

UAI | Universidad Abierta Interamericana.

Facultad de medicina y ciencias de la salud.

Especialidad en Kinesiología deportiva 2025.

TÍTULO DE TESINA:

“Efectos de la compresión neumática intermitente sobre los indicadores fisiológicos y factores perceptivos de recuperación post-esfuerzo en personas activas y deportistas”: Revisión Narrativa.

ALUMNA:

Farias Emilce Naiquen: eminai.f@gmail.com

TUTOR:

Javier Crupnik: javier.crupnik@uai.edu.ar

Contenido

INTRODUCCIÓN.	2
MARCO TEÓRICO.	3
Recuperación y rendimiento: marcadores fisiológicos y hormonales en el deporte.	
Parámetros utilizados en las investigaciones.	3
Compresión neumática intermitente: Aspectos técnicos y operativos.....	8
Compresión neumática intermitente como estrategia de recuperación deportiva.	9
Fisiología.....	9
Compresión neumática intermitente en el deporte.....	10
OBJETIVOS:.....	11
Objetivo general:	11
Objetivos específicos:	11
PLAN DE TRABAJO (tesina 2025).....	12
MATERIALES Y MÉTODOS.	12
Palabras clave:.....	12
Búsqueda final:	13
Criterios inclusión:.....	14
Criterios de exclusión:	15
Selección de estudios.	15
RESULTADOS.....	16
1.Parámetros de aplicación de CNI.	18
2. Cambios en los indicadores fisiológicos.	19
3. Rendimiento físico posterior a la aplicación.....	23
DISCUSIÓN	26
CONCLUSIÓN	28
ANEXO	30

INTRODUCCIÓN.

En el ámbito del deporte de alto rendimiento, la recuperación post esfuerzo ha adquirido una relevancia creciente.

Con el aumento en la intensidad y frecuencia de los entrenamientos y competencias, los atletas se enfrentan a un desafío constante: optimizar su rendimiento minimizando el riesgo de fatiga acumulada, daño muscular inducido por el ejercicio, lesiones de mayor envergadura y tiempos prolongados de recuperación. En este contexto, se han desarrollado diversas estrategias orientadas a mitigar tales consecuencias negativas del entrenamiento o la competición (1).

La bibliografía especializada describe múltiples intervenciones que pueden contribuir, en mayor o menor medida, a este objetivo. Entre ellas se destacan la inmersión parcial o total del cuerpo completo en agua fría, oxígeno hiperbárico, terapias vibratorias, la termoterapia con calor, la recuperación activa y elongación, la terapia manual y la electroterapia (2–11).

La fisiología de la recuperación y el rendimiento posterior en el ejercicio está determinada por varios factores, que incluyen el retorno venoso, las tasas de intercambio de linfa, el consumo máximo de oxígeno, la tasa de flujo del umbral de lactato y los procesos de intercambio de calor (12–16).

La evidencia sugiere que la recuperación activa y la masoterapia combinadas son eficaces para mantener el rendimiento posterior al ejercicio intenso, mientras que la recuperación activa es la más efectiva para eliminar lactato sanguíneo durante la fase de recuperación (17). La compresión neumática intermitente (CNI) se clasifica como una modalidad no invasiva de presoterapia positiva. El objetivo es facilitar el flujo linfático y sanguíneo, reduciendo así la acumulación de líquido tisular y la pérdida de volumen plasmático inducidas en diferentes circunstancias, como el ejercicio, por ejemplo, con la ventaja de no necesitar contracción muscular activa para tal fin, es decir, sin generar fatiga (18). El efecto mecánico de la CNI

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

sobre los tejidos puede imitar algunos beneficios de la fase activa y de masaje combinados.

Desde el punto de vista fisiológico, la CNI induce alteraciones hemodinámicas significativas con beneficios potenciales tanto a nivel venoso como arterial. La aplicación de una presión externa secuencial puede aumentar drásticamente el flujo sanguíneo venoso y arterial, reducir la resistencia vascular periférica, mejorar el vaciamiento venoso y aumentar la perfusión tisular. Estas respuestas hemodinámicas se asocian a un mayor gradiente de presión arteriovenosa y a una mejora transitoria en la oxigenación cutánea. El efecto mecánico sobre los tejidos también promueve el retorno de líquidos al sistema circulatorio, lo cual resulta beneficioso en casos de edema o congestión periférica, ayudando a movilizar metabolitos como el lactato (19). En este sentido, incluso el uso de medias de compresión convencionales ha demostrado ser efectivo para reducir la hinchazón en tobillos y piernas, disminuir el estancamiento venoso y aliviar la incomodidad en la parte inferior del cuerpo, lo cual refuerza el potencial clínico de las estrategias compresivas en contextos de recuperación (19).

MARCO TEÓRICO.

Recuperación y rendimiento: marcadores fisiológicos y hormonales en el deporte. Parámetros utilizados en las investigaciones.

Los componentes estresantes del entrenamiento y la competición pueden afectar temporalmente el rendimiento de un atleta por lo que la recuperación deportiva es un factor crucial en el rendimiento atlético, especialmente en disciplinas que requieren esfuerzos continuos o competiciones en días sucesivos. La fuerza, la potencia, la fatiga y la resistencia en los atletas se ven directamente afectadas por el estado muscular o el estado de fatiga y recuperación del músculo (20). La alteración en el rendimiento del atleta puede ser transitoria (minutos u horas) o puede tener una duración que se prolongue incluso varios días después del esfuerzo (21).

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

La recuperación depende principalmente de la velocidad a la que se sintetiza y almacena el glucógeno tras el ejercicio, la hidratación, los procesos inflamatorios y cambios metabólicos (20,22).

El deterioro más duradero puede estar relacionado con la lesión muscular inducida por el ejercicio y el dolor muscular de aparición tardía (DOMS) (23).

Además, aunque los mecanismos subyacentes no se comprenden bien, un desequilibrio entre el estrés del entrenamiento y la recuperación durante períodos prolongados parece afectar al rendimiento independientemente de lo anterior (21). Prevenir la combinación de un exceso de carga con una recuperación insuficiente es tan importante como incrementar la carga para obtener un entrenamiento eficaz (24).

Durante la práctica deportiva, el deportista supera varias etapas, previas a la ganancia de capacidades. Este proceso, puede entenderse como un ciclo de 4 fases (25).

En el transcurso de la primera fase, la carga física actúa como estímulo para una reacción adicional, induciendo el ciclo de supercompensación. El atleta experimenta fatiga y una marcada disminución de su capacidad de trabajo como resultado de la carga única (25).

Hacia el final de la segunda fase, la capacidad de trabajo del atleta aumenta y alcanza los niveles de precarga, que se caracterizan por fatiga y una recuperación notable. La capacidad de trabajo continúa creciendo durante la tercera fase, superando el nivel anterior y alcanzando su punto culminante, la fase de supercompensación. La capacidad de trabajo alcanza su nivel de precarga en la cuarta fase (25).

El sobreentrenamiento puede caracterizarse como un desbalance entre el estrés y la recuperación, es decir, exceso de estrés mezclado con escaso tiempo para la regeneración (26).

La inflamación crónica que perdura después de una lesión y es causada por la retroalimentación positiva de varias señales que sugieren una lesión o estrés por sobreentrenamiento se puede rastrear al medir las proteínas y otras moléculas que

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

regulan la inflamación (20). Existen marcadores bien validados relacionados con la fatiga, la recuperación, la síntesis de proteínas o las estrategias de alimentación, entre las que se pueden citar (20).

- Testosterona

Función: Síntesis de proteínas

Su disminución crónica ($\downarrow$) puede indicar que el volumen e intensidad del entrenamiento excede la tolerancia del cuerpo o una reducción del potencial anabólico.

- Cortisol

Función: Catabólico

El aumento crónico ($\uparrow$) puede indicar capacidad reducida de recuperación, síntesis de proteínas reducida o sobreentrenamiento.

- Dehidroepiandrosterona (DHEA)

Función: Hormona precursora

La disminución crónica ($\downarrow$) puede reflejar susceptibilidad al sobreentrenamiento.

- Hormona del crecimiento

Función: Composición corporal, síntesis de proteínas

La disminución crónica ($\downarrow$) puede reflejar menor potencial de adaptación al entrenamiento.

- Factor de crecimiento similar a la insulina 1 (IGF-1)

Función: Reduce la degradación protéica, media acciones anabólicas, GH en músculo esquelético

La disminución crónica ($\downarrow$) puede reflejar sobreentrenamiento o adaptaciones musculares deterioradas al entrenamiento.

- Globulina fijadora de hormonas sexuales (SHBG)

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

Función: Transportador de testosterona y estradiol
El aumento crónico ($\uparrow$) puede indicar recuperación insuficiente, sobreentrenamiento o baja capacidad de adaptación al entrenamiento.

- Hormona luteinizante

Función: Reproducción

La disminución crónica ($\downarrow$) puede reflejar susceptibilidad al sobreentrenamiento.

- Creatina quinasa

Función: Enzima muscular

El aumento ($\uparrow$) puede indicar daño muscular.

La creatinquinasa sérica, en particular está estrechamente asociada con daño celular y la alteración de células musculares aunque no está tan claro por qué el ejercicio físico de intensidad baja a moderada también debería provocar la liberación de CK al suero sanguíneo (27).

- Lactato:

Los niveles de lactato entre sujetos normales variaron de 0,6 a 3,1 mmol (28). La prueba del umbral de lactato (LT) está relacionada al rendimiento de resistencia de un individuo. Con el entrenamiento, es posible mejorarlo. Hay que tener en cuenta que, aunque el lactato se eleva significativamente ($\approx 8\text{--}10\text{mM}$) tras una prueba de ejercicio progresivo e incremental hasta el agotamiento voluntario, los valores más altos de lactato ($\approx 15\text{--}25\text{mM}$) se observan típicamente 3–8 minutos después del esfuerzo máximo (29).

Dado que las concentraciones de hormonas y aminoácidos en sangre varían considerablemente entre individuos, la mejor manera de evaluar estos biomarcadores es analizando los aumentos o descensos progresivos con respecto a un valor basal para cada persona (20).

Por otro lado, la fatiga se debe a una disminución de la capacidad de producción de fuerza de las fibras musculares o a una menor activación neural del músculo ejercitado (30). La recuperación de la capacidad de generación de fuerza ocurre a

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

diferentes velocidades. La mayor parte se recupera durante las primeras 7 horas, luego ocurre un periodo de estabilización hasta las 22hs post ejercicio a lo que le sucede una mejora por las próximas 11 a 22hs (31).

En relación al dolor de aparición tardía o Doms, es bien aceptado que éste se produce por el daño mecánico del tejido muscular ante ejercicios excéntricos, alterando la integridad de las miofibrillas (32). Múltiples intervenciones han sido discutidas a largo de los años para poder establecer un tratamiento y prevención eficaz. Entre ellos (33):

- Terapia térmica
 - Terapia de inmersión en agua fría (CWI)
 - Crioterapia de cuerpo completo
 - Terapia de calor
- Compresión
 - Terapia de compresión durante el ejercicio
 - Terapia de compresión después del ejercicio
 - Terapia de compresión intermitente
- Formas activas de regeneración
 - Ejercicio de baja intensidad
 - Estiramientos
 - Auto-liberación miofascial con rodillo de espuma (foam rolling)
 - Restricción de flujo (flossing)
- Terapia física y acupuntura
 - Terapia por vibración
 - Ultrasonido terapéutico
 - Terapia de ondas de choque extracorpóreas (ESWT)
 - Electroestimulación muscular (EMS)
 - Masoterapia.
 - Acupuntura
- Medicamentos orales y nutrición
 - Antiinflamatorios no esteroideos (AINEs)
 - Vitamina D

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

- Aminoácidos de cadena ramificada (BCAAs)
- Ácidos grasos omega-3
- Suplementos antioxidantes.

Compresión neumática intermitente: Aspectos técnicos y operativos

La compresión neumática intermitente se clasifica como una técnica no invasiva de presoterapia positiva. Esta última se define como la aplicación de presiones superiores a la atmosférica con fines terapéuticos, orientados principalmente a mejorar la circulación y favorecer el drenaje de líquidos corporales (34). Esta modalidad puede aplicarse en distintas regiones del cuerpo, adaptándose a las necesidades específicas del paciente o deportista, utilizando los dispositivos adecuados para cada caso (18).

La compresión neumática consiste en un dispositivo conformado por una unidad compresora y dos botas, mangas o guantes que cubren diferentes segmentos del cuerpo(35). Estas botas tienen diferentes presentaciones, pero las utilizadas en fisioterapia están segmentadas en cámaras o celdas que se inflan y desinflan de manera rítmica y secuencial, iniciando el proceso desde distal hacia proximal (18). En este patrón, las cámaras del dispositivo se inflan de manera progresiva desde la región distal hacia la proximal, generando un gradiente de presión decreciente que favorece el retorno venoso y linfático.

Cada compartimiento se mantiene inflado durante algunos segundos mientras se activan las cámaras siguientes, de modo que puede haber superposición temporal de presión entre segmentos.

Este sistema busca imitar el vaciado fisiológico de los vasos de las extremidades inferiores.

Compresión neumática intermitente como estrategia de recuperación deportiva.

Fisiología.

La aplicación repentina de una presión externa uniforme sobre alguna de las extremidades provoca un cambio fisiológico notable en la estructura y dinámica hemodinámica de esa zona. Al aplicar compresión, el gradiente de presión impulsa la sangre hacia adelante, lo que genera un colapso parcial de la luz venosa en el área comprimida. Esto favorece el vaciamiento venoso y evita la estasis (36).

Si la presión se aplica de manera secuencial, la velocidad máxima del flujo dentro de la luz puede incrementarse más del 200 %, lo que intensifica la tensión de cizallamiento sobre el endotelio y contribuye a la limpieza de los senos valvulares (36).

El impacto de la compresión neumática intermitente (CNI) sobre la hemodinámica de las extremidades inferiores no se limita al sistema venoso. Se evidenció que esta intervención reduce la presión venosa y favorece el aumento del flujo sanguíneo en el pie. La mayor evacuación del sistema venoso y la reducción de la presión venosa incrementan el gradiente de presión arteriovenosa (A–V), lo que a su vez genera un aumento del flujo arterial en las extremidades inferiores (37,38).

La compresión circunferencial ejercida por la CNI sobre las extremidades inferiores también transmite presión hacia los tejidos subcutáneos y los músculos. Este efecto incrementa la presión intersticial en el espacio extracelular. Cuando la presión intersticial supera la presión hidrostática intravascular, los líquidos acumulados en el tercer espacio retornan a la circulación. Este mecanismo reduce el área transversal de la extremidad y disminuye la tensión sobre los tejidos cutáneos, lo cual resulta particularmente beneficioso en pacientes con edema en las piernas. Además, la reducción de la tensión superficial puede favorecer una mayor oxigenación transcutánea y la eliminación de toxinas metabólicas (39).

Compresión neumática intermitente en el deporte.

En el ámbito deportivo, esta técnica resulta novedosa, sin embargo su utilización en medicina tiene al menos 55 años desde el comienzo de su implementación (40). En este sentido, la Compresión neumática intermitente se utiliza principalmente en el tratamiento del linfedema y las úlceras de las piernas y para prevenir la estasis y la trombosis venosa profunda (41,42).

En relación al deporte, la utilización de la compresión neumática intermitente tiene el fin de limitar la gravedad de la fatiga y acortar su duración, así como podría resultar una estrategia adecuada para tratar el dolor muscular producido por el esfuerzo físico (43).

Al analizar la respuesta cardiovascular, se entiende que es un control complejo entre el sistema nervioso central, el control barorreflejo y el control muscular. Tras la interrupción del ejercicio, la disminución de la FC se debe a un aumento repentino de la actividad vagal (44). Con la IPC, la disminución de la estasis venosa conlleva una reducción del volumen sanguíneo local (45). La sangre venosa se redistribuye hacia las partes centrales del cuerpo y aumenta la precarga cardíaca.(46) El aumento del volumen sanguíneo central y del volumen sistólico induce una mayor activación vagal a través de los barorreceptores arteriales y reduce la frecuencia cardíaca (44).

Estos hallazgos, en general, apoyan el interés creciente en la implementación de la CNI como herramienta para recuperarse después del esfuerzo. Sin embargo, continúan existiendo dudas sobre su efectividad clínica y la naturaleza de sus efectos en los diversos elementos del proceso de recuperación. En este escenario, es indispensable llevar a cabo una revisión bibliográfica para comprender los parámetros de referencia para futuras investigaciones. Estos incluyen: entender el procedimiento para aplicar la técnica adecuadamente; identificar las variables de resultado importantes y entender la dinámica o metodología de análisis de resultados. En este contexto, surge la siguiente pregunta de investigación:

Según la bibliografía disponible, ¿Cuáles son los resultados de la aplicación de la compresión neumática intermitente sobre los indicadores

fisiológicos y perceptivos de recuperación post-esfuerzo en personas activas y deportistas?

OBJETIVOS:

Objetivo general:

Sintetizar la evidencia científica disponible sobre los efectos de la compresión neumática intermitente en los indicadores fisiológicos y perceptivos de recuperación post-esfuerzo en personas activas y deportistas.

Objetivos específicos:

- Enunciar los parámetros de aplicación de la compresión neumática intermitente. (presión, tiempo de aplicación, etc.) según los estudios revisados.
- Describir los datos obtenidos de la bibliografía accesible sobre los cambios en los indicadores fisiológicos antes y después de la aplicación de compresión neumática intermitente tras un esfuerzo físico intenso.
- Sintetizar la evidencia científica existente acerca del impacto de la compresión neumática intermitente sobre la percepción subjetiva de recuperación y la aparición de dolor muscular de inicio tardío en deportistas y sujetos entrenados, a partir de los hallazgos reportados mediante instrumentos de evaluación validados.

PLAN DE TRABAJO (tesina 2025)

Actividad	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Marzo
Búsqueda Bibliográfica.										
Análisis de la literatura.										
Consulta al tutor título/tema.										
1er entrega de proyecto.										
Selección de artículos.										
Evaluación de artículos con escala PEDro.										
Algoritmo de resultados.										
Redacción de marco teórico/metodología.										
2da entrega.										
3er entrega.										
Consultas al tutor.										
Entrega Final al tutor.										
Entrega de la Tesina.										

MATERIALES Y MÉTODOS.

Se realizó una búsqueda bibliográfica utilizando como referencia la estructura de la guía PRISMA 2020 (47) abarcando las siguientes bases de datos electrónicas: PubMed, Web of Science y PEDro.

Se consideraron todos los artículos publicados hasta el 1 de junio de 2025 con una antigüedad no mayor a 10 años, sin exclusión por idioma. Se añadieron filtros para incluir únicamente artículos originales experimentales realizados en humanos con texto completo disponible. Se excluyeron revisiones, editoriales, estudios en animales, y aquellos que analizan compresión estática o el uso clínico de la CNI con fines terapéuticos no deportivos.

Se emplearon operadores booleanos OR y AND con el objetivo de ampliar o restringir los resultados de manera sistemática.

Palabras clave:

1. External Pneumatic Compression (EPCs)
2. Compression therapy
3. Intermittent Pneumatic Compression (IPC)
4. External intermittent pneumatic compression

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

5. Sequential intermittent pneumatic compression (SIPC)
6. External Counterpulsation.
7. Post-exercise
8. Recovery.

(#1)Pneumatic: "pneumatic*" [All Fields]

(#2)Compression: "compress*" [All Fields]

(#3) Post

(#4)Exercise: "exercise" [MeSH Terms] OR "exercise" [All Fields] OR "exercises" [All Fields] OR "exercise therapy" [MeSH Terms] OR ("exercise" [All Fields] AND "therapy" [All Fields]) OR "exercise therapy" [All Fields] OR "exercising" [All Fields] OR "exercise's" [All Fields] OR "exercised" [All Fields] OR "exerciser" [All Fields] OR "exercisers" [All Fields]

(#5) Recovery: "recoveries" [All Fields] OR "recovery" [All Fields]

(#6)Function Recovery: "recovery of function" [MeSH Terms] OR ("recovery" [All Fields] AND "function" [All Fields]) OR "recovery of function" [All Fields] OR ("function" [All Fields] AND "recovery" [All Fields]) OR "function recovery" [All Fields]

External: "external*" [All Fields]

Intermittent: "intermittant" [All Fields] OR "intermitten*" [All Fields]

Sequential: "sequential*" [All Fields]

Therapy: "therapeutics" [MeSH Terms] OR "therapeutics" [All Fields] OR "therapies" [All Fields] OR "therapy" [Subheading] OR "therapy" [All Fields] OR "therapy's" [All Fields] OR "therapys" [All Fields]

Búsqueda final:

La estrategia de búsqueda se construyó combinando términos vinculados a la intervención (CNI) y a las variables de recuperación, de la siguiente manera:

((#1) AND (#2)) AND (((#3) AND (#4)) OR (#5) OR (#6)) Filters: in the last 10 years

("pneumatic"[All Fields]) AND ("compress"[All Fields]) AND ("post"[All Fields] AND ("exercise"[MeSH Terms] OR "exercise"[All Fields] OR "exercises"[All Fields] OR "exercise therapy"[MeSH Terms] OR ("exercise"[All Fields] AND "therapy"[All Fields]) OR "exercise therapy"[All Fields] OR "exercising"[All Fields] OR "exercise's"[All Fields] OR "exercised"[All Fields] OR "exerciser"[All Fields] OR "exercisers"[All Fields])) OR ("recoveries"[All Fields] OR "recovery"[All Fields]) OR ("recovery of function"[MeSH Terms] OR ("recovery"[All Fields] AND "function"[All Fields]) OR "recovery of function"[All Fields] OR ("function"[All Fields] AND "recovery"[All Fields]) OR "function recovery"[All Fields])) AND (y_10[Filter])

Criterios inclusión:

Ensayos controlados aleatorizados (con grupos paralelos o diseños cruzados).

Artículos primarios cuyo objeto de estudio hubieran sido hombres y/o mujeres mayores de 18 años, sanos, que no presenten trastornos musculoesqueléticos, cardiovasculares, metabólicos, neurológicos, cognitivos ni conductuales y que fueran físicamente activos o deportistas.

Artículos que informan sobre una actividad exigente, un programa de recuperación mediante CNI y mediciones anteriores y posteriores de al menos un indicador y/o variable de recuperación.

Estudios que comparen el uso de CNI con placebos o reposo pasivo.

Artículos que estudien los parámetros de recuperación tales como: función neuromuscular (p. ej., rendimiento en contrarreloj, contracción voluntaria máxima, cmj, fuerza muscular), medidas subjetivas (p. ej., fatiga percibida, dolor muscular percibido) o marcadores fisiológicos (p. ej., creatinquinasa, glucógeno) de recuperación, medidos hasta 96 horas después del protocolo de fatiga.

Criterios de exclusión:

Se excluyeron estudios cuyos participantes sean posquirúrgicos, posean enfermedades, no se haya aplicado un esfuerzo físico en el ensayo y estudios sin resultados fisiológicos ni perceptivos de recuperación así como también artículos duplicados y no accesibles a su texto completo.

Selección de estudios.

Tras la búsqueda inicial en las bases de datos seleccionadas, se identificaron y analizaron los artículos pertinentes según los criterios de inclusión y exclusión previamente definidos. El proceso de selección se representó mediante el diagrama PRISMA (diagrama 1), que detalla el número de registros identificados, eliminados por duplicados, evaluados por título y resumen, examinados en texto completo, categorizados según escala PEDro y finalmente incluidos en la revisión.

La búsqueda inicial en las bases de datos, PubMed, Web of Science y PEDro, identificó 64 ensayos clínicos.

Se eliminaron 8 referencias duplicadas. Lo que resultó en 56 artículos.

Como siguiente paso, se filtró por título quedando excluidos 38, dando un total de 18 artículos. A estos últimos se sumaron 3 artículos encontrados en las citas de revisiones sistemáticas. Siendo un total de 22 ensayos clínicos a cribar por contenido, los cuales se exportaron al gestor de citas Zotero.

La ausencia de aleatorización, asignación oculta y cegamiento se ha asociado con una tendencia a sobrestimar los beneficios del tratamiento (48). por lo cual se hace imperiosa la necesidad de una evaluación de riesgo de sesgo y elegir aquellos con buena puntuación (49). Los 21 artículos fueron categorizados según la escala PEDro; una herramienta de calificación válida y fiable que permite identificar claramente los ensayos clínicos de alta calidad. (50). Una puntuación de 5 o 6 suele definir una calidad adecuada del ensayo(51,52). Los ensayos se

consideran de calidad moderada o alta si obtienen una puntuación de seis puntos o más (50,53). Del total de los artículos, solo 19 cumplían el criterio de sumar un valor igual o mayor a 6 en la escala, por lo cual fueron finalmente los elegidos para la revisión. (Anexo. Tabla 1)

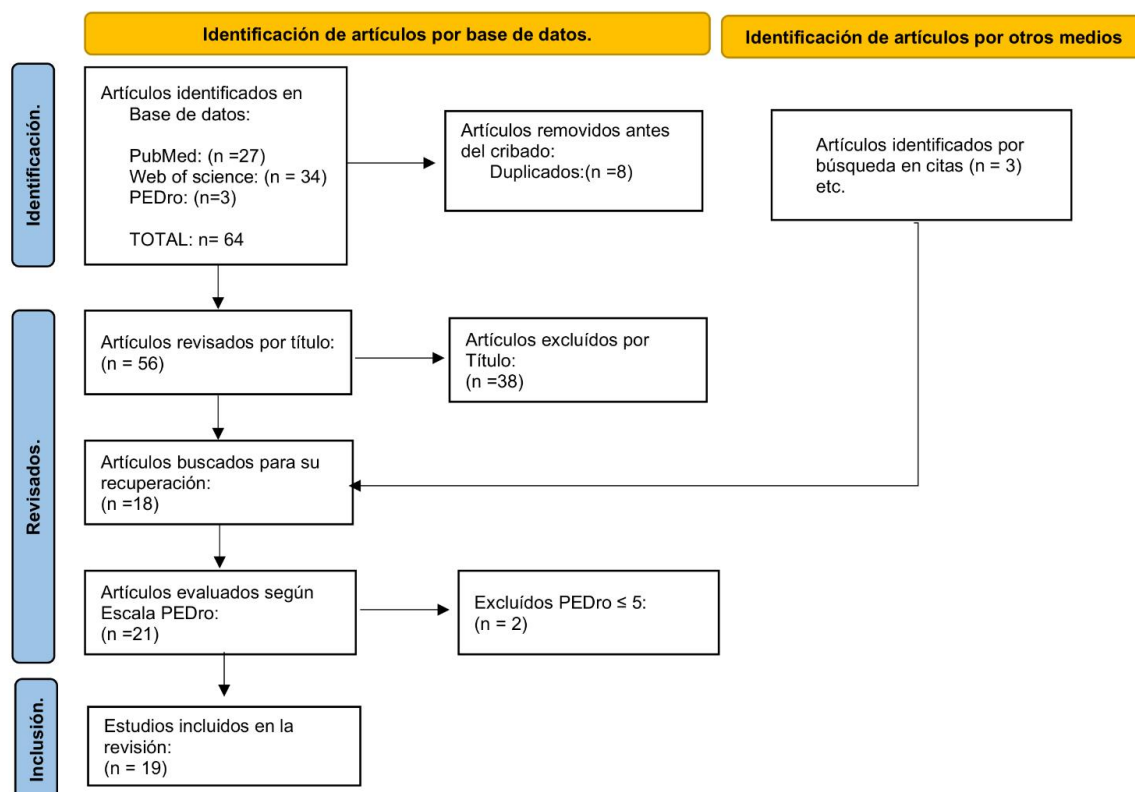


Diagrama 1: Diagrama de flujo PRISMA que describe el proceso de selección de estudios incluidos en la revisión.

RESULTADOS.

La presente revisión incluyó un total de diecinueve estudios experimentales que analizaron los efectos de la CNI sobre distintos indicadores de recuperación post-esfuerzo en personas activas y deportistas. (Tabla 3 anexo)

En cuanto a la metodología, la mayoría de las investigaciones (n = 13) utilizaron diseño cruzado (crossover) aleatorizado o contrabalanceado. Esto

permitió que los mismos voluntarios fueran intervenidos con la utilización de CNI y asimismo formarán parte de la condición control. Esto permitió la reducción de la variabilidad interindividual.

Entre ellos se destacan los estudios de Artés et al.(54), Collins et al.(55), Khan et al.(56), Kimet et al.(57), Maia et al.(58), Northey et al.(59), Overmayer et al.(60), Winke et al.(61), Cochrane et al.(62), Sands et al.(63), Keck et al.(64), Martin et al.(65,66) y Zuj et al. (67).

Un número menor de artículos utilizó un diseño en paralelo especialmente aquellas con protocolos prolongados o que implicaban riesgo de aprendizaje (posibilidad de que un participante mejore su desempeño simplemente por repetir una prueba o familiarizarse con el protocolo) o daño muscular residual, como los trabajos de Draper(68), Haun, Wiecha(69), Cranston(70).

El total de los estudios que formaron parte de la muestra incluyeron una suma de 361 voluntarios, de los cuales, 304 corresponden al género masculino, es decir, el 84.2% de los participantes. Únicamente 57 fueron las mujeres participantes del total de los estudios revisados (15.78%).

Con edades comprendidas entre los 20 y los 45 años, se encontraron diferencias en cuanto a edad, sexo, nivel de entrenamiento, deportes practicados, métodos y tiempos de aplicación de la compresión neumática intermitente.

Las características de los voluntarios, se describen en la Tabla 2. (anexo)

Respecto al tipo de ejercicio utilizado para inducir la fatiga o el daño muscular, los estudios incluidos se agruparon en tres enfoques principales según la naturaleza del estímulo aplicado:

1. Ejercicios anaeróbicos repetidos, como pruebas de Wingate, sprints o contrarreloj en ciclismo, empleados en investigaciones como las de Martin(65,66), Artés(54) y Overmayer(60). Estos protocolos se orientaron a generar alta demanda metabólica y acumulación de lactato en esfuerzos de corta duración.

2. Ejercicios de fuerza o resistencia muscular, que incluyeron protocolos excéntricos o de sobrecarga diseñados para provocar daño muscular y dolor de aparición tardía (DOMS), utilizados en los estudios de Draper(68), Wiecha(69), Northey(59) y Haun(71). Este último aplicó sesiones de entrenamiento con pesas en contexto de sobreentrenamiento controlado.

3. Ejercicio intermitente o aeróbico de alta intensidad. Se ejemplifica con la investigación de de Haun(72), que empleó sesiones consecutivas de entrenamiento intervalado de alta intensidad (HIIT), y con la de Collins(55), que evaluó la recuperación cardiovascular posterior a esfuerzos repetidos en deportes de equipo. Ambos trabajos buscaron analizar la influencia de la CNI sobre variables metabólicas y hemodinámicas asociadas a la fatiga cardiorrespiratoria.

El protocolo y método de recuperación de CNI, la actividad física previa y las variables medidas se describen en la Tabla 4 y 5 (anexo) (artículos analizados).

En todos los casos, la CNI fue aplicada como estrategia de recuperación. En total 15 estudios aplicaron CNI después del ejercicio, como método de recuperación entre sesiones o pruebas repetidas en un mismo día o en días consecutivos en dos estudios: Martin et al.(66) Haun et al.(72) en algunos casos antes del esfuerzo (preacondicionamiento)(65) y en un único estudio, durante la actividad(67)..

1. Parámetros de aplicación de CNI.

Los parámetros de aplicación de cada uno de los estudios se describen en la tabla 6 (anexo).

Los protocolos de aplicación mostraron amplia variabilidad. En resumen se establece que los artículos utilizaron los siguientes:

1. Presión: entre 60 y 120 mmHg, siendo más frecuentes valores cercanos a 70–80 mmHg.

2. Duración: sesiones de 30 a 60 minutos, aplicadas inmediatamente después del ejercicio, horas después o durante la recuperación entre sesiones.

3. Modo de compresión: principalmente secuencial distal a proximal en la mayoría de los artículos o sincronizados con el pulso(67).

4. Frecuencia: Hubo estudios que sólo aplicaron durante una sola sesión; mientras que los de seguimiento utilizaron CNI tras cada sesión diaria durante varios días.

5. Comparadores: recuperación pasiva, prenda de compresión estática o condición sham (sin inflación).

2. Cambios en los indicadores fisiológicos.

- Indicadores cardiovasculares y hemodinámicos.

El efecto de la compresión neumática intermitente (CNI) sobre los indicadores cardiovasculares y hemodinámicos fue analizado por cuatro estudios revisados en la presente teniendo en cuenta variables tales como flujo sanguíneo periférico y el gasto cardíaco.

En el estudio de Khan (2020) donde participaron voluntarios jugadores de basquet, se encontró que aplicar CNI después de un ejercicio incremental en cinta a intensidad submáxima, logró acelerar la recuperación de la frecuencia cardíaca en el primer minuto (HRR1)(70 lpm en el grupo IPC frente a 62 lpm en el grupo control con placebo). Además hubo una mayor activación del sistema parasimpático. Estos resultados indican que la CNI podría ayudar a una recuperación autonómica más rápida tras el esfuerzo.

En el estudio de Maia (2017) también se observaron efectos hemodinámicos favorables mientras se utilizaba el dispositivo. Durante la aplicación de la compresión, se registraron aumentos significativos en el flujo sanguíneo de las extremidades inferiores, así como en el volumen sistólico y el gasto cardíaco, medidos mediante pletismografía e impedancia eléctrica.

Estos cambios se manifestaron solo durante la sesión de CNI, lo que sugiere que se debieron principalmente a un mayor retorno venoso y una mejor perfusión periférica, sin provocar alteraciones en la presión arterial sistémica.

Zuj (2019) observó las mismas modificaciones (un aumento significativo del flujo en la arteria femoral superficial durante la compresión, sin modificaciones en la presión arterial medidos mediante ecografía Doppler.). Esto enfatiza que la CNI incrementa la perfusión local sin alterar o modificar la estabilidad cardiovascular general.

Resultados similares obtuvo Northey (2016), quién evaluó parámetros también el gasto cardíaco, volumen sistólico, frecuencia cardíaca y flujo venoso (no puntualmente el femoral). En dicho artículo también se halló un aumento transitorio del gasto y del volumen sistólico durante la aplicación de la CNI y al igual que en el artículo de Maia, estas diferencias no se mantuvieron tras finalizar la intervención, lo que indica un efecto agudo y reversible sobre la dinámica circulatoria.

En conclusión, los resultados de estas cuatro investigaciones sugieren que la CNI tiene el potencial de causar mejoras rápidas en la función cardiovascular y hemodinámica. Esto significa que el retorno venoso es más eficaz, el flujo sanguíneo en la periferia se incrementa y la recuperación autonómica es más rápida. No obstante, es relevante señalar que los impactos que se observaron fueron en su mayoría temporales y dependieron del momento de la aplicación, no existiendo pruebas de alteraciones permanentes después de que terminó la intervención.

- Marcadores bioquímicos de daño muscular o de metabolismo energético

Varios estudios incluidos en esta revisión han investigado cómo la compresión neumática intermitente (CNI) influye en ciertos marcadores bioquímicos que están relacionados con el daño muscular y el metabolismo energético (creatina quinasa (CK), la interleucina-6 (IL-6), el glucógeno muscular, el lactato en sangre y otros indicadores moleculares de proteólisis.)

- ❖ Evaluaron daño muscular directo (CK, IL-6, enzimas): Draper, Collins, Keck, Wiecha, Haun (2018).

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

- ❖ Evaluaron metabolismo energético (lactato, glucógeno): Kim, Martin (2014–2015), Keck.
- ❖ Evaluaron marcadores moleculares (proteólisis): Haun (2017, 2018).

En el estudio de Draper et al. (2020), realizado con corredores de larga distancia, la concentración de CK aumentó tras el ejercicio en ambos grupos, sin diferencias entre la aplicación de CNI así como tampoco en los niveles de proteína c reactiva

En el trabajo de Keck et al. (2015), observaron una respuesta similar. La CNI aplicada tras un ejercicio de alta intensidad no modificó los niveles de CK ni aceleró la resíntesis de glucógeno muscular. Asimismo en Wiecha et al. (2023), se reportaron incrementos de CK e IL-6 tras un protocolo excéntrico, los cuales tampoco se vieron disminuidos por el uso de CNI.

Los estudios de Martin et al. (2014 y 2015) se enfocaron en el comportamiento del lactato. En ambos casos, el dispositivo se aplicó tras pruebas de tipo Wingate, e incluso en condiciones de preacondicionamiento. Los valores de lactato y el ritmo de recuperaciónse mantuvieron similares en el grupo intervenido, a los del grupo control. Kim et al. (2016), como también analizó Keck et al. (2015), complementó esta evidencia al examinar la resíntesis de glucógeno tras ejercicio intermitente, sin hallar ventajas atribuibles a la compresión.

Por su parte, Collins et al. (2019) sumó el análisis hormonal e inmunológico. Aunque los niveles de CK no mostraron cambios, sus resultados indicaron una disminución del cortisol, una mejor relación testosterona/cortisol y un aumento de la inmunoglobulina A después de la sesión con CNI. Si bien estos datos no indican una reducción del daño muscular directo, si declaran una respuesta endocrina más favorable, que también podría facilitar la recuperación del deportista.

Los estudios que hallaron una reducción en los genes asociados a la proteólisis muscular (MuRF-1, Atrogin-1) y disminuyó la actividad de enzimas musculares y hepáticas relacionadas con el daño tisular. , fueron los trabajos de Haun et al. (2017, 2018). Los mismos fueron realizados con protocolos de entrenamiento

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

de sobrecarga repetida, con aplicación de CNI de manera sistemática durante varios días. Estos descubrimientos podrían señalar una posible acción protectora de la CNI frente al catabolismo muscular acumulado, pero solamente en situaciones de entrenamiento prolongado y no en esfuerzos aislados.

En términos generales, los resultados indican que la CNI tiene una capacidad prácticamente no tiene capacidad para ayudar a disminuir el daño muscular que se produce después del ejercicio. No parece reducir de manera significativa la elevación de CK tras el ejercicio, y solo en estudios con protocolos a largo plazo se han encontrado indicios de una menor degradación proteica. Por lo tanto, los beneficios de la CNI en relación con el daño muscular parecen estar más relacionados con mecanismos hemodinámicos y de recuperación perceptiva, la modulación hormonal y en el equilibrio catabólico-anabólico en lugar de tener un efecto directo sobre los procesos inflamatorios o la reparación estructural del tejido muscular.

3. Percepción subjetiva de recuperación y dolor muscular.

Los estudios que abordaron la percepción subjetiva de recuperación y el dolor muscular de aparición tardía mostraron una tendencia mas optimista hacia el efecto positivo de la CNI en deportistas, a pesar de sus resultados heterogéneos. En la mayoría de los trabajos, la compresión neumática intermitente (CNI) contribuyó a que se percibiera recuperación y, en varios casos, disminuyó el dolor muscular después del ejercicio.

Por ejemplo, Winke (2015) y Cranston (2017) reportaron reducciones significativas del DOMS y una mejor sensación de recuperación en comparación con los grupos control a diferencia de Draper (2020), Wiecha (2023) y Cranston que si bien también observaron una tendencia a la disminución del dolor muscular con CNI, no fue estadísticamente significativa.

Según el estudio de Sands (2015), el uso de CNI elevó el umbral de presión al dolor. Esto sugiere una mejor tolerancia al estímulo nociceptivo más allá de la simple percepción de molestia. Asimismo Collins (2019) halló una recuperación percibida

más rápida acompañada de una respuesta hormonal más favorable, integrando así los aspectos subjetivos y fisiológicos.

Si bien en el estudio Cochrane et al. (2013) el objetivo principal fue evaluar la eficacia de la CNI en la recuperación muscular general, una de sus variables analizadas fue la percepción subjetiva de dolor y recuperación tras el ejercicio. Reportó menor dolor subjetivo y mejor recuperación percibida en el grupo con CNI en comparación con control pasivo. Con sus resultados, la evidencia a favor del beneficio perceptivo de la CNI se refuerza.

Los dos estudios de Haun (2017 y 2018) evidenciaron un decrecimiento gradual del dolor percibido y de la fatiga acumulada en situaciones de entrenamiento prolongado, además de una apreciación subjetiva más positiva del estado muscular. Esto apoya la noción de que la CNI puede proporcionar ventajas más notables cuando se utiliza con regularidad y no únicamente después de una sesión aislada.

En contraste, en las investigaciones de Artés (2015) y Overmayer (2018) no se encontraron mejoras en la percepción del esfuerzo ni en la recuperación general. El estudio de Draper et al. concluyó que no parece haber beneficios sustanciales de la IPC para promover la recuperación de corredores de larga distancia, basándose en la falta de diferencias significativas entre el tratamiento y el control en los niveles de CRP y en la reducción del dolor percibido.

En términos generales, los datos sugieren que la CNI no erradica el dolor muscular ni asegura una recuperación perceptiva superior en todas las situaciones. Sin embargo, parece promover una sensación subjetiva de bienestar y alivio.

3. Rendimiento físico posterior a la aplicación.

Varios estudios han examinado los efectos de la compresión neumática en indicadores de rendimiento neuromuscular como la altura del salto con contramovimiento (CMJ), la fuerza de frenado y la potencia propulsiva. Por ejemplo, en el estudio de Collins (2019) utilizando la Plataforma de salto, se analizaron como medidas de resultado la altura del salto, la potencia máxima relativa y la relación entre

el tiempo de vuelo y el tiempo de contacto (ratio FT:CT). y con un dinamómetro las variables de resultado fueron la pendiente Torque-Velocidad, calculada a partir de los resultados de torque en cada una de las cuatro velocidades de movimiento, la relación isométrica isquiotibiales-cuádriceps (relación H:Q) y el torque isométrico máximo. La CNI demostró un efecto neutral sobre el CMJ, no tuvo un impacto significativo en la velocidad de recuperación de la función neuromuscular, ya que los cambios observados en CMJ y las características de fuerza fueron efectos principales de tiempo (es decir, la fatiga afectó a ambos grupos por igual) y no efectos de interacción (CNI vs. Control)

Northey obtuvo las mismas conclusiones. Los resultados y conclusiones sobre la función neuromuscular (FN), que incluye el CMJ y las variables funcionales de fuerza (torque isocinético), indican que ninguna de las intervenciones de recuperación (Oclusión Vascular (OCC) y CNI) aceleraron la recuperación muscular en comparación con el control pasivo tras una sesión de ejercicio de resistencia fatigante. Cochrane et al. (2013) reportaron que las botas de compresión no lograron mejorar la recuperación del torque isocinético pico concéntrico del cuádriceps a 30°/s. Tampoco encontraron una diferencia significativa en la recuperación del rendimiento medio del CMJ al comparar las botas de compresión con la condición de control.

En el estudio de Overmayer et al. la principales variables funcional de rendimiento evaluada fueron la Potencia Media (Watts) producida durante la prueba máxima de ciclismo posterior (la Contrarreloj de 4 minutos, 4-minTT) y al igual que los estudios anteriores, no halló una mejoría significativa en el rendimiento posterior a la aplicación de CNI en la prueba máxima de 4 minutos en comparación con el descanso pasivo.

Martin et al. (2015b) en su artículo titulado “Efectos Agudos de la EPC en el Rendimiento Anaeróbico Repetido y la Eliminación de Lactato en Sangre” buscaron determinar la eficacia de la CNI para la recuperación aguda de la potencia anaeróbica. Se midieron el Pico de Potencia (PkP), la Potencia Media (AP) y el Índice de Fatiga (FI) durante los tres WAnT La Conclusión es que CNI no demostró ser más efectiva

UNIVERSIDAD ABIERTA INTERAMERICANA

que el descanso pasivo para mejorar la recuperación del rendimiento anaeróbico repetido a corto plazo.

En relación a la fuerza, las intervenciones utilizadas en este estudio no mostraron un beneficio objetivo sobre la recuperación de la misma. Otros dos estudios que examinaron si estas terapias de recuperación podían acelerar la recuperación de la función muscular tras ejercicios fatigantes, llegando a conclusiones similares: las intervenciones no fueron superiores al control (reposo o sham/placebo) fueron los de KIM et al. (2016), y Wiecha.

El estudio de Kim et al. investigó los efectos de una sesión única de CNI o Terapia de Calor (HT) en la recuperación, después de realizar la Prueba de Shuttle Intermitente. Se evaluó la fuerza máxima (torque pico isocinético concéntrico, Nm) y la resistencia a la fatiga. se concluyó que una sesión única de 1 hora de PPDC o HT no acelera la recuperación de la función muscular (fuerza y fatiga) después de un esfuerzo intermitente prolongado.

El estudio de Wiecha et al. comparó los efectos de la CNI y la Presión Negativa Intermitente (INP), aplicadas diariamente durante 48 horas, en la función muscular después de un ejercicio excéntrico inductor de daño muscular. Se arribó a la conclusión que el uso diario de IPC y INP no atenuó la reducción de los marcadores de función muscular (fuerza y rango de movimiento) ni la percepción del dolor. La única variable que influyó significativamente en el proceso de recuperación fue el tiempo transcurrido.

En los estudios de Haun, ambos, se encontró un efecto neutral en Fuerza y Potencia: En ambos contextos de entrenamiento, la CNI no demostró beneficios estadísticamente significativos para acelerar la recuperación de la fuerza máxima (torque isocinético) o el rendimiento en carrera.

Cranston trabajó en forma diferente, ya que fue el único de los artículos analizados, que centró su estudio en miembros superiores. Se utilizaron tres pruebas de rendimiento del tren superior: la dinamometría de agarre (fuerza), el lanzamiento de balón medicinal con un solo brazo (potencia) y los bicep curls en banco predicador hasta el fallo (resistencia). A pesar de las diferencias metodológicas, también llegó a

la conclusión respecto al rendimiento físico, que el uso de la CNI en el tren superior durante un período de recuperación de 30 minutos resultó en beneficios de rendimiento insignificantes.

En conjunto, los estudios revisados indican que la aplicación de CNI no mejora de manera significativa la recuperación del rendimiento neuromuscular —ya sea medida como altura de salto, fuerza máxima o potencia— en comparación con la recuperación pasiva, el descanso o la compresión estática. No obstante, algunos autores sugieren que su uso repetido o combinado con otras estrategias podría contribuir a una recuperación perceptiva más favorable, aunque sin cambios objetivos en el desempeño.

DISCUSIÓN

Una de las limitaciones metodológicas más importantes de la evidencia existente se ve representada por la falta de estandarización temporal, tanto en el inicio de la intervención, como en la frecuencia y duración de aplicación, y en los momentos de evaluación de resultados. Esto también ayuda a explicar parcialmente las diferencias observadas entre los resultados de los distintos estudios.

Se observó una marcada variabilidad tanto en la duración como en la frecuencia de aplicación de la CNI. La mayoría de los estudios utilizó una única sesión, con tiempos de aplicación que oscilaron entre 20 y 60 minutos (por ejemplo, Cochrane, Kim, Khan, Martin y Zuj). En contraste, otros trabajos aplicaron una sesión diaria durante varios días consecutivos (Haun, Draper y Wiecha). Además, en algunos casos la CNI se empleó entre sprints o series de ejercicio (Artés y Overmayer). Esta heterogeneidad sugiere que, incluso dentro de la categoría de “recuperación post-esfuerzo”, los momentos y contextos de aplicación difirieron considerablemente entre los estudios, lo que dificulta su comparación directa.

De manera similar, tampoco se observó consistencia en el momento de las mediciones en relación con la aplicación de la CNI. Mientras que algunos estudios

evaluaron las variables antes de la intervención, inmediatamente después y a las 24 horas postintervención (Collins y Draper), otros se limitaron a comparaciones pre y post intervención (Maia y Khan), o bien realizaron mediciones diarias tras cada sesión (Haun). Además, las variables no fueron evaluadas en los mismos tiempos post-esfuerzo, lo que constituye una fuente clara de heterogeneidad metodológica. Si bien algunos trabajos incorporaron seguimientos más prolongados, que se extendieron hasta 72 horas o abarcaron varios días consecutivos de entrenamiento (Haun y Wiecha), esta falta de uniformidad en los tiempos de evaluación limita la capacidad de diferenciar entre efectos agudos y sostenidos de la compresión neumática intermitente y dificulta la comparación directa de los resultados entre estudios.

El estudio de Khan no pudo explicar completamente el tipo de entrenamiento ni la cantidad de entrenamiento realizado por los participantes

Otra limitación frecuente entre los estudios revisados es el tamaño de muestra reducido. La mayoría de los trabajos incluyó entre 10 y 20 participantes, lo que disminuye el poder estadístico y limita la posibilidad de detectar diferencias sutiles entre condiciones. Asimismo, se evidenció una marcada disparidad en el género de los voluntarios incluidos en los estudios analizados. En el conjunto total de los artículos revisados, la participación de sujetos masculinos superó ampliamente a la femenina, lo que representa una limitación relevante. Esta desproporción dificulta la extrapolación de los resultados a poblaciones mixtas y limita la comprensión de posibles diferencias en la respuesta a la compresión neumática intermitente entre hombres y mujeres. En consecuencia, los hallazgos deben interpretarse con cautela, y se pone de manifiesto la necesidad de futuros estudios que incluyan muestras más equilibradas desde el punto de vista del género.

El tipo de población también fue diverso: algunos estudios se enfocaron en atletas de élite o de fuerza (Sands, Martin, Haun), otros en ciclistas o corredores entrenados (Draper, Overmayer, Keck, Winke) y algunos en sujetos físicamente activos sin especialización deportiva (Cochrane, Zuj, Khan). Esta diversidad refleja la amplitud del campo de aplicación, pero al mismo tiempo dificulta la comparación directa entre los efectos de la CNI en distintos niveles de entrenamiento o modalidades deportivas.

En numerosas ocasiones, los protocolos de ejercicio que se emplearon para provocar daño o fatiga muscular mostraron una gran diversidad tanto en su diseño como en los criterios usados para determinar el nivel de esfuerzo. Algunas investigaciones calcularon la intensidad por medio de la frecuencia cardíaca o del consumo máximo de oxígeno (VO_2 máx), mientras que otras se fundamentaron solo en el número de repeticiones, el tiempo dedicado al ejercicio o la percepción subjetiva del esfuerzo. La ausencia de homogeneidad en la evaluación del "nivel de fatiga" provoca discrepancias en la intensidad del estrés fisiológico alcanzado, lo que complica la comparación entre estudios acerca de los efectos de la CNI.

CONCLUSIÓN

En conjunto, los estudios incluidos muestran una cierta homogeneidad en la población analizada, compuesta mayormente por deportistas jóvenes y entrenados, así como en el tipo de dispositivos de compresión neumática intermitente empleados. Sin embargo, los protocolos de ejercicio, los momentos de aplicación y los métodos de comparación fueron muy variables, lo que dificulta extraer conclusiones generales aplicables a todos los contextos. Aun así, al analizar la evidencia en su conjunto, es posible identificar patrones de respuesta relativamente consistentes frente al uso de la CNI.

En términos prácticos, la evidencia disponible indica que la compresión neumática intermitente es una intervención segura y bien tolerada, pero que sus beneficios no se manifiestan de forma clara sobre la recuperación del rendimiento o de la fuerza muscular. La mayoría de los estudios coinciden en que no acelera la recuperación funcional objetiva, incluso cuando se aplica inmediatamente después del ejercicio o durante períodos de alta carga.

En contraste, varios trabajos muestran que la CNI mejora la percepción subjetiva de recuperación y reduce la sensación de dolor muscular, especialmente en contextos de entrenamiento exigente o sesiones repetidas. Si bien estos efectos son principalmente perceptivos, no deberían considerarse menores, ya que la sensación de fatiga y dolor suele influir directamente en la disposición del deportista para entrenar nuevamente.

Por otro lado, algunos estudios observaron efectos hemodinámicos agudos, como un aumento transitorio del flujo sanguíneo o una recuperación más rápida de ciertos parámetros cardiovasculares. No obstante, estos cambios parecen limitarse al momento de aplicación y no siempre se traducen en mejoras posteriores del rendimiento.

Los resultados a nivel molecular, especialmente los reportados en los estudios de Haun, sugieren posibles efectos protectores sobre el metabolismo muscular durante períodos de entrenamiento intensificado. Sin embargo, estos hallazgos aún deben interpretarse con cautela y confirmarse en estudios de mayor duración y con muestras más amplias.

Desde una perspectiva clínica, los hallazgos de esta revisión permiten concluir que la CNI no debería utilizarse como estrategia principal para acelerar la recuperación de la fuerza o del rendimiento. En cambio, puede ser una herramienta complementaria útil, especialmente cuando el objetivo es mejorar el bienestar del deportista, reducir el dolor muscular percibido y favorecer la adherencia al entrenamiento durante fases de alta carga.

En la práctica, esto implica que el kinesiólogo o preparador físico puede considerar la CNI como un recurso adicional dentro de un enfoque integral de recuperación, siempre acompañado de una adecuada planificación de cargas, descanso y nutrición. Su valor parece residir menos en los cambios fisiológicos medibles y más en su impacto sobre cómo el deportista se siente y afronta el entrenamiento siguiente.

ANEXO

Tabla 1: Puntuación obtenida según escala Pedro

Artículo	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	Puntuación PEDro (Máx. 10)
Artés et al. (2024)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Collins et al. (2019)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Cranston et al. (2022)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Draper et al. (2020)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Haun et al. (2019) ("Concomitant ext	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Heapy et al. (2018)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Hoffman et al. (2016)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	5
Khan et al. (2020)	Sí	Sí	Si	Sí	Si	No	Si	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Kim et al. (2022)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Maia et al. (2024)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	9
Martin et al. (2015a)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Martin et al. (2015b)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Northey et al. (2016)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Overmayer et al. (2017)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Wiecha et al. (2021)	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	No	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí	9
Winke et al. (2018)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Cochrane et al. (2013)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Haun et al. (2017) ("Does external pr	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Keck et al. (2015)	Sí	Sí	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	6
Zuj et al., 2019	si	si	No	si	no	No	No	Si	Si	Si	Si	6

Tabla 2: características de los voluntarios.

Año	Autor Principal	n total	H	M	Edad (media en años)		Tipo de población	IMC(kg/m²)
2024	Artés	16	9	7	27.7 9.4	±	Deportistas HIIT	23.5
2019	Collins	21	21	0	21.6 3.4	±	Deportistas de equipo rugby, Gaelic soccer, games, basketball and hockey	24.86
2022	Cranston	50	37	13	27 ± 4		Atletas de resistencia	29.4
2020	Draper	10	5	5	38.7 11.2	±	Maratonistas, ultramaratonistas, triatletas de Ironman y atletas universitarios.	22.9
2017	Haun	18	18	0	21.6 2.4	±	Recreacional entrenado	27.5 kg/m², rango de sobrepeso leve,
2020	Khan	16	16	0	23 ± 3		Jugadores universitarios de Basquet	23.9
2022	Kim	26	22	4	21.6 5.0 / 21.2 ± 2.1	±	Sujetos sin nivel de entrenamiento especificado	23.8
2024	Maia	22	22	0	21.5 2.9	±	Atletas de elite	23.7
2016	Northey	12	12	0	24.0 6.3	±	Hombres entrenados en fuerza	25.9 kg/m², rango de límite superior normal / sobrepeso leve

2017	Overmayer	21	20	1	No reportado		Ciclistas entrenados	23.5 kg/m
2021	Wiecha	45	45	0	23 ± 2		Hombres sanos, no atletas de élite, pero con experiencia en actividad física regular.	22.4–22.9
2018	Winke	8	4	4	21.6 ± 1.3		Universitarios recreativos	25.4 kg/m ² , rango de normal alto / leve sobrepeso
2013	Cochrane	10	10	0	21.0 ± 1.7		Hombres activos	25.6 kg/m ² , rango normal-alto / leve sobrepeso.
2015	Sands	24	12	12	21 ± 2		Atletas elite, deportistas de alto nivel, muy entrenados	25.0
2015	Keck	10	10	0	28.1 ± 7.3		Hombres activos	24.3
2017	Haun	20	20	0	23 ± 3		Entrenados resistencia	27.5
2019	Kathryn A Zuj	8	4	4	27 ± 3		Sujetos activos y sanos	24.4
2018	Martin	14	7	7	22.6 ± 1.2		Sujetos activos sanos 64% (n = 9) eran atletas universitarios División I.	25.1 kg/m ² , límite entre normal y sobrepeso
2015	Martin	10	10	0	22.8 ± 1.1		jugadores universitarios de hockey sobre hielo	25.9 kg/m ² , rango normal-alto

Tabla 3

Categoría de variable	Cantidad de artículos	Autores / Años	Principales mediciones
1. DOMS / dolor	8	Cranston (2022); Draper (2020); Wiecha (2023); Winke (2018); Sands (2015); Haun (2017a); Kim (2021) Collins (2019) (2015); Haun (2017b); Northey (2016);	Escalas de dolor muscular, umbral de dolor a la presión.borg
2. Rendimiento (CMJ, flexibilidad, fuerza, sprint, Wingate)	11	Cranston (2022), Collins (2019); Northey (2016); Overmayer (2018); Winke (2018); Cochrane (2013); ; Martin A (2014); Martin B (2015)Haun (2017a); Haun (2017b) Kim (2021) Wiecha (2023); Sands (2015);	CMJ, fuerza isocinética o isométrica, sprints, test de Wingate, ciclismo contrarreloj, dinamómetro de fuerza de agarre, lanzamiento de balón medicinal con un solo brazo, goniometría
3. Marcadores moleculares / CK / metabolismo	10	; Draper (2020); Haun (2017a); Haun (2017b); Kim (2021); Keck (2015); Wiecha (2023); Martin A (2014); Martin B (2015), Cochrane (2013) Collins (2019)	CK, mioglobina, glucógeno muscular, lactato, insulina, glucosa; IL-6, mTOR, Atrogin-1, MuRF-1, AST/ALT, Proteínas, Proteína C Reactiva (CRP)
4. Cardiovasculares / hemodinámicos/ Respiratorio	3	Khan (2020); Maia (2024); Zuj (2019);	HRR, HRV, FC con ECG, presión arterial, flujo sanguíneo (Doppler), volumen de eyección.
5. Perceptivos (fatiga / recuperación subjetiva)	4	Artés (2024); Collins (2019); Northey (2016); Overmayer (2018);	Escalas de recuperación percibida, bienestar general, RPE, disposición a entrenar.
Peso corporal: medición de circunferencia de brazo	2	Draper (2020); Winke(2018)	Centímetro y balanza.

Tabla 4

Artículo. (Autor, Año)	Fuente de publicación	Tipo de estudio	Objetivo	Resultados	Conclusiones
Artés et al., 2024	European Journal of Applied Physiology.	Ensayo experimental aleatorizado y cruzado	Evaluar la recuperación cardiovascular con IPC vs Sham	La CNI aceleró la recuperación de la presión arterial media y de la resistencia vascular periférica. También mejoró el retorno de parámetros cardiovasculares hacia los valores basales en comparación con la recuperación pasiva.	La CNI tras ejercicio intenso favorece la recuperación del sistema cardiovascular y reduce la sobrecarga cardíaca
Collins et al., 2019	International Journal of Sports Medicine.	Ensayo experimental crossover, aleatorizado.	Examinar los efectos de la contrapulsación externa (ECP) en un contexto de recuperación sobre la función neuromuscular, los biomarcadores de daño muscular, estrés y función inmune, y las percepciones subjetivas,	La compresión externa contrapulsada no mejoró la función neuromuscular, pero redujo la liberación de cortisol, atenuó la disminución de la relación testosterona/cortisol y aumentó la inmunoglobulina A después del ejercicio.	La técnica tiene efectos beneficiosos en biomarcadores de recuperación y de inmunidad, pero no mejora el rendimiento neuromuscular
Cranston et al., 2022	Journal of Strength and Conditioning Research.	Ensayo controlado cruzado	Investigar la eficacia del uso de mangas de brazo ISPC para la recuperación después del ejercicio de MMSS en la percepción de dolor muscular y variables de rendimiento físico	La CNI aplicada en el brazo redujo significativamente la percepción de dolor muscular hasta 24 horas después del ejercicio. Los efectos sobre el rendimiento físico fueron mínimos o nulos.	La CNI es útil para disminuir la percepción de dolor tras ejercicio de tren superior, pero no aporta beneficios claros en el rendimiento físico
Draper et al., 2020	International Journal of Exercise Science.	Crossover, Aleatorizado, controlado con placebo.	Observar la efectividad de la compresión neumática intermitente (IPC) en la reducción de la proteína C reactiva (CRP) y el DOMS después de correr largas distancias	No se encontraron diferencias significativas en los niveles de proteína C reactiva ni en el dolor muscular entre el uso de CNI y la condición control.	La CNI no mostró beneficios sustanciales en la recuperación ni en la reducción de la inflamación tras carreras de larga distancia

Haun et al., 2017	European Journal of Applied Physiology	Ensayo paralelo, balanceado aleatorizado y controlado con sham.	Determinar si la CNI puede mejorar la recuperación funcional y atenuar el daño muscular a nivel molecular tras varias sesiones consecutivas de entrenamiento de resistencia intenso.	La CNI no aumentó la fuerza isocinética tras entrenamiento, pero mitigó la pérdida de flexibilidad y redujo el dolor muscular (PPT más alto) en comparación con el grupo control. Además, disminuyó marcadores de proteólisis y de estrés oxidativo (proteínas poliubiquitinadas y 4-hidroxinonenal).	La CNI no mejora la fuerza tras entrenamiento de resistencia intenso, pero sí atenúa el dolor y la rigidez, y reduce marcadores de daño muscular y oxidación.
Khan et al., 2020	Sport Sciences for Health	Ensayo experimental aleatorizado y cruzado.	Evaluar el efecto de la IPC en la recuperación de la frecuencia cardíaca (HRR) y la variabilidad de la frecuencia cardíaca (HRV) durante la recuperación después de un ejercicio aeróbico submáximo	La CNI mejoró significativamente la recuperación de la frecuencia cardíaca en el primer minuto y favoreció cambios positivos en la variabilidad de la frecuencia cardíaca, indicando mayor reactivación vagal.	La CNI es una herramienta eficaz para mejorar la recuperación autonómica cardíaca después de ejercicio submáxima
Kim et al., 2022	Med Sci Sports Exerc	Ensayo crossover, aleatorizado y controlado.	Probar la hipótesis de que, cuando se combinan con la ingesta de proteínas y carbohidratos, una sola sesión de compresión dinámica pulsátil peristáltica (PPDC) o terapia de calor (HT) local de la pierna aceleraría la resíntesis de glucógeno y la recuperación de la función muscular después de un ejercicio prolongado de carrera intermitente	Ni la compresión neumática peristáltica ni la terapia de calor aceleraron la resíntesis de glucógeno muscular ni mejoraron fuerza, resistencia a la fatiga o dolor muscular en comparación con la pierna control.	Una sola sesión de estas terapias no facilita la recuperación de glucógeno ni el rendimiento tras ejercicio intermitente
Maia et al., 2024	International Journal of Sports Physiology and Performance.	Ensayo experimental crossover aleatorizado.	Efectos hemodinámicos de IPC en reposo	La CNI produjo aumentos significativos del gasto cardíaco y de la velocidad de flujo sanguíneo, y redujo la resistencia vascular sistémica en comparación con el placebo.	La CNI favorece respuestas hemodinámicas beneficiosas en atletas, mejorando la circulación y reduciendo la carga vascular

Northey et al., 2016	Journal of Strength and Conditioning Research	Ensayo paralelo, aleatorizado (tres grupos diferentes).	Examinar los efectos de oclusión vascular (OCC) y la compresión neumática intermitente secuencial (SIPC) (comparado con un control pasivo) en las variables de fuerza y potencia muscular después de una sesión de entrenamiento de resistencia	La compresión neumática secuencial y la oclusión vascular no atenuaron la pérdida de fuerza ni mejoraron saltos ni recuperación percibida en comparación con la recuperación pasiva.	: Ninguna de las dos estrategias fue efectiva para mejorar la recuperación tras ejercicio de fuerza intenso
Overmayer et al., 2017	International Journal of Sports Physiology and Performance.	Ensayo experimental aleatorizado, cruzado.	Compresión neumática intermitente (IPC) en ciclistas entrenados, cuando se implementa entre una sesión de ciclismo maximal de 20 minutos y una prueba maximal de 4 minutos,	No se encontraron mejoras en la potencia máxima, la producción de trabajo, la percepción de dolor ni la fatiga con el uso de CNI en comparación con la recuperación pasiva.	La CNI no mejora la recuperación de ciclistas entrenados después de sesiones de ejercicio intenso .
Wiecha et al., 2021	BMC Sports Sci Med Rehabil	Ensayo paralelo, aleatorizado y controlado.	Evaluar si la compresión neumática intermitente (IPC) y la presión negativa intermitente (INP) atenuarían los efectos dañinos para el músculo del ejercicio excéntrico	La CNI redujo significativamente el dolor muscular y mejoró la recuperación percibida, pero no tuvo efectos en fuerza máxima, potencia de salto o creatina quinasa.	La CNI ayuda a disminuir el dolor y mejorar la percepción de recuperación, aunque no restaura el rendimiento físico .
Winke et al., 2018	International Journal of Exercise Science.	Ensayo paralelo, aleatorizado (grupo CNI vs grupo prenda de compresión).	Determinar los efectos de un dispositivo de compresión neumática (PCD) en comparación con una manga de compresión (CS) usada continuamente durante un período de recuperación de cinco días del dolor muscular de aparición tardía (DOMS) de los flexores del codo	La CNI redujo más la hinchazón en la parte superior del brazo, mejoró el rango de movimiento y disminuyó el dolor en comparación con la manga de compresión.	La CNI diaria favorece una mejor recuperación del dolor muscular de inicio tardío en los flexores del codo frente al uso continuo de una prenda de compresión

Cochrane et al., 2013	International Journal of Sports Medicine	Ensayo experimental aleatorizado, cruzado.	Investigar la efectividad de la IPC como una modalidad de recuperación de las extremidades inferiores después de un ejercicio excéntrico extenuante	Tanto el grupo con CNI como el control mostraron reducciones significativas en fuerza isométrica y concéntrica tras el ejercicio, sin diferencias entre condiciones. La creatina quinasa aumentó en ambos grupos.	La CNI no atenúa la pérdida de fuerza ni acelera la recuperación tras ejercicio excéntrico intenso
Sands et al., 2015	Journal of Strength and Conditioning Research	Ensayo paralelo, aleatorizado y controlado.	Evaluar la eficacia de la compresión dinámica pulsátil peristáltica (PPDC) en el umbral de presión al dolor (PPT) en atletas de nivel internacional	La CNI aumentó el umbral de presión al dolor inmediatamente después del tratamiento y los efectos positivos se mantuvieron tras la segunda sesión de entrenamiento, mientras que el grupo control no cambió.	La CNI es eficaz para aumentar el umbral de dolor y puede acelerar la recuperación en atletas de élite
Keck et al., 2015	Journal of Strength and Conditioning Research	Ensayo experimental aleatorizado, cruzado.	Evaluar el efecto de la compresión neumática mecánica/pulsación peristáltica aplicada por un dispositivo de compresión neumática (PCD) disponible comercialmente en la recuperación del glucógeno muscular, la glucosa en sangre, la insulina, el lactato y la frecuencia cardíaca después del ejercicio y la ingesta oral de glucosa	No se observaron diferencias en la resíntesis de glucógeno muscular entre el grupo con CNI y el grupo control tras ejercicio de ciclismo exhaustivo.	La CNI no acelera la recuperación de glucógeno en el músculo esquelético después del ejercicio .

Haun et al., 2017	PLOS One	Ensayo paralelo, aleatorizado y controlado con sham.	Comparar los efectos de la compresión neumática externa (EPC) y la simulación cuando se utilizan simultáneamente con el entrenamiento en intervalos de alta intensidad (HIIT) sobre los resultados relacionados con el rendimiento y las medidas moleculares relacionadas con la recuperación.	La CNI no mejoró el rendimiento en la carrera de 6 km ni redujo creatina quinasa, inflamación o dolor muscular. Sin embargo, sí disminuyó marcadores moleculares de proteólisis (atrogin-1 y proteínas poliubiquitinadas) en el músculo.	La CNI aplicada junto a entrenamiento de intervalos de alta intensidad ayuda a reducir el daño muscular a nivel molecular, aunque no mejora el rendimiento funcional inmediato.
Zuj et al., 2019	Journal of Applied Physiology.	Ensayo experimental crossover aleatorizado.	Investigar los efectos de la compresión en la circulación de las piernas durante y después del ejercicio, particularmente en la arteria femoral superficial, la frecuencia cardíaca y el volumen sistólico	La CNI aumentó el flujo sanguíneo y la conductancia vascular de la arteria femoral superficial tanto durante la marcha como en la recuperación, en comparación con la condición sin compresión.	La CNI aplicada durante el ejercicio de baja intensidad y la recuperación puede potenciar el flujo sanguíneo y la oxigenación muscular

Martin et al., 2015	Journal of Strength and Conditioning Research, .	Diseño cruzado (crossover), aleatorizado y controlado.	Evaluar si la compresión neumática peristáltica aplicada entre repeticiones de ejercicio anaeróbico (no antes, sino durante la recuperación entre esfuerzos) mejora el rendimiento en esfuerzos sucesivos y acelera la eliminación de lactato en comparación con una recuperación pasiva.	No se observaron diferencias significativas entre la CNI y la recuperación pasiva en: Potencia pico o media a lo largo de los cuatro Wingate. Índice de fatiga. Lactato sanguíneo: las concentraciones post-ejercicio fueron similares entre condiciones; la CNI no aceleró la eliminación de lactato. La frecuencia cardíaca y percepción de esfuerzo tampoco mostraron cambios.	La compresión neumática peristáltica aplicada entre esfuerzos anaeróbicos no mejora el rendimiento ni la recuperación metabólica inmediata en individuos activos. Los autores concluyen que la CNI no confiere beneficios ergogénicos agudos cuando se utiliza como estrategia de recuperación entre esfuerzos repetidos de alta intensidad..
Martin et al., 2015	Appl Physiol Nutr Metab	Ensayo experimental aleatorizado y controlado (sham).	Evaluar si la compresión neumática intermitente peristáltica previa al ejercicio (preconditioning) mejora el rendimiento anaeróbico durante repeticiones del test de Wingate y si modifica la concentración de lactato sanguíneo durante la recuperación pasiva.	No hubo diferencias significativas entre CNI y condición sham en: Potencia pico o media en los Wingate. Fatiga (%). Lactato sanguíneo post-ejercicio. Frecuencia cardíaca o RPE.	La CNI peristáltica previa al ejercicio (preconditioning) no mejoró el rendimiento anaeróbico ni la eliminación de lactato durante la recuperación pasiva. Los autores concluyen que la aplicación de CNI antes del ejercicio no ejerce efectos ergogénicos agudos sobre el rendimiento o la fisiología metabólica en atletas entrenados.

Tabla 5

Artículo. (Autor, Año)	Intervención (Grupo Experimental vs Control)	Tipo de ejercicio	Variables .	Momento de medicion de variables.
Artés et al., 2024	30 min IPC vs 30 min Sham (recuperación pasiva)	Esfuerzos cortos ≤ 30 s. de máxima intensidad, intercalados con períodos de reposo o de recuperación de intensidad ligera a moderada de entre 1 y 4 minutos. Sprints en bicicleta (8x20s)	Frecuencia cardíaca, presión arterial, tiempo de recuperación cardíaca, percepción de esfuerzo. Resistencia vascular periférica (PVR)	5 min antes Durante el protocolo. 5 min después. Cada participante completó ambas condiciones en visitas separadas por 7 días.
Collins et al., 2019	CNI vs recuperación pasiva sham	Ejercicio de alta intensidad. Sprint 20 metros de ida y otro de 20 metros de vuelta con carga excéntrica con desaceleración de 2,5 metros	Torque isocinético, CMJ, CK, cortisol, testosterona, inmunoglobulina-A, α - amilasa, dolor muscular (VAS). Tasa de esfuerzo percibido (RPE) y escala de Bipolar Comfort	Previo, inmediatamente después y a las 24h
Cranston et al., 2022	Brazo con ISPC vs Control sentado sin dispositivo activo.	Entrada en calor : 2 minutos en un ergómetro de brazo al 50 % de la intensidad máxima percibida (n = 36) o 500 metros en un ergómetro de remo al 50 % de la intensidad máxima percibida (n = 14) Ejercicio: Rotaciones internas y externas de hombro por brazo con una banda elástica. 10 flexiones de bíceps 10 supinaciones/pronaciones de antebrazo con 3kg	Fuerza (agarre manual), potencia (lanzamiento balón medicinal), resistencia (biceps curls), dolor muscular percibido.	Previo a la sesión de entrenamiento. Inmediatamente después. A las 24hs.
Draper et al., 2020	IPC vs control sin compresión.	Calentamiento: 10 minutos de trote Test VO2 con trote incremental e inclinación de cinta Cada participante: carrera 32km + tto y 32km y Sin tto con 3 o cuatro semanas entre cada una.	Marcador inflamatorio: Proteína C Reactiva (CRP) en suero. Percepción de dolor: Dolor percibido (Management of Cancer Pain Scale Test)	Previo prueba de VO2 para determinar intensidad de carrera (70 % del VO2máx) Previo al ejercicio PCR y peso corporal Inmediatamente después: PCR 5 días consecutivos posteriores Escala de dolor y PCR

Haun et al., 2017	CNI vs Sham / placebo	Test VO2 con trote incremental e inclinación de cinta Protocolo de fatiga: Consistió en tres días consecutivos (Días 2, 3 y 4) de sentadilla trasera. • Volumen/Intensidad: 10 series de 5 repeticiones (10 sets de 5 reps) al 80% de su 1RM. • Recuperación intra-serie: descanso de 2 a 3 minutos entre cada serie. Si un participante no podía completar las repeticiones, el peso se reducía en un 5%	Rendimiento funcional y fuerza: ◦ Torque isocinético pico extensor de la rodilla (a 60°/s). ◦ Flexibilidad (rango de movimiento de la rodilla). ◦ Umbral de presión al dolor (PPT). ◦ Volumen de levantamiento (durante el ejercicio de sentadilla). • Marcadores sanguíneos: ◦ Actividad de Creatina quinasa (CK) en suero. ◦ Concentraciones humorales de Proteína C Reactiva (CRP) e Interleucina-6 (IL-6).	PRE (Día 1): antes de iniciar el protocolo (fuerza, flexibilidad, dolor, sangre, biopsia). POST1 (Día 2): 1 hora después de la primera sesión de entrenamiento + intervención (fuerza, sangre, biopsia). Días 3–4: después de cada sesión de sentadillas + intervención (dolor, flexibilidad, sangre). Días 5–6: solo intervención (CNI o sham), sin ejercicio (dolor, flexibilidad, sangre). POST2 (Día 7): 24 h tras la última intervención, se repitieron fuerza, flexibilidad, dolor, sangre y biopsia
Khan et al., 2020	IPC vs placebo-control	Cinta submaximal	Recuperación del sistema nervioso autónomo+E12Frecuencia cardíaca, variabilidad de frecuencia cardíaca (HRV, LF/HF), presión arterial.	Antes del ejercicio (línea base), inmediatamente después del ejercicio y después del período de recuperación.
Kim et al., 2022	CNI vs calor local vs control pasivo	Shuttle running	Glucógeno muscular (biopsia), torque isocinético, Dolor muscular percibido (VAS)Expresión molecular:abundancia de proteínas de factores involucrados en angiogénesis, crecimiento muscular, regulación del metabolismo y señalización redox	0, 90, 210 min y 24h
Maia et al., 2024	ICNI vs control sin compresión	Sin ejercicio	Flujo sanguíneo (pletismografía), gasto cardíaco, volumen sistólico, frecuencia cardíaca	Línea base (Pre): Dos minutos antes de que comenzara el protocolo de CPI. Durante el protocolo (8vo minuto): A los ocho minutos de la aplicación del CPI. Post-protocolo (Post): Dos minutos después de la conclusión de cada protocolo de CPI

Northey et al., 2016	Compresión secuencial neumática, Compresión con oclusión vascular, Recuperación pasiva.	Sentadillas 10x10	Par isocinético concéntrico máximo del cuádriceps (<i>Concentric peak isokinetic torque</i>), Altura de salto de squat y CMJ, dolor, Estado de recuperación percibido (PRS scale) iDolor muscular percibido	Antes del Ejercicio (Pre): Inmediatamente Después del Ejercicio (Post): 1 Hora Después del Ejercicio 24 Horas Después del Ejercicio
Overmayer et al., 2017	CNI vs recuperación activa (pedaleo liviano)	Ciclismo 20' y 4'	Potencia media (contrarreloj de 4 min), frecuencia cardíaca, percepción de fatiga, Concentración de lactato en sangre (BLa)	Inmediatamente Post-Ejercicio Inicial. La Recuperación de Calidad Total Percibida (TQR) fue calificada por los participantes a los 10, 20 y 30 minutos del período de recuperación Inmediatamente Post-Recuperación (Antes del 4-minTT): Al finalizar los 30 minutos de recuperación Lactato en Sangre Durante y Post-Prueba de Rendimiento Final (4-minTT) Potencia promedio (Watts) Frecuencia Cardíaca Máxima (MaxHR) y RPE
Wiecha et al., 2021	Recuperación pasiva, sin intervención ni compresión	100 drop jumps	Función muscular: Fuerza muscular isocinética (Torque pico del cuádriceps - QPT). Ratio Isquiotibiales/Cuádriceps (H:Q ratio) Marcadores séricos de daño muscular: Creatina quinasa (CK), Lactato deshidrogenasa (LDH) Movimiento articular: Rango de flexión activa de la rodilla (ROM). •Dolor percibido: Escala Visual Analógica (VAS)	El primer día, línea base pre ejercicio. Inmediatamente Post-Ejercicio y Post-Intervención (1 h) Seguimiento Diario (24 h y 48 h)
Winke et al., 2018	CNI vs prenda compresiva estática vs control	Cuatro series de 25 repeticiones de flexión concéntrica y extensión excéntrica del codo	Circunferencia del brazo superior e inferior. ROM de F/E del codo. Dolor muscular (DOMS) (VAS), percepción subjetiva de recuperación.	1. Pre-ejercicio (Línea Base): Antes de realizar el protocolo de daño muscular. 2. Inmediatamente Post-ejercicio: Inmediatamente después de completar el protocolo de daño muscular. 3. Diariamente durante la recuperación: Los sujetos completaron tratamientos o usaron la manga de compresión durante los cinco días siguientes

Cochrane et al., 2013	CNI vs recuperación pasiva	3x100 excéntricos de cuádriceps. 5 minutos de recuperación pasiva entre cada serie	Rendimiento muscular: Salto vertical con una sola pierna (VJ Torque isocinético y promedio en contracciones isométricas (ISO), concéntricas (CON) y excéntricas (ECC) a velocidades lenta Marcador de daño muscular: Creatina quinasa (CK) en plasma	24, 48, 72h
Sands et al., 2015	CNI vs control sin presión (sham)	Entrenamiento habitual	Umbral de dolor a la presión (PPT), percepción de recuperación.	Inmediato y post-entrenamiento
Keck et al., 2015	CNI vs recuperación pasiva	90 min ciclismo para agotar el glucógeno.	Glucógeno muscular. asa de resíntesis de glucógeno. Glucosa en sangre, Insulina, Lactato en sangre Frecuencia cardíaca	4h post
Haun et al., 2017	EPC vs sham	Intensidad: Los participantes corrieron a una velocidad en la cinta (con una inclinación del 1%) que resultara en una Frecuencia Cardíaca equivalente al 90% de su Frecuencia Cardíaca Máxima Predicha por Edad (APMHR) $\pm$ 3%. La velocidad de la cinta se ajustó según fuera necesario para mantener esa frecuencia cardíaca objetivo. • Prueba de Rendimiento: Además del protocolo de HIIT, los participantes realizaron una carrera contrarreloj de 6 km en la cinta al inicio (Día 1) y al final (Día 7) del estudio para medir el rendimiento	Umbral de presión al dolor (PPT), como medida de dolor muscular. Flexibilidad (rango de movimiento de la rodilla). Rendimiento en carrera contrarreloj de 6 km Actividad de Creatina quinasa (CK) 8-isoprostano, Proteína C reactiva de alta sensibilidad (hsCRP) Expresión génica (mRNA) y de proteínas relacionadas con la proteólisis inflamación, el metabolismo y el estado redox	Antes de iniciar Prueba de ejercicio incremental (GXT) → para caracterizar la frecuencia cardíaca y el VO_2 peak. Día 1 (PRE, ~1 semana después. Mediciones en reposo (basales). Prueba de rendimiento: carrera contrarreloj de 6 km Día 2 <i>Sesión de HIIT</i> (EPC) o placebo por 1 hora de tratamiento Biopsia. 1 hora después del tratamiento. Días 3 y 4 (consecutivos) Extracción de sangre, Flexibilidad, Dolor muscular. Oa <i>sesión de HIIT</i>, seguida del tratamiento según grupo asignado. Días 5 y 6 (consecutivos) Mediciones: Día 7 (POST2) Mediciones finales.

Zuj et al., 2019 Cuatro condiciones 1. Sin Compresión durante el Ejercicio 2. Compresión durante la Recuperación 3. Compresión durante Todo el Protocolo	2 minutos de reposo de pie. 5 minutos de caminata a una velocidad de 2.0 millas/hora y una inclinación del 9%. 2 minutos y 15 segundos de recuperación de pie post-ejercicio Cada prueba de ejercicio estuvo separada por 5 minutos de descanso sentado. Se repitió 8 veces. Cadencia de paso: 42.0 a 44.2 pasos/minuto	Frecuencia Cardíaca (HR) Presión Arterial Media Gasto Cardíaco	Durante el segundo minuto del período de descanso en posición de pie Durante el último minuto del ejercicio de caminar 5 a 15 segundos después de que el ejercicio cesó Entre los 85 y 115 segundos del período de recuperación de pie posterior al ejercicio Entre los 120 y 135 segundos de la recuperación de pie, después de que la compresión
Martin et al., 2015 EPC vs placebo (sham).	Protocolo de fatiga (dos pruebas Wingate de 30 segundos en cicloergómetro, separadas por 3 minutos de descanso). Aplicación de la intervención y nuevamente otra prueba wingate	Rendimiento anaeróbico: potencia pico (W/kg), potencia media, fatiga (%). Lactato sanguíneo: antes del ejercicio, después de cada Wingate y durante la recuperación. Frecuencia cardíaca.	5, 15, 25 y 35 minutos post-protocolo de fatiga.
Martin et al., 2015 CNI (preconditioning) vs sham (sin presión efectiva)	3 visitas: (i) sesión de familiarización, (ii) sesión de prueba 1 y (iii) sesión de prueba separadas entre 3 y 7 días	Rendimiento anaeróbico: potencia pico, potencia media, y fatiga mediante cinco tests de Wingate de 30 segundos con 4 min de recuperación entre ellos. Lactato sanguíneo: antes y después de cada test. Frecuencia cardíaca y RPE (percepción de esfuerzo).	Previo al ejercicio se evaluó la BLA en reposo

Tabla 6: Parámetros de aplicación

Autor (Año)	Presión (mmHg)	Duración	Modalidad / Modo de compresión	Frecuencia de aplicación	Comparador / Control
Artés (2024)	80 mmHg en la cámara distal, disminuyendo secuencialmente (80, 79, 78 y 77 mmHg)	30 min	Secuencial distal a proximal	1 sesión post-esfuerzo (agudo)	Sham. Manga sin compresión.
Collins (2019)	235.3 ± 26.9 mmHg (4.55 ± 0.52 PSI), con el objetivo de lograr una relación pico a pico (P-P) diastólica-sistólica de 1.2 o superior, y una presión máxima de 310.3 mmHg (6 PSI)	20 min	Sincronizado con el pulso (contrapulsación externa)	1 sesión post-ejercicio	Manga sin compresión. Descanso (Rest/Control): Los sujetos se relajaron durante 20 minutos .
Cranston (2022)	80 mmHg	30 min (t. inflado de 26 s y t. desinflado de 15 s)	Secuencial (manga de brazo)cuatro cámaras que se inflan de distal a proximalmente.	1 sesión post-ejercicio de tren superior	Brazo de Control (CON): El otro brazo sirvió como control pasivo, descansando en una posición similar sin el dispositivo de CPI
Draper (2020)	90 - 100 mmHg	60 min (30 seg de compresión)	Secuencial distal-proximal	Seis veces (Inmediatamente después de la carrera y diariamente durante cinco días consecutivos)	Ningún tratamiento con CPI
Haun (2017a)	70 mmHg	60 min(30 seg de compresión y 30s pausa)	Secuencial distal-proximal	Diariamente durante 6 días (3 días concurrentes con HIIT y 3 días solo de recuperación)	Sham. Manga sin compresión.
Haun (2017b)	70 mmHg	60 min	Secuencial distal-proximal	Entre sesiones de entrenamiento	Sham (dispositivo sin presión)

				de fuerza (5 días)	
Khan (2020)	80 mmHg	15 min	Secuencial	1 sesión post-submáximo	Recuperación pasiva
Kim (2021)	70 mmHg	60 min	Peristáltico (Pulse dynamic compression)	1 sesión post-carrera intermitente	La pierna opuesta no recibió compresión y sirvió como control dentro del sujeto
Maia (2024)	Dos protocolos: Moderada (80 mmHg) y Alta presión (200 mmHg)	15 minutos por protocolo	Secuencial distal-proximal	Una vez por cada nivel de presión	Protocolo de presión moderada (cuando se compara con el protocolo de alta presión) y comparación de valores basales (Pre)
Northey (2016)	80 mmHg	45 min	Secuencial	1 sesión post-ejercicio de fuerza	Oclusión vascular y control pasivo durante 45min
Overmayer (2018)	80 mmHg	30 min	Secuencial distal-proximal	1 sesión post-ciclismo	Control pasivo, sentados durante 30 minutos
Wiecha (2023)	80 mmHg	30 min	Secuencial	Tres veces (Inmediatamente, 24 h y 48 h después del ejercicio).	Terapia de microcorriente simulada (PT): Una sesión de 30 minutos sin encender el dispositivo, actuando como placebo. (También se comparó con Presión Negativa Intermitente)
Winke (2018)	100mmHg	20 min	Secuencial distal-proximal	1 sesión diaria durante 3 días	Prenda de compresión estática
Cochrane (2013)	70 mmHg en la celda distal (pie), 80 mmHg en las celdas 2-4, y 60 mmHg en la celda proximal (muslo)	30 min	Secuencial distal-proximal	Tres veces (Inmediatamente después del ejercicio, y nuevamente a las 24 horas y 48 horas post-ejercicio)	Sham. Manga sin compresion.
Sands (2015)	La cámara del pie 70 mm Hg, Todas las cámaras restantes: 80 mm Hg	15 min	Secuencial	Una sola vez después del entrenamiento matutino y la prueba inicial de PPT test	Sin compresión (control) Sin tratamiento, fue evaluado luego.

Keck (2015)	70 mmHg	Dos tratamientos de 1 hora cada uno, durante un período total de recuperación de 4 horas	Secuencial distal-proximal	Dos veces (El primer tratamiento se aplicó durante los minutos 0–60 de la recuperación, y el segundo tratamiento durante los minutos 120–180)	Sham. Manga sin compresion. Recuperación Pasiva . .
Zuj (2019)	70 mmHg	Durante ejercicio y recuperación (~45 min)	Sincronizado con el pulso (pulsátil)	La compresión fue aplicada cada ciclo cardíaco (sincronizada con la onda R del ECG) durante los períodos definidos	El estudio comparó cuatro condiciones: NoComp, ExComp, RecComp y AllComp
Martin (2015)	70 mmHg	30 min	Peristáltico	1 sesión pre-ejercicio (preacondicionamiento)	Sham (dispositivo sin presión)
Martin (2015)	~70 mmHg	30 minutos	Peristáltica secuencial distal a proximal	Una vez, después de que los sujetos completaron dos Wingate Anaerobic Tests (WAnTs) consecutivos	Sham. Manga sin compresion

BIBLIOGRAFÍA.

1. Crowther FA, Sealey RM, Crowe MJ, Edwards AM, Halson SL. Effects of Various Recovery Strategies on Repeated Bouts of Simulated Intermittent Activity. *J Strength Cond Res.* julio de 2019;33(7):1781.
2. Chen R, Ma X, Ma X, Cui C. The effects of hydrotherapy and cryotherapy on recovery from acute post-exercise induced muscle damage-a network meta-analysis. *BMC Musculoskelet Disord.* 18 de septiembre de 2024;25(1):749.
3. Xiao F, Kabachkova AV, Jiao L, Zhao H, Kapilevich LV. Effects of cold water immersion after exercise on fatigue recovery and exercise performance--meta analysis. *Front Physiol.* 2023;14:1006512.
4. Rose C, Edwards KM, Siegler J, Graham K, Caillaud C. Whole-body Cryotherapy as a Recovery Technique after Exercise: A Review of the Literature. *Int J Sports Med.* diciembre de 2017;38(14):1049-60.
5. Park SH, Park SJ, Shin MS, Kim CK. The effects of low-pressure hyperbaric oxygen treatment before and after maximal exercise on lactate concentration, heart rate recovery, and antioxidant capacity. *J Exerc Rehabil.* diciembre de 2018;14(6):980-4.
6. Lu X, Wang Y, Lu J, You Y, Zhang L, Zhu D, et al. Does vibration benefit delayed-onset muscle soreness?: a meta-analysis and systematic review. *J Int Med Res.* enero de 2019;47(1):3-18.
7. Jackman JS, Bell PG, Van Someren K, Gondek MB, Hills FA, Wilson LJ, et al. Effect of hot water immersion on acute physiological responses following resistance exercise. *Front Physiol.* 2023;14:1213733.
8. Ortiz RO, Sinclair Elder AJ, Elder CL, Dawes JJ. A Systematic Review on the Effectiveness of Active Recovery Interventions on Athletic Performance of Professional-, Collegiate-, and Competitive-Level Adult Athletes. *J Strength Cond Res.* agosto de 2019;33(8):2275-87.
9. Pernigoni M, Calleja-González J, Lukonaitienė I, Tessitore A, Stanislovaitienė J, Kamarauskas P, et al. Comparative Effectiveness of Active Recovery and Static Stretching During Post-Exercise Recovery in Elite Youth Basketball. *Res Q Exerc Sport.* marzo de 2024;95(1):272-80.
10. Poppendieck W, Wegmann M, Ferrauti A, Kellmann M, Pfeiffer M, Meyer T. Massage and Performance Recovery: A Meta-Analytical Review. *Sports Med Auckl NZ.* febrero de 2016;46(2):183-204.
11. Malone JK, Blake C, Caulfield BM. Neuromuscular electrical stimulation during recovery from exercise: a systematic review. *J Strength Cond Res.* septiembre de 2014;28(9):2478-506.

- 12.Havas E, Parviainen T, Vuorela J, Toivanen J, Nikula T, Vihko V. Lymph flow dynamics in exercising human skeletal muscle as detected by scintigraphy. *J Physiol*. 1 de octubre de 1997;504 (Pt 1)(Pt 1):233-9.
- 13.Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc*. enero de 2000;32(1):70-84.
- 14.Faude O, Kindermann W, Meyer T. Lactate threshold concepts: how valid are they? *Sports Med Auckl NZ*. 2009;39(6):469-90.
- 15.Cabizosu A, Marín-Pagán C, Martínez-Serrano A, Alcaraz PE, Martínez-Noguera FJ. Myotendinous Thermoregulation in National Level Sprinters after a Unilateral Fatigue Acute Bout-A Descriptive Study. *Sensors*. 22 de noviembre de 2023;23(23):9330.
- 16.King J, Lowery DR. Physiology, Cardiac Output. En: StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2025 [citado 18 de mayo de 2025]. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK470455/>
- 17.Monedero J, Donne B. Effect of recovery interventions on lactate removal and subsequent performance. *Int J Sports Med*. noviembre de 2000;21(8):593-7.
- 18.Morris RJ. Intermittent pneumatic compression—systems and applications. *J Med Eng Technol*. enero de 2008;32(3):179-88.
- 19.Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Gotshalk LA, Wagner PR, Gómez AL, et al. Influence of compression hosiery on physiological responses to standing fatigue in women. *Med Sci Sports Exerc*. noviembre de 2000;32(11):1849.
- 20.Lee EC, Fragala MS, Kavouras SA, Queen RM, Pryor JL, Casa DJ. Biomarkers in Sports and Exercise: Tracking Health, Performance, and Recovery in Athletes. *J Strength Cond Res*. octubre de 2017;31(10):2920-37.
- 21.Barnett A. Using recovery modalities between training sessions in elite athletes: does it help? *Sports Med Auckl NZ*. 2006;36(9):781-96.
- 22.Westerblad H, Allen DG, Lännergren J. Muscle fatigue: lactic acid or inorganic phosphate the major cause? *News Physiol Sci Int J Physiol Prod Jointly Int Union Physiol Sci Am Physiol Soc*. febrero de 2002;17:17-21.
- 23.Lattier G, Millet GY, Martin A, Martin V. Fatigue and recovery after high-intensity exercise. Part II: Recovery interventions. *Int J Sports Med*. octubre de 2004;25(7):509-15.
- 24.Meeusen R, Duclos M, Foster C, Fry A, Gleeson M, Nieman D, et al. Prevention, diagnosis, and treatment of the overtraining syndrome: joint consensus statement of the European College of Sport Science and the American College of Sports Medicine. *Med Sci Sports Exerc*. enero de 2013;45(1):186-205.

- 25.Issurin VB. New horizons for the methodology and physiology of training periodization. *Sports Med Auckl NZ*. 1 de marzo de 2010;40(3):189-206.
- 26.Carrard J, Rigort AC, Appenzeller-Herzog C, Colledge F, Königstein K, Hinrichs T, et al. Diagnosing Overtraining Syndrome: A Scoping Review. *Sports Health*. 2022;14(5):665-73.
- 27.Baird MF, Graham SM, Baker JS, Bickerstaff GF. Creatine-Kinase- and Exercise-Related Muscle Damage Implications for Muscle Performance and Recovery. *J Nutr Metab*. 2012;2012:960363.
- 28.Hashim IA, Mohamed M, Cox A, Fernandez F, Kutscher P. Plasma lactate measurement as an example of encountered gaps between routine clinical laboratory processes and manufactures' sample-handling instructions. *Pract Lab Med*. 24 de octubre de 2018;12:e00109.
- 29.Goodwin ML, Harris JE, Hernández A, Gladden LB. Blood Lactate Measurements and Analysis during Exercise: A Guide for Clinicians. *J Diabetes Sci Technol Online*. julio de 2007;1(4):558-69.
- 30.Häkkinen K. Neuromuscular fatigue and recovery in male and female athletes during heavy resistance exercise. *Int J Sports Med*. febrero de 1993;14(2):53-9.
- 31.Raastad T, Hallén J. Recovery of skeletal muscle contractility after high- and moderate-intensity strength exercise. *Eur J Appl Physiol*. junio de 2000;82(3):206-14.
- 32.Hotfiel T, Freiwald J, Hoppe MW, Lutter C, Forst R, Grim C, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS): Part I: Pathogenesis and Diagnostics. *Sportverletz Sportschaden Organ Ges Orthopadisch-Traumatol Sportmed*. diciembre de 2018;32(4):243-50.
- 33.Heiss R, Lutter C, Freiwald J, Hoppe MW, Grim C, Poettgen K, et al. Advances in Delayed-Onset Muscle Soreness (DOMS) - Part II: Treatment and Prevention. *Sportverletz Sportschaden Organ Ges Orthopadisch-Traumatol Sportmed*. marzo de 2019;33(1):21-9.
- 34.Alcolea JM, Alonso Álvarez B, Arroyo Bielsa A. Consensus document on Lipedema [Internet]. España: Asociación Española de Linfedema y Lipedema (AEL); Capítulo Español de Flebología y Linfología (CEFyL-SEACV); SECPRE; SEME; SEDCA; Universidad Complutense de Madrid; SERMEF; 2018. Disponible en: https://lipedema.seme.org/Consenso-Lipedema-v.Sep-2019.english.pdf?utm_source=chatgpt.com
- 35.Kumar N, Chauhan A, Patra A, Badoni N. To compare the efficacy of pneumatic compression therapy (PCT), lymphatic drainage exercises (LDE) and control group in patient with upper limb lymphoedema. *Int J Orthop Sci*. 2018;4(4):658-67.

- 36.Chen AH, Frangos SG, Kilaru S, Sumpio BE. Intermittent pneumatic compression devices -- physiological mechanisms of action. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* mayo de 2001;21(5):383-92.
- 37.Delis KT, Labropoulos N, Nicolaides AN, Glenville B, Stansby G. Effect of intermittent pneumatic foot compression on popliteal artery haemodynamics. *Eur J Vasc Endovasc Surg Off J Eur Soc Vasc Surg.* marzo de 2000;19(3):270-7.
- 38.Iwama H, Suzuki M, Hojo M, Kaneda M, Akutsu I. Intermittent pneumatic compression on the calf improves peripheral circulation of the leg. *J Crit Care.* marzo de 2000;15(1):18-21.
- 39.Dunn N, Williams EM, Dolan G, Davies JH. Intermittent Pneumatic Compression for the Treatment of Lower Limb Lymphedema: A Pilot Trial of Sequencing to Mimic Manual Lymphatic Drainage Versus Traditional Graduated Sequential Compression. *Lymphat Res Biol.* 1 de octubre de 2022;20(5):514-21.
- 40.Calnan JS, Pflug JJ, Mills CJ. Pneumatic intermittent-compression legging simulating calf-muscle pump. *Lancet Lond Engl.* 5 de septiembre de 1970;2(7671):502-3.
- 41.Kim NY, Ryu S, Kim YH. Effects of intermittent pneumatic compression devices interventions to prevent deep vein thrombosis in surgical patients: A systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *PLOS ONE.* 23 de julio de 2024;19(7):e0307602.
- 42.Pandy SK, Ozmen BB, Morkuzu S, Xiong Y, Kemp E, Chen WF. Current Role of Pneumatic Compression Therapy in Lymphedema Care: A Scoping Review of Persistent Debates and New Applications. *Lymphology.* 2024;57(3):142-56.
- 43.Brock KA, Eberman LE, Laird RH, Elmer DJ, Games KE. Sequential Pulse Compression's Effect on Blood Flow in the Lower-Extremity. *J Sport Rehabil.* 1 de enero de 2020;29(1):7-11.
- 44.Ogoh S, Fisher JP, Dawson EA, White MJ, Secher NH, Raven PB. Autonomic nervous system influence on arterial baroreflex control of heart rate during exercise in humans. *J Physiol.* 15 de julio de 2005;566(Pt 2):599-611.
- 45.Morris RJ, Woodcock JP. Effects of supine intermittent compression on arterial inflow to the lower limb. *Arch Surg Chic Ill 1960.* noviembre de 2002;137(11):1269-73.
- 46.Magder S. Volume and its relationship to cardiac output and venous return. *Crit Care.* 10 de septiembre de 2016;20(1):271.
- 47.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.* 29 de marzo de 2021;372:n71.

- 48.Moseley AM, Herbert RD, Maher CG, Sherrington C, Elkins MR. Reported quality of randomized controlled trials of physiotherapy interventions has improved over time. *J Clin Epidemiol.* junio de 2011;64(6):594-601.
- 49.Herbert R, Moseley A, Sherrington C. PEDro: a database of randomised controlled trials in physiotherapy. *Health Inf Manag J Health Inf Manag Assoc Aust.* febrero de 1998;28(4):186-8.
- 50.Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother.* enero de 2020;66(1):59.
- 51.Armijo-Olivo S, da Costa BR, Cummings GG, Ha C, Fuentes J, Saltaji H, et al. PEDro or Cochrane to Assess the Quality of Clinical Trials? A Meta-Epidemiological Study. *PLoS ONE.* 10 de julio de 2015;10(7):e0132634.
- 52.Maia F, Nakamura FY, Sarmento H, Marcelino R, Ribeiro J. Effects of lower-limb intermittent pneumatic compression on sports recovery: A systematic review and meta-analysis. *Biol Sport.* octubre de 2024;41(4):263-75.
- 53.PEDro statistics [Internet]. PEDro. [citado 22 de junio de 2025]. Disponible en: <https://pedro.org.au/english/about/pedro-statistics/>
- 54.Artés A, Ferrer-Ramos P, Javierre C, Viscor G, García I. Effects of intermittent pneumatic compression on the recovery of cardiovascular parameters after repeated sprint exercise. *Eur J Appl Physiol.* abril de 2024;124(4):1037-48.
- 55.Collins R, McGrath D, Horner K, Eusebi S, Ditroilo M. Effect of External Counterpulsation on Exercise Recovery in Team Sport Athletes. *Int J Sports Med.* agosto de 2019;40(08):511-8.
- 56.Khan Z, Ahmad I, Hussain ME. Intermittent pneumatic compression changes heart rate recovery and heart rate variability after short term submaximal exercise in collegiate basketball players: a cross-over study. *Sport Sci Health.* junio de 2021;17(2):317-26.
- 57.Kim K, Kargl CK, Ro B, Song Q, Stein K, Gavin TP, et al. Neither Peristaltic Pulse Dynamic Compressions nor Heat Therapy Accelerate Glycogen Resynthesis after Intermittent Running. *Med Sci Sports Exerc.* 1 de noviembre de 2021;53(11):2425-35.
- 58.Maia F, Machado MVB, Silva G, Nakamura FY, Ribeiro J. Hemodynamic Effects of Intermittent Pneumatic Compression on Athletes: A Double-Blinded Randomized Crossover Study. *Int J Sports Physiol Perform.* 1 de septiembre de 2024;19(9):932-8.
- 59.Northey JM, Rattray B, Argus CK, Etxebarria N, Driller MW. Vascular Occlusion and Sequential Compression for Recovery After Resistance Exercise. *J Strength Cond Res.* febrero de 2016;30(2):533-9.

- 60.Overmayer RG, Driller MW. Pneumatic Compression Fails to Improve Performance Recovery in Trained Cyclists. *Int J Sports Physiol Perform*. 1 de abril de 2018;13(4):490-5.
- 61.Winke M, Williamson S. Comparison of a Pneumatic Compression Device to a Compression Garment During Recovery from DOMS. *Int J Exerc Sci*. 2018;11(3):375-83.
- 62.Cochrane DJ, Booker HR, Mundel T, Barnes MJ. Does intermittent pneumatic leg compression enhance muscle recovery after strenuous eccentric exercise? *Int J Sports Med*. noviembre de 2013;34(11):969-74.
- 63.Sands WA, McNeal JR, Murray SR, Stone MH. Dynamic Compression Enhances Pressure-to-Pain Threshold in Elite Athlete Recovery: Exploratory Study. *J Strength Cond Res*. mayo de 2015;29(5):1263-72.
- 64.Keck NA, Cuddy JS, Hailes WS, Dumke CL, Ruby BC. Effects of commercially available pneumatic compression on muscle glycogen recovery after exercise. *J Strength Cond Res*. febrero de 2015;29(2):379-85.
- 65.Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. Preconditioning with peristaltic external pneumatic compression does not acutely improve repeated Wingate performance nor does it alter blood lactate concentrations during passive recovery compared with sham. *Appl Physiol Nutr Metab Physiol Appl Nutr Metab*. noviembre de 2015;40(11):1214-7.
- 66.Martin JS, Friedenreich ZD, Borges AR, Roberts MD. Acute Effects of Peristaltic Pneumatic Compression on Repeated Anaerobic Exercise Performance and Blood Lactate Clearance. *J Strength Cond Res*. octubre de 2015;29(10):2900-6.
- 67.Zuj KA, Prince CN, Hughson RL, Peterson SD. Superficial femoral artery blood flow with intermittent pneumatic compression of the lower leg applied during walking exercise and recovery. *J Appl Physiol Bethesda Md 1985*. 1 de agosto de 2019;127(2):559-67.
- 68.Draper SN, Kullman EL, Sparks KE, Little K, Thoman J. Effects of Intermittent Pneumatic Compression on Delayed Onset Muscle Soreness (DOMS) in Long Distance Runners. *Int J Exerc Sci*. 2020;13(2):75-86.
- 69.Wiecha S, Jarocka M, Wiśniowski P, Cieśliński M, Price S, Makaruk B, et al. The efficacy of intermittent pneumatic compression and negative pressure therapy on muscle function, soreness and serum indices of muscle damage: a randomized controlled trial. *BMC Sports Sci Med Rehabil*. 13 de noviembre de 2021;13(1):144.
- 70.Cranston AW, Driller MW. Investigating the Use of an Intermittent Sequential Pneumatic Compression Arm Sleeve for Recovery After Upper-Body Exercise. *J Strength Cond Res*. 1 de junio de 2022;36(6):1548-53.

71. Haun CT, Roberts MD, Romero MA, Osburn SC, Mobley CB, Anderson RG, et al. Does external pneumatic compression treatment between bouts of overreaching resistance training sessions exert differential effects on molecular signaling and performance-related variables compared to passive recovery? An exploratory study. *PloS One*. 2017;12(6):e0180429.

72. Haun CT, Roberts MD, Romero MA, Osburn SC, Healy JC, Moore AN, et al. Concomitant external pneumatic compression treatment with consecutive days of high intensity interval training reduces markers of proteolysis. *Eur J Appl Physiol*. diciembre de 2017;117(12):2587-600.