbo CM, Borsa PA. Symptomatic and functional responses to concentric-eccentric isokinetic versus eccentric-only isotonic exercise. *J Athletic Train* 44: 462–468, 2009.
38. Paulsen G, Egner IM, Drange M, et al. A COX-2 inhibitor reduces muscle soreness,

but does not influence recovery and adaptation after eccentric exercise. *Scand J Med Sci Sports* 20: e195–e207, 2010.

39. Peake JM, Neubauer O, Gatta PAD, Nosaka K. Muscle damage and inflammation during recovery from exercise. *J Appl Physiol* 122: 559–570, 2017.

40. Proske U, Morgan DL. Muscle damage from eccentric exercise: Mechanism, mechanical signs, adaptation and clinical applications. *J Physiol* 537: 333–345, 2001.

41. Rodríguez-Rosell D, Franco-Márquez F, Mora-Custodio R, González-Badillo JJ. Effect of high-speed strength training on physical performance in young soccer players of different ages. *J Strength Conditioning Res* 31: 2498–2508, 2017.

42. Safran MR, Garrett WE, Seaber AV, Glisson RR, Ribbeck BM. The role of warmup in muscular injury prevention. *Am J Sports Med* 16: 123–129, 1988.

43. Sakamoto A, Maruyama T, Naito H, Sinclair PJ. Effects of exhaustive dumbbell exercise after isokinetic eccentric damage: Recovery of static and dynamic muscle performance. *J Strength Cond Res* 23: 2467–2476, 2009.

44. Schwane JA, Johnson SR, Vandenakker CB, Armstrong RB. Delayed-onset muscular soreness and plasma CPK and LDH activities after downhill running. *Med Sci Sports Exerc* 15: 51–56, 1983.

45. Sharman MJ, Cresswell AG, Riek S. Proprioceptive neuromuscular facilitation stretching: Mechanisms and clinical implications. *Sports Med* 36: 929–939, 2006.

46. Takahashi J, Ishihara K, Aoki J. Effect of aqua exercise on recovery of lower limb muscles after downhill running. *J Sports Sci* 24: 835–842, 2006.

47. Talag T. Residual muscle soreness as influenced by concentric, eccentric, and static contractions. *Res Q* 44: 458–469, 1973.

48. Tufano JJ, Brown LE, Coburn JW, et al. Effect of aerobic recovery intensity on delayed-onset muscle soreness and strength. *J Strength Cond Res* 26: 2777–2782, 2012.

49. Viitasalo JT, Niemelä K, Kaappola R, et al. Warm underwater water-jet massage improves recovery from intense physical exercise. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 71: 431–438, 1995.

50. De Vries HA. Quantitative electromyographic investigation of the spasm theory of muscle pain. *Am J Phys Med* 45: 119–134, 1966.

51. Wahl P, Sanno M, Ellenberg K, et al. Aqua cycling does not affect recovery of performance, damage markers, and sensation of pain. *J Strength Cond Res* 31: 162–170, 2017.

52. Weber MD, Servedio FJ, Woodall WR. The effects of three modalities on delayed onset muscle soreness. *J Orthopaedic Sports Phys Ther* 20: 236–242, 1994.

53. Weerakkody NS, Whitehead NP, Canny BJ, Gregory JE, Proske U. Large-fiber mechanoreceptors contribute to muscle soreness after eccentric exercise. *J Pain* 2:

209–219, 2001.

54. Wessel J, Wan A. Effect of stretching on the intensity of delayed-onset muscle soreness. *Clin J Sport Med* 4: 83–87, 1994.

55. Wiewelhove T, Fernandez-Fernandez J, Raeder C, et al. Acute responses and muscle damage in different high-intensity interval running protocols. *J Sports Med Phys Fitness* 56: 606–615, 2016.

56. Xie Y, Feng B, Chen K, et al. The efficacy of dynamic contract-relax stretching on delayed-onset muscle soreness among healthy individuals: A randomized clinical trial. *Clin J Sport Med* 28: 28–36, 2018.

57. Zainuddin Z, Sacco P, Newton M, Nosaka K. Light concentric exercise has a temporarily analgesic effect on delayed-onset muscle soreness , but no effect on recovery from eccentric exercise. *Appl Physiol Nutr Metab* 31: 126–134, 2006.

**Link to Original article:** <https://www.congresodefuerza.com/journal-nsca-spain/efecto-de-los-protocolos-de-recuperacion-activa-en-el-manejo-de-los-sintomas-relacionados-con-el-dano-muscular-inducido-por-el-ejercicio?elem=301811>