
Efectos de la ingesta de ácidos grasos sobre el dolor muscular de aparición tardía

Modalidad: **REVISIÓN**

*Trabajo Final de Máster
Máster de Alimentación en la Actividad Física y el
Deporte*

Autor: Víctor Eloy Merino Carmena
Tutor del TFM: Pedro José González Matarín

Febrero 2023



Esta obra está bajo una licencia de Reconocimiento-NoComercial-SinObraDerivada
(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/deed.es>)

Índice

Índice de tablas	3
Índice de figuras	4
Resumen	5
Abstract	6
1. Introducción	7
1.1. Dolor muscular de aparición tardía	7
1.2. Aparición del DOMS	8
1.3. Localización del DOMS	8
1.4. Mecanismos de producción	8
1.4.1. Teoría metabólica.....	9
1.4.2. Teoría mecánica.....	9
1.4.3. Teoría inflamatoria	10
1.4.4. Teoría neurológica	11
1.5. Marcadores relacionados con el DOMS	11
1.6. Tratamiento del DOMS.....	12
1.7. Los ácidos grasos y su efecto sobre el DOMS.....	12
2. Objetivos	15
2.1. Objetivo general	15
2.2. Objetivos específicos	15
2.3. Preguntas investigables	15
3. Metodología	16
4. Resultados	19
4.1. Efectos de la ingesta de aceite de pescado sobre el DOMS	19
4.2. Efectos de la ingesta de los ácidos grasos Omega 3 sobre el DOMS	26
5. Discusión	29
6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación	32
6.1. Diseño y tipo de estudio o intervención	32
6.2. Población diana	33
6.3. Sistema de recogida de datos.....	33
6.4. Variables de estudio	33
6.5. Estrategia de análisis de datos	33
6.6. Consideraciones éticas	33
7. Conclusiones	34
8. Bibliografía	35

Índice de tablas

Tabla 1. Descripción de la estrategia de búsqueda.....	16
Tabla 2. Resumen de estudios de suplementos de aceite de pescado sobre el DOMS.....	24
Tabla 3. Resumen de estudios de suplementos de Omega 3 sobre el DOMS.....	28

Índice de figuras

Figura 1. Grados de lesión muscular.....	7
Figura 2. Esquema que muestra la posible secuencia del DOMS.....	10
Figura 3. Clasificación de los ácidos grasos.....	13
Figura 4. Diagrama de flujo de la búsqueda realizada.....	18

Resumen

Introducción: el dolor muscular de aparición tardía o DOMS es uno de los principales indicadores de daño muscular y está asociado con la realización de ejercicio físico de alto componente excéntrico. Durante años se han investigado diversas formas de contrarrestarlo, entre ellas el uso de suplementos nutricionales a base de ácidos grasos por su efecto antiinflamatorio.

Objetivo: determinar la efectividad de la suplementación con ácidos grasos en el tratamiento del dolor muscular de aparición tardía o DOMS.

Método: se llevó a cabo una búsqueda en las bases de datos Pubmed, Scopus y SportDiscus. Las palabras clave utilizadas para la búsqueda fueron “delayed onset muscle soreness” y “exercise induced muscle damage” combinados con “fatty acids”.

Resultados: se identificaron 181 estudios de los cuales 19 cumplieron con los criterios establecidos para ser incluidos en la revisión. Los principales ácidos grasos utilizados fueron el Omega 3 y el aceite de pescado. Del total de estudios analizados, en 13 de ellos hubo una disminución del DOMS, respecto 6 de ellos que no hubo ningún tipo de efecto.

Conclusión: los datos no son concluyentes en cuanto a si la suplementación con ácidos grasos es eficaz para atenuar los síntomas del DOMS, aunque los estudios recientes muestran resultados favorables. Para determinar aún más su papel sobre el DOMS se necesitan estudios controlados aleatorizados a gran escala evaluando cuidadosamente las relaciones de dosis y duración-respuesta de diferentes tipos de ácidos grasos.

Palabras clave

DOMS, ácidos grasos, Omega 3, aceite de pescado, ejercicio excéntrico.

Abstract

Introduction: delayed-onset muscle soreness or DOMS is one of the main indicators of muscle damage and is associated with physical exercise with a high eccentric component. Various ways of counteracting it have been investigated for years, including the use of nutritional supplements based on fatty acids for their anti-inflammatory effect.

Objective: to determine the effectiveness of fatty acid supplementation in the treatment of late-onset muscle soreness or DOMS.

Method: a search was carried out in the Pubmed, Scopus and SportDiscus databases. The keywords used for the search were “delayed onset muscle soreness” and “exercise induced muscle damage” combined with “fatty acids”.

Results: 181 studies were identified, of which 19 met the established criteria to be included in the review. The main fatty acids used were Omega 3 and fish oil. Of the total number of studies analysed, in 13 of them there was a decrease in DOMS, compared to 6 of which there was no effect of any kind.

Conclusion: the data are not conclusive as to whether fatty acid supplementation is effective in attenuating DOMS symptoms, although recent studies show favorable results. To further determine its role on DOMS, large-scale randomized controlled studies carefully evaluating the dose-duration-response relationships of different types of fatty acids are needed.

Key words

DOMS, fatty acids, Omega 3, fish oil, eccentric exercise.

1. Introducción

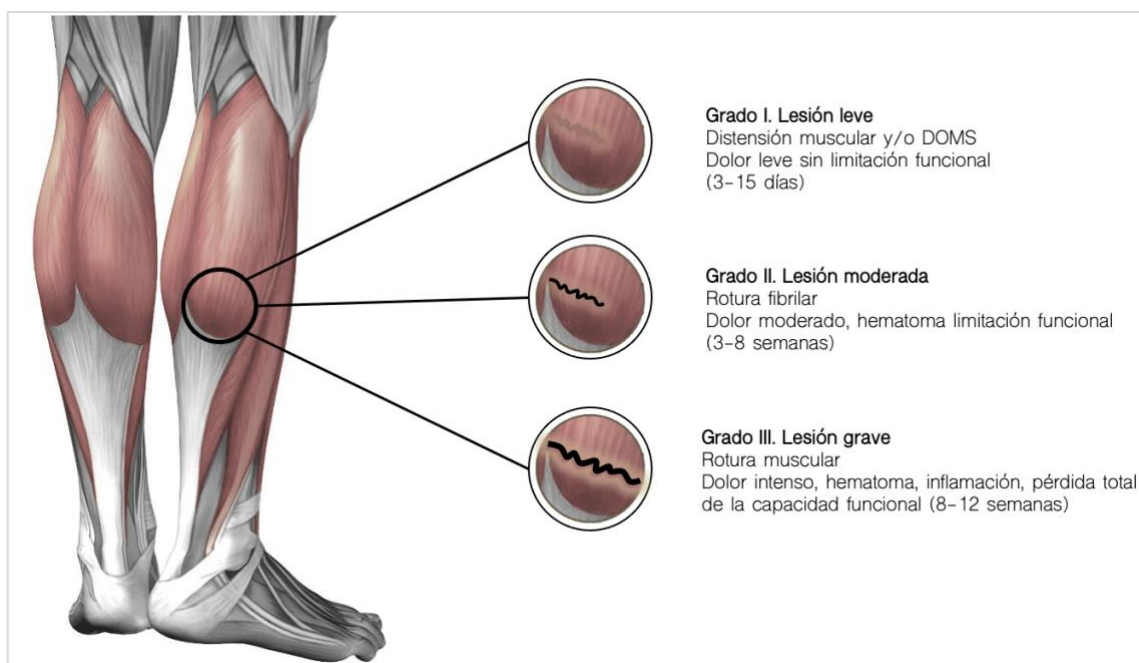
1.1. Dolor muscular de aparición tardía

El dolor muscular de aparición tardía o DOMS (Delayed Onset Muscle Soreness) es una lesión muscular de grado uno (Figura 1), la cual se produce por distensión muscular que se manifiesta al sentir los músculos sensibles o doloridos durante la palpación o el movimiento y que puede aparecer en cualquier músculo esquelético (1).

El dolor muscular de aparición tardía se manifiesta después de ejercicios de alta intensidad, especialmente por contracción excéntrica, con una frecuencia relacionada con actividades de alto nivel mecánico e intensidad no acostumbrada (2,3), aunque también ocurre a menudo cuando una persona realiza un ejercicio inusual, ocurriendo tanto en atletas como en no atletas (4).

No obstante, es más común que los atletas experimenten esta patología muscular principalmente al comienzo de la temporada, cuando se reanuda el entrenamiento de alta intensidad después de un período de relativa inactividad.

Figura 1. Grados de lesión muscular.



*La figura muestra los grados de lesión muscular encontrándose el DOMS en la lesión de grado I o lesión leve. Elaboración propia.

Los síntomas y efectos que puede causar el DOMS incluyen rigidez muscular, hinchazón, pérdida de generación de fuerza, disminución del rango de movimiento en las articulaciones, cambios en la sensibilidad o hiperalgesia y disminución de la función propioceptiva (4).

1.2. Aparición del DOMS

Los síntomas suelen manifestarse entre 8 y 10 horas después del esfuerzo, alcanzando su pico más alto después de 24-48 horas y disminuyendo gradualmente hasta su total extinción después de 3-4 días, exclusivamente en aquellos grupos musculares implicados en ejercicio (5, 6).

Dicho dolor puede prolongarse de 7 a 10 días cuando el ejercicio físico realizado posee un alto componente de acciones excéntricas, por ejemplo, descender por una escalera, correr cuesta abajo o bajar un objeto (5, 7).

En definitiva, existe un consenso en que el DOMS puede presentarse en las primeras 8 horas posteriores a la actividad física, pero su pico de intensidad se presenta a las 24 horas y puede durar hasta 5 días, según la intensidad y el tipo de ejercicio previo (5).

1.3. Localización del DOMS

Se cree que las zonas de unión músculo-tendinosas son las principales zonas de dolor y fragilidad debido a que el DOMS se inician con una ruptura de las proteínas estructurales de las fibras musculares y el tejido conectivo, como consecuencia de las fuerzas mecánicas desarrolladas en el ejercicio (5). Esto produce un progresivo deterioro del sarcolema acompañado por un influjo neto de Calcio desde el espacio intersticial hasta la fibra, donde la mitocondria acumula el Calcio que hace que se inhiba la respiración celular. Este deterioro va acompañado por una difusión de componentes intracelulares en el intersticio y el plasma, donde atrae monocitos que se convierten en macrófagos en las áreas de lesión. Esta serie compleja de eventos puede conducir a DOMS en las zonas de unión músculo-tendinosas, así como a la liberación de enzimas de las células dañadas (5).

1.4. Mecanismos de producción

Se han realizado intentos a lo largo de los años para determinar el origen de este dolor y se han desarrollado varias teorías para tratar de explicarlo, incluidas la teoría del ácido

láctico, la teoría del espasmo muscular, la teoría del daño del tejido conectivo, la teoría del daño muscular, la teoría inflamatoria y la teoría del flujo enzimático (8).

Por el momento hay muchas teorías sobre el origen del DOMS, pero ninguna conclusión es clara o definitiva. Se desconoce en la actualidad el mecanismo principal por el cual se origina el DOMS, pero se han formulado varias propuestas explicativas centradas esencialmente en cuatro teorías: teoría metabólica, teoría mecánica, teoría inflamatoria y la teoría neurológica.

1.4.1. Teoría metabólica

Una de las principales teorías que vienen a explicar el desarrollo de DOMS es el resultado de la acumulación de ácido láctico en los músculos, un concepto que surge ya en la década de los 30; está fundamentado en la supuesta relación entre la intensidad del ejercicio y la aparición de dolor muscular tardío, lo que sugiere que la acumulación de este metabolito de desecho provoca la necrosis de las fibras musculares. No obstante, hay evidencia que desecha esta hipótesis, ya que el lactato se elimina casi en su totalidad transcurrida una hora del ejercicio, mientras que el DOMS se manifiesta alrededor de las 8 horas después del ejercicio (8,9).

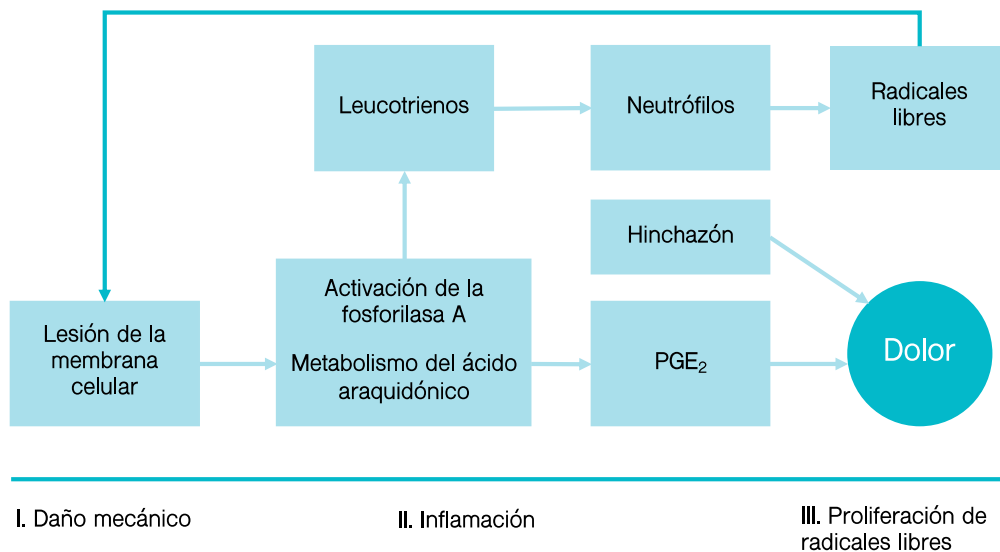
1.4.2. Teoría mecánica

Se sugiere que el estrés mecánico es un factor determinante en la producción del dolor muscular durante el ejercicio, siendo la principal teoría que ha explicado la mecánica de producción de DOMS. El dolor muscular tiene lugar en el aparato contráctil y se produce mucho más pronto en contracciones excéntricas que en las concéntricas (8). Las tensiones mecánicas son producidas por la contracción de las fibras musculares, y principalmente durante las acciones excéntricas, originadas cuando un músculo se alarga bajo tensión, causando ruptura de las proteínas estructurales de la fibra muscular; de forma particular en aquellas presentes en la línea Z del sarcómero (8).

Después de varias horas, los neutrófilos circulantes en el sitio de la lesión son significativamente elevadas; a las 48 horas, la relación monocitos/macrófagos alcanzan su punto máximo, aumentando significativamente la producción de prostaglandinas (asociados al dolor y la inflamación) y liberadas para sensibilizar las células a los estímulos mecánicos, térmicos y químicos (Figura 2). Las terminaciones nerviosas tipo III y IV ubicadas en músculos, articulaciones, ligamentos y tendones son las responsables de la sensación de calor y dolor. La acumulación de histamina, potasio y citocinas de los fagocitos activados, así como la necrosis celular y el aumento de la

presión del líquido entre las células de los tejidos (edema), así como el aumento de la temperatura activan los nociceptores en las fibras musculares y los tendones. Estos numerosos eventos conducen al DOMS y sus síntomas asociados, como rango de movimiento reducido (ROM), pérdida de fuerza máxima, rigidez y edema intramuscular. También aumenta la producción de radicales libres, lo que a menudo empeora el daño muscular (10).

Figura 2. Esquema que muestra la posible secuencia del Dolor Muscular Tardío.



**Adaptado de Connolly et al. (11)*

1.4.3. Teoría inflamatoria

Además de los cambios citados anteriormente, estos vienen acompañados por un proceso inflamatorio que se desarrolla de 1 a 3 días después del ejercicio excéntrico. Aunque las alteraciones descritas en el párrafo anterior se producen al final del entrenamiento excéntrico, su intensidad aumenta durante las siguientes 24-48 horas. El crecimiento de las lesiones se asocia con la respuesta inflamatoria que acompaña a este tipo de ejercicio, especialmente en personas no entrenadas (12,13). Dentro de las 24 a 48 horas posteriores al ejercicio excéntrico, las células inflamatorias migran al sitio de la lesión. La activación de las enzimas lisosomales en fagocitos y plaquetas, así como la liberación de radicales libres, serán la principal causa del empeoramiento del daño en los días posteriores al ejercicio. Las sustancias liberadas por las fibras musculares dañadas y/o las células inflamatorias pueden actuar sobre los nociceptores musculares u otras terminaciones nerviosas y causar dolor (12,13).

1.4.4. Teoría neurológica

Una teoría reciente plantea la hipótesis de que la ruptura es causada por una lesión neurológica aguda causada por la compresión repetida de las terminaciones nerviosas del huso muscular, así como por el aumento de las demandas cognitivas (12). Con esto, se podría descartar que sean causados por la acumulación de ácido láctico o por microdesgarros musculares, como se ha creído durante mucho tiempo.

La teoría que avala la reciente hipótesis establece que el DOMS es resultado de una compresión en los receptores nerviosos, que tras realizar un ejercicio excéntrico se muestra una inflamación en el tejido muscular debido al sobreestiramiento, desencadenando un estímulo en las terminaciones nerviosas del dolor, seguido de una respuesta inmune mediada por leucotrienos, neutrófilos, citocinas, histaminas, prostaglandinas, bradisininas y especies reactivas de oxígeno, estas sustancias en conjunto son marcadores de daño muscular y celular, por lo que, el DOMS se compone de dos fases, una de daño mecánico en las estructuras contráctiles (EIMD, por su siglas en inglés *Exercise Induced Muscle Damage*) y otra de respuesta celular inflamatoria, existiendo un proceso de daño y regeneración (12).

1.5. Marcadores relacionados con el DOMS

Algunos indicadores de dolor muscular incluyen aumentos en creatina quinasa (CK) y mioglobina (Mb), disminuciones en la contracción voluntaria máxima y disminuciones en la fatiga de baja frecuencia. La CK comienza a aumentar lentamente después de 24 horas y alcanza su punto máximo 3-4 días después del ejercicio excéntrico, mientras que la Mb muestra un aumento inicial 1 hora después del ejercicio excéntrico, pero muestra un aumento mayor después de 24 horas (8,13).

La resistencia disminuye y el ángulo de flexión aumenta 1 hora después de la carga excéntrica, mientras que el ángulo de extensión continua disminuyendo hasta las 48 horas después.

Debido a que la CK se encuentra casi exclusivamente en el tejido muscular, esta enzima es la señal plasmática más común para el dolor muscular. Los factores que pueden influir en el dolor y los procesos de reparación incluyen Ca, lisosomas, tejido conectivo, radicales libres, fuentes de energía y proteínas citoesqueléticas y miofibrilares (8,13,14).

1.6. Tratamiento del DOMS

No cabe duda de que el dolor muscular afecta negativamente al rendimiento de los deportistas profesionales y amateurs, por lo que en los últimos años los investigadores han estado buscando formas de reducirlo utilizando diversas estrategias, tanto preventivas llevadas a cabo antes de la actividad física, como curativas, después del ejercicio (15).

Se han implementado diversas estrategias para evitar o reducir los efectos negativos del DOMS, incluyendo el uso de medicamentos antiinflamatorios, terapia de vibración, prendas de compresión, masaje, uso de Foam Roller, entre otras. Sin embargo, aún está a discusión cuál de los métodos antes citados es la mejor opción como herramienta de recuperación y tratamiento del DOMS (8). Otros estudios se han centrado en los efectos de la fisioterapia, como la hidroterapia, la inmersión en agua helada, el calor húmedo y seco, la vibración o microcorriente, pero los masajes y los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos son las terapias más utilizadas en la práctica y la investigación de DOMS en el ámbito de la fisioterapia (15).

Desde un punto de vista nutricional se ha analizado el efecto de diferentes alimentos como los arándanos, la cafeína, el complejo de aceite de pescado, el ácido eicosapentaenoico, el jugo de granada o el uso de aminoácidos de cadena ramificada con resultados muy dispares (8,15). Asimismo se han llevado estudios sobre los efectos de la suplementación con proteínas y/o carbohidratos, suplementos que contienen ácidos grasos omega 3, y otro tipo de suplementos como el β -hidroxi- β -metilbutirato (HMB), la glutamina, la creatina, antioxidantes y la cúrcuma entre otros (16).

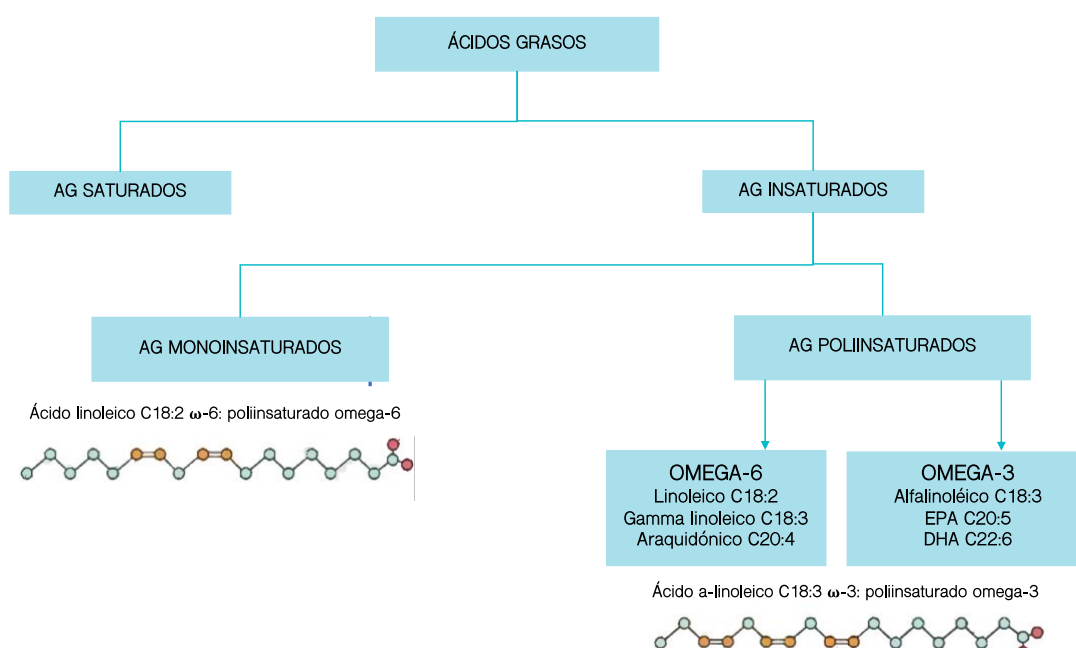
En la intervención clásica para la recuperación del daño muscular las intervenciones nutricionales suelen ser ignoradas. Sin embargo, comienza a haber evidencia que muestra que una intervención nutricional podría ayudar a reducir la inflamación e incrementar el estímulo anabólico de las fibras musculares incidiendo de forma positiva en la recuperación y reduciendo el dolor muscular tardío (16).

1.7. Los ácidos grasos y su efecto sobre el DOMS

Los ácidos grasos que existen en el cuerpo humano se encuentran en su forma saturada, principalmente como ácido palmítico, o en la forma insaturada como consecuencia de la presencia de dobles ligaduras. Los ácidos grasos insaturados pueden a su vez ser monoinsaturados y poliinsaturados (17).

Se pueden distinguir dos ácidos grasos poliinsaturados (AGPIs) que el organismo no puede sintetizar, el ácido linoleico (AL) y el ácido alfa linolénico (ALN), que deben ser obtenidos por medio de la dieta y son conocidos como ácidos grasos indispensables (AGIs). Estos ácidos grasos están clasificados dentro de la familia n-6 o n-3, también llamados ω -6 u ω -3, respectivamente (17). Dentro del organismo, los AGIs se pueden convertir en otros AGPIs de cadena más larga (AGPIs-CL) con más insaturaciones, como el ácido araquidónico (AA), el ácido eicosapentaenoico (EPA) y el ácido docosahexaenoico (DHA).

Figura 3. Clasificación de los ácidos grasos



**Adaptado de Molina y Martín (19).*

Los ácidos grasos omega-3 y omega-6 son componentes importantes de las membranas celulares y precursores de muchas otras sustancias en el cuerpo, como la regulación de la presión arterial y la regulación de las respuestas inflamatorias. Cada vez hay más apoyo para los ácidos grasos omega-3 en la prevención de enfermedades cardíacas, y es conocido que tienen efectos antiinflamatorios que pueden ser importantes en esta y otras enfermedades. También existe un creciente interés por la función que pueden desempeñar los ácidos grasos omega-3 en la prevención de la diabetes y ciertos tipos de cáncer (19).

En el ámbito deportivo se ha sugerido la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados como refuerzo o ayuda ergogénica para los atletas, con una justificación

basada en las propiedades antiinflamatorias de las membranas celulares y las posibles modificaciones funcionales que facilitan la movilidad de proteínas y lípidos en el sarcolema (20).

Algunos autores han evaluado la literatura científica actual referida a los efectos de mejora del rendimiento de los suplementos nutricionales en el acondicionamiento muscular, el metabolismo energético, la recuperación muscular y la prevención de lesiones (20). Según la información disponible, existe evidencia científica que respalda la mejora del rendimiento de resistencia aeróbica mediante la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 para reducir el consumo de oxígeno durante el ejercicio. Igualmente se han observado en varios estudios beneficios en la mejora de la recuperación post-ejercicio usando un componente excéntrico alto. Por el contrario, no hay evidencia de que la suplementación con ácidos grasos poliinsaturados omega-3 promueva el crecimiento muscular durante el entrenamiento de resistencia o el mantenimiento de la masa muscular en situaciones catabólicas como la restricción de energía o la inmovilidad. Por tanto, la reducción del DOMS como consecuencia de la ingesta de los ácidos grasos Omega 3 estaría más relacionada con la respuesta inflamatoria que con la actividad antioxidante, sin evidencias de que promueva otros beneficios como el crecimiento muscular post-ejercicio (20), pero la literatura científica no muestra un consenso respecto a estos resultados con ingesta y suplementación de ácidos grasos Omega 3.

Por ello, la finalidad de este TFM consiste en determinar los efectos de la ingesta o suplementación de ácidos grasos sobre el dolor muscular de aparición tardía. Dados los numerosos y dispares resultados obtenidos en los estudios respecto a la suplementación con ácidos grasos para la recuperación del dolor muscular de aparición tardía, en las cuales no existe una unanimidad de su utilidad o las dosis oportunas, es indispensable realizar un estudio de revisión para mostrar la magnitud de efectos tangibles en cada técnica y apoyar en un futuro el uso clínico inherente a la gestión del DOMS. Por tanto, este estudio de revisión pretenderá evaluar el impacto de las intervenciones con ácidos grasos en el dolor asociado al DOMS, las dosis requeridas y los tipos de ácidos grasos más efectivos y determinar si estas son útiles y a qué dosis son recomendadas.

2. Objetivos

2.1. Objetivo general

Presentar una visión específica y actual sobre los efectos de la ingesta de ácidos grasos sobre el dolor muscular tardío y determinar si estos pueden resultar de utilidad para atenuar el dolor muscular e influir positivamente en la recuperación después del ejercicio.

2.2. Objetivos específicos

- Evaluar críticamente la información de estudios que miden directamente la respuesta del DOMS tras una intervención nutricional con ácidos grasos.
- Analizar qué ácidos grasos pueden tener un efecto positivo en el proceso de recuperación del DOMS.
- Determinar, si procede, recomendaciones de alimentación y suplementación de ácidos grasos para practicantes deportivos que atraviesa un proceso de DOMS.

2.3. Preguntas investigables

Con la presente revisión sistemática se pretende dar respuesta a la siguiente pregunta investigable siguiendo el modelo PICO (21):

- ¿En personas que realizan ejercicio físico, la suplementación con ácidos grasos tiene, frente a la no suplementación con ácidos grasos, efectos sobre la reducción de los síntomas del DOMS?
- ¿En personas que realizan ejercicio físico, la suplementación con ácidos grasos omega 3 podría tener, frente otro tipo de ácidos grasos, efectos sobre los síntomas del DOMS?

3. Metodología

Para cumplir con el objetivo planteado se llevó a cabo una revisión sistemática siguiendo las directrices PRISMA (Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-analyses).

La búsqueda se realizó en las bases de datos Pubmed, Scopus y SportDiscus. Las bases de datos se consultaron en diciembre de 2022 y se utilizaron las siguientes palabras clave: “delayed onset muscle soreness” y “exercise induced muscle damage” combinados con “fatty acids”.

Se encontraron un total de 181 artículos en las tres bases de datos, de los cuales 135 fueron descartados en base al título y/o resumen, quedando seleccionados para análisis del texto completo 46 artículos (Tabla 1). De los 46 artículos seleccionados, 19 estudios fueron incluidos para la realización de la revisión (Figura 4).

Tabla 1. Descripción de la estrategia de búsqueda.

BASE DE DATOS	PALABRAS DE BÚSQUEDA Y OPERADORES BOOLEANOS	FILTROS	ARTÍCULOS
Pubmed	“delayed onset muscle soreness” OR “exercise induced muscle damage” AND “fatty acids”	Tipo de estudio: ensayo aleatorizado de control Año de publicación: últimos 10 años Idioma: español o inglés Población: raza humana	Encontrados: 25 Eliminados a partir de título y resumen: 14 Seleccionados: 11
Scopus	“delayed onset muscle soreness” OR “exercise induced muscle damage” AND “fatty acids”	Tipo de estudio: ensayo aleatorizado de control Año de publicación: últimos 10 años Idioma: español o inglés Población: raza humana	Encontrados: 73 Eliminados a partir de título y resumen: 57 Seleccionados: 16
Sportdiscus	“delayed onset muscle soreness” OR “exercise induced muscle damage” AND “fatty acids”	Tipo de estudio: ensayo aleatorizado de control Año de publicación: últimos 10 años Idioma: español o inglés Población: raza humana	Encontrados: 83 Eliminados a partir de título y resumen: 64 Seleccionados: 19

Nota. La tabla representa las directrices de búsqueda en las diferentes bases de datos.

Para establecer los criterios de elegibilidad de los estudios se utilizaron los siguientes criterios de inclusión y de exclusión:

— **Criterios de inclusión:**

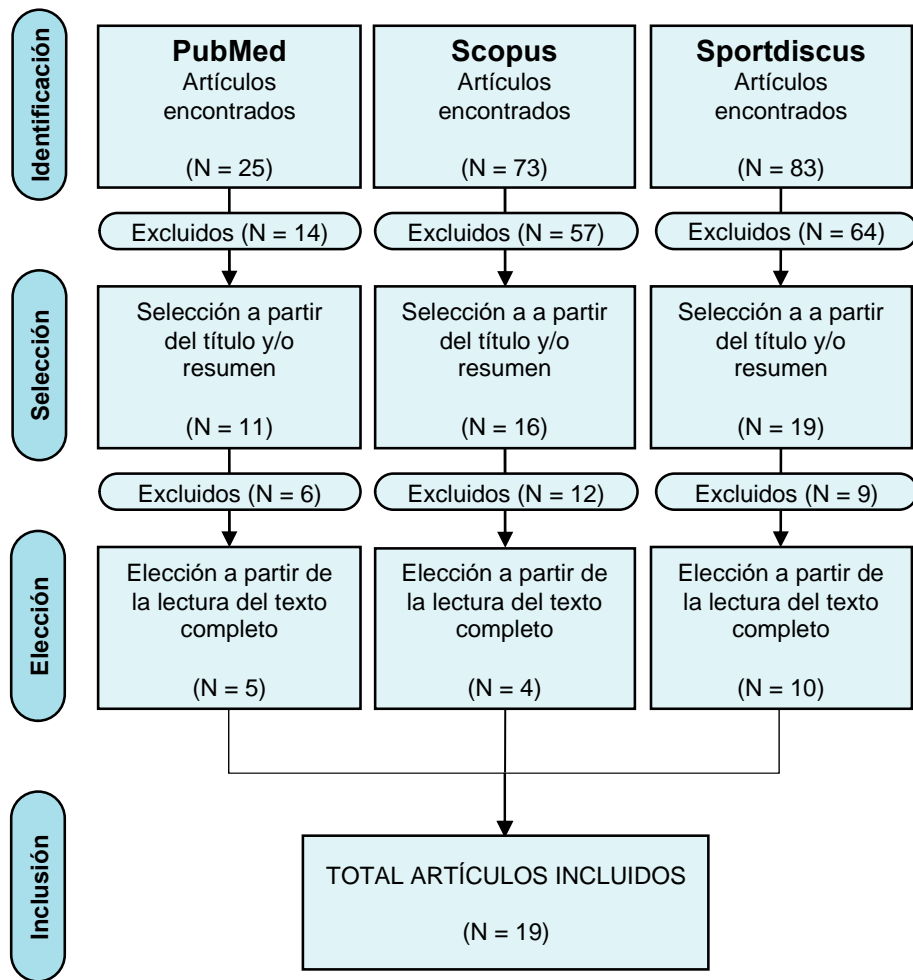
- Publicaciones de ensayos clínicos aleatorizados.
- Estudios que hayan sido realizados en humanos.
- Estudios que evalúen el dolor muscular de aparición tardía o DOMS.
- Artículos en los que se utilicen ácidos grasos en la intervención nutricional.
- Artículos publicados en los últimos 10 años.

— **Criterios de exclusión**

- Estudios de revisión o metaanálisis.
- Estudios que no hayan utilizado los ácidos grasos como tratamiento o suplementación nutricional.
- Estudios que no incluyan en sus variables el dolor muscular post-ejercicio.
- Estudios que no fueran en español o inglés.

Para la selección de los artículos en primer lugar se leía el título, si en éste aparecía la relación con la ingesta o suplementación con algún tipo de ácido graso y la presencia de dolor muscular o daño muscular por ejercicio, entonces se analizaba el resumen y después de eso se tomaba la decisión de leer el artículo completo para rechazarlo o incluirlo para su análisis.

Figura 4. Diagrama de flujo de la búsqueda realizada.



*Diagrama de flujo elaborado en base a las directrices PRISMA

4. Resultados

De los 46 estudios seleccionados para ser revisados mediante un análisis de texto completo, se acabaron incluyendo 19 artículos en la revisión. De los 19 estudios, 13 fueron sobre los efectos de la ingesta de aceite de pescado sobre el DOMS (Tabla 2) y los otros 6 fueron sobre los efectos de la ingesta de los ácidos grasos Omega 3 sobre el DOMS (Tabla 3).

4.1. Efectos de la ingesta de aceite de pescado sobre el DOMS

Un estudio realizado por Gray et al. (22) investigó el efecto de la suplementación con aceite de pescado en los marcadores de estrés oxidativo y daño muscular inducidos por el ejercicio. En este estudio 20 hombres se sometieron a un ensayo de suplementación controlado con placebo, aleatorizado, doble ciego, de 6 semanas de duración que implicó a dos grupos (aceite de pescado o placebo). Acto seguido de la suplementación, los participantes realizaron 200 repeticiones de contracciones excéntricas de rodilla. Se observó que no hubo diferencias en el dolor muscular o la MVC entre los grupos.

En otra investigación llevada a cabo por Di Lorenzo et al. (23) estudió el efecto del ácido docosahexaenoico (DHA) sobre la respuesta inflamatoria y el daño muscular al ejercicio excéntrico agudo y posterior al inicio de un programa de entrenamiento de resistencia. Se estudió a 41 hombres desentrenados durante 28 días. Consumieron 2 g/día de DHA o placebo antes de una fase de ejercicio de 17 días basado en una serie de ejercicios excéntricos de los flexores del codo. Se determinó que la suplementación con DHA redujo algunos, pero no todos, los indicadores de daño muscular e inflamación en los 4 días posteriores. No hubo cambios en el DOMS en la fase aguda (1-4 días) y no hubo cambios significativos durante todo el periodo de fuerza (17 días).

En otro estudio llevado a cabo por Benson y Mushtaq (24) se examinó si el consumo de ácidos grasos Omega 3 (n-3 FA) podría ayudar en la recuperación del entrenamiento y el DOMS después del ejercicio excéntrico. Para ello se realizó un ensayo controlado aleatorio doble ciego en 22 atletas masculinos entrenados. 11 de ellos complementaron su dieta con 3000 mg/d de aceite de pescado con cápsulas de gel de 990 mg de ácido eicosapentaenoico (EPA) y 660 mg de ácido docosahexaenoico (DHA). Los 11 restantes tomaron 3000 mg/día de placebo de aceite de oliva, durante 28 días antes. Además, los sujetos realizaron 3 series de flexiones de bíceps excéntricas en su brazo dominante hasta el fallo y se registraron la circunferencia del brazo, el número de repeticiones completadas y las puntuaciones de DOMS/fatiga a través de la escala analógica visual (VAS) a las 0, 24 y 48 h después del ejercicio, antes y después de la suplementación.

Los hallazgos indicaron que la suplementación con FA n-3 reduce significativamente el DOMS y la fatiga a las 24 y 48 horas después del ejercicio.

En una investigación realizada por Mickleborough et al. (25) se evaluó los efectos de una mezcla de lípidos de aceite marino y PUFA n-3 LC (PCSO-524®), derivada del mejillón de labios verdes de Nueva Zelanda (*Perna canaliculus*), sobre marcadores de daño muscular e inflamación después del ejercicio excéntrico. Se incluyeron 32 hombres no entrenados al azar y consumieron 1200 mg/d de PCSO-524® (una mezcla de aceite de mejillón de labios verdes) o placebo durante 26 días antes del ejercicio excéntrico (carrera cuesta abajo), y continuaron durante 96 horas después del ejercicio excéntrico. La suplementación mostró ser útil para atenuar el daño muscular y la inflamación después del ejercicio excéntrico, reduciendo significativamente el DOMS a las 72 y 96 h después del ejercicio.

En otra investigación realizada por Tsuchiya et al. (26) se examinó el efecto de la suplementación con aceite de pescado rico en ácidos eicosapentaenoico y docosahexaenoico (EPA + DHA) sobre el daño muscular inducido por la contracción excéntrica. Se tomaron 24 hombres, de los cuales 12 consumieron un suplemento EPA + DHA (600 mg y 260 mg de DHA/día) y otros 12 consumieron el placebo durante 8 semanas antes del ejercicio y 5 días después de este. Además, los sujetos realizaron 5 series de 6 ejercicios de flexión excéntrica máxima del codo (Curl de bíceps). Se observó que la suplementación con EPA + DHA atenuó el dolor muscular en el grupo EPA respecto al grupo placebo.

Otro estudio llevado a cabo por Jackeman et al. (27) examinó el efecto de dos suplementos de aceite de pescado, uno alto en EPA (750 mg de EPA, 50 mg de DHA) y otro bajo en EPA (150 mg de EPA, 100 mg de DHA), como una estrategia de recuperación después de daño muscular inducido por el ejercicio. Se incluyeron 27 hombres físicamente activos que realizaron 100 saltos pliométricos con caída para inducir daño muscular. Se evaluó el dolor percibido, fuerza muscular isocinética y rendimiento en sentadilla CMJ antes, y 1, 24, 48, 72 y 96 h después del ejercicio. Inmediatamente después del ejercicio los voluntarios ingirieron un placebo, un aceite de pescado con bajo contenido de EPA o un aceite de pescado con alto contenido de EPA en una dosis de 1 g por 10 kg de masa corporal. El resultado fue que una dosis de aceite de pescado de alto contenido de EPA podría mejorar los cambios funcionales posteriores al daño muscular inducido por el ejercicio, pero los estudios no fueron concluyentes.

En un nuevo estudio de Ochi et al. (28) se investigó el efecto de la suplementación con aceite de pescado, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), sobre la latencia de la onda M del bíceps braquial y el daño muscular después de una sesión de contracciones excéntricas máximas del flexor del codo (ECC). Se incluyeron 21 hombres en el estudio aleatorizado, 10 fueron el grupo de aceite de pescado y 11 el grupo de control. El grupo de aceite de pescado consumió 8 cápsulas de aceite de pescado ricas en EPA de 300 mg (600 mg de EPA y 260 mg de DHA) durante 8 semanas antes del ejercicio y durante 5 días después de este. El grupo de control consumió su equivalente en cápsulas de placebo. Ambos grupos realizaron 6 series de 10 contracciones excéntricas de los flexores del codo con mancuerna (Curl de bíceps) al 40% de su RM. El estudio mostró que hubo significativamente menos dolor muscular de aparición tardía (DOMS) 1 y 2 días después del ejercicio en el grupo de aceite de pescado que en el grupo placebo.

Tinsley et al (29) investigó los efectos de la suplementación con aceite de pescado en el período de dolor muscular posterior al ejercicio de resistencia en mujeres jóvenes sin entrenamiento. En este estudio 17 mujeres no entrenadas en fuerza se aleatorizaron en uno de dos grupos: aceite de pescado (6 g/d; 5:1 EPA:DHA) o placebo (6 g/d maíz/soja aceite) durante 1 semana. Los sujetos realizaron 10 series hasta el fallo de máquina de Curl de bíceps y extensiones de piernas usando el 50% del 1RM. Se determinó que el grupo de aceite de pescado percibió menos dolor muscular estático y funcional (DOMS) que el placebo, aunque las diferencias no fueron estadísticamente significativas.

En un estudio de Philipott y Domeil (30) se examinó la influencia de agregar ácidos grasos poliinsaturados omega-3 de cadena larga (n-3PUFA) a una bebida que contiene proteína de suero, leucina y carbohidratos. Se incluyeron 30 jugadores de fútbol que fueron asignados a una de tres condiciones (2 x 200 ml): una bebida de suplemento de aceite de pescado (FO; n = 10) que contenía n-3PUFA (1100 mg DHA/EPA, aproximadamente 550 mg DHA, 550 mg EPA), proteína de suero (15 g), leucina (1,8 g) y carbohidratos (20 g); una bebida de suplemento proteico (PRO; n = 10) que contenía proteína de suero (15 g), leucina (1,8 g) y carbohidratos (20 g); y una bebida con suplemento de carbohidratos (CHO; n = 10) que contenía carbohidratos (24 g) durante 6 semanas y durante tres días después del ejercicio excéntrico. El ejercicio consistió en contracciones unilaterales de extensión/flexión de rodilla (12 series de 3 repeticiones en ambas piernas por separado). Al finalizar el estudio se observó que la mezcla ácidos grasos poliinsaturados omega-3, proteína de suero, leucina y carbohidratos protege al

músculo del daño del ejercicio excéntrico y resulta en una reducción del dolor muscular (DOMS) durante la recuperación del ejercicio.

En otro estudio realizado por Tsuchiya et al. (31) investigó el efecto de la suplementación con aceite de pescado rico en ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA) sobre el daño del bíceps braquial después de contracciones excéntricas (ECC) de los flexores del codo y particularmente en la rigidez muscular. Se incluyeron 16 hombres en este estudio, que fueron asignados aleatoriamente al grupo de suplementos de EPA y DHA (EPA, n = 8) y al grupo de placebo (PL, n = 8). Consumieron 600 mg de EPA y 260 mg de DHA por día o un suplemento de placebo durante 8 semanas antes del ejercicio. Además, realizaron 6 series de 10 repeticiones ECC con una contracción voluntaria máxima (MVC) del 100 % usando una mancuerna (Curl de bíceps). Se demostró la inhibición de la rigidez muscular, de la pérdida de fuerza muscular, de la limitación del ROM, del desarrollo de DOMS y del aumento de la inflamación muscular.

Otro estudio de Tsuchiya et al. (32) investigó el efecto del aceite de pescado, ácido eicosapentaenoico (EPA) y ácido docosahexaenoico (DHA), sobre el daño muscular causado por las contracciones excéntricas (ECC) de los flexores del codo durante 4 semanas. Se incluyeron 22 hombres y fueron asignados aleatoriamente al grupo de EPA y DHA (EPA y DHA, n = 11) y al grupo de placebo (PL, n = 11). Consumieron 600 mg de EPA y 260 mg de DHA por día o un suplemento de placebo durante 4 semanas antes del ejercicio. Además, realizaron 6 series de 10 repeticiones ECC voluntarias máximas de los flexores del codo con un período de descanso de 90 seg. entre cada serie al 100 % de contracción voluntaria máxima utilizando una mancuerna (Curl de bíceps). El estudio mostró que la ingestión de este suplemento en los términos citados no fue efectiva para el DOMS, ROM y CK sérica.

En otra investigación llevada a cabo por Barenie et al. (33) se comparó los efectos de extracto de mejillón de labios verdes de Nueva Zelanda PCSO-524® y aceite de Krill ESPO-572® (75 % de PCSO-524® y 25 % de aceite de krill) sobre los signos y síntomas de EIMD y otros síntomas musculares. Se incluyeron 52 hombres no entrenados y se suplementaron con 600 mg/d de PCSO-524® (n = 24) o ESPO-572® (n = 27) durante 26 días antes y 72 horas después de una carrera cuesta abajo. Entre otros resultados, se concluyó que ESPO-572® fue al menos tan bueno como PCSO-524® en la recuperación muscular y ambas mezclas fueron superiores frente al placebo en la disminución del aumento de DOMS a las 24, 48, 72 horas.

En un nuevo estudio de Tsuchiya et al. (34) se investigó el efecto combinado de los aminoácidos de cadena ramificada (BCAA) y el aceite de pescado (FO) sobre el daño muscular causado por las contracciones excéntricas (ECC) de los flexores del codo, con un enfoque especial en la función muscular. Se incluyeron 29 hombres no entrenados y fueron asignados aleatoriamente al grupo de placebo (PL) (n = 9), grupo de suplemento de BCAA (n = 10) y grupo de suplemento de BCAA + FO (n = 10). El grupo BCAA+FO consumió ácido eicosapentaenoico (EPA) 600 mg y ácido docosahexaenoico (DHA) 260 mg por día durante 8 semanas, mientras que los grupos BCAA y BCAA+FO consumieron 9,6 g por día durante 3 días antes y hasta 5 días después ECC. Además, realizaron 6 series de 10 ECC al 100 % de contracción voluntaria máxima (MVC) de Curl de bíceps predicador. El estudio mostró que los grupos BCAA y BCAA+FO mostraron mayor ROM y menor dolor muscular (DOMS) que el grupo placebo.

Tabla 2. Resumen de estudios de suplementos de aceite de pescado sobre el DOMS.

Autor	Suplemento	Muestra	Producción de DOMS	Dosis	Otras variables	Resultados sobre DOMS	Ingesta de suplemento
Gray et al. 2014 (22)	Aceite de pescado	20 hombres	200 reps de ECC de rodillas	3 g/día	CK, linfocitos, TBARS	Sin efecto	30 días antes y una semana después
Di Lorenzo et al. 2014 (23)	Ácido docosahexaenoico (DHA) de pescado	41 hombres	6 X 10 reps ECC curl de bíceps predicador	2 g/día	STR, ROM, IL-6, CRP y CK	Sin efecto	28 días antes
Benson y Mushtaq. 2015 (24)	Aceite de pescado EPA y DHA	22 hombres	3 X ECC Curl de bíceps al fallo	990 mg/día EPA y 660 mg/día DHA	Circ. del brazo, N.º Rep., VAS	Disminución	28 días antes
Mikleboroug, 2015 (25)	Aceite de mejillón de labios verdes	32 hombres	20' Carrera cuesta abajo en cinta (-16% pendiente)	1200 mg/día	sTnl, TNF- α , Mb y CK-MM, ROM, PPT, MVC	Disminución	26 días antes y 96 horas después
Tsuchiya et al 2016 (26)	Aceite de pescado EPA y DHA	24 hombres	5 X 6 ECC de codo	600 mg/día EPA y 260 mg/día DHA	MVC, ROM, circ. del brazo, CK, Mb, IL-6, TNF- α	Disminución	8 semanas antes y 5 días después
Jackeman et al. 2017 (27)	Aceite de pescado EPA y DHA	27 hombres	10 X 10 saltos pliométricos con caída	750 mg/día EPA y 50 mg/día DHA	Salto CMJ, fuerza isocinética, IL-6, CK	Sin efecto	Inmediatamente después
Ochi et al. 2017 (28)	Aceite de pescado EPA y DHA	21 hombres	6 X 10 ECC de codo	600 mg/día EPA y 260 mg/día DHA	Latencia onda M, torque MVC, ROM	Disminución	Antes del ejercicio y después de 1, 2, 3 y 5 días
Tinsley et al. 2017 (29)	Aceite de pescado EPA y DHA	17 Mujeres	10 X ECC de codo al fallo y extensión de piernas	6 g/día (5:1 EPA:DHA)	Dolor subjetivo funcional y estático	Sin efecto	1 semana antes

Autor	Suplemento	Muestra	Producción de DOMS	Dosis	Otras variables	Resultados sobre DOMS	Ingesta de suplemento
Philipott y Domeil, 2018 (30)	Aceite de pescado, CHO, leucina, proteína	30 hombres	12 X 3 ECC cada pierna	(2 x 200 ml) 1100 mg/día (x2) (DAH/EPA)	CK, CRP	Disminución	6 semanas y 3 días después
Tsuchiya et al. 2019 (31)	Aceite de pescado EPA y DHA	16 hombres	6 X 10 ECC máximas de codo	600 mg/día EPA y 260 mg/día DHA	MVC, ROM, circ. del brazo, rigidez muscular	Disminución	8 semanas antes
Tsuchiya et al. 2021 (32)	Aceite de pescado EPA y DHA	22 hombres	6 X 10 ECC Curl de bíceps predicador	600 mg/día EPA y 260 mg/día DHA	MVC, CK, IL6, ROM	Sin efecto	30 días antes y 5 días después
Barenie et al. 2022 (33)	Aceite de mejillón de labios verdes	52 hombres	30' carrera cuesta abajo	600 mg/día PCSO-524® o ESPO-572®	Hinchazón, MVC, CK, IL6, ROM	Disminución	26 días antes y 3 días después
Tsuchiya et al. 2022 (34)	Aceite de pescado y BCAA	29 hombres	6 X 10 ECC Curl de bíceps predicador	600 mg/d EPA 260 mg/d DHA 9,6 g/d BCAA	MVC, CK, DGLA, ROM, circ. del brazo, grosor muscular	Disminución	8 semanas antes

DOMS = Dolor Muscular de Origen Tardío, ECC = Contracciones Excéntricas, ROM = Rango de Movimiento, Circ = circunferencia, CK = Creatina Quinasa, LDH = Lactato deshidrogenasa, CRP = Proteína Reactiva C, CMJ = salto contra-movimiento, TAC = Capacidad Antioxidante, MVC = contracción voluntaria máxima, IL6 = interleucina-6, TNF- α = factor de necrosis tumoral, Mb = mioglobina, VAS = escala visual analógica, RTF = repeticiones hasta el fallo, EPA = ácido eicosapentaenoico, DHA = Ácido docosahexaenoico, BCAA = aminoácidos de cadena ramificada.

Nota. La tabla representa el resumen de las variables más relevantes empleadas en los estudios revisados para determinar la influencia de suplementos de aceite de pescado sobre el DOMS.

4.2. Efectos de la ingesta de los ácidos grasos Omega 3 sobre el DOMS

Lembke et al. (35) llevó a cabo un estudio para evaluar si los sujetos con un índice omega-3 (N3) más alto mostraban diferencias en la incidencia de DOMS, biomarcadores inflamatorios y calidad de vida después del ejercicio vigoroso. Se tomaron 66 voluntarios en el que un subgrupo recibió suplementos de omega 3 (2,7 g/día) durante 30 días antes de la realización del ejercicio excéntrico. Los participantes restantes recibieron un suplemento de placebo durante el mismo período de 30 días. Realizaron una rutina de ejercicios excéntricos (2 series de 30 repeticiones excéntricas pesadas de antebrazo) y luego se midieron al inicio, 24, 48, 72 y 96 horas respectivamente en los siguientes resultados; Proteína C reactiva (PCR), creatina quinasa, aparición tardía del dolor muscular (DOMS), la extensión, el torque y la calidad de vida (QOL) se midió mediante el cuestionario POMS. Resultó que la suplementación con omega-3 conduce a un nivel de índice omega 3 más alto y una DOMS reducida después del ejercicio intenso.

En un estudio de Corder et al. (36) experimentó si la suplementación con DHA derivado de algas atenúa el aumento de los marcadores de inflamación muscular local y el dolor muscular de aparición tardía (DOMS) que se producen después del ejercicio de fuerza excéntrico. Para ello 26 mujeres fueron aleatorizadas para recibir 3000 mg/día de DHA o placebo de forma doble ciego durante 9 días. En el día 7 del período de suplementación realizaron 4 series de ejercicio de curl de bíceps excéntrico de esfuerzo máximo. Antes y 48 horas después del ejercicio excéntrico se midieron los marcadores de inflamación, incluidas las medidas de dolor muscular (escala VAS), hinchazón (circunferencia del brazo), rigidez muscular (extensión activa y pasiva del codo), temperatura de la piel y concentraciones de proteína C reactiva (PCR) salival. Se descubrió que la suplementación con DHA derivado de algas atenúa el dolor y la rigidez muscular de aparición tardía (DOMS), y protege contra la pérdida del rango de movimiento articular.

En un nuevo estudio de Ramos et al. (37) se analizó el efecto de la suplementación altamente concentrada de ácido docosahexaenoico (DHA) y eicosapentaenoico (EPA) (proporción 8:1) sobre el déficit de fuerza y los marcadores inflamatorios y de daño muscular en atletas. Se incluyeron 15 atletas de resistencia, los cuales recibieron suplementos de triglicéridos reesterificados que contenían 2,1 g/día de DHA + 240 mg/día de EPA o placebo durante 10 semanas. Después de un período de lavado de 4 semanas se complementó a los participantes con el tratamiento opuesto. Antes y después de cada período de suplementación los participantes realizaron una sesión de entrenamiento de ejercicios de daño muscular excéntrico (ECC) de 2 series de 30

repeticiones de flexión y extensión de rodilla a una velocidad angular de 60°/s y 3 minutos de descanso entre series. Los resultados del estudio mostraron valores de dolor muscular (DOMS) más bajos después del consumo de DHA inmediatamente después del ejercicio y durante los 2 días siguientes (a las 24 h y 48 h).

En otra investigación llevada a cabo por Kyriakdoos (38) se evaluó el efecto de la suplementación con Omega-3 sobre el daño muscular inducido por el ejercicio. Se incluyeron 14 hombres sanos que recibieron 3 g/día de suplementos de n-3 (N-3, n = 7) o placebo (PLA, n = 7). Después de 4 semanas se realizó un protocolo de carrera cuesta abajo (60 min, 65 % del VO₂ máx., - 10 % de pendiente). Se mostró que la suplementación de n-3 después de 4 semanas puede atenuar los aspectos relacionados con el EIMD y el DOMS.

Visconti et al. (39) realizó una investigación sobre los efectos de la suplementación con Omega-3 (n-3) sobre los marcadores de daño muscular y la recuperación muscular después del ejercicio de fuerza excéntrico. Se incluyeron 26 hombres entrenados en fuerza fueron suplementados con 6 (n=10) o 8 g (n=7) de Omega-3, o placebo (n=9) durante 33 días. Además, en el día 30 realizaron un ejercicio de resistencia excéntrica que consistió en 10 series de 8 repeticiones al 70% de 1RM de sentadilla trasera con barra con una fase excéntrica de 4 segundos seguida de 5 series de 10 saltos de sentadilla con división de peso corporal por lado al completar las sentadillas traseras. El estudio concluyó que la suplementación con n-3 no atenuó el daño muscular inducido por el ejercicio, ni los indicadores de dolor muscular (DOMS), ni mejoró la recuperación muscular después de un ejercicio de fuerza excéntrico.

En otro estudio realizado por Loss et al. (40) se comprobó si la suplementación con omega-3 (ω -3) tras una sesión de ejercicio excéntrico ayudaba a la recuperación muscular en mujeres 3 días después del ejercicio de fuerza excéntrica. Se incluyeron 30 mujeres sanas distribuidas aleatoriamente en grupos de ω -3 (n = 15) y placebo (n = 15). Ingeron aceite de pescado ω -3 (3200 mg/día) o placebo (aceite de oliva) en la cena después de una serie de ejercicios compuesto de 10 series de 10 contracciones excéntricas unilaterales en una silla de extensión de rodilla, así como en el almuerzo durante los tres días siguientes. El estudio mostró no haber beneficios adicionales entre el grupo con la suplementación y el grupo placebo respecto al dolor muscular (DOMS) o la capacidad de fuerza muscular.

Tabla 3. Resumen de estudios de suplementos de Omega 3 sobre el DOMS.

Autor	Suplemento	Muestra	Producción de DOMS	Dosis	Otras variables	Resultados sobre DOMS	Ingesta de suplemento
Lembke et al. 2014 (35)	Omega 3	66 sujetos	2 X 30 ECC de antebrazo	2.7 g/día	CK y CRP	Disminución	30 días antes
Corder et al. 2016 (36)	Ácido DHA de algas marinas	27 mujeres	4 X ECC Curl de bíceps al fallo	3000 mg/día	Rigidez, hinchazón, temperatura de la piel e inflamación (CPR)	Disminución	7 días antes y 2 después
Ramos et al. 2020 (37)	Omega 3 (EPA y DHA)	15 hombres	2 X 30 ECC de rodilla	2,1 g/día DHA + 240 mg/día EPA	IL1 β , IL6, CPK, LDH-5	Disminución	10 semanas antes
Kyriakdoo et al. 2021 (38)	Omega 3	14 hombres	60' carrera cuesta abajo (-10% de pendiente)	3 g/día	CK, IL6, (TNF)- α , MVC	Disminución	4 semanas antes
Visconti et al. 2021 (39)	Omega 3	26 hombres	10 X 8 sentadilla 70%1RM + 5 X 10 saltos	6 y 8 g/día	VHJ, ROM, CK, RTF	Sin efecto	30 días antes y 3 después
Loss et al. 2022 (40)	Omega 3	30 mujeres	10 X 10 ECC extensión cuádriceps	3200 mg/día	PMF, MVC	Sin defecto	3 días después

DOMS = Dolor Muscular de Origen Tardío, ECC = Contracciones Excéntricas, ROM = Rango de Movimiento, CK = Creatina Quinasa, LDH = Lactato deshidrogenasa, CRP = Proteína Reactiva C, PMF = pico máximo de fuerza, PMF = pico máximo de fuerza, MVC = contracción voluntaria máxima, IL6 = interleucina-6, TNF- α = factor de necrosis tumoral, RTF = repeticiones hasta el fallo, EPA = ácido eicosapentaenoico, DHA = Ácido docosahexaenoico.

Nota. La tabla representa el resumen de las variables más relevantes empleadas en los estudios revisados para determinar la influencia de suplementos con Omega 3 sobre el DOMS.

5. Discusión

Esta revisión ha tenido como objetivo identificar y valorar los efectos de la ingesta de ácidos grasos sobre el dolor muscular de aparición tardía o DOMS. Se han incluido 19 estudios, 13 de ellos tratan sobre el uso de ácidos grasos de aceite de pescado para atenuar el DOMS y otros 6 sobre el uso de Omega 3 y su efecto en el DOMS.

El dolor muscular de aparición tardía (DOMS) después del ejercicio, excéntrico principalmente, se asocia con un aumento de la inflamación que puede ser limitante (41). Los estudios analizan los posibles efectos antiinflamatorios, analgésicos y terapéuticos de la ingesta de ácidos grasos poliinsaturados Omega 3 y ácido eicosapentaenoico y/o ácido docosahexaenoico de aceite de pescado y su efecto sobre los procesos inflamatorios entre otras variables.

En referencia a los estudios analizados, parece que la combinación de EPA y DHA (ácido eicosapentaenoico y/o ácido docosahexaenoico) procedente del aceite de pescado entre 6 y 8 semanas disminuía el DOMS (24, 25, 26, 28, 30, 31, 33, 34) y otros marcadores de daño muscular como la rigidez muscular (25, 31), la pérdida de fuerza muscular (31), la limitación del ROM (31, 34) y del aumento de la inflamación muscular (25, 30). Además, la combinación de aceite de pescado EPA y DHA con un suplemento de BCAA también parecía mostrar un efecto beneficioso en la reducción del ROM y menor dolor muscular de aparición tardía (DOMS) (34).

El resto de estudios analizados no mostraron diferencias significativas en la reducción o atenuación del DOMS respecto a aquellos grupos que eran suplementados con EPA y/o DHA y los grupos de control (22, 23, 27, 29, 32).

En cuanto a los estudios analizados sobre la ingesta de ácidos grasos Omega 3 y la disminución del DOMS, algunos estudios han mostrado que el consumo de este suplemento disminuye el DOMS (35, 36, 37, 38), junto a otros marcadores de daño muscular como la inflamación (35, 37, 38), la rigidez muscular (35, 36) y la fuerza muscular (38).

El resto de estudios analizados no encuentran mejoras significativas a la hora de ingerir un suplemento de ácidos grasos Omega 3 respecto a la disminución del DOMS y otros síntomas de daño muscular (39, 40).

Respecto a si existen diferencias entre la ingesta de aceites grasos Omega 3 o de aceite de pescado (producto con un gran contenido de ácidos grasos Omega 3 en base a DHA y EPA) no se han mostrado efectos diferentes entre ambos suplementos respecto a sus propiedades profilácticas o terapéuticas, manifestando ambos productos resultados similares en cuanto a la disminución del DOMS, o por el contrario sin efecto alguno sobre este.

Atendiendo a los objetivos planteados en la revisión, una de las principales fortalezas del estudio es el hecho de que los ácidos grasos poliinsaturados podrían jugar un papel muy importante en la regulación de la respuesta inflamatoria por la producción de mediadores inflamatorios. Por lo que la reducción del DOMS por parte de los ácidos grasos Omega 3 y de origen de pescado, principalmente EPA y DHA, están relacionados con la respuesta inflamatoria y un posible efecto de atenuación del DOMS. Cuando se ha usado alguno de los aceites Omega 3 o de pescado, solo o combinado, como suplemento para contrarrestar el DOMS los resultados han sido muy variables, pero en la revisión se encontraron más estudios donde hubo un efecto positivo respecto a aquellos en los que no se mostraron beneficios. Por tanto, es necesario llevar a cabo estudios que puedan determinar si esta hipótesis es cierta, considerando aspectos relevantes como el tipo de ejercicio que produce el DOMS, la dosis de ácidos grasos empleados, el tipo de suplemento o ácidos graso utilizado y las variables de la muestra (hombres, mujeres, entrenados y no entrenados).

En cuanto a las limitación de la revisión realizada, destaca la variación de las variables utilizadas en cada estudio para la obtención de resultados, como: el tamaño de la muestra, las características de los individuos y su nivel de condición física, los métodos aplicados para la producción del DOMS, la dosis de ácidos grasos utilizados y los tipos de ácidos grasos empleados en cada caso (Omega 3, EPA y DHA).

Respecto al tamaño de la muestra, considerar que una no superior a 30 participantes se estima pequeña, y en tan solo 4 de los 19 estudios revisados sobre el efecto de los ácidos grasos sobre el DOMS se trataba de una muestra grande (23, 25, 33, 35). Por tanto, la mayoría de los trabajos poseen una muestra pequeña y con una superior estos resultados podrían ser diferentes.

Además de la limitación en cuanto a la muestra, el método empleado para la producción del DOMS es muy variable en cada estudio, alternando entre contracciones excéntricas en Curl de bíceps (23, 24, 26, 28, 31, 32, 34, 35, 36), contracciones excéntricas de extensión de cuádriceps (22, 29, 30, 37, 39, 40), carrera con pendiente negativa (25, 33,

38) o acciones pliométricas (27, 39), por lo que, en función del método empleado para la producción del DOMS los resultados podrían ser diferentes en cada caso y una unificación de criterios debería ser considerada para futuros estudios.

En suma, además de las limitaciones del tamaño de la muestra y el método de producción de DOMS, la dosis de ácidos grasos empleada en cada estudio es significativamente variable. Los estudios que emplean como suplemento Omega-3 administran entre 2 y 3 g / día (35, 36, 37, 38, 40) y otro 6-7 g/día (39). Respecto a los estudios que emplean ácidos DHA y EPA son si cabe más variables, siendo la dosis más repetida 600 mg/día EPA y 260 mg/día DHA (26, 28, 31, 32, 32), pero aplicando otros estudios dosis como 990 mg/día EPA y 660 mg/día DHA (24), 1200 mg/día EPA/DHA (25), 750 mg/día EPA y 260 mg/día DHA (26), 500 mg/día DHA y 500 mg/día EPA (30) respectivamente. Por ende, según la dosis administrada los resultados obtenidos podrían ser diferentes en cada caso.

En consecuencia, aunque la suplementación con ácidos grasos Omega 3 y/o aceite de pescado parece tener efectos generalmente favorables relacionados sobre el DOMS y la inflamación post ejercicio, aún no se ha determinado la dosis apropiada, la duración de la suplementación y la composición de los ácidos grasos, debido a problemas de diseño de estudio. Futuros trabajos deben diseñar ensayos considerando la detección adecuada de participantes, las dosis y el momento en que estas son aplicadas (antes, durante o después del ejercicio), así como un protocolo de ejercicio físico excéntrico controlado para el tren superior y el tren inferior.

6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación

La revisión sistemática llevada a cabo deja algunas preguntas susceptibles de ser resueltas en el futuro y que pueden dilucidar de manera más amplia y precisa los interrogantes existentes en el tema de interés abordado.

Las preguntas son las siguientes:

- ¿En personas que realizan ejercicio físico, una dosis de ácidos grasos estándar de la dieta humana de 2 g/día, frente a la no suplementación, podría resultar favorable para la reducción del DOMS?
- ¿En personas que realizan ejercicio físico, la suplementación con ácidos grasos omega 3 podría tener, frente al aceite de pescado EPA y DHA, efectos diferentes sobre los síntomas del DOMS?

Estas preguntas investigables derivadas del estudio llevado a cabo resultan de destacado interés en la práctica deportiva ya que serían de utilidad para la recuperación post esfuerzo en deportistas amateur al inicio de un programa deportivo, o en deportistas de élite al inicio de los periodos preparatorios o en los cambios de mesociclo de entrenamiento, reduciendo los síntomas ligados al EIMD y el DOMS.

6.1. Diseño y tipo de estudio o intervención

Se llevará a cabo un ensayo clínico aleatorizado para evaluar el efecto sobre el DOMS de una ingesta de una dieta habitual de ácidos grasos Omega 3 y de aceite de pescado en practicantes regulares de ejercicio físico, antes y después de un ejercicio excéntrico para el tren superior y tren inferior.

En este estudio 33 jugadores de un club de rugby serán aleatorizados en uno de tres grupos: ácido graso Omega 3 (2 g/d), aceite de pescado (2 g/d; 5:1 EPA:DHA) o placebo (2 g/d maíz/soja aceite) durante 14 días. En el día 11 los sujetos realizarán 10 series hasta el fallo de máquina de Curl de bíceps y 10 series hasta el fallo de extensiones de piernas, usando el 50% del 1RM.

Se medirá al inicio del ejercicio, 24, 48 y 72 horas después respectivamente los siguientes marcadores; Proteína C reactiva (PCR), creatina quinasa (CK), aparición tardía del dolor muscular (DOMS), la extensión, el torque y la calidad de vida (QOL).

6.2. Población diana

Los criterios de inclusión serán; ser jugador de rugby masculino competitivo, comprender una edad entre 23 y 25 años, presentar una masa corporal de 73 a 79 kg y una altura de 178 a 185 cm.

Los criterios de exclusión serán no pertenecer al club de rugby convenido o no reunir los tres criterios de inclusión citados.

6.3. Sistema de recogida de datos

Los datos se recogerán el día 11 al inicio del ejercicio, y a las 24, 48 y 72 horas después respectivamente. Se tomará muestra de sangre para la Proteína C reactiva (PCR) y creatina quinasa (CK), la aparición tardía del dolor muscular (DOMS) mediante una Escala Visual Analógica (EVA), la extensión y el torque a través de una prueba en ergómetro con medición de ángulos de flexo-extensión y la calidad de vida (QOL) mediante el cuestionario POMS.

6.4. Variables de estudio

Serán evaluadas 6 variables: DOMS, PCR, CK, extensión, torque y QOL.

6.5. Estrategia de análisis de datos

Los datos obtenidos serán analizados utilizando el software SPSS versión 25.0 (IBM Corp., Armonk, NY). Los valores se expresarán como media \pm desviación estándar. El torque de MVC (contracción máxima voluntaria) y el ROM (rango máximo de movimiento o movilidad máxima de una articulación) se calcularán en función de los cambios relativos desde la línea de base.

6.6. Consideraciones éticas

Todos los participantes serán informados de las variables del estudio y será solicitado un consentimiento explícito por escrito.

El protocolo de estudio deberá ser aprobado por los órganos gestores del club deportivo y se llevará a cabo considerando los principios y normas de la Declaración de Helsinki.

7. Conclusiones

La ingesta de ácidos grasos, especialmente los ácidos grasos omega-3, se han relacionado con una reducción del dolor muscular de aparición tardía, también conocido como DOMS o dolor muscular tardío. Los ácidos grasos omega-3 se encuentran en alimentos como el pescado, las nueces y las semillas de lino, y también se pueden obtener a través de suplementos alimenticios.

Se ha demostrado que los ácidos grasos omega-3 tienen propiedades antiinflamatorias, lo que puede ayudar a reducir la inflamación y el dolor en el músculo después del ejercicio. Además, los ácidos grasos omega-3 también pueden ayudar a mejorar la función del músculo y la recuperación después del esfuerzo físico, lo que puede contribuir a reducir el dolor muscular de aparición tardía.

En la presente revisión se ha tratado de recopilar las evidencias existentes basadas en estudios clínicos aleatorios sobre el efecto de la ingesta de ácidos grasos en el DOMS, aunque también se han recogido otras variables de daño muscular después del ejercicio excéntrico por su estrecha relación con el dolor muscular de aparición tardía y que pueden ser relevantes a la hora de determinar el efecto de la ingesta de ácidos grasos sobre este.

Los estudios, sin una unanimidad, muestran que la complementación con ácidos Omega-3 y de aceite de pescado parece tener generalmente efectos favorables en relación con el DOMS y la inflamación, pero la dosis, duración y composición del ácido graso adecuados todavía queda por aclararse debido a cuestiones de variabilidad de diseño de estudio.

Bajo tal escenario, sería conveniente la elaboración de ensayos clínicos bien diseñados a gran escala teniendo en cuenta la detección adecuada de los participantes, que evalúen cuidadosamente las relaciones de dosis y duración-respuesta e involucren roles de Omega 3, EPA y DHA en DOMS, así como otros indicadores de daño muscular y estado inflamatorio. Además, los estudios deben proporcionar un protocolo de ejercicio excéntrico controlado que incluya un modelo de contracción continua y un modelo de contracción intermitente para determinar los efectos de la intensidad y duración del ejercicio en el DOMS.

8. Bibliografía

1. Close GL, Ashton T, McArdle A, Maclaren DPM. The emerging role of free radicals in delayed onset muscle soreness and contraction-induced muscle injury. *Comp Biochem Physiol A Mol Integr Physiol* [Internet]. 2005 [Consultado 10 Dic 2022]; 142(3):257-66. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cbpa.2005.08.005>
2. Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe C, Lutter R, Forst C. Avances en el dolor muscular de aparición tardía (DOMS): Parte I: Patogenia y diagnóstico. *Sportverletzung - Sportschaden*. 2018;32(4):243–50.
3. Jeon H-S, Kang S-Y, Park J-H, Lee H-S. Effects of pulsed electromagnetic field therapy on delayed-onset muscle soreness in biceps brachii. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2015 [Consultado 10 Dic 2022]; 16(1):34–9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2014.02.006>
4. Sayers SP, Dannecker EA. How to prevent delayed onset muscle soreness (DOMS) after eccentric exercise. *International SportMed Journal*. 2004;5(2):84–97.
5. Alonso Extremiana M, Uribe Tejada I. Doms: Dolor Muscular de Inicio Retardado. *Apunts Med L Esport* [Internet]. 2001 [Consultado 10 Dic 2022]; 36(136):5-13. Disponible en: [http://dx.doi.org/10.1016/s1886-6581\(01\)75988-9](http://dx.doi.org/10.1016/s1886-6581(01)75988-9)
6. Giamberardino MA, Dragani L, Valente R, Di Lisa F, Saggini R, Vecchiet L. Effects of prolonged L-carnitine administration on delayed muscle pain and CK release after eccentric effort. *Int J Sports Med* [Internet]. 1996 [Consultado 10 Dic 2022]; 17(5):320-4. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-972854>
7. Bubbico A, Kravitz L. Eccentric exercise: A comprehensive review of a distinctive training method. *IDEA Fitness Journal*. 2010;7(9):50–9.
8. Domínguez-Gavia NI, Candia-Luján R, De León Fierro LG, Ortiz-Rodríguez B, Carrasco-Legleu CE. La hidroterapia y sus efectos sobre el dolor muscular tardío en deportistas: una revisión sistemática (Hydrotherapy and its effects on delayed onset muscle soreness in athletes: a systematic review). *Retos Digit* [Internet]. 2022 [Consultado 10 Dic 2022];46:733-8. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.47197/retos.v46.93960>
9. Armstrong RB. Mechanisms of exercise-induced delayed onset muscular soreness: a brief review. *Med Sci Sports Exerc*. 1984 Dec;16(6):529-38
10. Cheung K, Hume PA, Maxwell L. Delayed onset muscle soreness: Treatment strategies and performance factors. *Sports Med* [Internet]. 2003 [Consultado 11 Dic 2022]; 33(2):145-64. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-200333020-00005>

11. Connolly DAJ, Sayers SE, Mchugh MP. Treatment and prevention of delayed onset muscle soreness. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2003 [Consultado 10 Dic 2022];17(1):197-208. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/00124278-200302000-00030>
12. Sonkodi B, Berkes I, Koltai E. Have we looked in the wrong direction for more than 100 years? Delayed onset muscle soreness is, in fact, neural microdamage rather than muscle damage. *Antioxidants (Basel)* [Internet]. 2020 [Consultado 11 Dic 2022]; 9(3):212. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/antiox9030212>
13. Rodenburg JB, Steenbeek D, Schiereck P, Bär PR. Warm-up, stretching and massage diminish harmful effects of eccentric exercise. *Int J Sports Med* [Internet]. 1994 [Consultado 11 Dic 2022]; 15(7):414-9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1055/s-2007-1021080>
14. Ebbeling CB, Clarkson PM. Exercise-induced muscle damage and adaptation. *Sports Med* [Internet]. 1989 [Consultado 11 Dic 2022];7(4):207-34. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.2165/00007256-198907040-00001>
15. Candia-Luján Ramón, de-Paz-Fernández José Antonio. ¿Son efectivos los antiinflamatorios no esteroides en el tratamiento del dolor muscular tardío?. *Ciencia UAT* [Internet]. 2014 [Consultado 11 Dic 2022] ; 9(1): 76-83. Disponible en: <https://tinyurl.com/mry2ycfd>
16. Tipton KD. Nutrition for acute exercise-induced injuries. *Ann Nutr Metab* [Internet]. 2010 [Consultado 11 Dic 2022]; 57 Suppl 2(Suppl. 2):43-53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1159/000322703>
17. Rodríguez-Cruz M, Tovar AR, del Prado M, Torres N. Mecanismos moleculares de acción de los ácidos grasos poliinsaturados y sus beneficios en la salud. *Rev Invest Clin* [Internet]. 2005 [Consultado 11 Dic 2022]; 57(3):457-72. Disponible en: <https://tinyurl.com/n9cha4uh>
18. Molina Montes ME, Martín Islán ÁP. Ácidos grasos esenciales. Omega-3 y Omega-6. *Offarm* [Internet]. 2010 [Consultado 12 Dic 2022];29(1):66-72. Disponible en: <https://tinyurl.com/2whf7sm6>
19. Lunn J, Theobald HE. The health effects of dietary unsaturated fatty acids. *Nutr Bull* [Internet]. 2006 [Consultado 12 Dic 2022]; 31(3):178-224. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1467-3010.2006.00571.x>
20. Philpott JD, Witard OC, Galloway SDR. Applications of omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation for sport performance. *Res Sports Med* [Internet]. 2019 [Consultado 12 Dic 2022]; 27(2):219-37. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/15438627.2018.1550401>

21. Landa-Ramírez E, Arredondo-Pantaleón A de J. Herramienta pico para la formulación y búsqueda de preguntas clínicamente relevantes en la psicooncología basada en la evidencia. *Psicooncología* [Internet]. 2014 [Consultado 12 Dic 2022]; 11(2-3):259-70. Disponible en: https://doi.org/10.5209/rev_PSIC.2014.v11.n2-3.47387
22. Gray P, Chappell A, Jenkinson AM, Thies F, Gray SR. Fish oil supplementation reduces markers of oxidative stress but not muscle soreness after eccentric exercise. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2014 [Consultado 13 Dic 2022]; 24(2):206-14. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2013-0081>
23. DiLorenzo FM, Drager CJ, Rankin JW. Docosahexaenoic acid affects markers of inflammation and muscle damage after eccentric exercise. *J Strength Cond Res* [Internet]. 2014 [Consultado 13 Dic 2022]; 28(10):2768-74. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1519/JSC.0000000000000617>
24. Benson L, Mushtaq S. Dietary supplementation with n-3 fatty acids (n-3 FA) for 4 weeks reduces post-exercise fatigue and delayed onset muscle soreness (DOMS) in trained male athletes. *Proc Nutr Soc* [Internet]. 2015 [Consultado 13 Dic 2022]; 74(OCE5). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1017/s0029665115003274>
25. Mickleborough TD, Sinex JA, Platt D, Chapman RF, Hirt M. The effects PCSO-524®, a patented marine oil lipid and omega-3 PUFA blend derived from the New Zealand green lipped mussel (*Perna canaliculus*), on indirect markers of muscle damage and inflammation after muscle damaging exercise in untrained men: a randomized, placebo controlled trial. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2015 [Consultado 14 Dic 2022];12(1):10. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-015-0073-z>
26. Tsuchiya Y, Yanagimoto K, Nakazato K, Hayamizu K, Ochi E. Eicosapentaenoic and docosahexaenoic acids-rich fish oil supplementation attenuates strength loss and limited joint range of motion after eccentric contractions: a randomized, double-blind, placebo-controlled, parallel-group trial. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2016 [Consultado 14 Dic 2022]; 116(6):1179-88. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-016-3373-3>
27. Jakeman JR, Lambrick DM, Wooley B, Babraj JA, Faulkner JA. Effect of an acute dose of omega-3 fish oil following exercise-induced muscle damage. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2017 [Consultado 14 Dic 2022]; 117(3):575-82. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-017-3543-y>
28. Ochi E, Tsuchiya Y, Yanagimoto K. Effect of eicosapentaenoic acids-rich fish oil supplementation on motor nerve function after eccentric contractions. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2017 [Consultado 15 Dic 2022];14(1). Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-017-0176-9>

29. Tinsley GM, Gann JJ, Huber SR, Andre TL, La Bounty PM, Bowden RG, et al. Effects of fish oil supplementation on post-resistance exercise muscle soreness. *J Diet Suppl* [Internet]. 2017 [Consultado 13 Dic 2022]; 14(1):89-100. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/19390211.2016.1205701>
30. Philpott JD, Donnelly C, Walshe IH, MacKinley EE, Dick J, Galloway SDR, et al. Adding fish oil to whey protein, leucine, and carbohydrate over a six-week supplementation period attenuates muscle soreness following eccentric exercise in competitive soccer players. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2018 [Consultado 15 Dic 2022]; 28(1):26-36. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2017-0161>
31. Tsuchiya Y, Yanagimoto K, Ueda H, Ochi E. Supplementation of eicosapentaenoic acid-rich fish oil attenuates muscle stiffness after eccentric contractions of human elbow flexors. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2019 [Consultado 15 Dic 2022]; 16(1):19. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-019-0283-x>
32. Tsuchiya Y, Ueda H, Yanagimoto K, Kato A, Ochi E. 4-week eicosapentaenoic acid-rich fish oil supplementation partially protects muscular damage following eccentric contractions. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2021 [Consultado 15 Dic 2022]; 18(1):18. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-021-00411-x>
33. Barenie Ms Rd MJ, Freemans Ms JA, Baranauskas PhD MN, Goss Msk CS, Freeman Ms KL, Chen Ms X, et al. Effectiveness of a combined New Zealand green-lipped mussel and Antarctic krill oil supplement on markers of exercise-induced muscle damage and inflammation in untrained men. *J Diet Suppl* [Internet]. 2022 [Consultado 15 Dic 2022]; 19(2):184-211. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/19390211.2020.1853649>
34. Tsuchiya Y, Yanagimoto K, Sunagawa N, Ueda H, Tsuji K, Ochi E. Omega-3 fatty acids enhance the beneficial effect of BCAA supplementation on muscle function following eccentric contractions. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2022 [Consultado 15 Dic 2022]; 19(1):565-79. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1080/15502783.2022.2117994>
35. 1. Lembke P, Capodice J, Hebert K, Swenson T. Influence of omega-3 (n3) index on performance and wellbeing in young adults after heavy eccentric exercise. *J Sports Sci Med*. 2014;13(1):151-6.
36. Corder KE, Newsham KR, McDaniel JL, Ezekiel UR, Weiss EP. Effects of Short-Term Docosahexaenoic Acid Supplementation on Markers of Inflammation after Eccentric Strength Exercise in Women. *J Sports Sci Med*. 2016 Feb 23;15(1):176-83.

37. Ramos-Campo DJ, Ávila-Gandía V, López-Román FJ, Miñarro J, Contreras C, Soto-Méndez F, et al. Supplementation of re-esterified docosahexaenoic and eicosapentaenoic acids reduce inflammatory and muscle damage markers after exercise in endurance athletes: A randomized, controlled crossover trial. *Nutrients* [Internet]. 2020 [Consultado 16 Dic 2022];12(3):719. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3390/nu12030719>
38. Kyriakidou Y, Wood C, Ferrier C, Dolci A, Elliott B. The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise-induced muscle damage. *J Int Soc Sports Nutr* [Internet]. 2021 [Consultado 16 Dic 2022];18(1):9. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1186/s12970-020-00405-1>
39. Visconti LM, Cotter JA, Schick EE, Daniels N, Viray FE, Purcell CA, et al. Impact of varying doses of omega-3 supplementation on muscle damage and recovery after eccentric resistance exercise. *Metabol Open* [Internet]. 2021 [Consultado 16 Dic 2022]; 12(100133):100133. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1016/j.metop.2021.100133>
40. Loss LC, Benini D, de Lima-E-Silva FX, Möller GB, Friedrich LR, Meyer E, et al. Effects of omega-3 supplementation on muscle damage after resistance exercise in young women: a randomized placebo-controlled trial. *Nutr Health* [Internet]. 2022 [Consultado 16 Dic 2022]; 28(3):425-32. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1177/02601060211022266>
41. Anthony R, Macartney MJ, Peoples GE. The influence of long-chain omega-3 fatty acids on eccentric exercise-induced delayed muscle soreness: Reported outcomes are compromised by study design issues. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* [Internet]. 2021 [Consultado 26 Dic 2022];31(2):143-53. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.1123/ijsnem.2020-0238>