

---

# Efecto de la suplementación con curcumina en la aparición del dolor muscular tardío (DOMS) en atletas de resistencia.

Modalidad **REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA**

*Trabajo Final de Máster*

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

Autor: Matthew Nicolás Álvarez Bayas  
Tutor del TFM: Daniel Badia Martínez

---

Marzo 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
<b>1. Introducción.....</b>	<b>7</b>
1.1. Curcumina .....	7
1.2. Suplementación de curcumina .....	7
1.3. Biodisponibilidad de la curcumina .....	8
1.4. Dolor muscular de aparición tardía (DOMS) .....	9
1.5. Marcadores relacionados con el DOMS .....	10
1.6. Tratamiento del DOMS.....	10
1.7. Intervenciones nutricionales para el tratamiento del DOMS .....	10
1.7.1. Vitamina D .....	10
1.7.2. Aminoácidos de cadena ramificada (BCAAs) .....	11
1.7.3. Cafeína .....	11
1.7.4. Omega 3.....	11
1.7.5. Antioxidantes .....	11
1.8. Suplementación de curcumina y su efecto en el DOMS.....	12
<b>2. Objetivos .....</b>	<b>13</b>
2.1. Objetivo General.....	13
2.2. Objetivo Especifico .....	13
2.3. Preguntas investigables .....	13
<b>3. Metodología .....</b>	<b>14</b>
3.1. Tipo de estudio: revisión bibliográfica .....	14
3.2. Criterio de selección de estudio .....	14
<b>4. Resultados .....</b>	<b>17</b>
<b>5. Discusión .....</b>	<b>25</b>
<b>6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación .....</b>	<b>27</b>
Primera parte.....	27
6.1. Diseños y tipo de estudio .....	27
6.2. Población diana .....	27
6.3. Sistema de recogida de datos.....	28
6.4. Variables del estudio .....	28
6.5. Estrategia de análisis de datos .....	28
6.6. Consideraciones éticas .....	28
Segunda Parte.....	28
6.7. Diseños y tipo de estudio .....	28

6.8.	Población diana .....	29
6.9.	Sistema de recogida de datos.....	29
6.10.	Variables del estudio .....	29
6.11.	Estrategia de análisis de datos .....	29
6.12.	Consideraciones éticas .....	30
<b>7.</b>	<b>Conclusiones .....</b>	<b>31</b>
<b>8.</b>	<b>Bibliografía .....</b>	<b>32</b>

## Índice de tablas

<b>Tabla 1.</b>	Presentaciones comerciales/conjugaciones.....	9
<b>Tabla 2.</b>	Estrategias de búsqueda. ....	14
<b>Tabla 3.</b>	Resumen de los artículos sobre la suplementación de curcumina y el DOMS. .....	23

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Efectos positivos de la suplementación de curcumina durante la actividad física.....	12
<b>Figura 2.</b> Diagrama de flujo.....	16

## Resumen

**Introducción:** En los últimos años se ha empezado a usar de forma frecuente en el deporte la suplementación de curcumina por los beneficios antiinflamatorios y antioxidantes que posee, se está utilizando como un método para ayudar a la disminución del dolor muscular de aparición tardía o DOMS, siendo este uno de los principales indicadores de daño muscular al realizar ejercicios excéntricos.

**Objetivo:** Determinar la efectividad de la suplementación de curcumina en la disminución de dolor muscular de aparición tardía (DOMS).

**Método:** Se realizó una búsqueda en las bases de datos de Pubmed y de la UOC. Las palabras utilizadas para la búsqueda fueron palabras “curcumin”, “turmeric”, “delay onser muscle soreness” o “DOMS” y “Exercise-induced muscle damage” o “EIMD”, se realizó combinación con estas palabras.

**Resultados:** Se encontraron 74 artículos en total, de los cuales 13 cumplieron con los criterios para utilizarse en la revisión. De los 13 artículos analizados, 12 de ellos mostraron una disminución en el DOMS con la suplementación de curcumina y 1 artículos no mostro efectos sobre el DOMS.

**Conclusión:** La suplementación con curcumina logra disminuir el dolor muscular de aparición tardía (DOMS), también ciertos marcadores de daño muscular y marcadores de inflamación, sin embargo, aun quedas ciertas variables sin resolver del todo y se deberán tomar en cuenta para futuros estudios.

### *Palabras clave*

Curcumina, dolor muscular de aparición tardía, DOMS, ejercicio excéntrico.

## **Abstract**

**Introduction:** In recent years, curcumin supplementation has begun to be used frequently in sports due to its anti-inflammatory and antioxidant benefits. It is being used as a method to help reduce delay-onset muscle soreness or DOMS, this being one of the main indicators of muscle damage when performing eccentric exercises.

**Objective:** To determinate the effectiveness of curcumin supplementation in reducing delay-onset muscle soreness (DOMS).

**Method:** A search was carried out in the Pubmed and UOC databases. The keywords used for the search were "curcumin", "turmeric", "delay onser muscle soreness" or "DOMS" and "Exercise-induced muscle damage" or "EIMD", a combination was made with these words.

**Results:** A total of 74 articles were found, of which 13 met the criteria for use in the review. Of the 13 articles analyzed, 12 of them showed a decrease in DOMS with curcumin supplementation and 1 article showed no effect on DOMS.

**Conclusion:** Curcumin supplementation manages to reduce delayed-onset muscle soreness (DOMS), as well as certain markers of muscle damage and markers of inflammation, however, however, still certain variables remain unresolved and should be focused for future studies.

## **Key words**

Curcumin, delay-onset muscle soreness, DOMS, eccentric exercise.

## **1. Introducción**

### **1.1. Curcumina**

La cúrcuma es una especie en el mundo culinario, la curcumina es su principal polifenol natural, tradicionalmente se la ha usado en los países asiáticos como una hierba medicinal gracias a sus propiedades antioxidantes, antiinflamatorias, antimicrobianas, y anticancerígenas, en los últimos años se ha empezado a investigar los mecanismos bioactivos que tiene la curcumina en la salud (1).

La curcumina trabaja a nivel celular y también se dirige a múltiples moléculas de señalización, todo esto respalda muchos de los beneficios que trae para la salud ya que es un antiinflamatorio en el dolor, en el síndrome metabólico y para el riñón, etc. (1).

### **1.2. Suplementación de curcumina**

El instituto Australiano del Deporte (AIS) ha clasificado a la curcumina como un suplemento de categoría B, lo que significa que necesitan más investigaciones científicas, sin embargo, si se le puede considerar de uso seguro, seguramente en unos años con el respaldo científico adecuado pase a categoría A por el AIS (2).

Los beneficios de la suplementación con curcumina se deben a los efectos antiinflamatorios y antioxidantes que posee. Uno de los principales problemas con la ingesta de curcumina es la poca biodisponibilidad que posee, debido a su baja absorción, y a su metabolización y eliminación rápida. Se ha encontrado agentes que pueden ayudar a mejorar su biodisponibilidad, uno de estos es la piperina, este es el mayor componente que se encuentra en la pimienta negra y ha demostrado que puede llegar a aumentar hasta un 2000% su biodisponibilidad (1, 3).

Los curcuminoides (curcumina (C), demetoxicurcumina (DMC) y bisdemetoxicurcumina (BDMC)) tienen la aprobación de la FDA (US Food and Drug Administration) y son reconocidos como seguros, la dosis recomendada de curcumina es de 0-3 mg/kg peso/día. Ingestas con dosis mayores de 500-12.000 mg/día han reportado algunos efectos secundarios en ciertas personas como diarrea, náuseas, dolor de cabeza o salpullido, pero esto fue debido a la ingesta excesiva que presentaron en varios estudios. La curcumina tiene varias presentaciones como cápsulas, tabletas, bebidas energéticas, cosméticos, ungüentos y jabones (1).

### 1.3. Biodisponibilidad de la curcumina

Como se mencionó anteriormente el mejor agente y más usado para aumentar la biodisponibilidad de la curcumina es la piperina que se encuentre en la pimienta negra, aparte existen otros agentes que han demostrado un gran potencial en el aumento de la biodisponibilidad, la solubilidad y la circulación, aunque son estudios muy recientes en personas (4).

Otros agentes utilizados son los bio conjugados (aceite de cúrcuma, glicina, alanina y epigallocatequina-3-galato (EGCG)), lípidos (fosfolípidos), las nanopartículas (liposomas, micelas, nano geles, quitosano, oro, plata, ciclodextrina, dendrímero, lípidos sólidos), proteína (BSA, aislado de proteína de soya) y otros (ácido hialurónico, hidrogel, polímero, polímero encapsulado, beta-lactoglobulina).

Se observó que la biodisponibilidad de la curcumina incremento de 7 a 8 veces cuando la curcumina es bio conjugada, cuando se usa fosfolípidos o cuando se usan nanopartículas, todo esto en comparación con el uso de curcumina sola, los estudios más recientes son en animales y de forma *in vitro* por lo cual los resultados no se pueden extrapolar en personas, sin embargo, unas pocas investigaciones se están realizando en personas, aunque las muestras que usan son muy pequeñas y de un tiempo corto. Estos estudios han mostrado resultados favorables, sin embargo, falta realizar más estudios con sus efectos en las personas (4, 5).

Un estudio realizado con “Longvida” que es una fórmula de curcumina con lípidos sólidos, han mostrado mejor solubilidad en personas, otra fórmula es Theracurmin® realizada en Japón, esta contiene curcumina y nanopartículas, se administró a personas sanas y se observó que tuvo buena biodisponibilidad, sin embargo, los efectos que se analizaron fueron sobre la memoria y ciertas enfermedades, más no de los efectos antiinflamatorios en el DOMS (4). También existe Meriva, una combinación de curcumina con fosfolípidos de lecitina que ha demostrado la mejora de su biodisponibilidad gracias a su sistema de entrega con fitosomas (5). Otro es curcumina con LipiSpense, que es un sistema diseñado para aumentar la dispersión de sustancias lipófilas cristalinas en medio acuoso. Con el tiempo, más marcas de suplementos de curcumina con diferentes agentes van mostrando efectividad en el aumento de la biodisponibilidad de la curcumina en humanos.

**Tabla 1.** Presentaciones comerciales/conjugaciones

Presentaciones comerciales/conjugaciones de curcumina utilizadas en los estudios
Theracurmin (curcumina + nanopartículas)
curcumina (Meriva®)
Curcumina + piperina
Curcumina (CurcuWIN)
Curcumina (CurcuFresh)
Curcumina con LipiSperse

#### **1.4. Dolor muscular de aparición tardía (DOMS)**

Dolor muscular de aparición tardía llamado también DOMS por sus siglas en inglés (*Delayed Onset Muscle Soreness*), se define como una lesión muscular, cuya aparición se da por realizar una carga a la que el músculo no está acostumbrado o por la exposición repetida a una contracción excéntrica, no se debe confundir con el dolor agudo que se siente durante el ejercicio (6). Su etiología exacta sigue sin ser clara, pero algunos estudios muestran que se desencadena por cambios bioquímicos y por la respuesta inflamatoria ante el daño muscular generado por los diferentes ejercicios excéntricos que se producen en el deporte (7, 8).

El DOMS puede ocasionar la disminución del rendimiento deportivo, debido a que causa disminución de fuerza y de rango de movimiento. Anteriormente una hipótesis de la aparición del DOMS era debido a la acumulación de lactato después de un entrenamiento intenso, con los años esta hipótesis fue desmentida y no está relacionado con el lactato (9).

Este dolor puede iniciar entre 6-12h después del ejercicio, el dolor va incrementado con su pico entre 48-72h después del ejercicio, y de ahí empieza su disminución gradualmente hasta que el dolor desaparece completamente, tardando entre 5-7 días (10).

### **1.5. Marcadores relacionados con el DOMS**

La creatina quinasa (CK) es el marcador directo de daño muscular, debido a que se expresa en los tejidos musculares, este proceso se debe a la tensión mecánica del ejercicio excéntrico o causas metabólicas como la disminución de glucógeno. También hay marcadores de inflamación que se elevan cuando existe daño muscular, estos son el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), la interleucina-6 (IL-6) y la interleucina-8 (IL-8). Por último, los marcadores del ejercicio como el rango de movimiento (ROM), la contracción muscular voluntaria (MVC), la repetición máxima (RM) y el índice de fuerza reactiva (RSI) (10).

### **1.6. Tratamiento del DOMS**

Es evidente que el DOMS influye negativamente en el rendimiento de los deportistas y con los años se ha buscado formas de disminuir o incluso evitar la aparición del dolor muscular tardío y así evitar la interferencia en el rendimiento (11).

Algunos tratamientos son la terapia termal que consiste en utilizar agua fría, crioterapia o calor para prevenir la aparición del DOMS, siendo la estrategia más usada. Otra es la terapia de compresión durante o después del ejercicio, la terapia de formas de regeneración activas que consiste en ejercicios de baja intensidad o estiramientos, la terapia física y acupuntura, otro tratamiento es el uso de medicamentos como antiinflamatorios no esteroideos (NSAIDs), y, por último, el tratamiento nutricional como la ingesta de vitamina D, aminoácidos de cadena ramificada, omega 3, curcumina, cafeína, taurina, polifenoles, etc. (9, 11).

Si bien hay muchos tratamientos para el DOMS, los menos escuchados y utilizados son los tratamientos nutricionales, pero cada vez se están realizando más investigaciones en la parte nutricional y están dando buenos resultados en cuanto al tratamiento de la aparición del dolor muscular tardío después del ejercicio (11).

### **1.7. Intervenciones nutricionales para el tratamiento del DOMS**

#### **1.7.1. Vitamina D**

Varios estudios señalan los beneficios de la suplementación con vitamina D para la regeneración muscular, por lo cual hay una relación entre la vitamina D, la función muscular y el rendimiento deportivo, sin embargo, la ingesta de vitamina D después del ejercicio aún no tiene una justificación científica ya que falta realizar muchos más estudios sobre este tema (11).

### 1.7.2. Aminoácidos de cadena ramificada (BCAAs)

Principalmente metabolizados en el músculo esquelético, promueve la síntesis de proteína en el músculo, en un reciente estudio en el que se suplementó con BCAAs se observaron resultados positivos sobre su efecto en el daño muscular inducido por el ejercicio, este daño puede ser de leve a moderado, la dosis utilizada fue >200mg/kg/día (12).

La combinación de BCAAs con taurina ayuda a reducir los efectos del DOMS, sin embargo, aún no está claro y faltan estudios para poder explicar el mecanismo que tiene esta combinación (12).

### 1.7.3. Cafeína

Varios estudios han demostrado que el consumo de cafeína puede ayudar a la reducción del dolor muscular tardío después del ejercicio, en especial en deportes de resistencia, el protocolo es 5mg/kg (13).

### 1.7.4. Omega 3

La suplementación con ácidos grasos como omega 3 ayudan a disminuir la aparición del dolor muscular tardío debido a que disminuye la respuesta inflamatoria causada por el ejercicio excéntrico y también por la disminución de la creatina quinasa (CK), la dosis debe ser de 1.8-3 mg/día de omega 3 para disminuir los síntomas del DOMS después del ejercicio, aunque esta disminución demostró ser mínima (14).

### 1.7.5. Antioxidantes

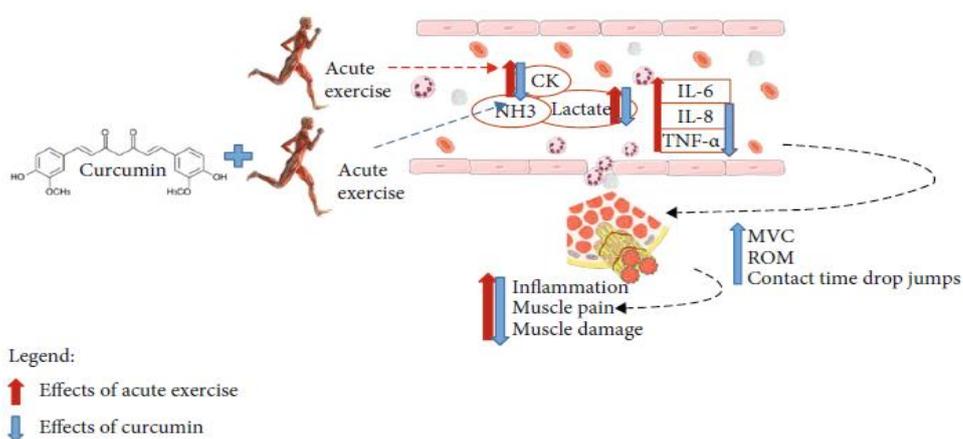
Varios estudios han demostrado que las vitaminas tienen una baja efectividad en el dolor muscular de aparición tardía, sin embargo, los polifenoles y algunos suplementos antioxidantes han mostrado una respuesta positiva en cuanto a la disminución del DOMS. Principalmente el jugo de cereza agrio que contiene antocianinas y los flavonoides ha demostrado que el descenso del dolor muscular tardío se daba al segundo día de haber entrenado y es el más estudiado últimamente, también el jugo de granada, el consumo de arándanos, entre otros (15, 16).

### 1.8. Suplementación de curcumina y su efecto en el DOMS

Estudios recientes demuestran que la suplementación con curcumina puede ser efectiva y sirve como tratamiento nutricional para la aparición del dolor muscular tardío en atletas de resistencia (17).

Existen varios protocolos de la toma de curcumina y en la mayoría de estos se ha observado que disminuye el dolor muscular tardío después del ejercicio. El principal mecanismo de la curcumina en la disminución del DOMS es la reducción de las respuestas inflamatorias que ocurren durante la fase de recuperación después del ejercicio. La curcumina inactiva el factor nuclear kappa B (NF-κB), que es un mediador clave en la inflamación post ejercicio, el efecto de la suplementación con curcumina en los marcadores inflamatorios de las citocinas proinflamatorias evalúan principalmente el factor de necrosis tumoral alfa (TNF-α), la interleucina-6 (IL-6) y la interleucina-8 (IL-8). La TNF-α es la encargada de regular procesos biológicos y actúa como mediador de la inflamación, esta muestra una disminución significativa, en cambio la IL-6 y IL-8 tienen una disminución que no es significativamente con la ingesta de curcumina, estas citocinas por lo general disminuyen de uno a dos días después de la ingesta del suplemento (21). También se controla la creatina quinasa y se ha visto que sus niveles son ligeramente menores con la suplementación de curcumina en las 24-48h post ejercicio, lo cual podría indicar que existe un menor daño muscular o que tienen una recuperación más rápida (18, 19). No todos los estudios muestran beneficios claros de la suplementación con curcumina en el DOMS, ya que en algunos estudios se compara la ingesta de curcumina con la ingesta de placebos y los resultados fueron similares en cuanto al escaso o nulo efecto de la disminución del dolor muscular tardío (20).

Figura 1. Efectos positivos de la suplementación de curcumina durante la actividad física (21).



Extraído de Aparecida Dias et al, 2021. (21)

Sin embargo, hasta la fecha la literatura científica no tiene un consenso claro respecto a los resultados obtenidos en los estudios realizados sobre qué tan cierto son los beneficios de la curcumina frente al dolor muscular de aparición tardía.

Por esto, el objetivo de este TFM se basa en determinar el efecto de la suplementación con curcumina sobre la aparición del dolor muscular tardío (DOMS) en atletas de resistencia, en vista que los estudios científicos que hay hasta la fecha tienen resultados muy variables entre sí, sobre la efectividad de esta suplementación y sobre que protocolo se debería usar, por ello es necesario elaborar un estudio de revisión sistemática para recopilar los datos más relevantes sobre la intervención nutricional con respecto al dolor muscular tardío en atletas de resistencia para analizar los protocolos de suplementación, su efectividad y determinar si posee o no beneficios en el DOMS.

## **2. Objetivos**

### **2.1. Objetivo General**

Determinar los efectos de la suplementación con curcumina en la aparición del dolor muscular tardío en atletas de resistencia y si resulta beneficioso para disminuir o evitar el dolor muscular y mejorar la recuperación después del ejercicio para no comprometer el rendimiento.

### **2.2. Objetivo Especifico**

- Analizar qué protocolos de suplementación con curcumina puede resultar más efectivos para el dolor muscular tardío en atletas de resistencia.
- Evaluar la información de los estudios sobre la curcumina y el dolor muscular tardío de una forma crítica para determinar sus beneficios.

### **2.3. Preguntas investigables**

Con la revisión sistemática se quiere dar respuesta a las siguientes preguntas investigables con el modelo PICO (22).

- Paciente: atletas de resistencia
- Intervención: suplementación con curcumina en el DOMS
- Comparador: sin intervención o placebo
- Outcomes (resultados):

¿En atletas de resistencia, la suplementación con curcumina tiene beneficios en comparación a los atletas de resistencia no suplementado con curcumina sobre el efecto de la disminución del dolor muscular tardío?

¿En atletas de resistencia cuál se podría considerar el mejor protocolo para la suplementación de curcumina y atenuar los efectos del dolor muscular tardío?

### 3. Metodología

#### 3.1. Tipo de estudio: revisión bibliográfica

Se utilizó el método PRISMA (Preferred Reporting Item for Systematic Reviews and Meta-analyses) para conseguir el objetivo planteado.

#### 3.2. Criterio de selección de estudio

La búsqueda se realizó en los meses de marzo y abril del 2023 en base de datos Pubmed y UOC, se usaron las palabras “curcumin”, “turmeric”, “delay onser muscle soreness” o “DOMS” y “Exercise-induced muscle damage” o “EIMD”, se realizó combinación con estas palabras.

Para esta búsqueda se encontró 74 artículos en total, en ambas bases de datos, después se eliminaron 38 artículos en base al título y/o resumen, quedando 36 artículos para revisión y lectura del texto completo (Tabla 2). Al final se seleccionaron 13 artículos que se usaron para la realización del trabajo final.

En la tabla 2 se describen los aspectos para definir las estrategias de búsqueda.

Tabla 2. Estrategias de búsqueda.

<b>BASE DE DATOS</b>	<b>PALABRAS DE BÚSQUEDA Y OPERADORES BOOLEANOS</b>	<b>FILTROS</b>	<b>ARTÍCULOS</b>
PubMed	“curcumin” AND “delay onset muscle soreness” OR “DOMS”	-Tipo de estudio: “randomized control trial”	-Encontrados N= 31

	<p>“curcumin” AND “Exercise-induced muscle damage” OR “EIMD”</p> <p>“turmeric” AND “delay onset muscle soreness” OR “DOMS”</p>	<p>-Año de publicación: últimos 10 años</p> <p>-Idioma: inglés/español</p> <p>-Población: humanos</p>	<p>Eliminados a partir del título y/o resumen N= 20</p> <p>-Seleccionados=11</p>
UOC	<p>“curcumin” AND “delay onset muscle soreness” OR “DOMS”</p> <p>“curcumin” AND “Exercise-induced muscle damage” OR “EIMD”</p> <p>“turmeric” AND “delay onset muscle soreness” OR “DOMS”</p>	<p>-Tipo de estudio: “randomized control trial”</p> <p>-Año de publicación: últimos 10 años</p> <p>-Idioma: inglés/español</p> <p>-Población: humanos</p>	<p>-Encontrados N= 43</p> <p>Eliminados a partir del título y/o resumen N= 18</p> <p>-Seleccionados=25</p>

Los criterios que se usaron para realizar la búsqueda de artículos fueron:

#### **Criterios de inclusión**

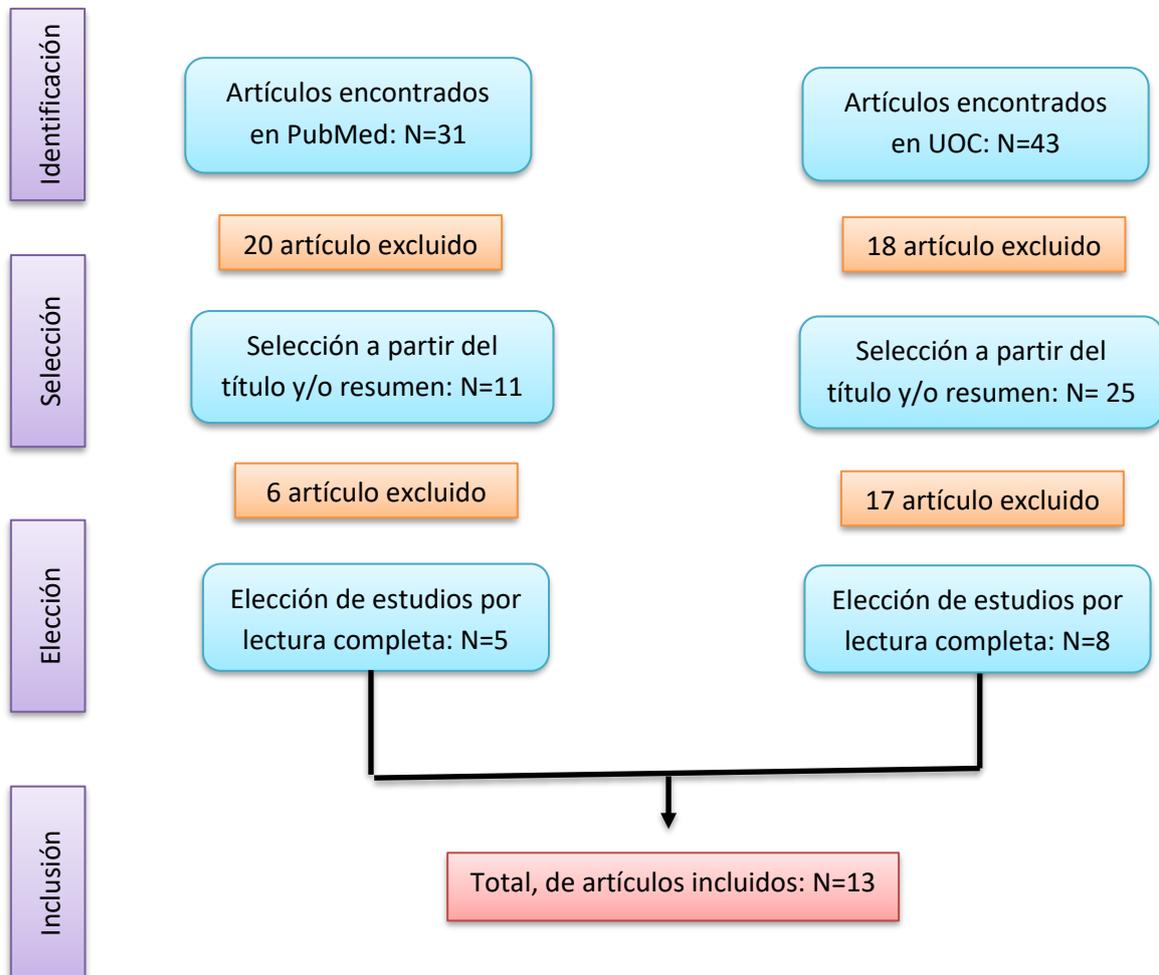
- Artículos científicos primario
- Rango de edad 18-65 años
- Fecha de publicación no mayor a 10 años
- Que realicen deportes de resistencia
- Estudios que hayan sido en humanos
- Estudios que evalúen el dolor muscular, daño muscular inducido por el ejercicio
- Estudios que sean en español o inglés

#### **Criterio de exclusión**

- Estudios científicos secundarios

- Estudios en lo que no se haya ocupado curcumina
- Estudios que no sean en español o inglés
- Estudios que hayan sido en animales

Figura 2. Diagrama de flujo.



#### 4. Resultados

De manera objetiva se presenta los 13 artículos seleccionados para los resultados, en la Tabla 3 se muestra un resumen de los 13 artículos, señalando los aspectos más importantes de los estudios para conocer si el efecto de la suplementación con curcumina en el dolor de aparición tardía es efectivo.

Un estudio realizado por Drobnic et al. (23) sobre la reducción del dolor muscular de aparición tardía con la ingesta de Meriva, una novedosa combinación de curcumina con un fosfolípido de lecitina para mejorar la biodisponibilidad, es un ensayo aleatorio simple ciego controlado con placebo en el cual se usó a 20 hombres activos, se les administró aleatoriamente fitosoma de curcumina que es una combinación de curcumina con fosfolípidos con una dosis de 1g 2 veces al día (200g de curcumina) o un placebo similar, esta suplementación se inició 48h antes del ejercicio y continuó 24h después de la prueba durante un total de 4 días. Para inducir el daño muscular se realizó carrera cuesta abajo con 10% de pendiente a una velocidad constante durante 45 minutos. Como resultado, el marcador del daño muscular CK mostró un aumento leve en el grupo que ingirió Meriva, en cambio, en el grupo del placebo su aumento fue mayor. IL-8 tuvo una disminución a las 2h en el grupo de Meriva, que también presentaron menos dolor muscular en los miembros inferiores con la ingesta de curcumina en comparación con el grupo del placebo y se concluyó que la curcumina con mejor biodisponibilidad ayuda a la reducción del DOMS.

En otra investigación realizada por Nicol et al. (24) para conocer si la suplementación con curcumina atenúa el dolor muscular de aparición tardía, se realizó un ensayo controlado aleatorio doble ciego a 17 hombres donde la dosis de curcumina o placebo fue de 2.5g dos veces al día y el protocolo para conseguir el daño muscular fue ejercicio excéntrico de prensa a una pierna pesado. Se calculó el 120% de una repetición máxima en el primer día de estudio usado para la disminución del peso en la fase excéntrica, para el tercer día se realizó 5 series de 10 repeticiones al 120% del 1 RM y 2 series de 10 repeticiones al 100% del 1 RM previamente calculado, con 3 minutos de descanso entre cada series, la curcumina y el placebo se consumieron 2 días antes y 3 días después del ejercicio excéntrico de la prensa a una pierna, con una diferencia de 14 días entre la curcumina y el placebo, se evaluó el DOMS, marcadores de daño muscular e inflamación, los resultados fueron a las 24 y 48h post ejercicio, donde hubo una disminución del dolor asociado al DOMS y una ligera mejora en los niveles de CK, en cuanto a la IL-6 disminuyó y el TNF- $\alpha$  no tuvo impacto con la suplementación de curcumina.

Un estudio hecho por Tanabe et al. (25) en el cual se investigó el efecto de la suplementación de curcumina en la disminución del DOMS y en el efecto que tiene en ciertos marcadores inflamatorios y del daño muscular (CK, IL-6, TFN- $\alpha$ ) causados por el ejercicio. Para este estudio, se realizó a 14 hombres desentrenados, a los cuales se les administró 150mg de la suplementación de curcumina (Theracurmin), es curcumina más nanopartículas y placebo 1h antes del ejercicio y 12h después, fue un ensayo aleatorizado simple ciego, para inducir el daño muscular se realizaron 50 contracciones excéntricas isocinéticas máximas de los flexores del codo de un brazo en un isocinético dinamómetro, un brazo con la suplementación de curcumina y el otro brazo con el placebo, cada brazo realizó el ejercicio excéntrico separados por 4 semanas, al final se realizaba comparación del efecto de la curcumina y del placebo después de las 24, 48, 72 y 96h post ejercicio, se valoraba los marcadores de inflamación, daño muscular y la contracción voluntaria máxima (MVC). Los hallazgos indicaron que la contracción voluntaria máxima tuvo una recuperación más rápida y disminuyó muy poco, la disminución de fuerza producida por el dolor muscular tardío fue menor con la ingesta de curcumina, los niveles de CK fueron menores después del ejercicio en comparación con la ingesta de placebo y la IL-6 y TFN- $\alpha$  no tuvieron cambios significativos post ejercicio.

Otro estudio realizado por Nakhostian-Roohi et al. (26) sobre el efecto de la suplementación de curcumina en ciertos marcadores del dolor muscular tardío para ver si existe beneficio, cuenta con un diseño de estudio controlado aleatorio doble ciego para comparar los efectos de la curcumina y el placebo, se escogió a 10 hombres, se realizó ejercicio excéntrico en la máquina de sentadilla 7 series de 20 sentadillas al 50% de su 1 RM, inmediatamente después de finalizar el ejercicio se procedió a la toma de 150mg de curcumina, para la ingesta del placebo hubo una separación de 14 días, se registró inmediatamente, 24, 48 y 72h post ejercicio el dolor en los músculos, la capacidad antioxidante total (TAC) y marcadores del daño muscular e inflamación como la creatina quinasa (CK), la alanina aminotransferasa (ALT) y el aspartato aminotransferasa (AST). Como resultado se observó que con la ingesta curcumina hubo una disminución del dolor muscular, CK, ALT, AST en comparación del grupo placebo y la capacidad antioxidante total tuvo un aumento significativo al ingerir curcumina, lo cual significa que la ingesta de 150mg de curcumina tiene efectos antioxidantes, antiinflamatorios y analgésicos en el dolor muscular de aparición tardía.

Otro estudio realizado por Delecroix et al. (27) sobre la suplementación de curcumina con piperina después del ejercicio para la recuperación del daño muscular, se ocupó a 16 atletas de elite. El protocolo para inducir en daño muscular fue realizar 25

repeticiones en 25m de saltos a una pierna en una pendiente descendente y cada repetición tenía un descanso de 90s, fue un estudio aleatorizado cruzado y se dividió en 4 grupos y dos 2 sesiones. La primera sesión fue con la ingesta de curcumina con piperina y ejercicio con la pierna dominante y la segunda sesión con la pierna no dominante y el uso de placebos, así se fue alternando en los demás grupos. Se controló el marcador de CK y la proteína C reactiva (CRP). La dosis fue de 2g de curcumina y 20mg de piperina 3 veces al día, tomando 48h antes y 48h después del ejercicio. Como resultado el marcador de CK tuvo reducción después de 24h post ejercicio en los participantes que consumieron curcumina con piperina, sin embargo, no se encontró más beneficios en el dolor ni en el daño muscular provocado por el ejercicio.

Un estudio hecho por Tanabe et al. (28) sobre el efecto de la ingesta de curcumina antes o después del ejercicio excéntrico en los marcadores de daño muscular e inflamación con un ensayo aleatorio doble ciego con 20 hombres en el cual el primer grupo de 10 hombres tuvieron una ingesta de 180mg/d de curcumina o placebo 7 días antes del ejercicio, y el otro grupo de 10 hombres una ingesta de 180mg/d de curcumina o placebo 7 días después del ejercicio, realizaron 30 contracciones excéntricas isocinéticas máximas de los flexores de codo usando un dinamómetro isocinético y esto se repitió 4 semanas después con el otro brazo, se tomó en cuenta la contracción máxima voluntaria (MVC), el rango de movimiento (ROM), el dolor muscular, la CK, y la IL-8, estos parámetros fueron evaluados antes, inmediatamente después de finalizar el ejercicio y 1-7 días post ejercicio. En el primer grupo no hubo diferencias significativas en cada uno de los parámetros con la ingesta de curcumina y placebo, sin embargo, la IL-8 presentó una reducción a las 12h post ejercicio, en cuanto al segundo grupo los que ingirieron curcumina tuvieron la contracción máxima voluntaria y el rango de movimiento mayor de 2-7 días post ejercicio, el dolor muscular y la CK fueron menores entre los 3-7 días post ejercicio. Como conclusión la ingesta de curcumina después del ejercicio podría atenuar el dolor muscular y ayudar a una recuperación más rápida.

Un estudio hecho por Tanabe et al. (29) sobre el tiempo efectivo para la ingesta de curcumina para aliviar el dolor muscular causado por el ejercicio excéntrico con un diseño de estudio aleatorio simple ciego en paralelo hecho a 24 hombres que realizaron 30 contracciones excéntricas isocinéticas máximas de los flexores de codo usando un dinamómetro isocinético, la dosis fue de 180mg/d de curcumina oral 7 días antes o 4 días después del ejercicio o 180mg/d de placebo oral 4 días después del ejercicio, se evaluó antes y después del ejercicio el rango de movimiento (ROM), el dolor muscular y la CK, en el protocolo de ingesta de 180mg/d de curcumina 4 días después del ejercicio hubo mayor rango de movimiento y menor dolor muscular al 3 día comparando

con el grupo placebo, con los que realizaron la ingesta de 180mg/d de curcumina 7 días antes no tuvieron diferencia con el grupo de ingirió el placebo en cuanto al rango de movimiento, al dolor muscular y a la creatina quinasa, lo cual nos dice que el tiempo efectivo de la ingesta de curcumina es después del ejercicio ya que es más beneficiosa en la disminución del dolor muscular.

Un estudio realizado por Jager et al. (30) sobre la suplementación con altas dosis de curcumina para atenuar en rendimiento y el dolor muscular seguido de ejercicios que inducen el daño muscular, se usó la marca CurcuWIN formada por extracto de cúrcuma (20-28%), un agente hidrofílico (63-75%) para ayudar a su dispersión, polímeros celulósicos (10-40%) y antioxidantes naturales (1-3%), es un ensayo aleatorio, doble ciego, controlado con placebo de 8 semanas con 63 participantes físicamente activos, se dividió en 3 grupos, el primero con una ingesta de 250mg de curucWIN (50mg de curcuminoides), el segundo grupo con 100mg de curucWIN (200mg de curcuminoides) y el tercer grupo con el placebo, se realizó carrera cuesta abajo en cinta (15% de pendiente) de 45 minutos y una velocidad igual al 65% del VO<sub>2</sub> Max para provocar el daño muscular, para la percepción del dolor se usó una dinamómetro isocinético, se evaluado al terminar el ejercicio, 1h, 24h, 48h y 72h post ejercicio, el hallazgo fue con la dosis de 200mg hubo una ligera disminución en el dolor muscular después de las 24h post ejercicio, con la dosis de 50mg y con el placebo no hubo disminución del dolor muscular en los participantes.

En una investigación hecha por Basham et al. (31) que trata sobre el efecto que tiene la suplementación de curcumina en el daño muscular inducido por el ejercicio, el dolor muscular, la inflamación y el estrés oxidativo, se realizó un ensayo aleatorio, doble ciego controlado con placebo a 20 hombres, para inducir el daño muscular se hizo 15 minutos continuos de sentarse a una sola pierna con una altura de 42 cm, mientras la otra pierna se la usaba para el balance, en total realizaron un total de 225 repeticiones, se usó la marca (CurcuFresh) que es jugo fresco extraído de las raíces de la cúrcuma, la dosis de curcumina fue de 500mg 3 veces al día, un total de 1.5g/d, 1000mg debían ingerir al despertarse y los otros 500mg en la noche, aleatoriamente se administró la curcumina a unos participantes y a otros el placebo, se controla la CK, TFN- $\alpha$  y la capacidad antioxidante total (TAC), los hallazgos del TFN- $\alpha$  y la CK fueron que los niveles estaban disminuidos post ejercicio con la ingesta de curcumina, el TAC no tuvo alteraciones, por último el dolor muscular de aparición tardío fue menor en comparación con el grupo del placebo.

En otro estudio elaborado por Amalraj et al. (32) se realizó para conocer la efectividad de la biodisponibilidad de la curcumina (Cureit) en el dolor muscular tardío inducido por en ejercicio excéntrico continuo, este fue un ensayo aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo con un total de 30 sujetos de los cuales 12 fueron hombres y 18 mujeres, la dosis fue de 500mg de curcumina, para inducir el DOMS se realizó carrera cuesta abajo con 10% de pendiente a una velocidad constante de 6km/h aumentando 1km/h cada minutos hasta llegar al máximo esfuerzo mantenible por 45 minutos, también se midió la CK antes y después del ejercicio, al finalizar la CK fue más baja en el grupo de consumió curcumina que en el grupo del placebo, también el dolor muscular disminuyo con la ingesta de curcumina por lo cual fue efectiva la suplementación con curcumina en comparación con el grupo placebo y tiene una mejor recuperación en ejercicios excéntricos.

Otro estudio realizado por Mallard et al. (33) fue hecho para conocer si la ingesta de curcumina es beneficiosa contra el dolor muscular de aparición tardía y el nivel de lactato post ejercicio con una combinación de curcumina con LipiSpense (90% extracto de cúrcuma longa + 10% de LipiSpense) que consiste en un sistema para aumentar la dispersión de agentes lipofílicos cristalinos en un ambiente acuosos y así mejorar la biodisponibilidad de la curcumina, se realizó un estudio controlado con placebo, aleatorizado doble ciego realizado durante 72h con 28 hombres con experiencia en entrenamientos, los participantes, para inducir el daño muscular los participantes realizaron 10 repeticiones en prensa al 50% del 1RM y 2 minutos de descanso, se aumentó el peso en presa al 70% del 1 RM y realizaron de 4-6 repeticiones con 2 minutos de descanso, se volvió a aumentar el peso de la prensa al 90% del 1 RM para realizar 1 repetición, al completar esta prueba tuvieron 5 minutos de descanso, luego completaron 4 series de prensa al 80% del 1 RM haciendo el máximo de repeticiones posibles y con un descanso de 60 segundo en cada serie, al acabar las 4 series descansaron por 5 minutos y después volvieron a repetir la prueba de su 1 RM , se controló marcadores como la CK, lactato, IL-6, IL-10 y el TFN- $\alpha$  antes y después del ejercicio, 14 participantes recibieron curcumina dispersa en agua (500mg de Hydrocurc con 500mg o 1g de maltodextrina) antes y después del ejercicio y los otros 14 recibieron una bebida de placebo similar, los 500mg de Hydrocurc contiene 450mg de extracto de curcumina o 427mg de curcuminoides con 50mg del sistema de entrega, , se observó que la ingesta de curcumina combinada con LipiSpenser facilita un rápido retorno al entramiento disminuyendo el dolor muscular, los marcador inflamatorios y el lactato.

El último estudio hecho por Hillman et al. (34) trata sobre la suplementación de curcumina de 10 días para atenuar el dolor muscular y mantener el rendimiento seguido

de ejercicios pliométricos, es un ensayo aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo, se usaron 22 participantes 5 mujeres y 17 hombres en el cual consumieron 500mg de curcumina con 475mg de curcuminoides totales o placebo dos veces al día por 10 días, 6 días pre ejercicio, un día libre y 3 días post ejercicio, los participantes completaron 5 series de 20 de drop jumps en una plataforma de 60 cm con 60 segundos de descanso pasivo para inducir el daño muscular, los parámetros evaluados se midieron antes, inmediatamente después, 24, 48 y 72h post ejercicio, la CK y el dolor muscular, los hallazgos fueron que la CK no tuvo diferencias en los grupos de curcumina y placebo, sin embargo, el dolor muscular si redujo en el grupo con la ingesta de curcumina y mantuvieron el rendimiento en los ejercicios.

Por último, el estudio llevado a cabo por Abbott et al. (35) sobre si la curcumina disminuye el dolor muscular de aparición tardía y las deficiencias de la función muscular después de un partido de fútbol, fue un ensayo aleatorizado controlado con placebo, se ocupó a 11 jugadores de los 23 equipos de la Liga Premier Inglesa, unos jugadores tomaron la dosis de 500mg de curcumina y otros tomaron el placebo, inmediatamente, 12h y 36h después del partido, se evaluó la altura de salto en contra movimiento (CMJ), el índice de fuerza reactiva (RSI) y el DOMS. Como resultado la ingesta de curcumina a las 12h post partido atenuó la deficiencia de CMJ y el RSI y a las 36h post partido hubo una reducción significativa del DOMS, esto en comparación con la ingesta de placebo.

**Tabla 3.** Resumen de los artículos sobre la suplementación de curcumina y el DOMS.

Autor	Participantes	Ejercicio para provocar el DOMS	Suplemento	Dosis y Protocolo de ingesta	Otras variables consideradas	Resultado sobre el DOMS
<b>Drobic et al. 2014 (23)</b>	20 hombres	45' carrera cuesta abajo en cinta (10% de pendiente)	curcumina (Meriva®)	1g dos veces al día 48h antes del ejercicio y 24h post ejercicio	CK↑ leve, IL-8↓	Disminución
<b>Nicol et al. 2015 (24)</b>	17 hombres	Prensa 5 x10 reps al 120% del 1 RM, 2x10reps al 100% del 1 RM	Curcumina	2.5g dos veces al día 2 días antes y 3 días después del ejercicio	CK↓, IL-6↓, TNF-α sin efecto	Disminución
<b>Tanabe et al. 2015 (25)</b>	14 hombres	50 ECC de flexores de codo con cada braza	Theracurmin (curcumina + nanopartículas)	150mg 1h antes y 12h después	MVC↓, CK↓, IL-6 y TNF-α no tuvieron cambios significativos	Disminución
<b>Nakhostian-Roohi et al. 2016 (26)</b>	10 hombres	7 series de 20 reps de sentadilla en maquina	Curcumina	150mg	TAC↑, CK↓, ALT↓, AST↓	Disminución
<b>Delecroix et al. 2017 (27)</b>	16 hombres	25 repeticiones en 25m de saltos a una pierna en una pendiente descendente	Curcumina + piperina	6g de curcumina + 60mg de piperina al día 48h antes y 48h después del ejercicio	CK↓, CRP sin efecto	Sin efecto
<b>Tanabe et al. 2019 (28)</b>	20 hombres	30 ECC de los flexores de codo	Curcumina (Theracurmin)	-180mg/d 7 días antes del ejercicio -180mg/d 7 días después del ejercicio	MVC↑, ROM↑, CK↓, IL-8↓	Disminución
<b>Tanabe et al. 2019 (29)</b>	24 hombres	30 ECC de los flexores de codo	Curcumina	-180mg 7 días antes -180mg 4 días después	CK sin efecto, ROM↑	Disminución
<b>Jager et al. 2019 (30)</b>	63 participantes, 32 mujeres, 31 hombres	45' carrera cuesta abajo en cinta (15% de pendiente)	curcumina (CurcuWIN)	-250mg 3 veces al día -100mg 3 veces al día	N/A	Disminución

<b>Basham et al. 2020 (31)</b>	20 hombres	15 minutos continuos de sentarse a una sola pierna con una altura de 42 cm, en total realizaron un total de 225 repeticiones	curcumina (CurcuFresh)	1.5g/d 1g en el desayuno 500mg en la merienda	CK↓, TNF-α↓, TAC sin alteraciones	Disminución
<b>Amalraj et al. 2020 (32)</b>	30 participantes	45' carrera cuesta abajo en cinta (10% de pendiente)	curcumina (Cureit)	500mg/d	CK↓	Disminución
<b>Mallard et al. 2021 (33)</b>	28 hombres	Prensa al 10 reps al 50%, 4-6 reps al 70% y 1 rep al 90% del 1RM, 4 series al 80% del 1 RM	curcumina con LipiSpere	500mg de Hydrocurc con 500mg o 1g de maltodextrina antes y después del ejercicio	CK↓, lactato↓, IL-6↓, IL-10↓ y el TFN-α↓	Disminución
<b>Hillman et al. 2022 (34)</b>	22 participantes, 5 mujeres y 17 hombres	5 series de 20 drop jumps con 6" de descanso	Curcumina	500mg dos veces al día por 10 días (6 días pre-ejercicio, 1 día libre y 3 días post ejercicio)	CK sin alteración	Disminución
<b>Abbott et al. 2023 (35)</b>	11 hombres	Partido de fútbol	Curcumina	500mg Inmediatamente acabar el partido, 12h y 36h post partido	CMJ↑, RSI↑	Disminución

DOMS=dolor muscular de aparición tardía, CK= Creatina Quinasa, MVC= Contracción Voluntaria Máxima, ROM= Rango de Movimiento, IL= Interleucina, TFN-α= Factor de necrosis tumoral, TAC= capacidad antioxidante total, AST= aspartato aminotransferasa, ALT= alanina aminotransferasa, CMJ= salto en contra movimiento, RSI= índice de fuerza reactiva, RM= repetición máxima, CRP= proteína C reactiva, ECC= contracción excéntrica

## 5. Discusión

El objetivo de esta revisión bibliográfica fue el de conocer los efectos que tiene la suplementación con curcumina en la aparición del dolor muscular tardío en atletas de resistencia, para lo cual se usaron 13 artículos.

Al realizar ejercicios excéntricos principalmente, causa la aparición del dolor muscular tardío (DOMS) después de una hora de haber finalizado los ejercicios, por lo cual los marcadores del daño muscular e inflamatorios se ven aumentados y se mantienen elevados hasta por algunos días, por lo cual con la revisión de artículos de los beneficios antiinflamatorios y antioxidantes que presenta la suplementación de curcumina, se analizan los posibles efectos que pueden tener para hacer frente al dolor muscular de aparición tardía y el efecto en los marcadores de daño muscular e inflamatorios.

En base a los estudios analizados, los efectos de la suplementación de curcumina logran disminuir el efecto del DOMS (23-26,28-35), mejorando los marcadores de daño muscular como la CK, el rango de movimiento (ROM), la contracción voluntaria máxima (MVC) (28,29,31,34,35) y los marcadores inflamatorios como el IL-6, IL-8, IL-10, TNF- $\alpha$  (24,25,26,33). Además, la combinación de curcumina con otros agentes como fosfolípidos, nanopartículas, lípidos, agentes hidrofílicos ayudaron a aumentar su biodisponibilidad y parece mostrar un efecto mayor sobre el DOMS en comparación con la ingesta de curcumina sola (23,25,28,30-33). Sin embargo, un solo estudio no mostró efectos significados sobre el DOMS ni en los marcadores de daño muscular e inflamatorios (27). El uso de curcumina con LipiSpense fue el estudio en el cual se analizaron más marcadores y todos tuvieron una disminución con la suplementación de este, siendo la dosis de 500mg de Hydrocurc con 500mg de maltodextrina antes y después del ejercicio (los 500mg de Hydrocurc contiene 450mg de extracto de curcumina o 427mg de curcuminoides con 50mg del sistema de entrega) (33), el uso de theracurmin que es curcumina más nanopartículas también presentó disminución en todos los marcadores analizados siendo la dosis ocupada de 150mg 1h antes del ejercicio y 12h post ejercicio (25).

Contestando a los objetivos de la revisión, la suplementación con curcumina ayuda a atenuar el dolor muscular de aparición tardía en los atletas de resistencia. A pesar de que no hay muchos estudios con ejercicios de resistencia, los pocos que hay han mostrado que la ingesta de curcumina disminuye el DOMS y, por ende, podrán tener una recuperación más rápida y evitar comprometer el rendimiento de los deportistas

(23,30,32,35). Existen muchos protocolos con la ingesta de curcumina por lo cual no hay uno protocolo fijo todavía, ya que esto varía dependiendo del compuesto de curcumina que se escoja y el tiempo óptimo para su consumo (28,29).

Recopilando toda la información existen ciertas limitaciones en los estudios, hay que destacar como por ejemplo el tamaño de la muestra que considero que en la mayoría de los estudios son muestras pequeñas ya que no superan las 30 personas exceptuando un estudio que tiene 63 participantes (30), por lo que considero que en muestras más grandes los resultados podrían variar. Los protocolos para producir el DOMS también son muy diferentes entre ellos, ya que hacen carrera cuesta abajo (23,30,32), curl de bíceps (25,28), prensa (24,33), sentadillas (26,27,31), drop jumps (34) o partido de fútbol (35), por lo cual dependiendo del protocolo que se escoja puede variar la aparición del nivel del DOMS por lo cual en un futuro se deberían tener protocolos más parecidos entre sí para evitar que puedan existir diferencias. Otra limitación son los protocolos y las dosis de la ingesta de curcumina ya que se usan dosis desde 150mg (25) hasta 6g (27) al día, siendo las dosis más comunes de 180mg/d (28) y de 500mg (32,33,34,35) también se usan diferentes suplementos de diferente marcas comerciales y agentes por lo cual dependiendo de cual se vaya a utilizar la dosis puede variar. Otro punto es que para las dosis en los diferentes estudios no se tiene en cuenta el peso corporal de los participantes, ya que solo para la selección de la muestra se escoge a participantes con un normopeso, por lo cual dependiendo del peso de la persona los efectos podrían ser diferentes, los tiempos de ingesta varían desde 48h pre-ejercicio o 7 días antes del ejercicio como 7 días después del ejercicio o 48h post ejercicio por lo cual es muy amplia la diferencia de días y de dosis por ende los resultados podrían ser diferentes dependiendo de cada caso. Otra variable es la duración de la ingesta ya que hay estudios con una duración de 72h y otros de hasta 4 semana. Sin embargo, analizando y comparado si existen alguna diferencia entre los tiempos de ingesta cortos y los tiempos de ingesta más largo, se puede decir que no hay diferencia ya que los resultados muestran la disminución del DOMS y también disminuyen marcadores de daño muscular e inflamación sin importa en tiempo de ingesta

En resumen, aunque la mayoría de los resultados sean favorables en cuanto al consumo de curcumina y la disminución del DOMS, aun no se ha consensuado una dosis, un momento ni una composición de curcumina fija. Por ende, futuras investigaciones deberán considerar estas variables para poder realizar un ensayo más preciso, al igual que el uso de un protocolo para inducir el DOMS se más preciso en cuanto al tipo, duración, intensidad y nivel del ejercicio excéntrico.

## 6. Aplicabilidad y nuevas líneas de investigación

### Primera parte

La revisión realizada deja varias preguntas sin una respuesta clara que en un futuro puedan ser resueltas de una forma más precisa y que se pueda ampliar la información sobre el tema abordado. Esta pregunta surgió luego de realizar la revisión, es de interés y de utilidad en el ámbito del deporte para conocer la composición de curcumina más beneficiosa para tener una mejor recuperación post ejercicio reduciendo el DOMS en los atletas de resistencia.

La pregunta es:

- ¿Cuál es la composición de curcumina más favorable frente al dolor muscular de aparición tardía (DOMS)?

#### 6.1. Diseños y tipo de estudio

Se realizará un ensayo clínico aleatorizado para conocer cual composición de curcumina es la más favorable en personas que realizan ejercicio físico regular.

Para este estudio 60 jugadores de un club de fútbol americano se aleatorizarán en 3 grupos: el 1 grupo consumirá 500mg curcumina con LipiSpere, el 2 grupo consumirá 500mg Theracurmin y el 3 grupo consumirá 500mg curcumina Phytosome con Meriva dos veces al día por 15 días. En el día 10 se realizará 5 series al fallo en máquina de curl de bíceps y 5 series al fallo de extensión de pierna usando el 60% del 1 RM para provocar el daño muscular.

Se medirá antes del ejercicio, justo después de finalizar, 24h, 48h y 72h post ejercicio los siguientes marcadores: creatina quinasa (CK), aparición del dolor muscular tardío (DOMS), la proteína C reactiva (PCR), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) y el rango de movimiento (ROM). Por último, también se observa la dosis absorbida de curcumina.

#### 6.2. Población diana

Los criterios de inclusión son: ser jugador de fútbol americano, masculino, edad entre 18 y 35 años, tener una masa corporal de 75 kg  $\pm$  10.0 kg y una altura de 180 cm  $\pm$  5cm. Los criterios de exclusión serán no pertenecer al club de fútbol americano seleccionado o no presentar los tres criterios de inclusión mencionados anteriormente.

### **6.3. Sistema de recogida de datos**

Los datos de recogerán en el día 10 antes del ejercicio, justo después de finalizar, 24h, 48h y 72h post ejercicio. Para los marcadores se recolectará muestras de sangre para creatina quinasa (CK), la proteína C reactiva (PCR) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) y la dosis absorbida, para la aparición del dolor muscular tardío (DOMS) se utilizará una Escala Visual Analógica (EVA), y el rango de movimiento (ROM) se determinará con la diferencia entre el ángulo de la articulación del codo medido dos veces con un goniómetro.

### **6.4. Variables del estudio**

Se evaluará un total de 6 marcadores: la CK, PCR, DOMS, TNF- $\alpha$ , ROM y la dosis absorbida.

### **6.5. Estrategia de análisis de datos**

Los datos se analizarán de forma estadística mediante el uso de un programa IBM SPSS Statistics. Los valores se expresarán como media  $\pm$  desviación estándar

### **6.6. Consideraciones éticas**

A todos los participantes se les informara sobre el estudio, su metodología, sus variables, sus riesgos y beneficios.

También se solicitará permiso al club deportivo y para así solicitar un consentimiento explicado claramente todo el proceso por escrito. Se considerará las normas del Comité Ético de Experimentación con Sujetos Humanos de la Universidad de Sevilla.

## **Segunda Parte**

Para este estudio se mantendrá el mismo diseño del experimento anterior, la segunda parte se tiene la siguiente pregunta en la cual se usará el compuesto más favorable obtenido en el primer experimento ya sea (**LipiSpense, Theracurmin o Pytosome**):

- ¿Cuál es el protocolo de suplementación más efectivo para la disminución del DOMS?

### **6.7. Diseños y tipo de estudio**

Se realizará un ensayo clínico aleatorizado para conocer cual el protocolo de la suplementación de curcumina más favorable en personas que realizan ejercicio físico regular.

Para este estudio 60 jugadores de un club de fútbol americano se aleatorizarán en 3 grupos: el 1 grupo consumirá 500mg de curcumina con el **compuesto más favorable del primer experimento** por 7 días antes y 7 días después del ejercicio, el 2 grupo consumirá 500mg **compuesto más favorable del primer experimento** por 15 días antes y 15 días después del ejercicio y el 3 grupo consumirá 500mg curcumina **compuesto más favorable del primer experimento** por 20 días antes y 20 días después del ejercicio. En el día 10 se realizará 5 series al fallo en máquina de curl de bíceps y 5 series al fallo de extensión de pierna usando el 60% del 1 RM para provocar el daño muscular.

Se medirá antes del ejercicio, justo después de finalizar, 24h, 48h y 72h post ejercicio los siguientes marcadores: creatina quinasa (CK), aparición del dolor muscular tardío (DOMS), la proteína C reactiva (PCR), el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ) y el rango de movimiento (ROM). Por último, también se observa la dosis absorbida de curcumina.

#### **6.8. Población diana**

Los criterios de inclusión son: ser jugador de fútbol americano, masculino, edad entre 18 y 35 años, tener una masa corporal de 75 kg  $\pm$  10.0 kg y una altura de 180 cm  $\pm$  5cm. Los criterios de exclusión serán no pertenecer al club de fútbol americano seleccionado o no presentar los tres criterios de inclusión mencionados anteriormente.

#### **6.9. Sistema de recogida de datos**

Los datos de recogerán en el día 10 antes del ejercicio, justo después de finalizar, 24h, 48h y 72h post ejercicio. Para los marcadores se recolectará muestras de sangre para creatina quinasa (CK), la proteína C reactiva (PCR) y el factor de necrosis tumoral alfa (TNF- $\alpha$ ), para la aparición del dolor muscular tardío (DOMS) se utilizará una Escala Visual Analógica (EVA), y el rango de movimiento (ROM) se determinará con la diferencia entre el ángulo de la articulación del codo medido dos veces con un goniómetro.

#### **6.10. Variables del estudio**

Se evaluará un total de 6 marcadores: la CK, PCR, DOMS, TNF- $\alpha$ , ROM.

#### **6.11. Estrategia de análisis de datos**

Los datos se analizarán de forma estadística mediante el uso de un programa IBM SPSS Statistics. Los valores se expresarán como media  $\pm$  desviación estándar

### **6.12. Consideraciones éticas**

A todos los participantes se les informara sobre el estudio, su metodología, sus variables, sus riesgos y beneficios.

También se solicitará permiso al club deportivo y para así solicitar un consentimiento explicado claramente todo el proceso por escrito. Se considerará las normas del Comité Ético de Experimentación con Sujetos Humanos de la Universidad de Sevilla.

## 7. Conclusiones

- La suplementación con curcumina logra disminuir el dolor muscular de aparición tardía también llamado DOMS.
- La combinación de curcumina con otros agentes para aumentar su biodisponibilidad muestra una mejora en los marcadores de daño muscular e inflamatorios siendo la CK, TFN- $\alpha$ , IL-6, IL-8.
- En atletas de resistencia la información aun es escasa ya que existen pocos protocolos para inducir el daño muscular que tengan que ver con ejercicios de resistencia o sean en atletas de resistencia.
- Existen varias cuestiones por aclarar ya que no se tiene una dosis fija, una composición adecuada, un protocolo exacto para inducir el DOMS y una duración de la ingesta de curcumina, esto debido a las variabilidades que presenta los estudios analizados.
- Sería interesante la elaboración de ensayos clínicos con un mejor diseño de estudio y con una muestra representativa, para evaluar cuidadosamente y realizar comparaciones entre varias dosis, compuestos, duraciones y protocolos de ejercicio excéntrico con un modelo establecido para todos.
- También que exista un enfoque en atletas de resistencia y así poder determinar de manera más certera los efectos sobre el DOMS para tener una dosis más exacta y que se pueda extrapolar a un grupo más grande de personas.

## 8. Bibliografía

- 1) Hewlings SJ, Kalman DS. Curcumin: A Review of Its' Effects on Human Health [Internet]. Foods [consultado 23 marzo 2023]. 2017; 6(92): p. 1-11. Disponible en: <https://doi:10.3390/foods6100092>
- 2) AIS. Australian Institute of Sport Position Statement: AIS; 2021.
- 3) Jabczyk M, Nowak J, Hudzik B, Zubelewicz-Szkodzińska B. Curcumin in Metabolic Health, and Disease [Internet]. Nutrients [consultado 23 marzo 2023]. 2021; 13(12): p. 1-12. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu13124440>
- 4) Kim Y, Clifton P. Curcumin, Cardiometabolic Health and Dementia [Internet]. Journal of Environmental and Public Health [consultado 24 abril 2023]. 2018; 3(15): p. 1-34. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/ijerph15102093>
- 5) Cas MD, Ghidoni R. Dietary Curcumin: Correlation between Bioavailability and Health Potential [Internet]. Nutrients Longevity [consultado 1 abril 2023]. 2019; 11(9): p. 1-14. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu11092147>
- 6) Braun W, Sforzo. Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) [Internet]. American College of Sports Medicine [consultado 26 marzo 2023]. 2011. Disponible en: <https://www.acsm.org/docs/default-source/files-for-resource-library/delayed-onset-muscle-soreness-%28doms%29.pdf>
- 7) Contró V, Pieretta E, Proia P. Delayed onset muscle soreness (DOMS) management: present state of the art [Internet]. Trends in Sport Sciences [consultado 26 marzo 2023]. 2016; 3(23): p. 121-127. Disponible en: [http://www.tss.awf.poznan.pl/files/2016/vol%2023%20no%203/1\\_Contro\\_TSS\\_2016\\_323\\_121-127.pdf](http://www.tss.awf.poznan.pl/files/2016/vol%2023%20no%203/1_Contro_TSS_2016_323_121-127.pdf)
- 8) Camacho-Villa MA, Reina-Torre D, Herrera-Villabona E, Delgado-Díaz D. Delayed onset muscle soreness intensity affects muscular performance [Internet]. Salud UIS [consultado 26 marzo 2023]. 2021. Disponible en: <https://doi.org/10.18273/saluduis.53.e:21036>
- 9) McKeigue ME, Liang MT, Ulety K, Wesley T. Mechanisms and Treatment of Delayed Onset Muscle Soreness in Athletes - A Review [Internet]. Journal of Biomedical Research & Environmentl Sciences [consultado 26 marzo 2023]. 2022; 3(7): p. 827-832. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.37871/jbres1519>.
- 10) Hotfiel T, Freiwald J, Wilhelm Hoppe M, Lutter C. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics [Internet]. Sportverl Sportschad [consultado 26 marzo 2023]. 2018; 32: p. 243-250. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/a-0753-1884>

- 11) Heiss R, Lutter, Freiwald, Hoppe MW, Grim C. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) – Part II: Treatment and Prevention [Internet]. Sportverl Sportschad [consultado 26 marzo 2023]. 2019; 33: p. 21-29. Disponible en: <https://doi.org/10.1055/a-0810-3516>
- 12) Fouré A, Bendahan D. Is Branched-Chain Amino Acids Supplementation an Efficient Nutritional Strategy to Alleviate Skeletal Muscle Damage? A Systematic Review [Internet]. Nutrients [consultado 27 marzo 2023]. 2017; 9(10): p. 1-15. Disponible en: <https://doi.org/10.3390/nu9101047>
- 13) Hurley CF, Hatfield DL, Riebe DA. The effect of caffeine ingestion on delayed onset muscle soreness [Internet]. The Journal of Strength & Conditioning Research [consultado 27 marzo 2023]. 2013; 27(11): p. 3101-9. Disponible en: doi: 10.1519/JSC.0b013e3182a99477
- 14) Kyriakidou Y, Wood, Ferrier C. The effect of Omega-3 polyunsaturated fatty acid supplementation on exercise induced muscle damage [Internet]. Journal of the International Society of Sports Nutrition [consultado 27 marzo 2023]. 2021; 18(9): p. 1-11. Disponible en: <https://doi.org/10.1186/s12970-020-00405-1>
- 15) Candia-Luján, De Paz Fernández JA, Costa Moreira. ¿Son efectivos los suplementos antioxidantes en la disminución del dolor muscular tardío? Una revisión sistemática [Internet]. Nutrición Hospitalaria [consultado 27 marzo 2023]. 2015; 31(1): p. 32-45. Disponible en: DOI:10.3305/nh.2015.31.1.8171
- 16) Tanabe Y, Fujii N. Dietary Supplementation for Attenuating Exercise-Induced Muscle Damage and Delayed-Onset Muscle Soreness in Humans [Internet]. Nutrients [consultado 27 marzo 2023]. 2022; 14(1): p. 1-20. Disponible en: doi: 10.3390/nu14010070
- 17) Yoon WY, Lee K, Kim J. Curcumin supplementation and delayed onset muscle soreness (DOMS): effects, mechanisms, and practical considerations [Internet]. Physical Activity and Nutrition [consultado 27 marzo 2023]. 2020; 24(3): p. 39-43. Disponible en: <https://doi.org/10.20463/pan.2020.0020>
- 18) Gomes Suhett, Monteiro RdM, Souza BK, Gualandi Leal AC, Melo de Brito AD, Farias de Novaes J. Effects of curcumin supplementation on sport and physical exercise: a systematic review [Internet]. Critical Reviews in Food Science and Nutrition [consultado 27 marzo 2023]. 2021; 61(6): p. 946-958. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/10408398.2020.1749025>
- 19) Nanavati K, Rutherford Markwick K, Lee SJ, Bishop NC. Effect of curcumin supplementation on exercise induced muscle damage: a narrative review [Internet]. European Journal of Nutrition [consultado 27 marzo 2023]. 2022; 61: p. 3835-3855. Disponible en: <https://doi.org/10.1007/s00394-022-02943-7>

- 20) Nicol LM, Rowlands DS, Fazakerly R, Kellett J. Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS) [Internet]. *European Journal of Applied Physiology* [consultado 27 marzo 2023]. 2015; 115(8): p. 1769-1777. Disponible en: 10.1007/s00421-015-3152-6
- 21) Aparecida Días, Rosignoli da Conceição, Alves Oliveira L, Santana Pereira SM. Effects of Curcumin Supplementation on Inflammatory Markers, Muscle Damage, and Sports Performance during Acute Physical Exercise in Sedentary Individuals [Internet]. *Oxidative Medicine and Cellular Longevity* [consultado 27 marzo 2023]. 2021; 3(5): p. 1-13. Disponible en: <https://doi.org/10.1155/2021/9264639>
- 22) Martínez Díaz JD, Ortega Chacón V, Muñoz Ronda FJ. El diseño de preguntas clínicas en la práctica basada en la evidencia. Modelos de formulación [Internet]. *Enfermería Global* [consultado 27 marzo 2023]. 2016; 15(43). Disponible en: [https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1695-61412016000300016](https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1695-61412016000300016)
- 23) Drobnic F, Riera J, Appendino, Togni, Franceschi F. Reduction of delayed onset muscle soreness by a novel curcumin delivery system (Meriva®): a randomised, placebo-controlled trial [Internet]. *Journal of the International Society of Sports Nutrition* [consultado 4 abril 2023]. 2014; 11(31): p. 1-10. Disponible en: <http://www.jissn.com/content/11/1/31>
- 24) Nicol LM, Rowlands DS, Fazakerly R, Kellett J. Curcumin supplementation likely attenuates delayed onset muscle soreness (DOMS) [Internet]. *European Journal of Applied Physiology* [consultado 4 abril 2023]. 2015; 115: p. 1769-1777. Disponible en: DOI 10.1007/s00421-015-3152-6
- 25) Tanabe Y, Maeda, Akazawa N, Zempo Miyaki A, Choi, Ra, et al. Attenuation of indirect markers of eccentric exercise induced muscle damage by curcumin [Internet]. *European Journal of Applied Physiology* [consultado 4 abril 2023]. 2015; 115: p. 1949-1957. Disponible en: DOI 10.1007/s00421-015-3170-4
- 26) Nakhostin-Roohi B, Moradlou AN, Hamidabad SM, Ghanivand B. The Effect of Curcumin Supplementation on Selected Markers of Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) [Internet]. *Annals of Applied Sport Science* [consultado 4 abril 2023]. 2016; 4(2): p. 25-31. Disponible en: DOI: 10.18869/acadpub.aassjournal.4.2.25
- 27) Delecroix B, Abaïdia AE, Leduc C, Dawson B, Dupont. Curcumin and Piperine Supplementation and Recovery Following Exercise Induced Muscle Damage: A Randomized Controlled Trial [Internet]. *Journal of Sports Science and Medicine* [consultado 4 abril 2023]. 2017; 16: p. 147-153. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5358025/>

- 28) Tanabe Y, Chino, Ohnishi T, Ozawa, Sagayama , Maeda , et al. Effects of oral curcumin ingested before or after eccentric exercise on markers of muscle damage and inflammation [Internet]. Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports [consultado 4 abril 2023]. 2019; 29: p. 524-534. Disponible en: DOI: 10.1111/sms.13373
- 29) Tanabe Y, Chino, Sagayama H. Effective Timing of Curcumin Ingestion to Attenuate Eccentric Exercise-Induced Muscle Soreness in Men [Internet]. Journal of Nutritional Science and Vitaminology [consultado 4 abril 2023]. 2019; 65: p. 82-89. Disponible en: DOI: 10.3177/jnsv.65.82
- 30) Jäger R, Purpura M, Kerksick CM. Eight Weeks of a High Dose of Curcumin Supplementation May Attenuate Performance Decrements Following Muscle-Damaging Exercise [Internet]. Nutrients [consultado 4 abril 2023]. 2019; 11: p. 1-14. Disponible en: doi:10.3390/nu11071692
- 31) Basham SA, Waldman Hunter, Krings BM, Lambert John. Effect of Curcumin Supplementation on Exercise-Induced Oxidative Stress, Inflammation, Muscle Damage, and Muscle Damage, and Muscle Soreness [Internet]. Journal of Dietary Supplements [consultado 4 abril 2023]. 2020; 17(4): p. 401-414. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19390211.2019.1604604>
- 32) Amalraj A, Divya C, Gopi. The Effects of Bioavailable Curcumin (Cureit) on Delayed Onset Muscle Soreness Induced by Eccentric Continuous Exercise: A Randomized, Placebo-Controlled, Double-Blind Clinical Study [Internet]. Journal of Medicinal Food [consultado 4 abril 2023]. 2020; 23(5): p. 545-553. Disponible en: DOI: 10.1089/jmf.2019.4533
- 33) Mallard AR, Briskey D, Richards A, Rao. Curcumin Improves Delayed Onset Muscle Soreness and Postexercise Lactate Accumulation [Internet]. Journal of Dietary Supplements [consultado 4 abril 2023]. 2020; 18(5): p. 531-542. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19390211.2020.1796885>
- 34) Hillman AR, Gerchman A, O'Hora E. Ten Days of Curcumin Supplementation Attenuates Subjective Soreness and Maintains Muscular Power Following Plyometric Exercise [Internet]. Journal of Dietary Supplements [consultado 4 abril 2023]. 2022; 19(3): p. 303-317. Disponible en: <https://doi.org/10.1080/19390211.2021.1875101>
- 35) Abbott W, Hansell EJ, Brett, Škarabot, James LJ, Clifford. Curcumin attenuates delayed-onset muscle soreness and muscle function deficits following a soccer match in male professional soccer players [Internet]. International Journal of Sports Physiology and Performance [consultado 4 abril 2023]. 2023; 18(4): p. 347-353. Disponible en: <https://doi.org/10.1123/ijsp.2022-0283>