



Universidad de Valladolid



Universidad de Valladolid

Facultad de
Ciencias de la Salud
de Soria

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**PERCEPCIÓN Y MODULACIÓN DEL DOLOR EN ATLETAS. REVISIÓN
SISTEMÁTICA**

Presentado por: David Balbás Lara

Tutor: Ignacio Hernando Garijo

Soria, a 2 de junio de 2023

ÍNDICE

GLOSARIO DE ABREVIATURAS	5
RESUMEN	6
1. INTRODUCCIÓN	7
1.1. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DEL DOLOR.....	7
1.2. RELACIÓN ENTRE EL DOLOR Y LA NOCICEPCIÓN.....	7
1.3. VÍAS ASCENDENTES DE LA TRANSMISIÓN NOCICEPTIVA.....	7
1.4. VÍAS NOCICEPTIVAS DESCENDENTES.....	8
1.5. ALTERACIONES DE LA TRANSMISIÓN NOCICEPTIVA EN EL SNC.....	10
1.6. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA NOCICEPTIVO.....	10
1.7. ESTADO DEL SISTEMA NOCICEPTIVO Y SU RELACIÓN CON EL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA Y EL PRONÓSTICO DEL PACIENTE.....	11
1.8. JUSTIFICACIÓN.....	12
2. OBJETIVOS	13
2.1. OBJETIVO GENERAL.....	13
2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	13
3. MATERIAL Y MÉTODOS	14
3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO.....	14
3.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	14
3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN.....	14
3.4. SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS.....	15
3.5. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS.....	15
4. RESULTADOS	16
4.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS.....	16
4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS.....	17
4.3. CALIDAD METODOLÓGICA DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS.....	17
4.4. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS.....	18
4.4.1. MODULACIÓN CONDICIONANTE DEL DOLOR.....	18
4.4.2. SUMACIÓN TEMPORAL DEL DOLOR.....	18
4.4.3. UMBRAL Y TOLERANCIA AL DOLOR POR PRESIÓN.....	18
4.4.4. UMBRAL Y TOLERANCIA AL DOLOR POR ESTÍMULOS TÉRMICOS.....	18
4.4.5. EXPERIENCIA DE DOLOR PERCIBIDA.....	18
5. DISCUSIÓN	19
6. CONCLUSIONES	21
7. BIBLIOGRAFÍA	22
8. ANEXOS	25

8.1.	ANEXO I. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA.....	25
8.2.	ANEXO II. THE DOWNS AND BLACK CHECKLIST	26
8.3.	ANEXO III. TABLA DE RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS	30

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

PRISMA: Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses

WoS: Web of Science

MCD: Modulación condicionante del dolor

AIED: Asociación Internacional para el Estudio del Dolor

SNC: Sistema nervioso central

SRD: Subnúcleo reticular dorsal

VAS: Visual Analogue Scale

RESUMEN

Introducción: El dolor es una experiencia sensorial y emocional compleja que se da a través de un proceso fisiológico conocido como la nocicepción. El estado del sistema nociceptivo parece encontrarse deteriorado en varias patologías y podría condicionar la respuesta analgésica de diversos tratamientos. La práctica habitual de actividad física podría influir en el funcionamiento de este sistema.

Objetivos: El objetivo de esta revisión fue comparar la modulación y percepción del dolor en atletas con respecto a individuos sedentarios o con niveles normales de actividad física.

Métodos: Se realizó una revisión sistemática acorde con los criterios PRISMA. Se realizaron búsquedas en las bases de datos Medline (Pubmed), Web of Science (WoS) y Cochrane Library. Se seleccionaron estudios que compararan un grupo de atletas con respecto a otro de no atletas en variables relacionadas con el dolor, como la modulación condicionante del dolor (MCD), la sumación temporal del dolor, el umbral de dolor a la presión, el umbral y tolerancia al dolor por estímulos térmicos y la experiencia de dolor percibida. Se utilizó The Downs and Black Checklist para establecer la calidad metodológica de cada uno de ellos.

Resultados: Siete estudios cumplieron los criterios de inclusión. La calidad metodológica de todos los estudios fue moderada. Se encontraron diferencias en la tolerancia al dolor ante estímulos térmicos y mecánicos en favor del grupo de atletas. Además, la mayoría de estudios encontraron mayor MCD en atletas. Sin embargo, no se encontraron diferencias en la sumación temporal del dolor, la ansiedad, el catastrofismo o la experiencia de dolor entre atletas y no atletas.

Conclusión: Los resultados obtenidos podrían sugerir una relación entre el nivel de actividad física y el estado del sistema nociceptivo, pudiendo ser este más eficiente en atletas en comparación con no atletas.

Palabras clave: Dolor, nocicepción, atletas, modulación condicionante del dolor.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. CONCEPTO Y CLASIFICACIÓN DEL DOLOR

La Asociación Internacional para el Estudio del Dolor (AIED) define el dolor como “una experiencia sensorial y emocional desagradable, asociada o similar a la asociada a una lesión tisular real o potencial” (1). Esta experiencia final de dolor es fruto de la interacción de un componente sensorial-discriminativo, otro cognitivo-evaluativo y otro afectivo-emocional. Por lo tanto, en ella intervienen áreas del Sistema Nervioso Central (SNC) relacionadas con la cognición, las emociones y el sistema somatosensorial.

Según la AIED el dolor está clasificado en tres grupos principales: dolor nociceptivo, dolor neuropático y dolor nociplástico, este último introducido en 2017. El dolor nociceptivo es un dolor que surge del daño o amenaza real al tejido no neural y que es debido a la activación de los nociceptores ante estímulos mecánicos, químicos o térmicos. El dolor neuropático es el dolor causado por una lesión o enfermedad del sistema nervioso central o periférico. Por último, el dolor nociplástico es el dolor que surge como resultado de una nocicepción alterada a pesar de que no haya evidencia de daño del tejido, enfermedad o lesión del sistema somatosensorial que provoque la activación de los nociceptores periféricos (2,3).

1.2. RELACIÓN ENTRE EL DOLOR Y LA NOCICEPCIÓN

La nocicepción es un proceso fisiológico en el que se transmite una señal eléctrica provocada por un estímulo dañino o potencialmente dañino a través del circuito neuronal, captada por los nociceptores desde la periferia del organismo hasta los centros cerebrales superiores del SNC (4).

Sin embargo, el dolor es una experiencia consciente y subjetiva que surge como consecuencia de la interacción entre la memoria, el circuito cerebral tanto atencional como afectivo y los *inputs* sensoriales que percibe la persona (5).

Aunque empíricamente no parece posible determinar con certeza que la percepción del dolor sea el resultado final y exclusivo de la transmisión nociceptiva, se podría decir que la nocicepción comprende los procesos fisiológicos que subyacen a la percepción del dolor (2,6).

1.3. VÍAS ASCENDENTES DE LA TRANSMISIÓN NOCICEPTIVA

La transmisión nociceptiva desde la periferia hasta el cerebro es un mecanismo complejo y parece tener como resultado final la experiencia de dolor. La localización, intensidad y patrón temporal del estímulo nociceptivo son transducidos a una señal química reconocible gracias a nociceptores en las terminaciones nerviosas de las neuronas sensoriales, donde se produce una despolarización. Si esta despolarización alcanza un umbral crítico, un potencial de acción eléctrico es propagado a lo largo del nervio sensorial hasta la médula espinal. Los nociceptores, que son los receptores encargados de detectar el daño tisular, son excitados debido a tres tipos de estímulos: mecánicos, térmicos y químicos (2,7). Hay dos tipos de fibras nerviosas encargadas de la transmisión nociceptiva: las fibras A-delta mielinizadas, que son fibras de conducción rápida, y las fibras C desmielinizadas, que son fibras de conducción lenta y cuya función es reunir la mayor parte de la información sensorial nociceptiva para transmitirla hacia la médula espinal (2).

Los cuerpos de las neuronas sensoriales (primera neurona) están ubicados en el ganglio de la raíz dorsal, y transmiten información hacia el asta dorsal de la médula espinal (7). Una vez la información llega a este asta dorsal, se transmite varios segmentos espinales a través del tracto de Lissauer, hasta que la primera neurona sinapta con la segunda neurona, decusándose posteriormente y ascendiendo sus fibras a través de las láminas medulares (2,7,8).

Dentro de la médula espinal se encuentran diferentes tractos, cuya función es la de transportar la información desde las láminas medulares donde se encuentra la segunda neurona hasta los centros cerebrales superiores (tercera neurona) (7,8) (Figura 1).

Los estímulos nociceptivos ascienden activando diversas regiones corticales. El córtex somatosensorial primario y el córtex somatosensorial secundario parecen encargados de percibir cualidades discriminativas del estímulo nociceptivo, como la intensidad y la localización; el córtex cingulado anterior y la ínsula parecen relacionarse con los componentes afectivo-emocionales del dolor, mientras que las áreas corticales prefrontales se relacionan con los componentes cognitivo-evaluativos del dolor (7,9).

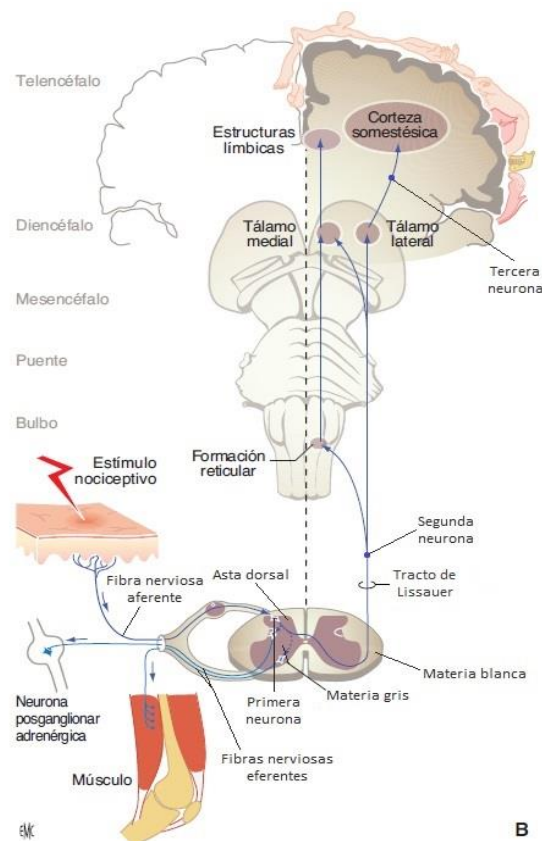


Figura 1. Esquema de la vía ascendente de la transmisión de la señal nociceptiva (10).

1.4. VÍAS NOCICEPTIVAS DESCENDENTES

Se han descrito varias vías descendentes que parecen desempeñar un papel en la modulación y la inhibición de la transmisión nociceptiva, regulando las señales provenientes de los estímulos dolorosos primarios.

Las principales vías descendentes involucran ciertas estructuras supraespinales como son la médula rostral ventromedial, el segmento dorsolateral pontomesencefálico y la región periacuaductal gris; y se proyectan hacia las láminas I y II en el asta dorsal de la médula espinal. Estas vías están mediadas por neurotransmisores serotoninérgicos, dopaminérgicos y opioides (7).

Los neurotransmisores serotoninérgicos son los encargados de inhibir el dolor persistente y los neurotransmisores dopaminérgicos tienen la finalidad de provocar bien un efecto antinociceptivo o bien un efecto pronociceptivo en el sistema nervioso descendente (7,11).

Los opioides activan células OFF e inhiben células ON. Estas células se encuentran en la médula rostral ventromedial, y tienen un papel regulador de la transmisión del dolor, ya que las células OFF disminuyen la transmisión nociceptiva hacia centros nerviosos superiores, mientras que las células ON facilitan esta transmisión (7,11).

Además, existe otra vía, mediada por el subnúcleo reticular dorsal (SRD; situado en la parte más caudal del bulbo raquídeo) y que llega hasta el asta dorsal de la médula espinal, a través de la cual parece producirse la denominada modulación condicionante del dolor (MCD) (Figura 2). Consiste en que una estimulación nociceptiva aplicada en un lugar del cuerpo es capaz de generar una analgesia generalizada y reducir la sensibilidad al dolor en otra región alejada de la primera. Es entendida como una respuesta de adaptación frente al dolor con el fin de discriminar el estímulo potencialmente más peligroso, o bien se podría encargar de atenuar la percepción de dolor una vez cesa el estímulo dañino (10,12,13).

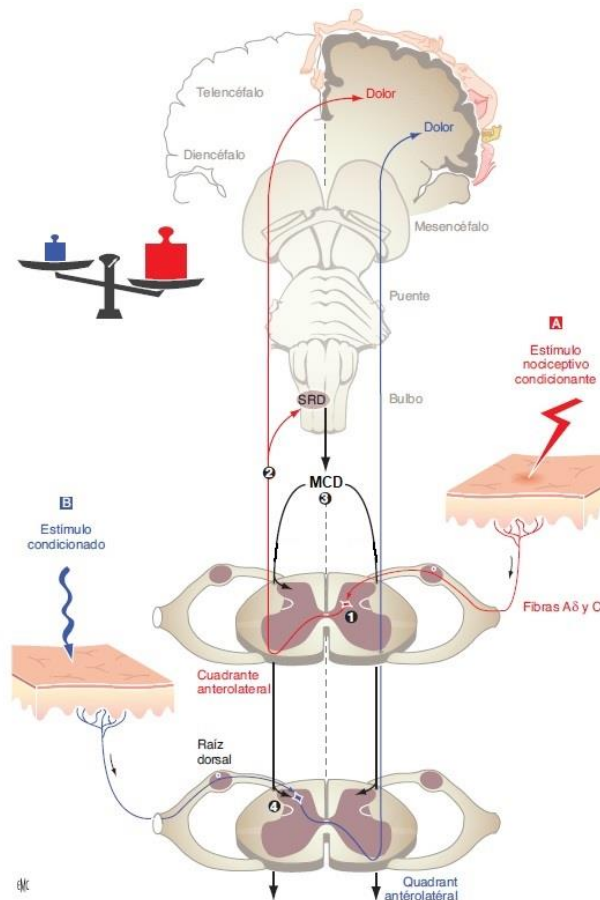


Figura 2. Esquema de la modulación condicionante del dolor (10).
SRD: subnúcleo reticular dorsal; MCD: modulación condicionante del dolor

1.5. ALTERACIONES DE LA TRANSMISIÓN NOCICEPTIVA EN EL SNC

En ciertas ocasiones, como en cuadros persistentes o generalizados de dolor, puede existir una potenciación o amplificación de la transmisión nociceptiva tanto a nivel periférico como central. Cuando ocurre a nivel central se denomina sensibilización central y se aprecia especialmente una hiperexcitabilidad neuronal a nivel del asta dorsal de la médula espinal. Es un proceso desadaptativo que genera un estado de alarma constante en el SNC y se aleja del sistema de protección que supone la percepción de dolor en condiciones normales.

Esta sensibilización central en algunos casos da lugar a una hiperexcitabilidad de las segundas neuronas del asta dorsal de la médula espinal, lo que provoca fenómenos como la hiperalgesia o la alodinia (2,14).

La hiperalgesia es un fenómeno natural que consiste en una disminución del umbral ante la estimulación mecánica o térmica que provoca dolor, llevando a cabo consigo un aumento de la sensación de dolor en la zona donde se ha producido el estímulo nocivo (2,14). Por su parte, la alodinia corresponde con la sensación de dolor experimentada como respuesta ante estímulos normalmente no dolorosos (2,14).

Además, esta sensibilización central también se relaciona con la sumación temporal del dolor, que consiste en un proceso fisiológico a través del cual se percibe un aumento progresivo del dolor cuando una persona se expone repetidamente a un estímulo doloroso de intensidad constante (3,13).

La MCD es un proceso caracterizado por la analgesia generalizada que se produce después de aplicar estímulo doloroso en una región corporal determinada. En individuos con sensibilización central se observa este fenómeno atenuado, lo que refleja menor eficiencia de las vías inhibitorias descendentes del sistema nervioso. (3,12,13,15,16).

La presencia de sensibilización central es un proceso que parece subyacer al dolor generalizado de larga duración y al dolor clasificado como nociplástico. Los pacientes con características compatibles con sensibilización central presentan peor experiencia de dolor y una respuesta menos exitosa al tratamiento. Es posible valorar si un paciente presenta características compatibles con sensibilización central a través de los test cuantitativos sensoriales (3).

1.6. PROCEDIMIENTOS DE EVALUACIÓN DEL SISTEMA NOCICEPTIVO

Los procedimientos de medición indirecta del estado del sistema nociceptivo se denominan test cuantitativos sensoriales. Estos test cuantitativos sensoriales corresponden con una serie de técnicas psico-físicas cuyo objetivo es determinar si el sistema nociceptivo es eficiente o presenta alguna de las alteraciones mencionadas anteriormente. Además, permiten la detección y cuantificación de sensaciones tanto aumentadas como disminuidas en la relación estímulo-respuesta de dolor (15). Los test cuantitativos sensoriales se dividen en dos tipos a su vez: estáticos y dinámicos.

Los test cuantitativos sensoriales estáticos determinan los umbrales de dolor mediante la relación entre la intensidad objetiva de un estímulo mecánico, térmico o químico y la experiencia de dolor percibida por el individuo cuando se expone al estímulo nociceptivo. Por ejemplo, el umbral de dolor a la presión se mide aumentando progresivamente la intensidad de un estímulo mecánico, generado normalmente mediante un algómetro, hasta que el individuo comienza a sentir dolor (15). Los umbrales de dolor al calor y al frío también se utilizan con frecuencia para averiguar el punto en el que un estímulo no doloroso pasa a convertirse en doloroso mediante

la estimulación térmica (15). Los umbrales de tolerancia al dolor son menos evaluados, y se basan en cuantificar el máximo grado de intensidad del estímulo aplicado que el individuo es capaz de soportar (15).

Por otro lado, los test cuantitativos sensoriales dinámicos se utilizan para la investigación del procesamiento central de sensaciones dolorosas mediante la evaluación de cambios en la respuesta individual de dolor ante la aplicación de diferentes estímulos, o un mismo estímulo aplicado repetidas veces. Uno de ellos es la sumación temporal del dolor, que se utiliza para evaluar la sensibilización central del dolor mediante la facilitación ascendente de la señal nociceptiva gracias a la aplicación repetida de un estímulo poco doloroso (mecánico o térmico) a una intensidad uniforme. Si los niveles de dolor aumentan tras varias aplicaciones, se prueba la existencia de este fenómeno (13,15).

Otro test cuantitativo sensorial dinámico es la MCD, la cual evalúa la modulación endógena descendente del dolor mediante la medición del umbral de dolor a la presión (estímulo condicionado) antes y después de la aplicación de otro estímulo doloroso condicionante en una región distante. Cuando este fenómeno funciona adecuadamente, el umbral de dolor se verá aumentado tras la aplicación del estímulo condicionante (13,15).

Umbrales de dolor más altos, umbrales de tolerancia más elevados, mayor MCD o menor sumación temporal del dolor se relacionan con una mejor eficiencia del sistema nociceptivo. En los casos en los que se observen umbrales de dolor o tolerancia al dolor más bajos (hiperalgesia), menor MCD o mayor sumación temporal del dolor suelen apreciarse creencias, pensamientos y comportamientos desadaptativos frente al dolor como actitud catastrofista y pasiva, magnificación del dolor o rumiación (15). En los pacientes es posible analizar la existencia de estos hallazgos mediante cuestionarios o escalas, como *“Pain Anxiety Symptoms Scale”*, *“Pain Catastrophizing Scale”*, *“The Fear of Pain Questionnaire”* o *“Pain Experience Scale”* (17).

1.7. ESTADO DEL SISTEMA NOCICEPTIVO Y SU RELACIÓN CON EL NIVEL DE ACTIVIDAD FÍSICA Y EL PRONÓSTICO DEL PACIENTE

El estado del sistema nociceptivo podría ser un aspecto muy importante a la hora de evaluar tanto el pronóstico como la respuesta al tratamiento ante diferentes afecciones. En pacientes con dolor lumbar crónico inespecífico, fibromialgia o síndrome de dolor regional complejo se ha observado una hiperalgesia, alodinia y una menor MCD en comparación con pacientes que no presentan este problema (18–21), lo que sugiere baja eficiencia del sistema nociceptivo. Este tipo de pacientes habitualmente muestran una insuficiente reducción del dolor a largo plazo con tratamientos como el masaje sueco, la acupuntura o la punción seca (22–25). De esta manera, el efecto analgésico de ciertos tratamientos podría estar explicado, al menos en parte, por la puesta en marcha de los sistemas endógenos inhibidores del dolor en el SNC, y un sistema ineficiente podría generar pobre respuesta al tratamiento dirigido a la reducción del dolor

Además, el funcionamiento del sistema nociceptivo podría tener una relación con el nivel de actividad física. Los pacientes con características compatibles con la sensibilización central presentan a menudo un estilo de vida sedentario (26). Se ha sugerido, a su vez, que los atletas o personas con un mayor nivel de actividad física parecen responder mejor al tratamiento que las personas sedentarias o que presentan un menor nivel de actividad física (27). De esta manera, el nivel de actividad física de cada individuo podría influir estrechamente en el estado

del sistema nociceptivo, que a su vez podría determinar la respuesta a diversos tratamientos en términos de dolor.

1.8. JUSTIFICACIÓN

El dolor es una experiencia compleja que surge de la interacción de un componente sensorial-discriminativo, uno cognitivo-evaluativo y otro afectivo-emocional. La nocicepción es el conjunto de mecanismos fisiológicos que parece subyacer a la experiencia de dolor.

La alteración del sistema nociceptivo se ha observado en diversas patologías que cursan con dolor crónico y pobre respuesta a tratamiento. Por tanto, el estado en el que se encuentre el sistema nociceptivo de cada individuo podría tener relación con el éxito o el fracaso de los diferentes tratamientos llevados a cabo a la hora de manejar enfermedades con cuadros de dolor. Para ello, la realización de actividad física de forma habitual podría determinar el buen funcionamiento de estos sistemas y, por tanto, el pronóstico de respuesta al tratamiento en términos de disminución del dolor.

Debido a la poca evidencia disponible hasta el momento acerca de este tema, es necesario llevar a cabo una síntesis y actualización de toda la evidencia científica disponible acerca del estado del sistema nociceptivo y la relación que este presenta con la práctica de actividad física.

2. OBJETIVOS

2.1. OBJETIVO GENERAL

El objetivo general de esta revisión sistemática fue comparar la modulación y percepción del dolor en atletas con respecto a individuos sedentarios o con niveles normales de actividad física.

2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Los objetivos específicos fueron:

- Analizar la MCD en atletas, en comparación con individuos sedentarios o con un nivel de actividad física normal.
- Analizar la sumación temporal del dolor en atletas, en comparación con individuos sedentarios o con un nivel de actividad física normal.
- Analizar el umbral de dolor a la presión en atletas, en comparación con individuos sedentarios o con un nivel de actividad física normal.
- Analizar el umbral y tolerancia al dolor por estímulos térmicos en atletas, en comparación con individuos sedentarios o con un nivel de actividad física normal.
- Analizar la experiencia de dolor percibida en atletas, en comparación con individuos sedentarios o con un nivel de actividad física normal.
- Comparar la modulación y percepción del dolor entre diferentes tipos de atletas.

3. MATERIAL Y MÉTODOS

3.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se llevó a cabo una revisión sistemática para analizar la percepción y modulación del dolor en atletas en comparación con sujetos sanos. Para la realización de la misma, se siguieron las indicaciones establecidas en la declaración PRISMA (*Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyses*) (28).

3.2. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

Los datos de la búsqueda bibliográfica se obtuvieron en septiembre de 2022 a partir de tres bases de datos: Medline (Pubmed), Web of Science (WoS) y Cochrane Library.

Los términos que se utilizaron en estas tres bases de datos fueron: “*Conditioned pain modulation*”, “*Pressure pain threshold*”, “*Temporal summation of pain*”, “*Spatial summation*”, “*Heat pain threshold*”, “*Cold pressor pain ratings*” y “*Athletes*”, combinándolos con los operadores booleanos “AND” y “OR”. En el Anexo 1 se puede observar la estrategia de búsqueda de forma detallada.

3.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Para la realización de la selección de los artículos se establecieron los siguientes criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Población: individuos mayores de 18 años, que participaran a un nivel alto en su deporte (compitiendo a nivel nacional o internacional).
- Comparación: atletas de élite que realizaran otra disciplina deportiva diferente o individuos sanos que realizaran actividad física a un nivel moderado o bajo, no considerados atletas de élite.
- Resultados: estudios que evaluaran la MCD, la sumación temporal del dolor, el umbral de dolor a la presión, el umbral y tolerancia al dolor por estímulos térmicos y la experiencia de dolor percibida.
- Diseño del estudio: ensayos clínicos o estudios transversales de casos y controles.
- Lenguaje: español o inglés.
- Año de publicación: desde enero del 2012 hasta diciembre del 2022.

Criterios de exclusión:

- Revisiones sistemáticas o revisiones bibliográficas.
- Estudios que no comparen cuantitativamente las variables de estudio entre el grupo de atletas con el de no atletas.
- Estudios que incluyan individuos con patologías o dolor crónico.

3.4. SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

Tras realizar la búsqueda, se eliminaron de esta los estudios duplicados en dos o más de las diferentes bases de datos utilizadas. Posteriormente, se realizó un cribado por título y resumen. Tras este primer cribado, se llevó a cabo un segundo filtrado en el que se excluyeron los estudios que no cumplían los criterios de selección. Por último, se llevó a cabo una revisión a texto completo de cada uno de los artículos seleccionados.

3.5. ANÁLISIS DE LOS ESTUDIOS

Para evaluar la calidad metodológica de los artículos se utilizó The Downs and Black Checklist, la cual valora tanto los ensayos clínicos como los estudios observacionales analíticos (29). Esta escala tiene un total de 28 preguntas, cuyas respuestas pueden ser “sí”, “no”, “incapaz de determinar” o “parcialmente” (esta última solo en la pregunta 5); otorgándose al “sí” una puntuación de 1, al “no” una puntuación de 0 y al “incapaz de determinar” 0 puntos. La puntuación máxima que un estudio puede alcanzar en esta escala sumando las puntuaciones de todas las preguntas es de 28 puntos.

Dependiendo de dicha puntuación final se consideró si el estudio tenía una calidad metodológica pobre (0-14 puntos), moderada (15-19 puntos), buena (20-25 puntos) o excelente (26-28 puntos).

4. RESULTADOS

4.1. PROCESO DE SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

En la búsqueda inicial se obtuvieron un total de 764 artículos entre las diferentes bases de datos (521 en Medline, 128 en Web of Science y 115 en Cochrane Library). Tras descartar los artículos duplicados y hacer un cribado según los criterios de selección se obtuvieron un total de 10 artículos relevantes para ser leídos a texto completo. Finalmente, se incluyeron en la revisión 7 artículos disponibles a texto completo. El proceso de selección de los artículos se detalla en la Figura 3.

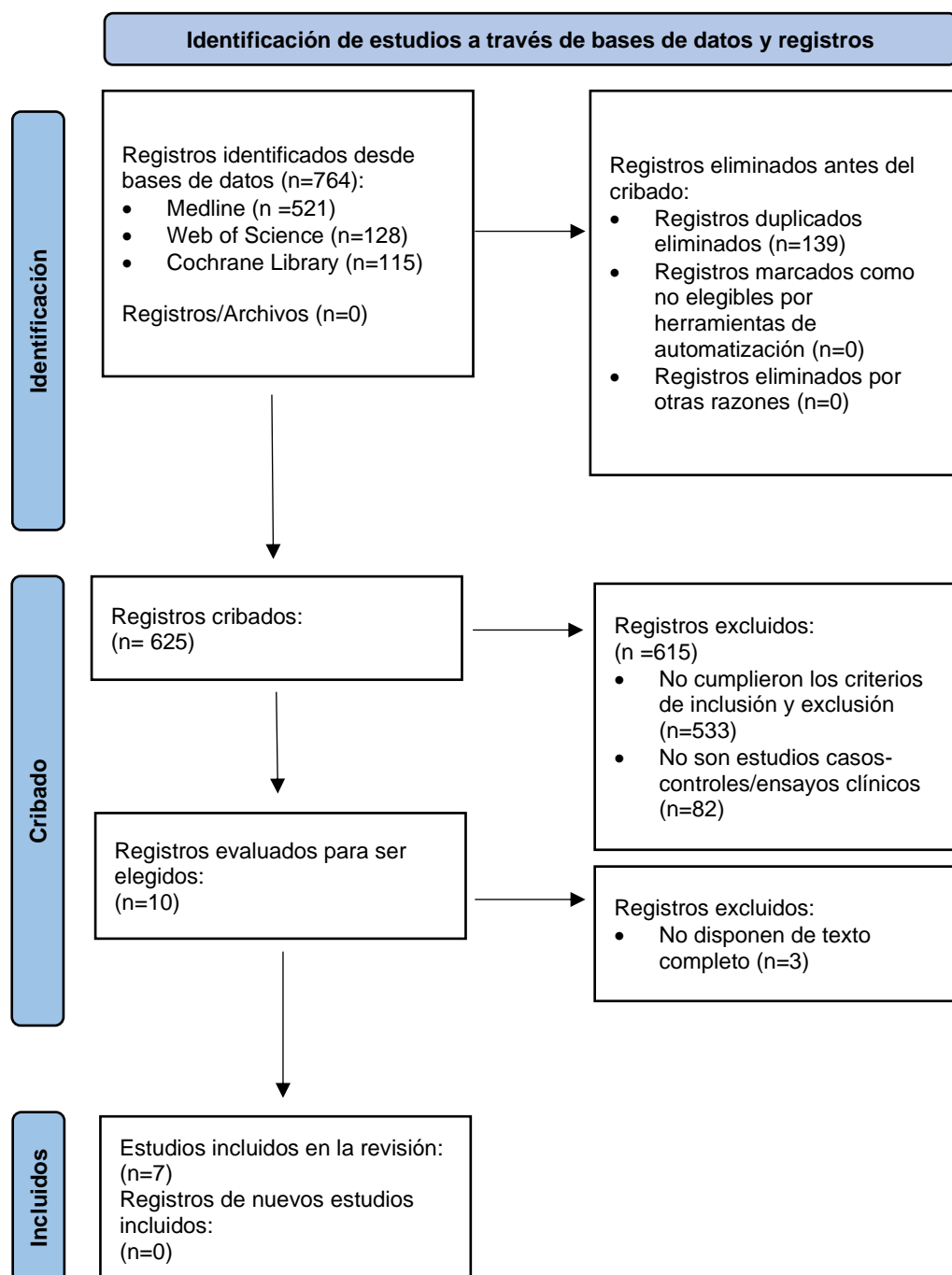


Figura 3. Representación gráfica del proceso de selección de los artículos de la revisión.

4.2. CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTUDIOS

Se seleccionaron 7 estudios publicados entre los años 2012 y 2022. Los estudios se llevaron a cabo en Alemania (30,31), EEUU (32), Israel (33,34), Noruega (35) y Polonia (36). En total 554 individuos participaron en los estudios incluidos en esta revisión. La mayoría de los estudios utilizaron una muestra menor de 75 participantes, excepto uno de ellos (36). En cuatro estudios únicamente se tomó como muestra a hombres (30,31,35,36). El reclutamiento de los participantes se llevó a cabo mediante anuncios y contactando con diferentes clubes deportivos correspondientes a la disciplina practicada por los participantes del estudio (30–36).

Todos los estudios compararon un grupo de atletas de élite con un grupo de no atletas. Además, dos estudios compararon atletas de diferentes disciplinas. Los deportes practicados fueron el fútbol, levantamiento de pesas, lanzamiento de martillo y lanzamiento de peso (34,35).

Cinco estudios valoraron la MCD, siempre mediante un estímulo condicionado y posteriormente aplicando un estímulo condicionante; los cuáles varían según el estudio. Dos de ellos utilizaron algometría como estímulo condicionado y agua fría como estímulo condicionante (31,32); mientras que los otros tres utilizaron un termómetro de calor como estímulo condicionado y agua fría como estímulo condicionante (30,33,34).

La sumación temporal del dolor fue evaluada únicamente por dos estudios (33,34), mediante la inmersión de la mano en agua fría y calificando el dolor según la escala VAS en tres momentos diferentes (inmediatamente después de sumergir la mano, a los 20 segundos y a los 60 segundos de inmersión).

En cuanto al umbral de dolor a la presión, tres estudios analizaron esta variable, dos de ellos mediante algometría (32,36) y el otro mediante presión intensa (30).

El umbral y la tolerancia al dolor por estímulos térmicos fue analizado por 6 estudios. En el estudio de Tesarz et al. (30), utilizaron un dispositivo de prueba sensorial térmica como herramienta para medir el umbral de dolor tanto al calor como al frío, mientras que el estudio de Geisler et al. (31), utilizaron la escala VAS ante diferentes estímulos térmicos para valorar la intensidad de dolor. De los otros cuatro estudios, tres de ellos medían el umbral de dolor y tolerancia al dolor por frío mediante inmersiones de la mano en agua fría (33,36) y, otros tres analizaban el umbral de dolor y tolerancia al dolor por calor gracias a estimuladores térmicos (33–35).

La experiencia de dolor percibida se valoró por diferentes escalas según la variable que se pretendía analizar. En total 6 estudios evaluaron alguna de las variables relacionadas con esta experiencia de dolor percibida. Un estudio analizó la ansiedad frente al dolor mediante la herramienta “Pain Anxiety Symptoms Scale” (31). El catastrofismo al dolor fue valorado por cuatro estudios usando la “Pain Catastrophizing Scale” (31–34). Tres estudios apreciaron el miedo al dolor mediante “The Fear of Pain Questionnaire” (33–35). Únicamente uno de los estudios analizó la experiencia de dolor mediante la “Pain Experience Scale” (30).

4.3. CALIDAD METODOLÓGICA DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

Tras la evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos en la revisión según The Downs and Black Checklist, se concluyó que todos los estudios escogidos presentaban una calidad metodológica moderada. El análisis de la calidad metodológica de los estudios se puede observar en el Anexo 2.

4.4. RESULTADOS DE LOS ESTUDIOS INCLUIDOS

4.4.1. MODULACIÓN CONDICIONANTE DEL DOLOR

Cinco estudios evaluaron la MCD y mostraron resultados contradictorios. Tres de ellos concluyeron que el grupo de atletas presentaba una mayor MCD con respecto al grupo de no atletas (31,33,34), otro no mostró diferencias entre el grupo de atletas y el de no atletas (32), mientras que uno de los estudios mostró una menor MCD en el grupo de atletas (30). En cuanto el tipo de deporte practicado, Assa et al. (34) mostraron mayor MCD en atletas de resistencia, en comparación con levantadores de peso.

4.4.2. SUMACIÓN TEMPORAL DEL DOLOR

La sumación temporal del dolor fue valorada por dos estudios. En ninguno de ellos se encontraron diferencias entre el grupo de atletas y el de no atletas (33,34).

4.4.3. UMBRAL Y TOLERANCIA AL DOLOR POR PRESIÓN

Tres estudios midieron el umbral de dolor a la presión y un estudio midió el umbral de tolerancia al dolor. Un estudio obtuvo que el umbral de dolor a la presión y la tolerancia al dolor por presión fueron mayores en atletas (36). Mientras que los otros dos estudios no encontraron diferencias entre atletas y no atletas en el umbral de dolor a la presión (30,32).

4.4.4. UMBRAL Y TOLERANCIA AL DOLOR POR ESTÍMULOS TÉRMICOS

En cuatro estudios se analizó el umbral de dolor al frío. Ninguno de ellos encontró diferencias entre el grupo de atletas y el de no atletas (30,31,33,36). En dos estudios se valoró la tolerancia al dolor por frío y ambos hallaron que esta variable es mayor en los atletas (35,36). Además, se observó mayor tolerancia al dolor por frío en atletas de resistencia que en levantadores de peso (35).

En cinco estudios se analizó el umbral de dolor al calor. Uno de los estudios reflejó que esta variable era mayor en el grupo de los atletas, mientras que en tres de ellos no se encontraron diferencias entre atletas y no atletas (30,31,33). Dos estudios valoraron la tolerancia al dolor por calor, concluyendo que esta fue mayor en los atletas (33,34). Particularmente, mostró ser mayor en los atletas de resistencia que en los levantadores o lanzadores de peso y los no atletas (34).

4.4.5. EXPERIENCIA DE DOLOR PERCIBIDA

No se observaron diferencias entre atletas y no atletas en la ansiedad frente al dolor (31), en el catastrofismo frente al dolor (31–34) y en la experiencia de dolor (30). Los resultados del miedo al dolor fueron dispares entre los estudios. En un estudio se encontró que el miedo al dolor fue mayor en el grupo de los no atletas (33), mientras que en otro no se encontraron diferencias (35). Un estudio halló que los atletas de resistencia presentaban un menor miedo al dolor que los levantadores o lanzadores de peso y los no atletas (34).

5. DISCUSIÓN

En este trabajo se llevó a cabo una revisión sistemática de diferentes variables relacionadas con la percepción y modulación del dolor en atletas en comparación con sujetos sedentarios o con un nivel normal de actividad física. Los resultados de los estudios muestran que la tolerancia al dolor ante estímulos térmicos y mecánicos fue mayor en atletas, y la mayoría de ellos muestran también mayor MCD en este grupo. Esto sugiere que el estado del sistema nociceptivo podría estar relacionado con el nivel de actividad física realizado, siendo este más eficaz en personas que practican algún tipo de deporte de forma habitual.

Sin embargo, diversos estudios ofrecieron resultados contradictorios en la MCD, el umbral al dolor por presión, el umbral al dolor por calor y el miedo al dolor.

En la MCD, tres obtuvieron que era mayor en el grupo de los atletas en comparación con los no atletas. Sin embargo, Tesarz et al. (30) obtuvo que la MCD era menor en el grupo de atletas, mientras que otro de los estudios no mostró diferencias (32). Esto podría deberse a la variabilidad descrita en los procesos de medición, ya que en algunos estudios el estímulo condicionado es medido mediante estimuladores térmicos (30,33,34), mientras que en otros de los estudios es medido mediante algometría (31,32). La diferencia en los resultados en el estudio de Tesarz et al. (30) puede deberse a que, tras la aplicación del estímulo condicionante transcurre 1 minuto hasta que el estímulo condicionado es aplicado de nuevo, lo que podría suponer demasiada demora para medir un fenómeno cuyo pico de efecto es generalmente de corta duración (escasos segundos) tras la aplicación del estímulo condicionante (37,38). Asimismo, la MCD y otros test cuantitativos sensoriales pueden mostrar resultados cambiantes dependiendo del estado de euforia, la motivación o la voluntad para soportar el dolor que presente cada individuo. Además, la MCD también parece depender de las características intrínsecas de cada individuo, como la edad y el sexo, siendo mayor en individuos jóvenes y en hombres (39,40).

El umbral de dolor al frío no mostró diferencias entre el grupo de atletas y el de no atletas en ninguno de los estudios que lo analizaron (30,31,33,34). Por lo tanto y según la evidencia obtenida, el nivel de actividad física no parece influir en los umbrales de dolor al frío. Pese a que no parecen existir diferencias en el umbral de dolor al frío entre atletas y no atletas, dos estudios reflejan mayor tolerancia al frío en atletas (35,36). Asimismo, la tolerancia al dolor por calor también demostró ser mayor en el grupo de atletas que en el de no atletas en los dos estudios que se encargaban de su análisis (33,34). Por lo tanto, hubo consenso que indicaba que los umbrales de tolerancia al dolor por presión, calor y frío fueron más altos en atletas. Estos resultados pueden indicar que la práctica deportiva a nivel competitivo requiere entrenar la capacidad de sufrimiento a nivel cognitivo y emocional, que podría extrapolarse a la tolerancia al dolor (41).

En cuanto al umbral de dolor por calor, tres de los cinco estudios encargados de analizarlo no mostraron diferencias entre el grupo de atletas y el de no atletas (30,31,33), mientras que en dos de ellos sí que se obtuvieron diferencias (34,35), siendo esta variable menor en el grupo de los no atletas. Estas diferencias pudieron deberse a los criterios de selección tenidos en cuenta para el reclutamiento de participantes no atletas, que fueron variables, puesto que unos estudios reclutaron individuos sedentarios y otros incluyeron participantes que realizaban niveles normales de actividad física.

Ninguno de los dos estudios que evaluaron la sumación temporal del dolor encontraron diferencias entre atletas y no atletas (33,34). Por tanto, el nivel de actividad física no parece influir en esta variable.

Con lo que respecta a la experiencia de dolor percibida, la ansiedad frente al dolor y el catastrofismo frente al dolor no se presentaron diferencias entre el grupo de atletas y el de no atletas en ninguno de los estudios que se encargaban de valorarlas. Sin embargo, sí que hubo diferencias en el miedo al dolor, siendo este mayor en el grupo de los no atletas con respecto al de los atletas en dos de los tres estudios que lo analizaban (33,34). Por lo tanto, en la variable del miedo al dolor el nivel de actividad física podría ser determinante. La presencia de menor miedo al dolor en atletas podría generar una mayor capacidad para tolerar dolor, como se ha observado en esta población. Por otro lado, en otras variables relacionadas con la experiencia de dolor, la ansiedad frente al dolor o el catastrofismo frente al dolor, el nivel de actividad física no parece influir. La evidencia disponible no permite establecer una clara relación entre los resultados de los test cuantitativos sensoriales que miden el funcionamiento del sistema nociceptivo con los de las escalas que evalúan la experiencia de dolor.

Además, hubo dos estudios que diferenciaron entre dos tipos de atletas, uno de ellos de resistencia y otro de fortalecimiento (34,35). En la mayoría de las variables que comparaban los atletas de resistencia con respecto a los atletas de fuerza, como son la MCD, la tolerancia al dolor por frío, la tolerancia al dolor por calor y el miedo al dolor; se obtuvieron resultados favorables al grupo de los atletas de resistencia. Esto puede deberse a que las variables mencionadas podrían depender de la duración e intensidad del entrenamiento y del tipo de entrenamiento. Tanto la duración como la intensidad del entrenamiento son mayores en los atletas de resistencia, mientras que, por otra parte, el entrenamiento en este tipo de atletas se corresponde con un entrenamiento aeróbico. Estos resultados sugieren que la eficiencia del sistema nociceptivo podría ser superior en los atletas de resistencia que en los atletas de fuerza. Una de las fortalezas de esta revisión es que introduce variables que otras revisiones sistemáticas en este campo no se encargan de valorar, como la sumación temporal del dolor, el umbral de dolor a la presión o el umbral de tolerancia ante estímulos térmicos.

Además, esta revisión sistemática presenta varias limitaciones. La calidad metodológica de los estudios obtenidos para llevar a cabo esta revisión es moderada. Igualmente, en varios de los estudios las muestras fueron pequeñas. Otra de las limitaciones que existen es la variabilidad entre grupos de comparación, ya que algunos de ellos comparan atletas con sujetos sedentarios, mientras que en otros la comparativa se realiza entre un grupo de atletas y otro de sujetos activos físicamente. Asimismo, la forma de determinar a que considerar deportistas de élite o atletas difiere entre estudios. Por toda esta serie de limitaciones, sería conveniente interpretar los resultados obtenidos en esta revisión de forma cautelosa.

Con lo que respecta a futuras líneas de investigación, sería interesante estudiar mediante sistemas de medición más homogéneos las diferencias en la eficiencia del sistema nociceptivo según el nivel de actividad física. Además, sería necesario llevar a cabo investigaciones que analicen directamente qué variables de medición del estado del sistema nociceptivo permiten predecir con mayor exactitud la respuesta al tratamiento de los pacientes.

6. CONCLUSIONES

Esta revisión sistemática muestra mayor tolerancia al dolor por estímulos mecánicos y térmicos en atletas, en comparación con no atletas. Además, la mayoría de estudios encuentran diferencias en la MCD en favor del grupo de atletas. Esto podría sugerir una relación entre el nivel de actividad física y el estado del sistema nociceptivo.

Sin embargo, existe controversia sobre las posibles diferencias entre atletas y no atletas en las variables de MCD, umbral de dolor a la presión, umbral de dolor al calor y miedo al dolor. Además, no parecen existir diferencias en la sumación temporal, el umbral de dolor al frío y la experiencia de dolor.

Además, los atletas de resistencia parecen mostrar mejores valores que los de fuerza en la MCD, la tolerancia al dolor por frío y calor, y el miedo al dolor. Estos resultados sugieren que el sistema nociceptivo presenta una mejor eficiencia en los atletas de resistencia en comparación con los atletas de fuerza, pero la evidencia disponible es escasa y se requieren futuras investigaciones que permitan contrastar estos resultados.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Raja SN, Carr DB, Cohen M, Finnerup NB, Flor H, Gibson S, et al. The revised International Association for the Study of Pain definition of pain: concepts, challenges, and compromises. *Pain*. 2020 Sep 1;161(9):1976–82.
2. Yam MF, Loh YC, Tan CS, Adam SK, Manan NA, Basir R. General Pathways of Pain Sensation and the Major Neurotransmitters Involved in Pain Regulation. *Int J Mol Sci*. 2018 Aug;19(8):2164.
3. Trouvin AP, Perrot S. New concepts of pain. *Best Pract Res Clin Rheumatol*. 2019 Jun;33(3):101415.
4. Armstrong SA, Herr MJ. Physiology, Nociception. StatPearls [Internet]. 2023 Jan [cited 2023 Mar 28]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31855389/>
5. Baliki MN, Apkarian AV. Nociception, Pain, Negative Moods, and Behavior Selection. *Neuron*. 2015 Aug 5;87(3):474–91.
6. Crofford LJ. Chronic Pain: Where the Body Meets the Brain. *Trans Am Clin Climatol Assoc*. 2015;126:167–83.
7. Bourne S, Machado AG, Nagel SJ. Basic anatomy and physiology of pain pathways. *Neurosurg Clin N Am*. 2014 Oct;25(4):629–38.
8. Mustafa AC, Vamsi R, Sonu G. Neuroanatomy, Spinothalamic Tract. StatPearls [Internet]. 2023 Jan [cited 2023 Apr 27]; Available from: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29939601/>
9. Apkarian AV, Bushnell MC, Treede RD, Zubieta JK. Human brain mechanisms of pain perception and regulation in health and disease. *Eur J Pain*. 2005 Aug;9(4):463–84.
10. Plaghki L, Mouraux A, Le Bars D. Fisiología del dolor. *EMC - Kinesiterapia - Medicina Física*. 2018 Feb;39(1):1–22.
11. Ossipov MH, Morimura K, Porreca F. Descending pain modulation and chronification of pain. *Curr Opin Support Palliat Care*. 2014 Jun;8(2):143–51.
12. Moont R, Crispel Y, Lev R, Pud D, Yarnitsky D. Temporal changes in cortical activation during distraction from pain: a comparative LORETA study with conditioned pain modulation. *Brain Res*. 2012 Jan 30;1435:105–17.
13. O'Brien AT, Deitos A, Triñanes Pego Y, Fregni F, Carrillo de la Peña MT. Defective Endogenous Pain Modulation in Fibromyalgia: A Meta-Analysis of Temporal Summation and Conditioned Pain Modulation Paradigms. *J Pain*. 2018 Aug;19(8):819–36.
14. Dudley P. Pain Pathways: The General Pain Pathway Activation of First Order Neurons [Internet]. Teach Me Physiology. 2021 [cited 2023 Mar 29]. Available from: <https://teachmephysiology.com/nervous-system/sensory-system/pain-pathways/>
15. Arant KR, Katz JN, Neogi T. Quantitative sensory testing: identifying pain characteristics in patients with osteoarthritis. *Osteoarthritis Cartilage*. 2022 Jan;30(1):17–31.

16. Ramaswamy S, Wodehouse T. Conditioned pain modulation-A comprehensive review. *Neurophysiol Clin*. 2021 Jun;51(3):197–208.
17. Hirsh AT, George SZ, Bialosky JE, Robinson ME. Fear of pain, pain catastrophizing, and acute pain perception: relative prediction and timing of assessment. *J Pain*. 2008 Sep;9(9):806–12.
18. Burgmer M, Pfliderer B, Maihöfner C, Gaubitz M, Wessolleck E, Heuft G, et al. Cerebral mechanisms of experimental hyperalgesia in fibromyalgia. *European Journal of Pain*. 2012 May;16(5):636–47.
19. Tejera DM, Beltran Alacreu H, Cano De la Cuerda R, Hernández JVL, Martín Pintado Zugasti A, Calvo Lobo C, et al. Effects of Virtual Reality versus Exercise on Pain, Functional, Somatosensory and Psychosocial Outcomes in Patients with Non-specific Chronic Neck Pain: A Randomized Clinical Trial. *Int J Environ Res Public Health*. 2020 Aug 16;17(16):5950.
20. Ji RR, Nackley A, Huh Y, Terrando N, Maixner W. Neuroinflammation and Central Sensitization in Chronic and Widespread Pain. *Anesthesiology*. 2018 Aug;129(2):343–66.
21. Ramaswamy S, Wodehouse T. Conditioned pain modulation—A comprehensive review. *Neurophysiologie Clinique*. 2021 Jun;51(3):197–208.
22. Chinn S, Caldwell W, Gritsenko K. Fibromyalgia Pathogenesis and Treatment Options Update. *Curr Pain Headache Rep*. 2016 Apr;20(4):25.
23. Yuan SLK, Matsutani LA, Marques AP. Effectiveness of different styles of massage therapy in fibromyalgia: a systematic review and meta-analysis. *Man Ther*. 2015 Apr;20(2):257–64.
24. Deare JC, Zheng Z, Xue CCL, Liu JP, Shang J, Scott SW, et al. Acupuncture for treating fibromyalgia. *Cochrane Database Syst Rev*. 2013 May 31;2013(5):CD007070.
25. Valera Calero JA, Fernández de las Peñas C, Navarro Santana MJ, Plaza Manzano G. Efficacy of Dry Needling and Acupuncture in Patients with Fibromyalgia: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Int J Environ Res Public Health*. 2022 Aug 1;19(16):9904.
26. Raftery G, Bridges M, Heslop P, Walker DJ. Are fibromyalgia patients as inactive as they say they are? *Clin Rheumatol*. 2009 Jun;28(6):711–4.
27. Borisovskaya A, Chmelik E, Karnik A. Exercise and Chronic Pain. *Adv Exp Med Biol*. 2020;1228:233–53.
28. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. Declaración PRISMA 2020: una guía actualizada para la publicación de revisiones sistemáticas. *Rev Esp Cardiol*. 2021 Sep;74(9):790–9.
29. Downs SH, Black N. The feasibility of creating a checklist for the assessment of the methodological quality both of randomised and non-randomised studies of health care interventions. *J Epidemiol Community Health (1978)*. 1998 Jun;52(6):377–84.

30. Tesarz J, Gerhardt A, Schommer K, Treede RD, Eich W. Alterations in endogenous pain modulation in endurance athletes: an experimental study using quantitative sensory testing and the cold-pressor task. *Pain*. 2013 Jul;154(7):1022–9.
31. Geisler M, Herbsleb M, Bär KJ, Weiss T. Dissociation of Endogenous Pain Inhibition Due to Conditioned Pain Modulation and Placebo in Male Athletes Versus Nonathletes. *Front Psychol*. 2020 Sep 18;11:553530.
32. Peterson JA, Schubert DJ, Campbell J, Bemben MG, Black CD. Endogenous Pain Inhibitory Function: Endurance-Trained Athletes vs Active Controls. *Pain Med*. 2019 Sep 1;20(9):1822–30.
33. Geva N, Defrin R. Enhanced pain modulation among triathletes: a possible explanation for their exceptional capabilities. *Pain*. 2013 Nov;154(11):2317–23.
34. Assa T, Geva N, Zarkh Y, Defrin R. The type of sport matters: Pain perception of endurance athletes versus strength athletes. *Eur J Pain*. 2019 Apr;23(4):686–96.
35. Pettersen SD, Aslaksen PM, Pettersen SA. Pain Processing in Elite and High-Level Athletes Compared to Non-athletes. *Front Psychol*. 2020 Jul 28;11:1908.
36. Leźnicka K, Starkowska A, Tomczak M, Cięższyk P, Białecka M, Ligocka M, et al. Temperament as a modulating factor of pain sensitivity in combat sport athletes. *Physiol Behav*. 2017 Oct 15;180:131–6.
37. Yarnitsky D, Bouhassira D, Drewes AM, Fillingim RB, Granot M, Hansson P, et al. Recommendations on practice of conditioned pain modulation (CPM) testing. *Eur J Pain*. 2015 Jul;19(6):805–6.
38. Kakigi R. Diffuse noxious inhibitory control. Reappraisal by pain-related somatosensory evoked potentials following CO2 laser stimulation. *J Neurol Sci*. 1994 Sep;125(2):198–205.
39. Edwards RR, Fillingim RB, Ness TJ. Age-related differences in endogenous pain modulation: A comparison of diffuse noxious inhibitory controls in healthy older and younger adults. *Pain*. 2003 Jan;101(1–2):155–65.
40. Popescu A, Leresche L, Truelove EL, Drangsholt MT. Gender differences in pain modulation by diffuse noxious inhibitory controls: a systematic review. *Pain*. 2010 Aug;150(2):309–18.
41. Gelfand S. The relationship of experimental pain tolerance to pain threshold. *Can J Psychol*. 1964 Mar;18:36–42.

8. ANEXOS

8.1. ANEXO I. ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA

La estrategia de búsqueda bibliográfica fue la siguiente en las diferentes bases de datos:

Medline (Pubmed):

- (conditioned pain modulation OR pressure pain threshold OR temporal summation of pain OR spatial summation OR heat pain threshold OR cold pressor pain ratings) AND (athletes)

Web Of Science (WOS):

- (conditioned pain modulation OR pressure pain threshold OR temporal summation of pain OR spatial summation OR heat pain threshold OR cold pressor pain ratings) AND (athletes)

Cochrane Library:

- (conditioned pain modulation OR pressure pain threshold OR temporal summation of pain OR spatial summation OR heat pain threshold OR cold pressor pain ratings) AND (athletes)
- (conditioned pain modulation) AND (athletes)
- (pressure pain threshold) AND (athletes)
- (temporal summation of pain) AND (athletes)
- (spatial summation) AND (athletes)
- (heat pain threshold) AND (athletes)
- (cold pressor pain ratings) AND (athletes)

8.2. ANEXO II. THE DOWNS AND BLACK CHECKLIST

	Tesarz et al. (2013)	Geisler et al. (2020)	A.Petterson et al. (2019)	Geva et al. (2013)	Dahl Pettersen et al. (2020)	Leznicka et al. (2017)	Assa et al. (2019)
INFORME							
P1 ¿Se describe claramente la hipótesis/meta/objetivo del estudio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P2 ¿Los principales resultados que se van a medir están claramente descritos en la sección Introducción o Métodos?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P3 ¿Están claramente descritas las características de los pacientes incluidos en el estudio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P4 ¿Están claramente descritas las intervenciones de interés?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P5* ¿Están claramente descritas las distribuciones de los principales factores de confusión en cada grupo de sujetos a comparar?	SI	SI	SI	SI	PARC	SI	SI
P6 ¿Están claramente descritos los principales hallazgos del estudio?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P7 ¿Proporciona el estudio estimaciones de la variabilidad aleatoria en los datos para los resultados principales?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P8 ¿Se han informado todos los eventos adversos importantes que pueden ser consecuencia de la intervención?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
P9 ¿Se han descrito las características de los pacientes perdidos durante el seguimiento?	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
P10 ¿Se han informado los valores de probabilidad reales (p. ej., 0,035 en lugar de <0,05) para los resultados principales, excepto cuando el valor de probabilidad es inferior a 0,001?	SI	SI	SI	NO	SI	SI	NO

Anexo II. Continuación

	Tesarz et al. (2013)	Geisler et al. (2020)	A.Petterson et al. (2019)	Geva et al. (2013)	Dahl Pettersen et al. (2020)	Leznicka et al. (2017)	Assa et al. (2019)
VALIDEZ EXTERNA							
P11 ¿Se pidió a los sujetos que participaran en el estudio representativos de toda la población de la que fueron reclutados?	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
P12 ¿Los sujetos que estaban preparados para participar eran representativos de toda la población de la que fueron reclutados?	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI
P13 ¿El personal, los lugares y las instalaciones donde se atendió a los pacientes fueron representativos del tratamiento que recibe la mayoría de los pacientes?	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
VALIDEZ INTERNA-SESGO							
P14 ¿Se intentó cegar a los sujetos del estudio a la intervención que recibieron?	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
P15 ¿Se intentó cegar a quienes miden los resultados principales de la intervención?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
P16 Si alguno de los resultados del estudio se basó en el "dragado de datos", ¿se aclaró?	ID	ID	ID	ID	ID	ID	ID
P17 En los ensayos y estudios de cohortes, ¿los análisis se ajustan a las diferentes duraciones del seguimiento de los pacientes, o en los estudios de casos y controles, el período de tiempo entre la intervención y el resultado es el mismo para los casos y los controles?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Anexo II. Continuación

	Tesarz et al. (2013)	Geisler et al. (2020)	A.Petterson et al. (2019)	Geva et al. (2013)	Dahl Pettersen et al. (2020)	Leznicka et al. (2017)	Assa et al. (2019)
P19 ¿Fue confiable el cumplimiento de la/s intervención/es?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P20 ¿Las principales medidas de resultado utilizadas fueron precisas (válidas y confiables)?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
VALIDEZ INTERNA-CONFUSIÓN (Sesgo de selección)							
P21 ¿Estaban los pacientes en diferentes grupos de intervención (ensayos y estudios de cohortes) o los casos y controles (estudios de casos y controles) se reclutaron de la misma población?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
P22 ¿Los sujetos del estudio estaban en diferentes grupos de intervención (ensayos y estudios de cohortes) o los casos y controles (estudios de casos y controles) fueron reclutados durante el mismo período de tiempo?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
P23 ¿Se asignaron al azar los sujetos del estudio a los grupos de intervención?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
P24 ¿Se ocultó la asignación aleatoria de la intervención tanto a los pacientes como al personal de atención médica hasta que el reclutamiento fue completo e irrevocable?	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO
P25 ¿Hubo un ajuste adecuado para la confusión en los análisis de los que se extrajeron los principales hallazgos?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI

Anexo II. Continuación

	Tesarz et al. (2013)	Geisler et al. (2020)	A.Petterson et al. (2019)	Geva et al. (2013)	Dahl Pettersen et al. (2020)	Leznicka et al. (2017)	Assa et al. (2019)
P26 ¿Se tuvieron en cuenta las pérdidas de pacientes durante el seguimiento?	NO	SI	NO	NO	NO	NO	NO
POTENCIA							
P27 ¿Tuvo el estudio suficiente potencia para detectar un efecto clínicamente importante donde el valor de probabilidad de que una diferencia se deba al azar es inferior al 5 %?	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI
TOTAL	15	18	15	16	16	17	16

8.3. ANEXO III. TABLA DE RESUMEN DE LOS ARTÍCULOS

Autor y año	Muestra (n)	Variables	Herramientas de medición	Resultados
Tesarz et al. (2013)	G1: Hombres atletas de resistencia (n=25); (27,8 +/- 4,1) G2: Hombres no atletas (n=26); (28 +/- 4,5)	Umbral de dolor térmico al calor y al frío	Dispositivo de prueba sensorial térmica	No hubo diferencias en el umbral de dolor térmico tanto al calor como al frío (p>0.1)
		Umbral de dolor a la presión	Presión contundente	No hubo diferencias en el umbral de dolor a la presión (p>0.1)
		Modulación condicionante del dolor	Termómetro de calor de 32°C a 50°C, dos veces 2 minutos (estímulo condicionado) Agua a 12°C, 2 minutos (estímulo condicionante)	Modulación condicionante del dolor menor en G1 (p<0.05)
		Experiencia de dolor	Pain Experience Scale (SES)	No hubo diferencias en la experiencia de dolor (p>0.1)
Geisler et al. (2020)	G1: Hombres atletas de resistencia (n=16); (27,9 +/- 5) G2: Hombres no atletas (n=17); (26,9 +/- 6,3)	Intensidad de dolor ante estímulos térmicos	Escala VAS (Visual Analogue Scale del 0-100). Testado en el muslo izquierdo	No hubo diferencias en los niveles de dolor ante el aumento de la temperatura (p>0.1)
		Modulación condicionante del dolor	Algometría 50 kPa/s en tibia izquierda (estímulo condicionado) Agua a 10°C, 1 minuto en mano derecha (estímulo condicionante)	Modulación condicionante del dolor mayor en G1 (p<0.05)
		Catastrofismo del dolor	Pain Catastrophizing Scale (PCS)	No hubo diferencias en el catastrofismo del dolor (p>0.1)
		Ansiedad frente al dolor	Pain Anxiety Symptoms Scale	No hubo diferencias en la ansiedad frente al dolor (p>0.1)

Anexo III. Continuación

Autor y año	Muestra (n)	Variables	Herramientas de medición	Resultados
A.Petterson et al. (2019)	G1: Atletas de resistencia (n=13; 2 mujeres y 11 hombres); (20,8 +/- 1,2)	Umbral de dolor a la presión	Algómetro FDIX sobre braquiorradial del brazo dominante y en vasto lateral de la pierna dominante	No hubo diferencias en el umbral de dolor a la presión (p>0.1)
	G2: No atletas (n=13; 2 mujeres y 11 hombres); (22,8 +/- 2)	Modulación condicionante del dolor	Algometría 50 kPa/s en braquiorradial y vasto lateral dominantes (estímulo condicionado) Agua a 2°C, 1 minuto en el pie (estímulo condicionante)	No hubo diferencias en la modulación condicionante del dolor (p>0.1)
		Catastrofismo del dolor	Pain Catastrophizing Scale (PCS)	No hubo diferencias en el catastrofismo del dolor (p>0.05)
Geva et al. (2013)	G1: Triatletas y ironman triatletas (n=19; 9 mujeres y 10 hombres); (39,6 +/- 12)	Umbral de dolor por calor	Estimulador térmico computarizado basado en Peltier	No hubo diferencias en el umbral de dolor por calor (p>0.1)
		Umbral de dolor por frío	Baño de agua hasta la muñeca	No hubo diferencias en el umbral de dolor por frío (p>0.1)
	G2: No atletas (n=17; 10 mujeres y 7 hombres); (36,5 +/- 11)	Tolerancia al dolor por calor	Estimulador térmico computarizado basado en Peltier	Tolerancia al dolor por calor mayor en G1 (p<0.05)
		Modulación condicionante del dolor	Calor en antebrazo a VAS 7 durante 10 segundos (estímulo condicionado) Agua a 12°C, 30 segundos en mano contralateral (estímulo condicionante)	Modulación condicionante del dolor mayor en G1 (p<0.05)

Anexo III. Continuación

Autor y año	Muestra (n)	Variables	Herramientas de medición	Resultados
		Sumación temporal del dolor	Inmersión de la mano en agua a 12°C, calificando el dolor según la escala VAS en tres momentos (tras sumergir la mano, a los 20s y a los 60s)	No hubo diferencias en la sumación temporal del dolor ($p < 0.1$), pero valores de dolor en los mismos tres momentos (tras sumergir la mano, a los 20s y a los 60s) menores en G1 ($p < 0.05$)
		Miedo al dolor	The Fear of Pain Questionnaire	Miedo al dolor mayor en G2 ($p < 0.05$)
		Catastrofismo al dolor	Pain Catastrophizing Scale (PCS)	No hubo diferencias en el catastrofismo al dolor ($p > 0.05$)
		Tolerancia al dolor por frío	Inmersión de la mano derecha en un circuito de agua a 2°C computarizado	Tolerancia al dolor por frío mayor en G2 que en los otros dos grupos ($p < 0.05$)
Dahl Pettersen et al. (2020)	<p>G1: Jugadores de fútbol (n=17)</p> <p>G2: Atletas de resistencia (n=15)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Esquiadores (n=12) • Corredores de larga distancia (n=3) <p>G3: No atletas (n=39)</p> <p>(23,79 +/- 4,43)</p>	Umbral de dolor por calor	Estimulador de calor por termómetro de contacto en el antebrazo izquierdo	Umbral de dolor por calor menor en G3 que en los otros dos grupos ($p < 0.05$)
		Miedo al dolor	Fear of Pain Questionnaire-III	No hubo diferencias en el miedo al dolor ($p > 0.1$)
		Umbral y tolerancia al dolor por frío	Inmersión de la mano derecha primero en un tanque con agua a 37°C, 2 min y posteriormente colocando la mano derecha en agua a 0-0,5°C hasta la aparición de dolor (umbral de dolor) o hasta que el dolor sea insoportable (tolerancia al dolor)	No hubo diferencias en el umbral de dolor al frío ($p > 0.1$) Mayor tolerancia al frío en G1 ($p < 0.05$)

Anexo III. Continuación

Autor y año	Muestra (n)	Variables	Herramientas de medición	Resultados
Leznicka et al. (2017)	G1: Atletas (n=198) (24,71 +/- 6,63) <ul style="list-style-type: none"> • Boxeadores (n=19) • MMA (n=97) • Karatecas (n=82) 	Umbral y tolerancia al dolor a la presión	Algómetro en el dorso de la mano entre el pulgar e índice hasta la aparición de dolor (umbral de dolor) o hasta que el dolor sea insoportable (tolerancia al dolor)	Mayor umbral de dolor a la presión en G1 (p<0.05) Mayor tolerancia al dolor por la presión en G1 (p<0.05)
	G2: No atletas (n=86); (21,19 +/- 1,81)	Umbral de dolor por calor y tolerancia al dolor por calor	Estimulador térmico colocado sobre la parte ventral del antebrazo no dominante hasta la aparición de dolor (umbral de dolor) o hasta que el dolor sea insoportable (tolerancia al dolor)	Umbral de dolor por calor mayor en G2 que en G1 y G3 (p<0.05) Tolerancia al dolor por calor mayor en G1 que en G2 y G3 (p<0.05)
Assa et al. (2019)	G1: Atletas de resistencia (n=19; 7 mujeres y 12 hombres); (32,8 +/- 9) <ul style="list-style-type: none"> • Triatletas • Ironman triatletas 	Modulación condicionante del dolor	Calor en antebrazo dominante mediante estimulador térmico a VAS 7 durante 10 segundos (estímulo condicionado) Agua a 12°C, 30 segundos en mano contralateral (estímulo condicionante)	Modulación condicionante del dolor mayor en G1 que en G2 y G3 (p<0.05). Los tres grupos presentaron una disminución del dolor en presencia del estímulo condicionante (p<0.05)
		Sumación temporal del dolor	Inmersión de la mano en agua a 12°C, calificando el dolor según VAS en tres ocasiones (tras sumergir la mano, a los 20s y a los 60s)	Sumación temporal del dolor mejoría en los tres grupos desde la primera a la última medición (p<0.05), pero valores de dolor en los mismos tres momentos (tras sumergir la mano, a los 20s y a los 60s) menores en G1 y G2 que en G3 (p<0.05)

Anexo III. Continuación

Autor y año	Muestra (n)	Variables	Herramientas de medición	Resultados
	<p>G2: Atletas de fuerza (n=17; 7 mujeres y 10 hombres); (28,3 +/- 8)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Levantadores de pesas • Powerlifters • Lanzadores de martillo • Lanzadores de peso <p>G3: No atletas (n=17; 10 mujeres y 7 hombres); (36,5 +/- 11)</p>	<p>Catastrofismo al dolor</p>	<p>The Pain Catastrophizing Scale (PCS)</p>	<p>No hubo diferencias en el catastrofismo al dolor (p>0.1)</p>
		<p>Miedo al dolor</p>	<p>The Fear of Pain Questionnaire</p>	<p>Miedo al dolor menor en G1 que en G2 y G3 (p<0.05)</p>