



Universidad de Valladolid

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

**EFFECTIVIDAD Y BENEFICIOS DEL USO DE CALCETINES DE
COMPRESION EN SUJETOS SANOS CORREDORES. UNA REVISION
SISTEMATICA**

Presentado por: Borja Magaña Pérez

Tutor: Diego Fernández Lázaro

Cotutor: César Ignacio Fernández Lázaro

Soria, a 12 de junio de 2024

Resumen

Introducción: Recientemente, el uso de calcetines de compresión entre los atletas a aumentando, especialmente en corredores, basados en la búsqueda de la optimización tanto en el rendimiento como en la recuperación.

Objetivo: Evaluar la evidencia actual sobre la efectividad del uso de calcetines de compresión (CC) en corredores adultos sanos físicamente activos.

Metodología: Siguiendo las pautas metodológicas de los Elementos de Información *Preferred Reporting Items for Systematic Review and Meta-Analyses* (PRISMA), se revisaron estudios indexados en las bases de datos de Scopus, ScienceDirect y Medline (PubMed) que evaluaran biomarcadores hematológicos y de daño muscular, parámetros perceptuales, parámetros de rendimiento deportivo y cinemáticos en corredores. Se incluyeron estudios originales publicados desde 2013 hasta el 12 de junio de 2024, con un diseño controlado en que se comparó el uso de CC con un grupo control o tratamiento simulado. Se utilizaron las escalas McMaster y PEDro para la evaluación de la calidad metodológica y la herramienta de Cochrane para la evaluación del riesgo de sesgo.

Resultados: Se identificaron 137 registros en la búsqueda, siendo 9 estudios los que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión. El uso de CC en comparación con el grupo control ha reportado beneficios significativos ($p < 0.05$) en el tiempo prueba y tiempo hasta el agotamiento, la actividad fibrinolítica y los parámetros cinemáticos de carrera para corredores noveles. Además, se produjeron incrementos sustanciales en el flujo y reserva arterial. No hubo evidencias sobre la mejora del daño muscular o los parámetros perceptuales de esfuerzo percibido, dolor, fatiga o capacidad de recuperación.

Conclusiones: El uso de CC durante la carrera de alta intensidad tiene un impacto positivo en el rendimiento posterior de la carrera que puede estar relacionado con un mejor suministro de oxígeno, una reducción de la oscilación muscular, y una mecánica de carrera superior. Un mejor aprovechamiento de la información somatosensorial derivada de la textura y compresión de los CC mejoraría el desempeño de las acciones dinámicas de la biomecánica de la carrera y la reducción de la actividad hemostática asociada al ejercicio prolongado.

Palabras clave: Calcetines de compresión, corredores, recuperación, rendimiento.

Índice

| | |
|---|----|
| 1. Introducción | 1 |
| 2. Justificación | 2 |
| 3. Objetivos | 3 |
| 3.1 Objetivo general..... | 3 |
| 3.2 Objetivos específicos..... | 3 |
| 4. Metodología: | 3 |
| 4.1 Estrategia de búsqueda:..... | 3 |
| 4.2 Criterios de elegibilidad: | 4 |
| 4.3 Evaluación de la calidad metodológica: | 5 |
| 4.4 Evaluación del riesgo de sesgo | 5 |
| 4.5 Extracción y síntesis de datos: | 5 |
| 5. Resultados | 6 |
| 5.1 Búsqueda bibliográfica..... | 6 |
| 5.2 Evaluación de la calidad metodológica | 8 |
| 5.3 Evaluación del riesgo de sesgo..... | 12 |
| 5.4 Características de los participantes e intervención | 12 |
| 5.5 Resultados de los estudios incluidos..... | 13 |
| 5.5.1 Parámetros hematológicos | 22 |
| 5.5.2 Daño muscular | 22 |
| 5.5.3 Parámetros perceptuales | 22 |
| 5.5.4 Rendimiento deportivo | 22 |
| 5.5.5 Parámetros cinemáticos..... | 22 |
| 6. Discusión | 23 |
| 6.1 Parámetros hematológicos | 23 |
| 6.2 Daño muscular | 24 |
| 6.3 Parámetros perceptuales | 24 |
| 6.4 Parámetros cinemáticos..... | 24 |
| 6.5 Rendimiento deportivo | 25 |
| 6.6 Métodos de aplicación y formas de intervención..... | 25 |
| 6.7 Limitaciones y fortalezas..... | 26 |
| 7. Conclusiones | 26 |
| 8. Bibliografía | 27 |
| 9. Anexos | 30 |

Índice de tablas

| | |
|--|-------|
| Tabla 1. Artículos escogidos de las bases de datos..... | 4 |
| Tabla 2. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Puntuación según la revisión crítica para estudios cuantitativos creada por el Grupo de Investigación de Práctica Basada en la Evidencia de la Terapia Ocupacional de la Universidad de McMaster..... | 10 |
| Tabla 3. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Puntuación según la escala PEDro..... | 11 |
| Tabla 4. Puntuación del sesgo de los estudios según la herramienta de Cochrane..... | 12 |
| Tabla 5. Características y resumen de los resultados de los parámetros que se han analizado y extraído de los estudios que se han incluido en esta revisión sistemática..... | 14-21 |

Índice de figuras

| | |
|--|---|
| Figura 1. Calcetines de compresión | 2 |
| Figura 2. Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de los Elementos de Información Preferidos para las Revisiones Sistemáticas y los Metaanálisis (PRISMA) | 7 |
| Figura 3. Diagrama de red de los ensayos sobre la influencia del uso/beneficios de calcetines de compresión en corredores | 8 |

Listado de abreviaturas

CC: Calcetines de compresión

CK: Creatina-Quinasa

GC: Grupo control

GI: Grupo intervención

MeSH: *Medical Subject Headings*

Mm Hg: Milímetros de mercurio

PEDro: *Physiotherapy Evidence Database*

PRISMA: *Preferred Reporting Items for Systematic Review an Meta-Analyses*

1. Introducción

Muchos deportistas han mostrado en los últimos años una tendencia al uso de prendas de compresión (1). Los corredores profesionales y corredores amateurs buscan estrategias constantemente para favorecer la recuperación de sus sesiones de entrenamiento y maximizar el rendimiento intra-sesión (2), reducir los traumas y prevenir lesiones (3) y mejorar la comodidad en el deporte evitando la fricción, las ampollas, la vibración excesiva en la zona y sujetando la zona impidiendo el movimiento lateral de la zona baja de la pierna (4). Se cree que las prendas de compresión, por ejemplo, muñequeras, pantalones cortos, calcetines, camisetas, medias y pantalones, mejoran la circulación sanguínea y la fatiga de los músculos periféricos de los corredores y aceleran la recuperación (5).

La razón principal de los beneficios del uso de prendas de compresión es que mejoran la hemodinámica de las venas al reducir la inflamación patológica de los vasos sanguíneos, restauran la insuficiencia valvular y reducen el volumen de sangre venosa, incrementando el retorno venoso (6). Según Southard et al. (7) la diferencia de tensión promueve un aumento de la presión arterial y por tanto mejora la circulación sanguínea, la eliminación de lactato y la oxigenación. Además, se cree que las prendas de compresión provocan una reorganización de la sangre desde la periferia hacia el sistema venoso profundo, lo que permitiría aumentar el flujo sanguíneo al corazón. (8)

El uso de estas prendas parece ser eficaz en extremidades afectadas por la gravedad, como las inferiores, además de situaciones en las que hay que eliminar la hinchazón excesiva (9), mejorando el retorno venoso de las piernas aplicando estas prendas en sentido distal a proximal (10). Además, se observó que existe una tendencia hacia efectos beneficiosos, refiriéndose a las prendas de compresión en su conjunto, utilizadas durante la recuperación post-ejercicio habiendo una mejora posterior en la recuperación de la fuerza posterior a 24 horas (11) ya que el aumento de retorno venoso que producen las prendas de compresión favorece la eliminación de productos de desecho metabólico que se producen al realizar ejercicio, es decir, favorecen la recuperación (12). Asimismo, se encontró que el uso de medias de compresión estaba relacionado con niveles reducidos de creatina quinasa (CK) y lactato deshidrogenasa después de haber realizado un ejercicio de alta intensidad como es el voleibol practicado por profesionales, es decir, hubo menos daño muscular post-ejercicio de alta intensidad utilizando estos complementos deportivos (13). Además, el dolor muscular de aparición tardía y la respuesta inflamatoria se vería disminuido tras la aplicación de las prendas de compresión durante el ejercicio ya que la presión externa ejercida por estas prendas reduce el espacio intramuscular disponible para que aparezca esa inflamación (10,12).

Sin embargo, estudios actuales no han arrojado resultados consistentes, lo que genera incertidumbre sobre el impacto de las prendas de compresión en la mejora de la recuperación muscular (14) y la hinchazón (15). Además, no se ha mostrado una tendencia beneficiosa en la temperatura de la piel y en la mejora hemodinámica durante el ejercicio de los sujetos (16). Así como no se observaron diferencias sustanciales en corredores amateurs refiriéndose a las respuestas cardiorrespiratorias después de 3 semanas de correr llevando medias de compresión o placebo (17).

Calcetines de compresión

Las medias de compresión de extremidad inferior y por tanto incluyéndose los calcetines de compresión (CC) suelen estar fabricados en nailon (88%) y lycra (12%), con una compresión gradual ejerciendo más presión en los tobillos (15-30 milímetros de mercurio (mm Hg)) y disminuyendo gradualmente a lo largo de la parte inferior de la pierna (10 mm Hg) (18). Sin embargo, en el deporte, y por tanto incluyéndose los corredores, se desconoce cuál es la compresión más adecuada, aunque se considera que más de 30 mm Hg puede ser excesiva en ausencia de una patología preexistente con objetivo a evitarla (19).

La mayor parte de los estudios e investigaciones sobre las prendas de compresión en conjunto, incluyendo los CC, usándolas durante la actividad física del deporte ha examinado los efectos de estas prendas en la recuperación del ejercicio explosivo o anaeróbico, pero pocas investigaciones se han centrado en esfuerzos aeróbicos como las pruebas contrarreloj (20).

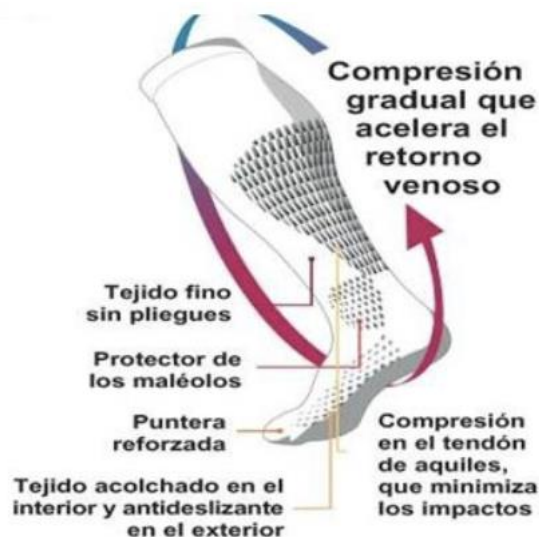


Figura 1. Calcetines de compresión (21)

2. Justificación

En el entorno deportivo es muy importante realizar la actividad al máximo rendimiento posible, así como conseguir una recuperación óptima lo antes posible. Además, es importante evitar lesiones producidas debido a la actividad deportiva. Por todo esto, es muy importante la presencia de un fisioterapeuta en el ámbito deportivo y más aún si se trata de un deportista profesional de alto rendimiento.

Por otro lado, gracias a diversos complementos deportivos que van apareciendo en el mercado se consigue una función rehabilitadora/ potenciadora en el ámbito deportivo, sobre todo, de una forma más independiente y autónoma por parte del deportista. Además, colaboran no solo en la recuperación/aumento de rendimiento, sino también en la prevención de lesiones durante el deporte. Entre estos aparatos externos podemos encontrar los calcetines de compresión, siendo estos una posible alternativa para los deportistas en caso de no tener la

posibilidad de acudir a un fisioterapeuta, no obstante, aunque estos aparatos son simples de usar, el sujeto debe conocer la forma de usarse y los parámetros óptimos de su uso.

Actualmente, los CC están cada vez en una tendencia de uso creciente entre corredores tanto profesionales como no profesionales. No obstante, no está del todo claro los beneficios y mejoras que otorga, así como las diferenciadas entre corredores entrenados como en corredores no entrenados. De aquí surge el principal motivo de la realización de esta revisión sistemática actual, realizando una búsqueda bibliográfica amplia sobre una amplia información existente de los CC en corredores pudiendo recopilarla y compararla, con el fin de obtener una información más objetiva y diferenciada sobre la efectividad y los beneficios del uso de estos en corredores, así como saber más sobre el impacto de los CC en los corredores.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

En esta revisión sistemática que se ha desarrollado durante el año 2023-2024, el objetivo principal es revisar críticamente la literatura científica disponible de forma estructurada para analizar la efectividad del uso de calcetines de compresión en corredores sanos físicamente activos.

3.2 Objetivos específicos

- Analizar el impacto del uso de calcetines de compresión en sujetos físicamente activos corredores:
 - Parámetros hematológicos de coagulación y hemodinámicos
 - Marcadores de daño muscular
 - Parámetros perceptuales
 - Marcadores de rendimiento deportivo
 - Parámetros cinemáticos
- Mostrar los posibles métodos de aplicación y formas de intervención de los calcetines de compresión en sujetos corredores sanos.

4. Metodología:

4.1 Estrategia de búsqueda:

La pregunta de investigación se concretó siguiendo el modelo PICOS (22): Población: Adultos corredores sanos profesionales/entrenados y amateurs/ no entrenados ; Intervención: Actividad de entrenamiento de correr con el uso de calcetines de compresión durante/después de la actividad; Comparación: Grupo intervención (utilizando CC) frente al grupo control; Resultados: Protocolos/metodología que se han utilizado, parámetros y marcadores que afectan a la efectividad/ beneficio del uso de CC. Esta revisión se llevó a cabo de acuerdo con los métodos

estándar propuestos por las Directrices sobre los Elementos de Información Preferidos para las Revisiones Sistemáticas y los Metaanálisis (PRISMA) (23). El tipo de diseño incluido fue ensayo controlado aleatorio simple o cruzado con/sin placebo.

Se realizó una búsqueda bibliográfica detallada en la que se utilizó las bases de datos Medline (PubMed), Scopus y ScienceDirect, con los artículos comprendidos entre los últimos 10 años (2013-2024). En esta búsqueda únicamente se tomaron en cuenta artículos en idiomas español e inglés.

Los términos de búsqueda empleados que se detallan en el Anexo I hacen referencia a corredores sanos y a calcetines de compresión con un uso antes/durante/después de la actividad de correr, utilizando una mezcla de *Medical Subject Headings* (MeSH) y palabras libres para conceptos claves relacionados: “Compression socks” (*calcetines de compresión*), “runners” (*corredores*), “recovery” (*recuperación*), “performance” (*rendimiento*) (Tabla 1). Se utilizó “and” como operador booleano de unión entre todos estos términos. Además, se incluyó un análisis de bibliografía para así poder incorporar un número mayor de estudios relacionados que no aparecían en la primera búsqueda y se consideraran incluir. Por otro lado, se incluyó la búsqueda en literatura gris utilizando los mismos términos, se empleó la red social *Research Gate* (www.researchgate.net).

Tabla 1. Artículos escogidos de las bases de datos

| N.º DE BUSQUEDA | BASE DE DATOS | DE TÉRMINO DE BÚSQUEDA | N.º DE ARTICULOS TRAS APLICAR FILTROS | DE ARTICULOS TRAS LEER TÍTULO | N.º DE ARTICULOS TRAS LEER EL RESUMEN | N.º DE SELECCIONADOS |
|-----------------|--------------------------------|---|---------------------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|----------------------|
| 1 | PubMed, ScienceDirect y Scopus | Compression socks AND runners | 133 | 15 | 8 | 8 |
| 2 | PubMed, ScienceDirect y Scopus | Compression socks AND runners AND performance | 116 | 13 | 4 | 4 |
| 3 | PubMed, ScienceDirect y Scopus | Compression socks AND runners AND recovery | 86 | 8 | 2 | 2 |

4.2 Criterios de elegibilidad:

Para seleccionar los estudios, se tomaron en cuenta como criterios de inclusión: a) estudios que incluyeran ensayos clínicos aleatorizados simples y cruzados que incluyeran grupos con/sin placebo; b) sujetos sanos sin ninguna patología crónica que pudiese afectar al rendimiento deportivo, excluyendo estudios cuyos sujetos eran animales; c) sujetos practicantes

de la actividad física específica de correr entrenados/profesionales y/o amateurs/no profesionales; d) Estudios que evalúen parámetros hematológicos de coagulación y/o hemodinámicos y/o marcadores de daño muscular y/o parámetros perceptuales y/o marcadores de rendimiento deportivo y/o parámetros cinemáticos; e) estudios publicados desde 2013 hasta 2024; f) Estudios con una puntuación ≥ 11 en la escala metodológica McMaster (24) y ≥ 6 en la escala metodológica de *Physiotherapy Evidence Database* (25). Estudios que no cumplieron con los criterios de inclusión fueron excluidos de esta revisión sistemática.

4.3 Evaluación de la calidad metodológica:

Para evaluar y puntuar la calidad metodológica de los estudios seleccionados se utilizó la revisión crítica para estudios cuantitativos creada por el Grupo de Investigación de Práctica Basada en la Evidencia de la Terapia Ocupacional de la Universidad de McMaster (24). Para puntuar la calidad se establecieron las pautas definidas por 16 ítems: propósito; revisión de la literatura; diseño; cegamiento del evaluador; descripción de la muestra; tamaño de la muestra; ética y consentimiento; validez de los resultados; fiabilidad de los resultados; descripción de la intervención; significación estadística; análisis estadístico; importancia clínica; conclusiones; implicaciones clínicas; limitaciones. Para realizar un puntaje general incluyendo el sumatorio de los ítems se acotó la calidad de los artículos en: “perfecta” (15-16 puntos), “muy buena” (13-14 puntos), “buena” (11-12 puntos), “mediocre” (9-10 puntos), “escasa” (8 puntos o menor).

Además, se utilizó la escala para evaluar la calidad metodológica denominada PEDro (25). Para puntuar la calidad se realizó evaluando 11 ítems: criterios de elección, asignación aleatoria, asignación oculta, similitud de grupos al inicio, cegamiento de los participantes, cegamiento del terapeuta, cegamiento del evaluador, mínimo del 85% de seguimiento, análisis de los datos por intención de tratar, comparación estadística entre grupos y medidas puntuales de variabilidad. Para puntuar de manera global cada estudio se incluyó el sumatorio de los ítems evaluados resumiendo la calidad metodológica en: “pobre” (0-3 puntos), “regular” (4-5 puntos), “buena” (6-8 puntos), “muy buena” (9-10 puntos), “excelente” (11 puntos).

4.4 Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo de los artículos incluidos en la revisión sistemática se realizó mediante la herramienta de Cochrane (26). Para la evaluación del riesgo de sesgo se siguieron los ítems detallados de esta herramienta siendo generación de secuencias aleatorias, ocultamiento de la asignación, cegamiento de los participantes, cegamiento del evaluador, seguimiento incompleto, informe de datos, sesgo de publicación, sesgo del observador.

4.5 Extracción y síntesis de datos:

De los 9 artículos seleccionados para analizar se extrajeron e incluyeron en la revisión los siguientes datos: Nombre de los autores, año de la publicación del artículo, tipo de diseño del estudio, tamaño de la muestra, edad y sexo de la muestra, momento de la aplicación de los calcetines de compresión y durante cuánto tiempo, la intervención física a la que se exponía a

los participantes y, por último, las variables que se analizaban en cada estudio. La información en su conjunto que fue extraída de los artículos mencionada anteriormente fue agrupada externamente por el autor de la revisión en una hoja de cálculo para observar los datos extraídos de forma independiente, para posteriormente llegar a una conclusión sobre los resultados/conclusiones obtenidas.

5. Resultados

5.1 Búsqueda bibliográfica

La búsqueda bibliográfica de los artículos fue acotada a los últimos 10 años, desde 2013 hasta mitad de 2024. Esta búsqueda proporcionó un resultado de 137 artículos en total, de los cuales 133 fueron obtenidos de las bases de datos Medline (Pubmed), Scopus y ScienceDirect y 4 estudios de otras fuentes adicionales. Posteriormente, se eliminaron los artículos duplicados, excluyendo un total de 10 artículos y 108 registros adicionales tras leer el título.

Finalmente, se realizó una lectura del resumen y del texto completo de los 19 artículos restantes y se excluyeron de la revisión 10 artículos por no tratarse del tema objetivo concreto de la revisión. Así pues, se incluyeron 9 artículos en total en esta revisión sistemática (27–35) (Figura 2).

Además, la verificación de estudios clave en estudio de los efectos de los calcetines de compresión en corredores se consideró en el gráfico de nodos que se originó a partir de Armstrong et al (27). Se puede observar en la Figura 3.

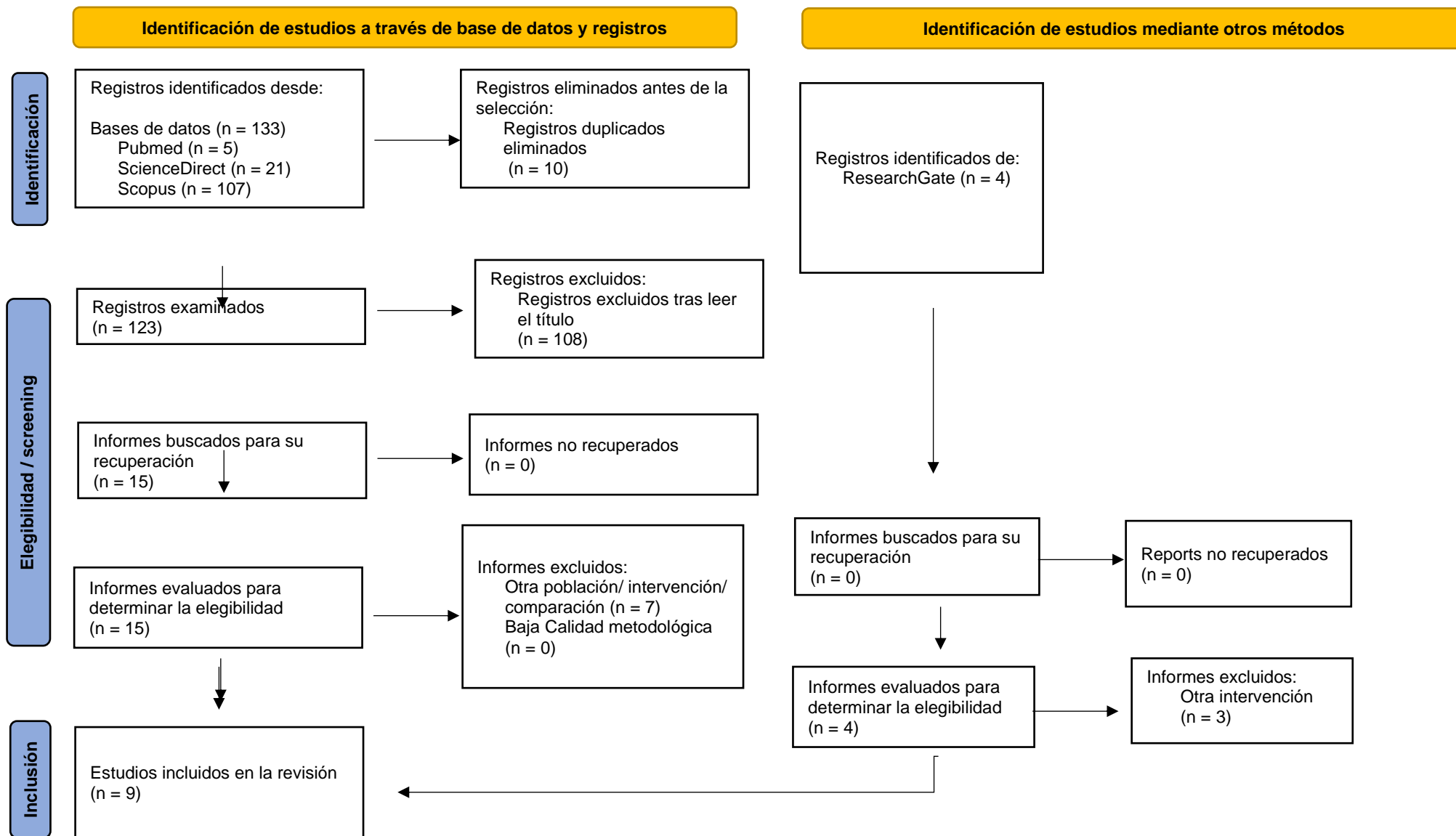


Figura 2. Diagrama de flujo que representa el proceso de identificación y selección de los estudios seleccionados según las directrices de los Elementos de Información Preferidos para las Revisiones Sistemáticas y los Metaanálisis (PRISMA) (23).

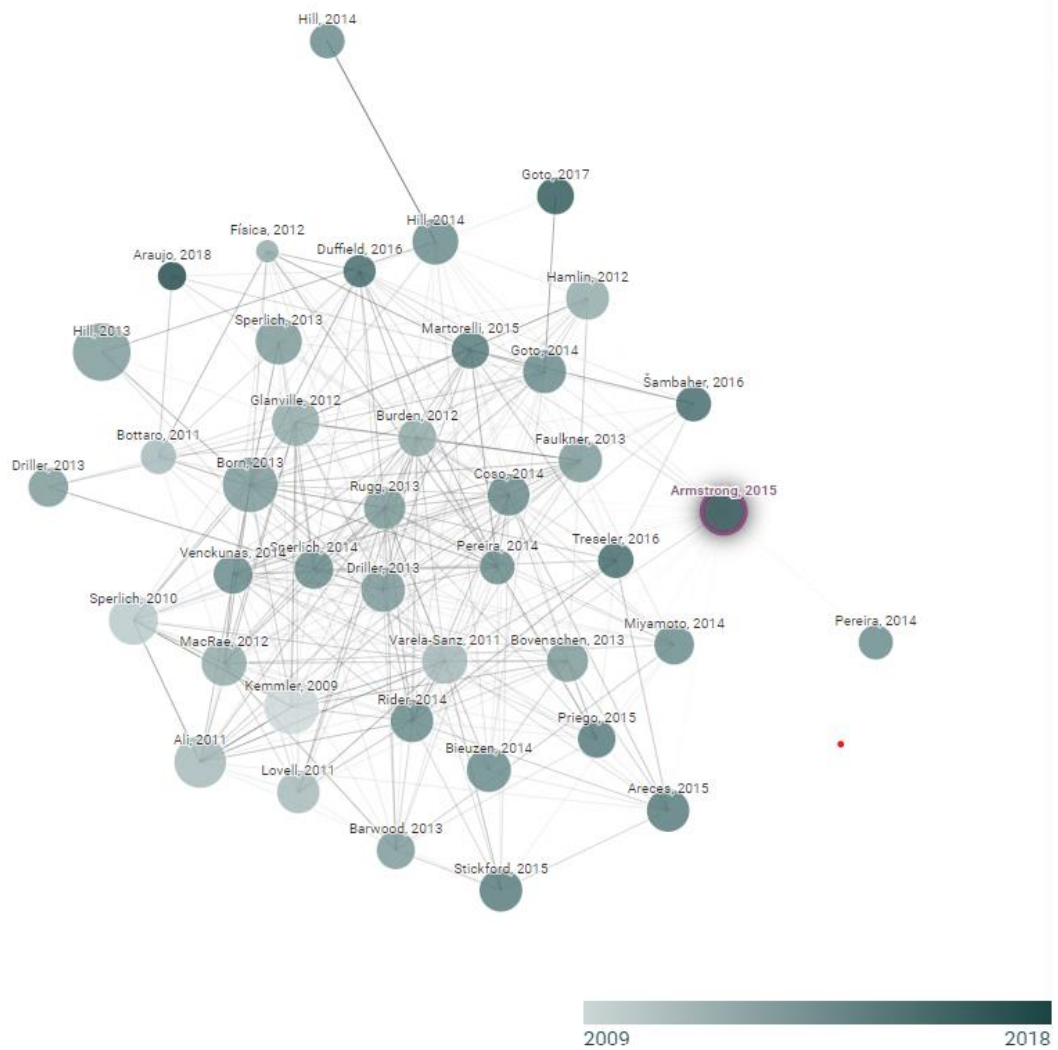


Figura 3. Diagrama de red de los ensayos sobre la influencia del uso/beneficios de calcetines de compresión en corredores. Este gráfico se elaboró mediante www.connectedpapers.com, accediendo el 12 de junio de 2023.

5.2 Evaluación de la calidad metodológica

Los resultados obtenidos utilizando la escala metodológica McMaster (24) en base a los ítems evaluados se detallan en la Tabla 2. Las principales deficiencias se encuentran en los ítems 6 y 11 del cuestionario, dichos ítems son los relacionados con una muestra pobre o demasiado escasa para calificarla como buena y, por otra parte, el relacionado con la significancia estadística, la cual nos indicaría que tan probable es el efecto de causalidad en base a la variable analizada en el estudio. Los resultados obtenidos en general fluctuaron entre 12-14 puntos, siendo así una calidad metodológica de entre el 81,25% y el 87,50%. En el conjunto de los 9 estudios analizados fueron 1 (28) con una calidad metodológica “Buena” y 8 (27,29-35) “Muy buena”. La calidad metodológica en todos los estudios se consideró que estaba dentro de las cotas aceptadas, por tanto, no se excluyó ningún estudio por esta razón.

Los resultados obtenidos utilizando la escala PEDro (25) en base a los ítems evaluados se muestran en la Tabla 3. Las deficiencias más claras se observan en los ítems 3 (asignación

oculta), 5 (cegamiento de los participantes) y 6 (cegamiento del terapeuta). Los resultados obtenidos se sitúan en puntuaciones de 8 y 10, siendo así del 72,7% y 90,9% respectivamente. En el conjunto de estudios analizados se obtuvieron una puntuación de 8 en 8 estudios (28–35) y una puntuación de 10 en 1 estudio (27).

Tabla 2. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Puntuación según la revisión crítica para estudios cuantitativos creada por el Grupo de Investigación de Práctica Basada en la Evidencia de la Terapia Ocupacional de la Universidad de McMaster (24).

| Primer autor y año | ÍTEMS | | | | | | | | | | | | | | | | T | % | CM |
|----------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|-------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | | | |
| Armstrong et al, 2015 (27) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 13 | 81,25 | MB |
| Brophy-Williams et al, 2018 (28) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 0 | 1 | 12 | 75,00 | B |
| Fletcher et al, 2014 (29) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |
| Hanis et al, 2020 (30) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |
| Mann et al, 2016 (31) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |
| Vercruyssen et al, 2015 (32) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |
| Zadow et al, 2018 (33) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |
| Zaleski et.al, 2015 (34) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |
| Zaleski et al, 2018 (35) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 | 87,50 | MB |

Sumatorio de items que se han cumplido (T); Criterio aprobado (1); Criterio no aprobado o escaso (0); Calidad metodológica (CM): Escasa (E) 8 o menos puntos; mediocre (M) 9-10 puntos; Buena (B) 11-12 puntos; Muy buena (MB) 13-14 puntos; Perfecta (P) 15-16 puntos

Tabla 3. Evaluación de la calidad de los estudios incluidos en la revisión sistemática. Puntuación según la escala PEDro (25).

| Primer autor y año | ÍTEMS | | | | | | | | | | | T | % | CM |
|----------------------------------|-------|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|----|------|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | | | |
| Armstrong et al, 2015 (27) | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 10 | 90,9 | MB |
| Brophy-Williams et al, 2018 (28) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Fletcher et al, 2014 (29) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Hanis et al, 2020 (30) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Mann et al, 2016 (31) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Vercruyssen et al, 2015 (32) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Zadow et al, 2018 (33) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Zaleski et al, 2015 (34) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |
| Zaleski et al, 2018 (35) | 1 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 | 72,7 | B |

Sumatorio de ítems que se han cumplido (T); Criterio aprobado (1); Criterio no aprobado o escaso (0); Calidad metodológica (CM): Pobre (P) 0-3 puntos; regular (R) 4-5 puntos; Buena (B) 6-8 puntos; Muy buena (MB) 9-10 puntos; Excelente (E) 11 puntos.

5.3 Evaluación del riesgo de sesgo

La evaluación del riesgo de sesgo se realizó con la herramienta de riesgo de sesgo de Cochrane (26). Se muestra en la tabla 4 que se obtuvieron 5 puntos en 8 estudios (28–35) y 7 puntos en 1 estudio (27).

Tabla 4. Puntuación del sesgo de los estudios según la herramienta de Cochrane (26).

| Primer autor y año | ÍTEM | | | | | | | | T |
|----------------------------------|------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | |
| Armstrong et al, 2015 (27) | | | | | | | | | 7 |
| Brophy-Williams et al, 2018 (28) | | | | | | | | | 5 |
| Fletcher et al, 2014 (29) | | | | | | | | | 5 |
| Hanis et al, 2020 (30) | | | | | | | | | 5 |
| Mann et al, 2016 (31) | | | | | | | | | 5 |
| Vercruyssen et al, 2015 (32) | | | | | | | | | 5 |
| Zadow et al, 2018 (33) | | | | | | | | | 5 |
| Zaleski et al, 2015 (34) | | | | | | | | | 5 |
| Zaleski et al, 2018 (35) | | | | | | | | | 5 |

Total de ítems cumplidos por estudio (T); sesgo considerado de bajo riesgo (“+”); sesgo considerado de alto riesgo (“?”); incertidumbre del potencial de sesgo o desconocimiento por falta de información (“?”)

5.4 Características de los participantes e intervención

Las características de los participantes e intervención se muestran en la Tabla 5. El diseño fue ensayos clínicos randomizados de los cuales 6 estudios (27,29,31,33–35) son ensayos controlados aleatorios y tres estudios (28,30,32) son estudios cruzados aleatorios. En los estudios de diseño cruzado (30–32), en 2 estudios (30,32) el periodo de lavado fue de 1 semana y en 1 estudio (28) no lo informaron. De los 250 participantes solo 225 concluyeron el estudio, 154 hombres y 71 mujeres. Los estudios incluyeron, 213 corredores profesionales/ entrenados

(27–30,32–35) y 38 corredores amateurs/ no entrenados (28,30,31). Los 9 estudios incluidos (27–35) fueron llevados a cabo en Australia (27,28), USA (29,34,35), Malasia (30), Alemania (31,33), Francia (32).

El uso de calcetines de compresión fue durante la actividad física (28,30–32,34,35), después de la actividad física (27) y durante y después (29,32,33) de la actividad física. Siete estudios (27–29,31,33–35) utilizaron un calcetín de compresión con marca registrada y 2 estudios (30,32) no reportaron información de la marca. Ocho estudios (27–31,33–35) utilizaron calcetines de compresión de pie a rodilla y 1 estudio (32) de maleolos a rodilla.

5.5 Resultados de los estudios incluidos

Los resultados de los estudios incluidos en la revisión se detallan en la tabla 5.

Tabla 5. Características y resumen de los resultados de los parámetros que se han analizado y extraído de los estudios que se han incluido en esta revisión sistemática

| Primer autor, año de publicación y país | Tipo de estudio | Participantes (tamaño de la muestra inicial, edad, sexo, retiradas y tamaño de la muestra final) | Intervención | Parámetros evaluados | Resultados |
|---|--------------------------------|--|--|--------------------------------------|---|
| Armstrong et al (27), (2015) Australia | Ensayo controlado aleatorizado | 59 ♂ y ♀ corredores de maratón GC n= 17 (n =11 ♂; n = 6 ♀): Edad (media ± DE): 38,1 ± 8,2 años Altura (media ± DE): 174,4 ± 11,2 cm Volumen entrenamiento por semana (media ± DE): 6,9 ± 4,1 h Experiencia (media ± DE): 7,5 ± 7,3 años GI n = 16 (n = 12 ♂; n = 4 ♀): Edad (media ± DE): 39,0 ± 6,2 años Altura (media ± DE): 173,2 ± 8,4 cm Volumen entrenamiento por semana (media ± DE): 5,5 ± 1,9 h Experiencia (media ± DE): 8 ± 8,2 años Pérdidas de seguimiento: 26 | GC: Calcetines Therafirm SmartKnit [®] (Knit-Rite Inc., Kansas City, KS, USA) sin compresión, para diabéticos; de pie a rodilla GI: Calcetines de compresión Jobst Activewear compression socks [®] (BSN Medical Inc., Rutherford College, NC, USA); compresión tobillo 30-40 mm Hg y debajo de rodilla 21-28 mm Hg; de pie a rodilla Uso durante 48h post maratón | FC _{max} RPE (VAS) EX | <u>GI vs GC</u> ↔ FC _{max} ↔ RPE (VAS) ↑*EX <u>GI cambios línea base</u> ↔ FC _{max} ↔ RPE (VAS) ↑ EX |

| | | | | | |
|--|---------------------------|--|--|----------------------|------------------------------|
| Brophy-Williams et al (28), (2018) Australia | Ensayo controlado cruzado | 12 ♂ corredores entrenados | GC: Calcetines sin compresión; de pie a rodilla | | <u>GI vs GC</u> |
| | | Edad (media ± DE): 30,5 ± 8,1 años | | LAC | ↔ LAC |
| | | Peso (media ± DE): 77,8 ± 6,5 kg | GI: Calcetines de compresión 2XU® (Melbourne, Australia); | RPE (Borg) | ↔ RPE (Borg) |
| | | Altura (media ± DE): 181,4 ± 6,9 cm | compresión zona media 37 ± 4 | CSAp | ↔ CSAp |
| | | Tiempo carrera 5 km (media ± DE): 19' 29" ± 1' 18" | mm Hg, zona superior tobillo 31 ± 4 y zona inferior tobillo 23 ± 4 mm Hg; de pie a rodilla | MS (EVA) | ↔ MS (EVA) |
| | | | | F | ↔ F |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | | TQRP | ↔ TQRP |
| | | GC n = 12 | Uso durante la prueba 5km | D _{TT1-TT2} | ↓*D _{TT1-TT2} |
| | | GI n = 12 | Periodo de lavado: ND | | <u>GI cambios línea base</u> |
| | | | | | ↑ LAC |
| | | | ↑ RPE (Borg) | | |
| | | | ↔ CSAp | | |
| | | | ↑ MS (EVA) | | |
| | | | ↑ F | | |
| | | | ↓ TQRP | | |
| | | | ↓*D _{TT1-TT2} | | |

| | | | | | |
|---|--------------------------------|------------------------------------|--|-------------------|------------------------------|
| Fletcher et al (29), (2014) Estados Unidos | Ensayo controlado aleatorizado | 11 ♂/ 5 ♀ corredores de maratón | GC: Con medias de mujer con compresión <5mm Hg; de pie a rodilla | | <u>GI vs GC</u> |
| | | Edad (media ± DE): 30,5 ± 8,7 años | | WL | ↔ WL |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | GI: Calcetines de compresión Zoot Active Compression Socks [®] (USA); compresión graduada 26-18mm Hg de tobillo a rodilla; de pie a rodilla | H | ↔ H |
| | | GC: n = 8 | | DC | ↔ DC |
| | | GI: n = 8 | | TD | ↔ TD |
| | | | | IVC | ↔ IVC |
| | | | | VC _{24h} | ↔ VC _{24h} |
| | | | | | <u>GI cambios línea base</u> |
| | | | Uso durante la prueba cinta de correr 2h y 8 h posteriores | | ↑ WL |
| | | | | | ↑ H |
| | | | | | ↑ DC |
| | | | | | ↑ TD |
| | | | | | ↑ IVC |
| | | | | | ↑ VC _{24h} |

| | | | | | |
|-------------------------------------|---------------------------|---|---|-----|-------------------|
| Hanis et al (30), (2020) Malasia | Ensayo controlado cruzado | 16 ♂ corredores noveles y profesionales | GC: Calcetines lisos sin compresión de pie a rodilla | | <u>GI vs GC</u> |
| | | Edad (media ± DE): 23,6 ± 1,4 años | GI: Calcetines de compresión ND; compresión 20-30 mm Hg; de pie a rodilla | GCT | ↓ GCT |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | | ST | ↓ ST |
| | | GC n = 16 | | SL | ↑ SL |
| | | GI n = 16 | | HS | ↓ HS |
| | | | Uso durante la prueba cinta de correr | | <u>GI Noveles</u> |
| | | | Periodo de lavado: 1 semana | | ↑ GCT |
| | | | | | ↓* ST |
| | | | | | ↑* SL |
| | | | | | ↔ HS |
| | | | <u>GI cambios línea base</u> | | |
| | | | ↓ GCT | | |
| | | | ↓ ST | | |
| | | | ↑ SL | | |
| | | | ↓ HS | | |

| | | | | | |
|---|--------------------------------|--------------------------------------|---|------------|------------------------------|
| Mann et al (31), (2016) Alemania | Ensayo controlado aleatorizado | 18 ♂/ 12 ♀ corredores recreacionales | GC: Sin calcetines | | <u>GI vs GC</u> |
| | | Edad: 18 -30 años | GI: Calcetines de compresión CEP Running Sportsocks® (company Medi); compresión 20-30 mm Hg; de pie a rodilla | ABF | ↑ ABF |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | | AR | ↑ AR |
| | | GC n =10 | | LAC | ↔ LAC |
| | | GI n = 10 | Uso durante la prueba cinta de correr | | <u>GI cambios línea base</u> |
| | | | | | ↑ ABF |
| | | | | | ↑ AR |
| | | | | | ↑ LAC |
| Vercruyssen, et al (32), (2015) Francia | Ensayo controlado cruzado | 11 ♂ corredores de resistencia | GC: Sin ningún calcetín de compresión | | <u>GI vs GC</u> |
| | | Edad (media ± DE): 34,7 ± 9,8 años | | FC | ↔ FC |
| | | Altura (media ± DE): 178,4 ± 7 cm | GI: Calcetín de compresión ND; compresión constante 18mm Hg; de maléolos a rodilla | LAC | ↔ LAC |
| | | Peso (media ± DE): 72,3 ± 6,8 kg | | RPE (Borg) | ↔ RPE |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | | | <u>GI cambios línea base</u> |
| | GC n = 11 | Uso durante la carrera 15.6 km | | | ↑ FC |
| | GI n = 11 | Periodo de lavado: 1 semana | | | ↑LAC |
| | | | | | ↑* RPE |

| | | | | | |
|--------------------------------------|--------------------------------|--|--|------|------------------------------|
| Zadow et al (33), (2018) Alemania | Ensayo controlado aleatorizado | 43 ♂/ 24 ♀ corredores de maratón | GC: Calcetín sin compresión; de pie a rodilla | | <u>GI vs GC</u> |
| | | GC n = 33 (n = 21 ♂; n = 12 ♀): | | TAT | ↔TAT |
| | | Edad (media ± DE): 45,2 ± 11,5 años | GI: Calcetín de compresión 2XU® (2XU North América LLC, Carlsbad, CA, USA); compresión graduada 19–25 mm Hg en tobillo; de pie a rodilla | FT | ↓*FT |
| | | Entrenamiento medio por semana (media ± DE): 5 h 2' ± 2 h 13' | | TFPI | ↔TFDI |
| | | Peso (media ± DE): 69,6 ± 15,6 kg | | DD | ↓*DD |
| | | GI n= 34 (22 ♂ y 12 ♀): | | | <u>GI cambios línea base</u> |
| | | Edad (media ± DE): 43,5 ± 10,5 años | Uso durante la maratón y 10-20 minutos posteriores | | ↔TAT |
| | | Entrenamiento medio por semana (media ± DE): 4 h 39' ± 1 h 58' | | | ↑ FT |
| | | Peso (media ± DE): 71,4 ± 14,9 kg | | | ↔TFDI |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | | | ↑DD |

| | | | | | |
|--|--------------------------------|--|--|------|------------------------------|
| Zaleski et al (34), (2015) Estados Unidos | Ensayo controlado aleatorizado | 10 ♂/ 10 ♀ corredores de maratón | GC: Calcetín sin compresión; de pie a rodilla | | <u>GI vs GC</u> |
| | | GC n = 10 (n = 5 ♂ y n = 5 ♀): | GI: Calcetín de marca comercial 2XU® (2XU North América LLC, Carlsbad, CA, USA); compresión graduada 19–25 mm Hg en el tobillo; de pie a rodilla | TAT | ↓ TAT |
| | | Edad (media ± DE): 35,5 ± 8 años | | T-PA | ↓*T-PA |
| | | Entrenamiento medio (media ± DE): 43,3 ± 16,4 km | | DD | ↔ DD |
| | | Peso (media ± DE): 68,9 ± 12,4 kg | | | <u>GI cambios línea base</u> |
| | | GI n= 10 (n = 5 ♂; n = 5 ♀): | | | ↑ TAT |
| | | Edad (media ± DE): 36,9 ± 8,4 años | Uso durante la maratón | | ↓T-PA |
| | | Entrenamiento medio (media ± DE): 62,1 ± 19,6 km | | | ↔ DD |
| | | Peso (media ± DE): 72,3 ± 15,4 kg | | | |
| | | Pérdidas de seguimiento: 0 | | | |

| | | | | | |
|--|--------------------------------|--|---|----|--|
| Zaleski et al (35), (2018) Estados Unidos | Ensayo controlado aleatorizado | 10 ♂/ 10 ♀ corredores de maratón | GC: Calcetín sin compresión; de pie a rodilla | CK | <u>GI vs GC</u> |
| | | GC n = 10 (n = 5 ♂; n = 5 ♀): Edad (media ± DE): 35,5 ± 8 años Entrenamiento medio (media ± DE): 43,3 ± 16,4 km Peso (media ± DE): 68.9 ± 12.4 kg GI n = 10 (n = 5 ♂; n = 5 ♀): Edad (media ± DE): 36,9 ± 8,4 años Entrenamiento medio (media ± DE): 62,1 ± 19,6 km Peso (media ± DE): 72,3 ± 15,4 kg Pérdidas de seguimiento: 0 | GI: Calcetín de marca comercial 2XU® (2XU North América LLC, Carlsbad, California); compresión graduada 19–25 mm Hg en el tobillo; de pie a rodilla Uso durante la maratón | | ↔ CK <u>GI cambios línea base</u> ↑*CK |

↑= incremento significativo; ↓ decremento significativo; ↔ no cambios, * estadísticamente significativo

T-PA activador tisular del plasminógeno, CSAp área sección transversal media de la pierna, IVC_{24h} cambio volumen 24 horas posteriores, IVC cambio volumen instantáneo, TAT complejo trombina antitrombina, CK creatina quinasa, D_{TT1-TT2} decremento del rendimiento de TT1 a TT2, D dímero D, DC distancia completada, MS dolor muscular, EVA Escala Visual Analógica, FT factor tisular, F fatiga, FC fluido consumido, ABF flujo sanguíneo arterial, FC_{max} frecuencia cardíaca máxima, FC frecuencia cardíaca, HS golpe de talón, GC grupo control, GI grupo intervención, H hidratación, RPE índice de esfuerzo percibido, TFPI inhibidor de vía de factor tisular, LAC lactato, SL longitud de zancada, WL peso perdido, AR Reserva arterial, ST tiempo balanceo, GCT tiempo contacto con el suelo, EX tiempo hasta agotamiento, TD tolerancia al dolor, TQRP Total Quality recovery Scale

5.5.1 Parámetros hematológicos

De coagulación

Zaleski et al. (34) y Zadow et al. (33) analizaron parámetros hematológicos de coagulación (complejo trombina antitrombina, factor tisular, inhibidor de la vía de factor tisular, dímero-D y activador tisular del plasminógeno), obteniendo un descenso significativo ($p < 0.05$) en el activador tisular del plasminógeno (34), en el dímero-D (33) y factor tisular (33) comparando el grupo que usaba CC frente al grupo placebo.

Hemodinámicos

En los parámetros hemodinámicos en un estudio (31) se vio un cambio no significativo ($p > 0.05$) al aumento del flujo sanguíneo arterial y reserva arterial comparando tanto GI y GC como GI a lo largo del estudio.

5.5.2 Daño muscular

Zaleski et al. (35) analizó el daño muscular mediante la medición de la actividad. No se observaron cambios en la CK en GI respecto a GC, aunque si presentaron un aumento sustancial ($p < 0.05$) comparando GI respecto a la línea base.

5.5.3 Parámetros perceptuales

Cuatro estudios (27–29,32) evaluaron parámetros perceptuales como el índice de esfuerzo percibido (27,28,32), tolerancia al dolor (29), dolor muscular (28) y fatiga (28). No se observaron cambios en ninguno de ellos de GI respecto GC. Sin embargo, Vercruyssen et al. (32), presentó en el índice de esfuerzo percibido un aumento de manera significativa ($p < 0.05$) de GI durante una prueba de carrera de 15.6 kilómetros.

5.5.4 Rendimiento deportivo

Se observaron mejoras significativas ($p < 0.05$) del grupo que usaba CC respecto al grupo placebo en el rendimiento deportivo en una prueba de tiempo hasta la extenuación midiendo el tiempo hasta la extenuación (27) y en una prueba contrarreloj midiendo el decremento desde la carrera 1 hacia la carrera 2 (28).

5.5.5 Parámetros cinemáticos

Hanis et al. (30) observó cambios sustanciales ($p > 0.05$) en GI respecto a GC en el tiempo de contacto del pie con el suelo, tiempo de balanceo del pie, longitud de zancada y golpe de talón del pie. De igual forma, se obtuvieron mejoras en GI frente al inicio del estudio. Además, se observaron cambios significativos ($p < 0.05$) en los corredores noveles en la longitud de zancada y tiempo de balanceo del pie cuando usaron CC.

6. Discusión

El objetivo de esta revisión sistemática fue analizar el impacto del uso de calcetines de compresión en sujetos corredores sanos a través de la influencia de parámetros hematológicos relacionados con la coagulación y hemodinámicos, marcadores de daño muscular, parámetros perceptuales, marcadores de rendimiento deportivo y parámetros cinemáticos. Nueve estudios (27–35) cumplieron los criterios de inclusión/ exclusión predefinidos. De forma general, se mostraron mejoras significativas en el rendimiento deportivo y parámetros hematológicos de coagulación y mejoras notables en los parámetros cinemáticos y parámetros hematológicos hemodinámicos. Sin embargo, no se observaron cambios en el daño muscular y parámetros perceptuales.

6.1 Parámetros hematológicos

De coagulación

El uso de CC en corredores de resistencia es cada vez más habitual para prevenir alteraciones de extremidad inferior como la trombosis venosa profunda (36). En este sentido, dos estudios (33,34) evaluaron los cambios en el activador tisular del plasminógeno (34), factor tisular (33) y dímero-D (33), donde los participantes que usaron CC mostraron un descenso significativo ($p < 0.05$) en todos los parámetros mencionados. Esta tendencia puede deberse a que los CC contrarrestan perturbaciones que producen estasis sanguínea, daño vascular e hipercoagulabilidad que aumentan el riesgo de trombosis venosa profunda durante la carrera, incluyendo microtraumatismos repetitivos, daño endotelial vascular y deshidratación. Además, estos beneficios pueden deberse a que la compresión graduada utilizada de 19-25 mm Hg en el tobillo (de pie a rodilla) disminuya el área transversal de la extremidad inferior y, por tanto, aumente la velocidad del flujo sanguíneo en las venas superficiales y profundas, traduciendo este aumento de flujo sanguíneo en un menor riesgo de sufrir formación de trombos y una reducción en la concentración de los reactivos de coagulación. Por todo lo anterior, la profilaxis mecánica usando CC de pie a rodilla es una terapia eficaz para contrarrestar los componentes de la triada de Virchow que son la estasis sanguínea, daño vascular y estados de hipercoagulabilidad y que componen tres factores que se les puede atribuir la formación de un trombo (37).

Hemodinámicos

El aumento de la circulación sanguínea y, en consecuencia, un mejor retorno venoso es un claro indicio de un mayor rendimiento y una mejor oxigenación muscular y por tanto, una mejor recuperación (38). Un estudio (31) evaluó los cambios en el flujo sanguíneo arterial y en la reserva arterial de la extremidad inferior durante una prueba en cinta rodante observando un aumento del flujo sanguíneo arterial y reserva arterial cuando se utilizaron calcetines de compresión durante la prueba, aunque de manera no significativa ($p > 0.05$). Este cambio podría deberse por un aumento en la vasodilatación de las arterias en respuesta a periodos prolongados de presión extravascular y, por tanto, aumentar la circulación sanguínea (39).

6.2 Daño muscular

Los deportes de larga duración como la maratón debido a su gran componente excéntrico conducen a daños musculares (40) mayores al resto de deportes, por ello, el uso de CC podría ser una estrategia preventiva para disminuir estos daños musculares. Un estudio (35) evaluó los cambios en la CK inmediatamente después correr una maratón y 24 horas después, utilizando los CC durante esta y observó que la CK no presentó cambios al utilizar CC. Esto quizá sea debido a que los CC no tienen ninguna acción sobre el daño muscular durante actividades de resistencia y sus acciones podrían dirigirse más a los componentes de la triada de Virchow (41). Sería interesante observar en futuras investigaciones ejercicios con otras características, con movimientos rápidos de corta duración o excéntricos, por ejemplo, y observar si realmente los CC pueden tener alguna acción sobre el daño muscular inducido por el ejercicio.

6.3 Parámetros perceptuales

El dolor es un elemento que interrumpe la capacidad de recuperación completa después de la fatiga, lo que a veces limita la capacidad de volver a la actividad física en las mejores condiciones (42). Dos estudios (28,29) evaluaron el dolor muscular (28,29) y la fatiga (28). Tres estudios (27,28,32) evaluaron el esfuerzo percibido tras la prueba. En ninguno de los estudios (27–29,32) se observaron cambios cuando los participantes usaron calcetines de compresión, pudiendo ser porque la compresión en mm Hg de los CC sea insuficiente para el ejercicio intenso que se ha realizado.

6.4 Parámetros cinemáticos

Muchos corredores utilizan calcetines de compresión durante la carrera como ayuda ergogénica mecánica con el fin de mejorar la cinemática articular del tobillo y por tanto hacer su carrera más efectiva, además de contribuir a una reducción de la oscilación vibratoria de impacto (4). En un estudio (30) se analizó el tiempo de balanceo del pie, tiempo de contacto con el suelo del pie, longitud de zancada y golpe de talón del pie durante la prueba en cinta ergométrica. Se observó una mejora sustancial ($p > 0.05$) en los parámetros mencionados anteriormente en los participantes que utilizaron CC y una mejora significativa ($p < 0.05$) en los participantes noveles que usaron CC. El uso de esta prenda deportiva podría actuar sobre el tendón de aquiles proporcionando una compresión y como resultado un mayor soporte (19), además el uso de materiales de compresión aplicados como forma ergogénica en actividades multiarticulares dinámicas podría mejorar la organización del movimiento (proporcionando más propiocepción a la articulación del tobillo) produciendo mejoras en el rendimiento (43), teniendo más efecto en los corredores noveles ya que al no estar tan entrenados permitirían una modificación más fácil en su biomecánica de carrera.

6.5 Rendimiento deportivo

El fin último de la utilización de calcetines de compresión es mejorar el rendimiento deportivo. Dos estudios (27,28) han analizado el tiempo invertido en una prueba contrarreloj (28) llevando los CC durante la prueba y el tiempo hasta el agotamiento en una prueba de cinta rodante (27) llevando los CC 48 horas después de la prueba, observándose en ambos (27,28) mejoras significativas ($p < 0.05$) cuando los participantes llevaron los CC.

Esta mejora en el rendimiento deportivo podría deberse al aumento del flujo sanguíneo que mejoraría el aporte de oxigenación (44) y el aporte de nutrientes y, por tanto, la capacidad y la efectividad contráctil de las células musculares se incrementaría. Además, el aumento del flujo sanguíneo ayuda a eliminar el conjunto de elementos tóxicos generados por el daño muscular durante el ejercicio (12) y, por consiguiente, se disminuiría la fatiga y la recuperación mejoraría.

6.6 Métodos de aplicación y formas de intervención

La aplicación de calcetines de compresión es una prenda fácil de aplicar, aunque no tan sencillo de conocer objetivamente sus efectos/beneficios que pueden llegar a producir estos desde el punto de vista científico. Es difícil conocer exactamente los parámetros de aplicación óptimos, así como la cantidad de presión de los CC o cuanto tiempo exactamente se deberían aplicar antes, durante o después de la actividad física de correr para obtener el potencial de mejora máximo. Muchos estudios afirman beneficios en los sujetos que se aplican los CC durante la actividad de correr, mejorando la actividad fibrinolítica y de coagulación (34), así como aumentando el flujo sanguíneo arterial y la reserva arterial (31) y por tanto mejorando el rendimiento deportivo en el sujeto aplicado. Sin embargo, no existe evidencia científica sobre la aplicación de los CC antes del ejercicio físico, deduciendo que la máxima efectividad refiriéndonos a la mejora del rendimiento/recuperación del ejercicio físico de correr de la aplicación de estos se da cuando se aplica durante y/o después de la actividad física de correr. Además, no se ha demostrado que estas prendas compresivas sean perjudiciales tanto en corredores profesionales como en corredores amateurs. No obstante, se necesitan más estudios sobre algunos de los efectos/beneficios de los CC refiriéndonos a su uso en el ámbito deportivo, por ejemplo, como afecta a las reservas de lactato en el cuerpo tras un ejercicio intenso o como afecta al daño muscular estas prendas compresivas.

Hanis et al. (30) determina que, la aplicación de CC en corredores mejora los parámetros cinemáticos en el sujeto. Ligado a esto, se observó que estas prendas en tareas de acción dinámica mejoran el rango de movimiento en los tobillos, lo que desemboca en una mejora de la velocidad de movimiento del pie (43). Podría ser interesante en futuras investigaciones observar y analizar en sujetos corredores como influye la colocación de un calcetín de compresión en la extremidad dominante o en la extremidad no dominante, para poder observar efectos específicos en las extremidades separadas durante la actividad de correr, así como una posible educación cruzada contralateral. Es necesario investigar el impacto de los CC en el movimiento con ejercicio explosivo como saltar, así como otras actividades físicas que involucren variables diferentes para observar cómo se comportan en diferentes situaciones.

6.7 Limitaciones y fortalezas

En la revisión sistemática actual se reconocen algunas limitaciones que se explican a continuación. Los ensayos que cumplieron los criterios de inclusión y exclusión fueron demasiado escasos, aun así, se siguió una elección de estos mediante el enfoque sistemático guiado por el método PRISMA (23) y se realizó una búsqueda bibliográfica en 3 grandes bases de datos: PubMed, Scopus y ScienceDirect, además se incluyó la literatura gris. Además, se utilizó la herramienta www.connectedpapers.com para la elaboración de un diagrama de nodos de búsqueda y se utilizó la escala McMaster (24), la escala PEDro (25) y la herramienta de evaluación del riesgo de sesgo de Cochrane (26) con el fin de garantizar una selección de estudios de calidad y óptimos que incluyeran varios resultados utilizados comúnmente en la investigación sobre la recuperación y el rendimiento deportivo. Existe una heterogeneidad de los estudios referente a la medición de los parámetros analizados en los estudios, debido a la gran variación en la duración de aplicación y momento de aplicación y/o duración de la actividad física. Por lo tanto, no nos permite realizar un metaanálisis. Teniendo en cuenta esta gran heterogeneidad pueden sacarse diversas conclusiones, observando indicios de mayores efectos beneficiosos cuando se usan calcetines de compresión en corredores sanos físicamente activos.

7. Conclusiones

- El uso de calcetines de compresión produce una mejora significativa en los parámetros de la coagulación tras una maratón.
- El uso de calcetines de compresión produce un aumento del flujo sanguíneo arterial y de la reserva arterial, mejorando sustancialmente la circulación sanguínea tras una prueba en cinta de correr.
- Los calcetines de compresión no mostraron efectos sobre el daño muscular, no mostrando cambios en la creatina-quinasa.
- Los parámetros perceptuales no se modificaron con el uso de calcetines de compresión.
- El uso de calcetines de compresión mejora los parámetros cinemáticos de la marcha durante la actividad de correr, obteniéndose una mejora notable en el tiempo de balanceo del pie, tiempo de contacto con el suelo del pie, longitud de zancada y golpe de talón del pie.
- El uso de calcetines de compresión influye positivamente en la recuperación y rendimiento deportivo, observándose mejoras significativas en una carrera contrarreloj y una carrera hasta el agotamiento.

8. Bibliografía

1. Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Gotshalk LA, Wagner PR, Gomez AL et al. Influence of compression hosiery on physiological responses to standing fatigue in women. *Med Sci Sports Exerc.* 2000;32(11):1849–58.
2. Duffield R, Portus M. Comparison of three types of full-body compression garments on throwing and repeat-sprint performance in cricket players. *Br J Sports Med.* 2007;41(7):409–14.
3. Valle X, Til L, Drobnic F, Turmo A, Montoro JB, Valero O et al. Compression garments to prevent delayed onset muscle soreness in soccer players. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2013;3(4):295–302.
4. Doan BK, Kwon YH, Newton RU, Shim J, Popper EM, Rogers RA et al. Evaluation of a lower-body compression garment. *J Sports Sci.* 2003;21(8):601–10.
5. Beliard S, Chauveau M, Moscatiello T, Cros F, Ecartot F, Becker F. Compression Garments and Exercise: No Influence of Pressure Applied. *J Sport Sci Med.* 2015;14(1):75-83.
6. Brizzio EO, Stemmer R, Simeone J, Salvia C. Los efectos hemodinámicos de las medias terapéuticas de compresión sobre el retorno venoso *Rev. Asoc. Méd. Argent.* 1994;107(3): 26-31.
7. Southard V, Difranco-Donoghue J, Mackay, J Idjadi S, Wright N. The Effects of below Knee Compression Garments on Functional Performance in Individuals with Parkinson Disease. *Int J Health Sci.* 2016;10(3):373–80.
8. Partsch H, Mosti G. Thigh compression. *Phlebology.* 2008;23(6):252–8.
9. Vaile J, Stefanovic B, Askew CD. Effect of lower limb compression on blood flow and performance in elite wheelchair rugby athletes. *J Spinal Cord Med.* 2016;39(2):206–11.
10. Bochmann RP, Seibel W, Haase E, Hietschold V, Rödel H, Deussen A. External compression increases forearm perfusion. *J Appl Physiol.* 2005;99(6):2337–44.
11. Brown F, Gissane C, Howatson G, van Someren K, Pedlar C, Hill J. Compression Garments and Recovery from Exercise: A Meta-Analysis. *Sports Med.* 2017;47(11):2245–67.
12. Davies V, Thompson KG, Cooper SM. The effects of compression garments on recovery. *J Strength Cond Res.* 2009;23(6):1786–94.
13. Figueiredo M, Figueiredo MF, Penha-Silva N. Effect of elastic stockings on biomarkers levels of muscle soreness in volleyball players after exercise. *J Vasc Bras.* 2011;10(4):289–92.
14. Mizuno S, Morii I, Tsuchiya Y, Goto K. Wearing Compression Garment after Endurance Exercise Promotes Recovery of Exercise Performance. *Int J Sports Med.* 2016;37(11):870–7.
15. Arbabi A. Turkish Journal of Sport and Exercise Effects of a whole body compression garment on recovery after a heavy resistance. *Turk J Sport Exe.* 2015;17(1):43–51.

16. Venckunas T, Trinkunas E, Kamandulis S, Poderys J, Grunovas A, Brazaitis M. Effect of lower body compression garments on hemodynamics in response to running session. *ScientificWorldJournal*. 2014;2014:353040.
17. Priego JI, Lucas-Cuevas AG, Aparicio I, Giménez J V., Cortell-Tormo JM, Pérez-Soriano P. Long-term effects of graduated compression stockings on cardiorespiratory performance. *Biol Sport*. 2015;32(3):219–23.
18. Ali A, Caine MP, Snow BG. Graduated compression stockings: physiological and perceptual responses during and after exercise. *J Sports Sci*. 2007;25(4):413–9.
19. Bringard A, Perrey S, Belluye N. Aerobic energy cost and sensation responses during submaximal running exercise--positive effects of wearing compression tights. *Int J Sports Med*. 2006;27(5):373–8.
20. De Glanville KM, Hamlin MJ. Positive effect of lower body compression garments on subsequent 40-kM cycling time trial performance. *J Strength Cond Res*. 2012;26(2):480–6.
21. Lawrence D, Kakkar V V. Graduated, static, external compression of the lower limb: a physiological assessment. *Br J Surg*. 1980;67(2):119–21.
22. Brown P, Brunnhuber K, Chalkidou K, Chalmers I, Clarke M, Fenton M, et al. How to formulate research recommendations. *BMJ*. 2006;333(7572):804–6.
23. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, Boutron I, Hoffmann TC, Mulrow CD, et al. The PRISMA 2020 statement: an updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*. 2021;372:n71.
24. Law M, Stewart D, Pollock N, Letts, L. Bosch J, et al. Critical Review Form – Quantitative Studies. McMaster University. 1998;1–3.
25. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother*. 2020 Jan 1;66(1):59.
26. Higgins JPT, Altman DG, Gøtzsche PC, Jüni P, Moher D, Oxman AD, et al. The Cochrane Collaboration's tool for assessing risk of bias in randomised trials. *BMJ*. 2011; 343.
27. Armstrong SA, Till ES, Maloney SR, Harris GA. Compression socks and functional recovery following marathon running: A randomized controlled trial. *J Strength Cond Res*. 2015;29(2):528–33.
28. Brophy-Williams N, Driller MW, Kitic CM, Fell JW, Halson SL. Wearing compression socks during exercise aids subsequent performance. *J Sci Med Sport*. 2019;22(1):123–7.
29. Fletcher L, Raab S, Sanderson S, Vargo L. Efficacy of Compression Socks to Enhance Recovery in Distance Athletes. *Journal of Sport and Art*. 2013;2(2):15–8.
30. Jefry MH, Hasan H, Nural Azhan MA, Misonon MI, Raja Azidin RMF, Ismail H. The Effect of Compression Socks on Running Kinematics in Experience and Novice Runners. *Lecture Notes in Bioengineering*. 2020;333–40.
31. Mann S, Ultsch D, Dietl M, Jansen P. The Effects of Compression Socks on Arterial Blood Flow and Arterial Reserves in Amateur Sportsmen. *Development in Sport Science*. 2016;1:1-9.

32. Vercruyssen F, Easthope C, Bernard T, Hausswirth C, Bieuzen F, Gruet M, et al. The influence of wearing compression stockings on performance indicators and physiological responses following a prolonged trail running exercise. *Eur J Sport Sci.* 2014;14(2):144–50.
33. Zadow EK, Adams MJ, Wu SSX, Kitic CM, Singh I, Kundur A, et al. Compression socks and the effects on coagulation and fibrinolytic activation during marathon running. *Eur J Appl Physiol.* 2018;118(10):2171–7.
34. Zaleski AL, Ballard KD, Pescatello LS, Panza GA, Kupchak BR, Dada MR, et al. The effect of compression socks worn during a marathon on hemostatic balance. *Phys Sportsmed.* 2015;43(4):336–41.
35. Zaleski AL, Pescatello LS, Ballard KD, Panza GA, Adams W, Hosokawa Y, et al. The Influence of Compression Socks During a Marathon on Exercise-Associated Muscle Damage. *J Sport Rehabil.* 2019;28(7):724–8.
36. Maharam L. Oddly, runners may be susceptible to deep vein blood clots because of efficient vascular systems. *New York Daily News.* 2011 [citado 12 Junio 2024]. Disponible en: <http://www.nydailynews.com/sports/more-sports/oddly-runners-susceptible-deep-vein-blood-clots-efficient-vascular-systems-article-1.990275>.
37. Morris RJ, Woodcock JP. Evidence-based compression: prevention of stasis and deep vein thrombosis. *Ann Surg.* 2004;239(2):162–71.
38. Driller MW, Halson SL. The effects of wearing lower body compression garments during a cycling performance test. *Int J Sports Physiol Perform.* 2013;8(3):300–6.
39. Sun D, Huang A, Kaley G. Mechanical compression elicits NO-dependent increases in coronary flow. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2004;287(6):H2454-60.
40. Da Ponte A, Giovanelli N, Antonutto G, Nigris D, Curcio F, Cortese P, et al. Changes in cardiac and muscle biomarkers following an uphill-only marathon. *Res Sports Med.* 2018;26(1):100–11.
41. Zaleski AL, Taylor BA, Pescatello LS, Thompson PD. Marathon Maladies: Venous Thromboembolism Risk Associated with Marathon Running. *J Clin Exerc Physiol.* 2016;5(1):1–5.
42. Dupuy O, Douzi W, Theurot D, Bosquet L, Dugué B. An Evidence-Based Approach for Choosing Post-exercise Recovery Techniques to Reduce Markers of Muscle Damage, Soreness, Fatigue, and Inflammation: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Front Physiol.* 2018;9:403.
43. Hasan H, Davids K, Chow JY, Kerr G. Compression and texture in socks enhance football kicking performance. *Hum Mov Sci.* 2016;48:102–11.
44. Sear JA, Hoare TK, Scanlan AT, Abt GA, Dascombe BJ. The effects of whole-body compression garments on prolonged high-intensity intermittent exercise. *J Strength Cond Res.* 2010;24(7):1901–10.

9. Anexos

ANEXO I: Fórmulas de búsqueda.

Búsqueda en Medline (PubMed), Sciencedirect y Scopus:

(Compression socks) AND (runners)

(Compression socks) AND (runners) AND (performance)

(Compression socks) AND (runners) AND (recovery)