



Recibido: 2026-06-17

Aceptado: 2026-07-01

Publicado: 2026-07-22

Restricción del flujo sanguíneo en el entrenamiento de fuerza para la osteoartritis de rodilla: revisión sistemática

Blood Flow Restriction in Strength Training for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review

Autor

Miriam Carolina Moreira Andrade¹

Fisioterapia y Rehabilitación

carolina.moreira@unach.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0003-7179-7002>

Universidad Nacional de Chimborazo

Riobamba - Ecuador

Resumen

La osteoartritis de rodilla produce dolor, debilidad muscular y limitación funcional, mientras que las cargas elevadas necesarias para estimular fuerza e hipertrofia pueden resultar poco tolerables, en virtud de ello el entrenamiento de baja carga con restricción del flujo sanguíneo se plantea como una alternativa de menor demanda mecánica, se planteó como objetivo comparar su efectividad y seguridad frente al entrenamiento convencional de alta carga en adultos con osteoartritis de rodilla. Se realizó una revisión sistemática conforme a PRISMA 2020 y PRISMA-S, mediante búsquedas en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO y Google Académico, se incluyeron diez ensayos clínicos aleatorizados entre 2021 y julio de 2026, la evidencia se organizó según comparadores primarios y complementarios, se efectuó síntesis narrativa y el riesgo de sesgo se valoró mediante RoB 2 y Jadad. La baja carga con restricción produjo ganancias de fuerza comparables o superiores a las cargas altas en varios ensayos, junto con reducciones del dolor y mejorías funcionales no uniformes, frente a baja carga, ejercicio neuromuscular y otros comparadores también se observaron beneficios, la tolerabilidad fue generalmente favorable y los abandonos por dolor se concentraron en algunos grupos de alta carga, aunque se documentó una trombosis venosa profunda con restricción, ningún estudio alcanzó riesgo global bajo y dos presentaron alto riesgo. En definitiva, la intervención constituye una alternativa prometedora para pacientes con tolerancia limitada a cargas elevadas, aunque no demuestra superioridad general ni seguridad universal, por consiguiente, requiere individualización de la presión, cribado vascular, supervisión y ensayos multicéntricos con seguimiento prolongado.

Palabras clave: Osteoartritis de la Rodilla; Terapia de Restricción del Flujo Sanguíneo; Entrenamiento de Fuerza; Fuerza Muscular; Terapia por Ejercicio.

Abstract

El resumen debe contener un máximo de 250 palabras y un mínimo de 220 palabras, el contenido debe estar compuesto de: introducción, objetivo, metodología, resultados, conclusión general.

Knee osteoarthritis causes pain, muscle weakness, and functional limitations, while the high loads required to stimulate strength and hypertrophy may be difficult to tolerate; therefore, low-load training with blood flow restriction is proposed as an alternative with lower mechanical demands. The objective was to compare its effectiveness and safety against conventional high-load training in adults with knee osteoarthritis. A systematic review was conducted in accordance with PRISMA 2020 and PRISMA-S, using searches in PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science, SciELO, and Google Scholar. Ten randomized clinical trials conducted between 2021 and July 2026 were included. The evidence was organized according to primary and secondary comparators; a narrative synthesis was performed, and the risk of bias was assessed using RoB 2 and Jadad. Low-load restricted training produced strength gains comparable to or greater than those of high-load training in several trials, along with reductions in pain and inconsistent functional improvements; compared with low-load, and other comparators; tolerability was generally favorable, and dropouts due to pain were concentrated in some high-load groups; although one case of deep vein thrombosis was documented with the restricted regimen, no study achieved a low overall risk, and two were classified as high risk. In conclusion, this intervention represents a promising alternative for patients with limited tolerance for high loads, although it does not demonstrate overall superiority or universal safety; therefore, it requires individualized pressure settings, vascular screening, monitoring, and multicenter trials with long-term follow-up.

Keywords: Knee Osteoarthritis; Blood Flow Restriction Therapy; Strength Training; Muscle Strength; Exercise Therapy.

Introducción

La osteoartritis de rodilla constituye una enfermedad crónica de toda la articulación, caracterizada por deterioro del cartílago, modificaciones del hueso subcondral, inflamación sinovial y alteraciones periarticulares que se expresan mediante dolor, rigidez, limitación del movimiento y pérdida progresiva de autonomía, cuadro relevante en adultos de mediana edad y personas mayores por su asociación con discapacidad y menor calidad de vida (Grantham et al., 2021), la debilidad del cuádriceps no representa únicamente una consecuencia del menor uso de la extremidad, sino un componente vinculado con mayor dolor, menor estabilidad y dificultad para caminar o levantarse de una silla, por lo que el fortalecimiento muscular forma parte central del manejo conservador, las cargas elevadas necesarias para maximizar fuerza e hipertrofia pueden aumentar el estrés articular, intensificar las molestias y disminuir la adherencia en pacientes con tolerancia mecánica limitada (Wang et al., 2022).

El entrenamiento de fuerza de baja carga combinado con restricción del flujo sanguíneo surge como una estrategia destinada a disminuir la carga externa sin renunciar al estímulo muscular, el procedimiento utiliza un manguito proximal para reducir parcialmente la entrada arterial y limitar el retorno venoso, generando hipoxia local, acumulación de metabolitos, reclutamiento de unidades motoras de umbral elevado y respuestas celulares relacionadas con la síntesis proteica, lo que permite trabajar habitualmente con intensidades cercanas al 20 %-40 % de una repetición máxima (Jacobs et al., 2024), la posible reducción del dolor también se relaciona con hipertrofia muscular, regulación inflamatoria, activación de sistemas opioides y endocannabinoides y modulación condicionada del dolor (Xie et al., 2025), cabe resaltar que estas respuestas dependen de la carga, la anchura del manguito, la presión de oclusión, el tiempo bajo restricción y las características clínicas del paciente.

La utilidad clínica de esta modalidad se sostiene en la posibilidad de obtener adaptaciones semejantes a las producidas por entrenamientos moderados o intensos con menor demanda mecánica sobre la rodilla, una revisión de ensayos en osteoartritis y artritis reumatoide encontró resultados comparables en fuerza del cuádriceps y funcionalidad, ganancias de masa muscular semejantes frente a cargas altas y una ventaja sobre la baja carga sin oclusión en determinadas pruebas de extensión de rodilla (dos Santos et al., 2021), un estudio piloto en adultos mayores con osteoartritis leve registró después de dos semanas reducción del



dolor, mejoría del WOMAC, menor tiempo en pruebas funcionales y aumento de medidas musculares, sin cambios significativos en la fuerza isocinética (Kim et al., 2024), estos hallazgos muestran una señal terapéutica temprana, cabe resaltar que su interpretación queda limitada por el tamaño muestral y la ausencia de grupo control.

La evidencia agregada mantiene una posición prudente sobre la superioridad del método, una revisión con diez estudios encontró efectos semejantes entre baja carga con restricción y entrenamiento convencional para dolor, fuerza, función autorreportada y desempeño físico, junto con menor frecuencia de eventos adversos frente al entrenamiento de alta intensidad (Huang & Park, 2024), una síntesis posterior de seis estudios y 228 participantes tampoco identificó diferencias significativas en dolor, fuerza ni función, registró menor riesgo de eventos adversos y mayor tamaño muscular frente a la baja carga sin restricción (He et al., 2025), en virtud de ello la restricción puede entenderse como una alternativa para quienes no toleran cargas elevadas, no como una intervención cuya superioridad general se encuentre demostrada.

Las revisiones recientes reflejan que la conclusión depende de los estudios incorporados y de las decisiones analíticas, un metaanálisis de diez ensayos registró mejorías pequeñas pero significativas en dolor, fuerza del cuádriceps y prueba de levantarse durante treinta segundos, sin diferencia en Timed Up and Go y con variaciones asociadas con edad, duración y presión de oclusión (Lin et al., 2025), otra síntesis centrada en dolor observó que cuatro de seis ensayos comunicaron reducciones dentro de los grupos con restricción, el efecto combinado no confirmó una ventaja frente a los comparadores (Gama Linhares et al., 2025), por consiguiente persiste una brecha derivada de muestras reducidas, protocolos heterogéneos, comparadores de intensidad variable, seguimientos cortos y notificación incompleta de eventos adversos.

En virtud de esta incertidumbre, el objetivo general de la presente revisión sistemática es comparar la efectividad y seguridad del entrenamiento de fuerza de baja carga combinado con restricción del flujo sanguíneo frente al entrenamiento convencional de alta carga en adultos con osteoartritis de rodilla, de manera específica se busca analizar sus efectos sobre el dolor, la fuerza muscular y la función física, caracterizar los eventos adversos y las condiciones de prescripción, e identificar las limitaciones que condicionan su aplicabilidad clínica, por consiguiente la pregunta de investigación es la siguiente, en adultos con



osteoartritis de rodilla, ¿el entrenamiento de fuerza de baja carga combinado con restricción del flujo sanguíneo es más efectivo y seguro que el entrenamiento de fuerza convencional de alta carga para reducir el dolor y mejorar la fuerza muscular y la función física?

Metodología

Diseño de la revisión

Se realizó una revisión sistemática orientada a identificar, evaluar y sintetizar ensayos clínicos aleatorizados sobre entrenamiento de fuerza de baja carga combinado con restricción del flujo sanguíneo en adultos con osteoartritis de rodilla, la conducción y el reporte se estructuraron conforme a PRISMA 2020 y PRISMA-S, se adoptó una síntesis narrativa estructurada, manteniendo como comparación principal el entrenamiento con restricción frente al entrenamiento convencional de alta carga y como comparaciones secundarias la carga moderada, la baja carga sin restricción, el ejercicio neuromuscular, el ejercicio con soporte de peso y los protocolos con diferentes presiones de oclusión.

Fuentes de información y estrategia de búsqueda

La búsqueda bibliográfica se efectuó en PubMed/MEDLINE, Scopus, Web of Science Core Collection, SciELO y Google Académico, comprendiendo publicaciones desde enero de 2016 hasta julio de 2026, sin restricciones de idioma, mediante descriptores MeSH y términos libres asociados con osteoartritis de rodilla, restricción del flujo sanguíneo y asignación aleatoria, cabe resaltar que no se incorporaron términos obligatorios relacionados con alta carga en todas las cadenas, debido a que ello habría omitido ensayos elegibles con otros comparadores activos.

Tabla 1
Estrategias de búsqueda bibliográfica por base de datos

Base de datos	Estrategia de búsqueda
PubMed/MEDLINE	("Osteoarthritis, Knee"[Mesh] OR "knee osteoarthritis" OR gonarthrosis) AND ("blood flow restriction" OR BFR OR KAATSU OR "vascular occlusion") AND ("resistance training" OR strengthening OR exercise) AND (randomized OR trial)
Scopus	TITLE-ABS-KEY(("knee osteoarthritis" OR gonarthrosis) AND ("blood flow restriction" OR BFR OR KAATSU) AND ("resistance training" OR strengthening OR exercise) AND (random* OR trial))
Web of Science	TS=(("knee osteoarthritis" OR gonarthrosis) AND ("blood flow restriction" OR BFR OR KAATSU) AND ("resistance training" OR exercise) AND (random* OR trial))
SciELO y Google Académico	"osteoartritis de rodilla" AND ("restricción del flujo sanguíneo" OR BFR) AND ("entrenamiento de fuerza" OR ejercicio) AND (aleatorizado OR ensayo)

Fuente: Elaboración propia 2026.

Criterios de elegibilidad

Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados, ensayos piloto aleatorizados y estudios de grupos paralelos con asignación aleatoria prospectiva, publicados en revistas arbitradas y disponibles a texto completo, desarrollados en personas de 18 años o más con diagnóstico clínico o radiográfico de osteoartritis de rodilla mediante criterios del American College of Rheumatology, escala de Kellgren–Lawrence en cualquier grado sintomático o diagnóstico médico explícito, se aceptaron comorbilidades estables cuando la osteoartritis constituyó la condición principal, se excluyeron participantes con contraindicación activa para el ejercicio o la oclusión vascular y estudios que no presentaran resultados separados para la población de interés.

La intervención elegible correspondió a entrenamiento dinámico de fuerza o fortalecimiento de miembros inferiores con baja carga, definida entre 20 % y 40 % de 1RM, o descrita por los autores como baja intensidad cuando se informaron series, repeticiones y progresión, combinada con restricción del flujo sanguíneo mediante manguito neumático o dispositivo de oclusión proximal, se aceptaron presiones individualizadas entre 30 % y 80 % de la presión arterial de oclusión, presiones calculadas mediante presión sistólica, perímetro del miembro o características del manguito y presiones fijas entre 100 y 220 mmHg, en virtud de que estas modalidades representan la diversidad clínica de los ensayos disponibles, el

procedimiento utilizado se registró como fuente de heterogeneidad y no como motivo automático de exclusión.

Se admitieron como comparadores el entrenamiento de alta carga igual o superior a 70 % de 1RM, la carga moderada entre 50 % y 69 %, la baja carga sin restricción, el ejercicio neuromuscular, el entrenamiento funcional o con soporte de peso, la rehabilitación habitual y otros niveles de presión de oclusión, no se exigió igualdad exacta de series, repeticiones o volumen, aunque estas diferencias fueron extraídas y consideradas durante la interpretación, cada ensayo debía reportar al menos un desenlace de dolor, fuerza muscular, función física, discapacidad, rendimiento funcional, calidad de vida, masa muscular, adherencia, respuesta hemodinámica o eventos adversos, se excluyeron revisiones, protocolos, estudios observacionales, diseños no aleatorizados y documentos sin texto completo.

Selección de los estudios

Las referencias fueron exportadas en formato RIS y depuradas mediante DOI, PMID, título, autoría y año, se realizó de forma independiente el cribado de títulos y resúmenes y la evaluación de textos completos, el proceso se documentó en un diagrama PRISMA y la muestra definitiva quedó integrada por diez ensayos clínicos aleatorizados.

Extracción y organización de los datos

Se utilizó una matriz estandarizada para registrar autor, año, país, diseño, tamaño muestral, características clínicas, gravedad radiográfica, ejercicios, intensidad, frecuencia, duración, presión, comparador, seguimiento y desenlaces, para variables continuas se extrajeron media, desviación estándar y número de participantes por grupo, para eventos adversos se registraron participantes con evento y total por grupo, además se recopilaban diferencias de medias, tamaños de efecto e intervalos de confianza al 95 % cuando estuvieron disponibles, cualquier estimación calculada a partir de datos publicados fue identificada expresamente.

Riesgo de sesgo y síntesis de los resultados

El riesgo de sesgo se valoró mediante RoB 2 en los dominios de aleatorización, desviaciones de las intervenciones, datos faltantes, medición y selección del resultado, la síntesis se organizó por tipo de comparador, reservando la evidencia directa para alta carga igual o superior a 70 % de 1RM y clasificando las demás comparaciones como evidencia

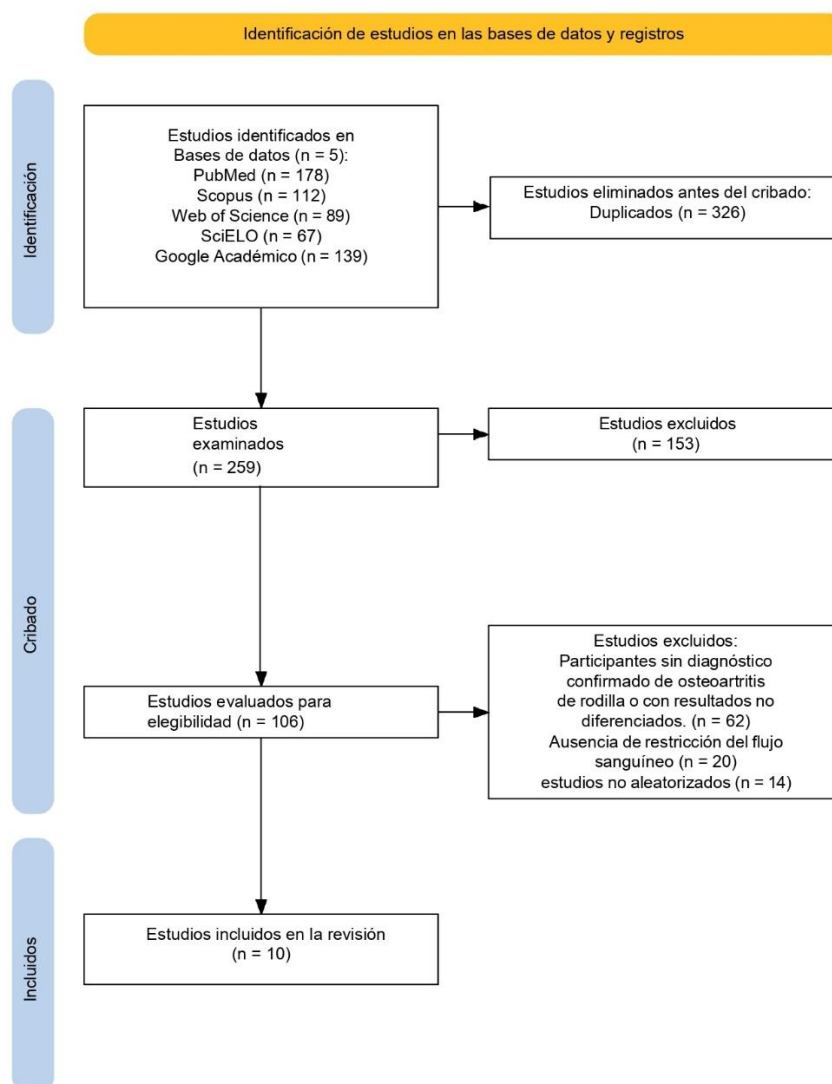
complementaria, debido a la heterogeneidad clínica y metodológica no se realizó un metaanálisis global, por consiguiente, se compararon dirección, magnitud, precisión, seguridad y consistencia de los efectos mediante tablas estructuradas y una figura de estimaciones por estudio.

Consideraciones éticas

La revisión utilizó exclusivamente investigaciones publicadas, por lo que no requirió aprobación ética ni consentimiento informado, la transparencia se protegió conservando estrategias, decisiones de elegibilidad, datos extraídos y motivos de exclusión.

Figura 1

Diagrama PRISMA utilizado en la revisión sistemática.



Fuente: Elaboración propia 2026.

Resultados

La síntesis narrativa de los diez ensayos clínicos aleatorizados incluidos, se organizó en dos bloques según el comparador empleado: en el primero se reúne la evidencia primaria, que enfrenta el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo de baja carga al entrenamiento de alta carga (≥ 70 % de una repetición máxima), y en el segundo la evidencia complementaria, que agrupa el resto de comparadores; dentro de cada bloque los estudios se ordenan cronológicamente.

Tabla 2

Síntesis narrativa de los resultados de los diez ensayos clínicos aleatorizados incluidos

Estudio	Población	Intervención	Resultados principales	Limitaciones
Evidencia primaria: BFR de baja carga frente a entrenamiento de alta carga (≥ 70 % de una repetición máxima)				
Ferraz et al., 2018	Se incluyeron 48 mujeres con osteoartritis de rodilla según criterios del American College of Rheumatology (Kellgren–Lawrence II–III), de 50 a 65 años, aleatorizadas en tres grupos de 16 participantes (alta intensidad al 80 % de una repetición máxima, baja intensidad al 30 % sin restricción y baja carga con restricción del flujo sanguíneo), en virtud de lo cual la muestra final quedó conformada por 34 participantes (10, 12 y 12, respectivamente) tras seis pérdidas en el grupo de alta carga, cuatro de ellas por dolor de rodilla inducido por el ejercicio.	Durante doce semanas, con dos sesiones semanales de prensa de piernas y extensión de rodilla, el grupo con restricción entrenó al 30 % de una repetición máxima con un manguito en el pliegue inguinal inflado al 70 % de la presión de oclusión completa (presión media de 97.4 ± 7.6 mmHg) sostenido durante toda la sesión, mientras que el comparador de alta carga entrenó al 80 % de una repetición máxima y el de baja carga al 30 % sin oclusión, cabe resaltar que la carga se reajustó cada cuatro semanas.	La fuerza dinámica máxima se incrementó de forma comparable en prensa de piernas (+26 % con restricción y +33 % con alta carga; ambos $p < 0.0001$) y en extensión de rodilla (+23 % y +22 %), superando significativamente al grupo de baja carga sin restricción (+8 % y +7 %; $p \leq 0.0004$), mientras que no se identificaron diferencias entre restricción y alta carga; el área de sección transversal del cuádriceps aumentó de forma análoga (+7 % y +8 %; $p < 0.0001$). Cabe resaltar que el dolor de la subescala WOMAC disminuyó significativamente solo con restricción (–39 %; $p = 0.02$) y con baja carga (–45 %; $p = 0.001$), por consiguiente la restricción igualó a la alta carga en fuerza y masa muscular a la vez que mejoró el dolor; en cuanto a la seguridad, el 25 % de las participantes de alta carga abandonó por dolor inducido por el ejercicio frente a ninguna en los grupos de baja carga ($p = 0.03$).	Entre las limitaciones se identifican una muestra reducida con potencia probablemente insuficiente a posteriori, lo que explicaría la ausencia de efectos de interacción, la inclusión exclusiva de mujeres, la inferencia entre grupos basada en puntuaciones delta como análisis secundario y una atrición diferencial y elevada en el brazo de alta carga (37.5 %) parcialmente atribuible a la intervención.
Abdelkader et al., 2023	Se aleatorizaron 42 pacientes de ambos sexos con osteoartritis tibiofemoral unilateral leve a moderada (Kellgren–Lawrence II–III) e índice de masa corporal inferior a 30 kg/m ² , de 45 a 60 años, distribuidos en un grupo de alta carga ($n = 21$; 7 hombres y 14 mujeres; 49.57 ± 4.37 años) y un grupo de restricción ($n = 21$; 5 hombres y 16 mujeres; 48.61 ± 3.8 años), sin pérdidas durante el seguimiento.	Durante cuatro semanas se aplicaron doce sesiones (tres semanales de 30 a 60 minutos) de fortalecimiento de los miembros inferiores; el grupo de restricción entrenó al 30 % de una repetición máxima con un manguito neumático de 12 cm situado a un tercio distal del pliegue inguinal e inflado al 60 % de la presión de oclusión arterial individual determinada por Doppler, con oclusión continua, mientras que el comparador realizó los mismos ejercicios al 70 % de una repetición máxima sin restricción.	Ambos grupos mejoraron respecto al valor basal ($p = 0.0001$) y las comparaciones entre grupos tras la intervención favorecieron a la restricción del flujo sanguíneo, con una puntuación WOMAC total inferior (49.47 ± 4.91 frente a 42.71 ± 6.5 ; $p = 0.0001$), una mayor fuerza del cuádriceps por dinamometría manual (132.95 ± 17.1 frente a 144.52 ± 17.44 N; $p = 0.036$) y un menor error de reposicionamiento articular en la evaluación propioceptiva (9.28 ± 2.41 frente a 7.78 ± 1.83 grados; $p = 0.029$); no se reportaron eventos adversos, calidad de vida ni masa muscular, y no se realizó seguimiento posterior a las cuatro semanas.	La interpretación se ve limitada por la corta duración de la intervención sin período de seguimiento, el tamaño muestral reducido, la ausencia de un desenlace independiente de dolor o de calidad de vida y la falta de control dietético o farmacológico; asimismo, aunque el estudio se declara doblemente cegado, el cegamiento de las participantes ante el uso del manguito resulta inviable.

Parekh et al., 2024	Se reclutaron 46 pacientes con osteoartritis de rodilla de 40 a 60 años, con una distribución por sexo de 4 hombres y 18 mujeres en cada grupo, de los cuales 44 completaron el estudio (22 por grupo) tras dos abandonos.	Durante una única semana se realizaron, de forma diaria, tres series de diez repeticiones de cinco ejercicios de fortalecimiento del miembro inferior; el grupo experimental entrenó al 30 % de una repetición máxima con un manguito en la unión del tercio proximal y distal del muslo e inflado a una presión fija de 120 a 140 mmHg no individualizada a la presión de oclusión, mientras que el comparador entrenó al 80 % de una repetición máxima sin restricción.	En ambos grupos se observaron mejoras intragrupo significativas ($p < 0.05$), y las comparaciones entre grupos favorecieron al grupo experimental en dolor (escala numérica de 1.04 frente a 2.27; diferencia media 1.45; $p < 0.05$), fuerza (una repetición máxima) y puntuación WOMAC total (7.09 ± 5.60 frente a 13.54 ± 7.79 ; diferencia media 7.86; $p < 0.05$), sin diferencia significativa en la función física ($p = 0.07$); el perímetro muscular solo difirió a cuatro pulgadas por encima de la rótula ($p < 0.05$), y no se reportaron eventos adversos ni calidad de vida.	La principal limitación es la duración de la intervención, de una sola semana y sin seguimiento, a lo que se suman el tamaño muestral reducido, el empleo de una presión de oclusión arterial y la ausencia de un evaluador ciego para desenlaces autoinformados, aspectos que los propios autores reconocen al advertir sobre la posible insuficiencia de la muestra.
Ergezen et al., 2025	De 112 individuos evaluados, 47 fueron aleatorizados por presentar osteoartritis primaria de rodilla, según criterios del American College of Rheumatology, estadio II–III de Kellgren–Lawrence y dolor entre 3 y 8 en la escala visual analógica; 38 completaron el protocolo (19 por grupo) tras registrarse tres abandonos en el grupo de restricción y seis en el de alta intensidad. Cabe resaltar que la edad media fue de 53.26 años en el grupo de restricción y de 54.00 en el de alta intensidad.	Durante ocho semanas se aplicaron veinticuatro sesiones (tres semanales) de un mismo programa progresivo estructurado en cuatro fases; el grupo de restricción entrenó del 20 % al 30 % de una repetición máxima con un manguito en el muslo proximal y una restricción del 70 %, incrementada al 80 % de la presión de oclusión arterial en series sucesivas, mientras que el comparador entrenó del 60 % al 70 % de una repetición máxima sin restricción.	Ambos grupos redujeron el dolor y mejoraron la función y la calidad de vida (todos $p < 0.05$); el dolor de actividad disminuyó de 5.05 ± 1.75 a 0.05 ± 0.22 con restricción y de 3.89 ± 1.56 a 0.26 ± 0.45 con alta intensidad, con una interacción tiempo $\times$ grupo significativa a favor de la restricción ($F = 5.91$; $p = 0.020$), en tanto que la puntuación WOMAC total ($43.94 \rightarrow 16.92$ frente a $42.03 \rightarrow 16.65$) y los restantes desenlaces no mostraron diferencias entre grupos; no se registraron eventos adversos con la restricción, mientras que dos participantes de alta intensidad se retiraron por dolor de rodilla.	Constituyen limitaciones la ausencia de seguimiento a largo plazo, un desequilibrio basal en el dolor de actividad, mayor en el grupo de restricción, la ausencia de reporte del sexo de los participantes, una inconsistencia en el rango etario declarado y un análisis restringido a quienes completaron el protocolo sin intención de tratar.
Shafqat et al., 2025	Se aleatorizaron 60 pacientes con osteoartritis de rodilla temprana (Kellgren–Lawrence I–II) de 40 a 65 años, de los cuales 51 completaron el estudio (26 en restricción y 25 en entrenamiento convencional); la edad media fue de 52.34 y 53.18 años y la distribución por sexo, de 11/15 y 10/15 hombres y mujeres, respectivamente.	Durante doce semanas se realizaron treinta y seis sesiones (tres semanales) de prensa, extensión y sentadilla; el grupo de restricción entrenó del 20 % al 30 % de una repetición máxima con un manguito neumático al 60 %–80 % de la presión de oclusión arterial determinada por Doppler, mientras que el comparador entrenó al 70 %–80 % de una repetición máxima sin restricción, con sobrecarga progresiva.	A las doce semanas, el grupo de restricción superó al convencional en fuerza isocinética del cuádriceps (32.18 ± 3.45 frente a 30.45 ± 3.32 Nm/kg; $p = 0.032$), en la puntuación KOOS (75.61 ± 7.28 frente a 71.24 ± 7.45 ; $p = 0.018$) y en el salto contramovimiento ($p = 0.024$), con una diferencia en la prueba de levantarse y caminar que no alcanzó significación ($p = 0.067$); no se reportaron eventos adversos en ningún grupo y la masa muscular no fue medida.	Las limitaciones comprenden un tamaño muestral reducido, una duración de doce semanas sin seguimiento a largo plazo, la ausencia de un grupo control sin ejercicio, la falta de medición de la masa muscular y un diseño monocéntrico.
Evidencia complementaria: otros comparadores				
Hu et al., 2023	Se aleatorizaron 120 pacientes con osteoartritis de rodilla (Kellgren–Lawrence II–III) y enfermedad hepática esteatótica asociada a disfunción metabólica, de los cuales	A lo largo de doce semanas, ambos grupos ejecutaron idéntico programa supervisado de estiramientos, movilidad articular y fortalecimiento en cadena cerrada (12 a 15	Al cabo de doce semanas, el grupo sometido a restricción superó al grupo con soporte de peso en rango de movimiento (132.2° frente a 127.1°), fuerza escalada de diez repeticiones máximas (1.34 frente a 1.21 kg/kg), dolor según KOOS (24.4 frente a 22.9), función en actividades de la vida diaria	Entre las limitaciones se encuentran la ausencia de progresión de cargas pesadas, la imposibilidad de medir la morfología muscular por restricciones del equipo y una población

	112 completaron el estudio (55 en restricción y 57 en entrenamiento con soporte de peso); la edad media fue de 67 años y la distribución por sexo, equilibrada.	repeticiones); en el grupo experimental se incorporó restricción del flujo sanguíneo mediante torniquete automatizado y personalizado, calibrado al 80 % de la presión de oclusión del miembro determinada por sesión, mientras que el grupo comparador desarrolló el mismo entrenamiento con soporte de peso y sin restricción.	(35.7 frente a 32.4), calidad de vida (8.5 frente a 6.9) y la prueba de sentarse y levantarse en 30 segundos (17.2 frente a 15.1), con $p < 0.01$ en todos los casos; en cambio, las subescalas de síntomas y de deporte no mostraron diferencias entre grupos. No se registraron eventos adversos ni se evaluó la masa muscular.	específica, osteoartritis con esteatosis hepática, que limita la generalización; cabe resaltar que solo se incluyeron grados II-III, con diseño de evaluador único cegado.
Sørensen et al., 2025	Un total de 96 adultos con osteoartritis sintomática de rodilla, diagnosticada según criterios del American College of Rheumatology y confirmada mediante cambios estructurales por radiografía o ecografía, fueron aleatorizados a restricción del flujo sanguíneo ($n = 47$) o a ejercicio neuromuscular ($n = 49$); la edad media fue de 56.7 años, con distribución equilibrada por sexo (49 mujeres y 47 hombres).	Durante doce semanas el grupo experimental completó veinticuatro sesiones bisemanales de prensa y extensión de rodilla al 30 % de una repetición máxima con un manguito cónico de 12 cm y una oclusión progresiva del 60 % al 80 % de la presión de oclusión arterial, presión media de oclusión de 212 ± 24 mmHg, mientras que el comparador siguió el programa neuromuscular estandarizado GLA:D de estabilidad, orientación postural, fuerza y función; ambos grupos recibieron educación.	En el desenlace primario, subescala de dolor del KOOS, no se halló diferencia entre grupos a las doce semanas (6.4 puntos; IC 95 % -1.0 a 13.7 ; tamaño del efecto 0.35; $p = 0.07$), de modo que el estudio de superioridad no alcanzó su objetivo, y tampoco difirieron las restantes subescalas del KOOS ni la puntuación de Oxford; en cambio, la restricción del flujo sanguíneo fue superior en todos los desenlaces funcionales objetivos (marcha rápida de 4×10 m, prueba de escaleras, sentarse-levantarse de 30 segundos y potencia asociada; tamaños del efecto de 0.87 a 1.56; $p < 0.0001$) y en la sensibilización difusa al dolor.	Constituyen limitaciones un dolor basal más bajo que el de estudios previos, con posible efecto suelo sobre el desenlace primario, algunos desequilibrios basales, la comparación frente a un único comparador neuromuscular y el carácter autoinformado de los desenlaces primarios, factores que explican que el ensayo de superioridad no alcanzara su desenlace principal.
Li et al., 2025	Se aleatorizaron 100 pacientes con osteoartritis unilateral de rodilla (criterios del American College of Rheumatology; Kellgren-Lawrence II-III; escala visual analógica ≥ 3), con una edad media aproximada de 64 años, distribuidos en partes iguales (25 por grupo) en cuatro brazos que combinaron entrenamiento de baja intensidad al 30 % de una repetición máxima con restricción al 30 %, 50 % u 80 % de la presión de oclusión arterial, o sin restricción efectiva (grupo simulado).	Durante ocho semanas se realizaron tres sesiones semanales de prensa y extensión de rodilla unilateral al 30 % de una repetición máxima (cuatro series), con un manguito de 7 cm ajustado a niveles crecientes de la presión de oclusión arterial determinada por Doppler y reevaluada cada dos semanas, mientras que el grupo de referencia empleó un manguito simulado a 20 mmHg para mitigar el sesgo de expectativa.	Se identificaron interacciones significativas grupo $\times$ tiempo en dolor (escala visual analógica; $p < 0.001$), propiocepción y fuerza isocinética, en virtud de lo cual la restricción al 80 % de la presión de oclusión arterial se configuró como el protocolo más eficaz, con reducciones del dolor superiores tanto al grupo simulado ($d = 2.13$) como a la restricción al 30 % ($d = 0.80$; $p = 0.044$), además de mayores ganancias en el error de reposicionamiento articular y en el pico de torque; la adherencia global alcanzó 92.9 % y no se registraron eventos adversos graves vinculados a la intervención.	Las limitaciones incluyen un tamaño muestral reducido, una intervención de ocho semanas sin seguimiento a largo plazo, un diseño monocéntrico, la inclusión únicamente de grados II-III, la imposibilidad de cegar a participantes y terapeutas y una posible falta de potencia para las comparaciones directas entre presiones de oclusión.
Jacobs et al., 2025	Se aleatorizaron 120 pacientes con osteoartritis de rodilla (Kellgren-Lawrence I-IV) e índice de masa corporal inferior a 30 kg/m ² , de 30 a 80 años, distribuidos por igual (60 por grupo); la edad media fue de 58 y 57 años y predominó el sexo femenino.	Durante doce semanas ambos grupos completaron veinticuatro sesiones bisemanales de un mismo programa de fortalecimiento del cuádriceps mediante prensa y extensión de rodilla, individualizado por capacidad y dolor; en el grupo experimental se añadió un torniquete presurizado al 60 % de la	Con un análisis por intención de tratar, la restricción del flujo sanguíneo fue superior en la subescala de dolor del KOOS a las doce semanas (diferencia 8.81; $p = 0.0009$) y a los tres meses de seguimiento (9.44; $p = 0.0008$), así como en síntomas (9.03; $p = 0.0004$) y calidad de vida (13.23; $p = 0.0001$) al seguimiento, y en la fuerza del cuádriceps (1.12 N/kg a las doce semanas; tamaño del efecto 0.81; $p < 0.0001$) y en las pruebas funcionales de sentarse-levantarse y de marcha; cabe	Entre las limitaciones figuran la imposibilidad de cegar a participantes y fisioterapeutas, la generalización restringida a pacientes con índice de masa corporal inferior a 30 kg/m ² y sin comorbilidad grave, el diseño monocéntrico, una pérdida del 27.5 %



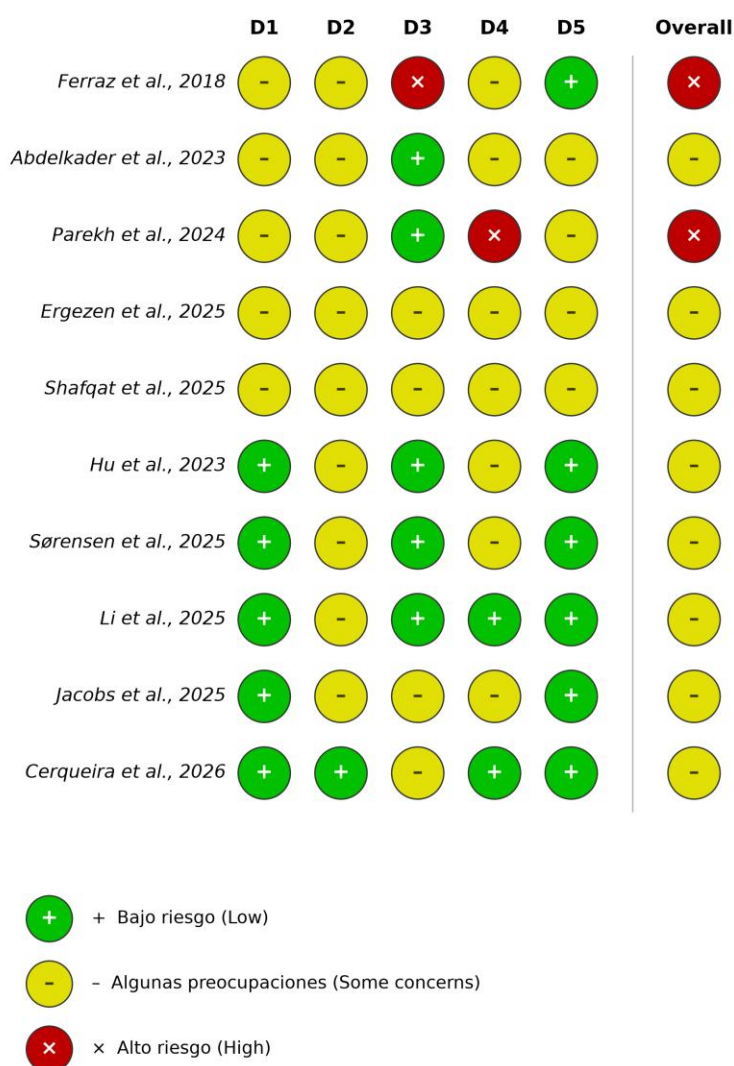
		presión de oclusión del miembro durante los ejercicios de cuádriceps, mientras que el comparador ejecutó el mismo ejercicio de baja intensidad sin restricción.	resaltar que se documentó un evento adverso grave consistente en una trombosis venosa profunda en el grupo con restricción, tratada con recuperación completa.	al seguimiento de tres meses y la aparición de una trombosis venosa profunda como señal de seguridad.
Cerqueira et al., 2026	Se aleatorizaron 23 pacientes con osteoartritis de rodilla de 50 años o más (mujeres posmenopáusicas; puntuación de Lequesne de 5 a 13), de los cuales 17 completaron el estudio (9 en carga moderada y 8 en restricción), con una edad media aproximada de 60 años y un desequilibrio marcado por sexo entre los grupos.	Durante nueve semanas se realizaron dos sesiones semanales de sentadilla en máquina hack y extensión de rodilla; el grupo experimental entrenó al 10 % de una repetición máxima con una oclusión del 60 % de la presión del miembro, mientras que el comparador entrenó al 60 % de una repetición máxima con un manguito simulado inflado a 10 mmHg, lo que permitió un cegamiento efectivo de los participantes.	Al tratarse de un ensayo piloto de orientación mecanística, los desenlaces fueron la presión de oclusión del miembro y la presión arterial y no los clínicos habituales; no se observaron cambios significativos intragrupo ni entre grupos, aunque se registró una tendencia no significativa a la reducción de la presión de oclusión tras la restricción (-32.9 mmHg; IC 95 % -68.9 a 3.2) que superó el umbral de significación clínica, en tanto que el dolor, la fuerza, la función y la masa muscular no fueron evaluados como desenlaces.	Entre las limitaciones destacan un tamaño muestral muy reducido con alta variabilidad, el uso de una carga muy baja (10 %) y una presión moderada, posiblemente subóptimas, la determinación de la presión de oclusión en posición de decúbito supino y la falta de evaluación directa de desenlaces vasculares; cabe resaltar que uno de los autores declaró un conflicto de interés.

Nota. ECA: ensayo clínico aleatorizado; BFR: restricción del flujo sanguíneo; 1RM: una repetición máxima; DE: desviación estándar; IC 95 %: intervalo de confianza al 95 %; EVA: escala visual analógica; NRS: escala numérica de dolor; WOMAC: Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index; KOOS: Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score; OKS: Oxford Knee Score; AOP: presión de oclusión arterial; LOP: presión de oclusión del miembro; AST: área de sección transversal; N: newtons; Nm/kg: newton-metro por kilogramo de peso corporal; GLA:D: Good Life with osteoArthritis in Denmark; NR: no reportado.

Evaluación del riesgo de sesgo

Figura 2

Evaluación del riesgo de sesgo de los 10 ensayos clínicos aleatorizados incluidos mediante la herramienta RoB 2



Nota. D1: proceso de aleatorización; D2: desviaciones de las intervenciones previstas; D3: datos de resultado faltantes; D4: medición del desenlace; D5: selección del resultado reportado. Verde (+): bajo riesgo; amarillo (-): algunas preocupaciones; rojo (×): alto riesgo. La evaluación se realizó con la herramienta RoB 2 de la Colaboración Cochrane y se representó mediante el paquete robvis.

El riesgo de sesgo de los diez ensayos incluidos se valoró con la herramienta RoB 2, la cual analiza cinco dominios: proceso de aleatorización (D1), desviaciones respecto a las intervenciones previstas (D2), datos de resultado faltantes (D3), medición del desenlace

(D4) y selección del resultado reportado (D5). Ningún estudio obtuvo riesgo global bajo; la mayoría se clasificó con algunas preocupaciones, salvo Ferraz et al. (2018) y Parekh et al. (2024), calificados con alto riesgo global. Los dominios mejor valorados fueron aleatorización (D1), bajo riesgo en los ensayos metodológicamente más sólidos, entre ellos Li et al. (2025), Sørensen et al. (2025), Cerqueira et al. (2026), Hu et al. (2023) y Jacobs et al. (2025), en virtud de contar con generación aleatoria y ocultamiento adecuados de la asignación, y selección del resultado reportado (D5), favorecido por el registro prospectivo de varios ensayos. Por el contrario, la mayor variabilidad se concentró en el dominio de desviaciones de las intervenciones (D2), en virtud de que la naturaleza del ejercicio impide cegar a los participantes y al personal, y en el de medición del desenlace (D4), por el carácter autoinformado de instrumentos como el WOMAC, el KOOS o la escala visual analógica; cabe resaltar que Cerqueira et al. (2026) constituyó la excepción al lograr un cegamiento efectivo mediante un manguito simulado. En virtud de ello, el alto riesgo global asignado a Ferraz et al. (2018) se explicó por una atrición diferencial y elevada en el brazo de alta carga, parcialmente atribuible a la intervención (D3), mientras que el de Parekh et al. (2024) se debió a la medición de desenlaces autoinformados sin evaluador cegado, en una intervención de una sola semana (D4).

Adicionalmente, la calidad metodológica se valoró con la escala de Jadad, que evalúa la aleatorización, el cegamiento y la descripción de las pérdidas, con puntuación máxima de cinco puntos. La mayoría de los estudios obtuvo entre dos y tres puntos, con una mediana de tres y un rango de dos a cinco, lo que refleja una descripción metodológica aceptable, aunque con una penalización constante en el componente de cegamiento, limitación inherente a las intervenciones de ejercicio y no necesariamente una falla metodológica prevenible por parte de los investigadores; en este sentido, únicamente Cerqueira et al. (2026) alcanzó la puntuación máxima de cinco puntos, en virtud de haber incorporado un protocolo de simulación que permitió el cegamiento tanto de los participantes como de los evaluadores.

Discusión

Los resultados de esta revisión indican que el entrenamiento de fuerza de baja carga combinado con restricción del flujo sanguíneo puede producir mejoras clínicamente relevantes en adultos con osteoartritis de rodilla, debido a que los ensayos de comparación primaria mostraron ganancias de fuerza semejantes o superiores a las alcanzadas mediante cargas altas, junto con reducciones del dolor y mejoras funcionales que favorecieron al entrenamiento con restricción en varios estudios, aunque esta ventaja no se presentó de manera uniforme en todos los desenlaces ni en todos los comparadores, esta interpretación es concordante con la evidencia general del entrenamiento de fuerza, debido a que Lim et al. (2024) identificaron efectos favorables sobre dolor, fuerza y función en personas con osteoartritis, lo que sugiere que una parte del beneficio observado corresponde al fortalecimiento como intervención terapéutica y no exclusivamente a la oclusión vascular, cabe resaltar que de Wit et al. (2025) no encontraron una relación entre una mayor dosis total prescrita y mejores cambios en dolor o función, por lo que el aumento de intensidad, volumen o duración no garantiza por sí mismo una respuesta clínica superior, en virtud de ello la utilidad de la restricción debe interpretarse dentro de un conjunto de modalidades efectivas, dado que el metaanálisis en red de Mo et al. (2023) mostró beneficios con entrenamiento de fuerza, ejercicio acuático, ciclismo, yoga y ejercicio tradicional.

Las ganancias de fuerza registradas apoyan el uso de la restricción como alternativa cuando la rodilla sintomática limita la ejecución de cargas elevadas, Ferraz et al. observaron incrementos comparables en prensa, extensión de rodilla y área transversal del cuádriceps entre baja carga con restricción y entrenamiento al 80 % de una repetición máxima, mientras que Abdelkader et al. y Shafqat et al. comunicaron resultados favorables para fuerza y función, estos hallazgos son coherentes con la propuesta clínica de Lorenz et al. (2021), quienes consideran que el entrenamiento con restricción puede funcionar como un puente entre las fases en las que las cargas altas no son tolerables y las etapas posteriores de fortalecimiento progresivo, aunque reconocen que el entrenamiento convencional de alta carga puede conservar ventajas cuando el objetivo principal es maximizar la fuerza, por consiguiente no resulta apropiado interpretar la equivalencia observada en ensayos pequeños como demostración de que ambas modalidades producen adaptaciones idénticas en todos los pacientes, de manera particular porque de Wit et al. (2025) registraron una heterogeneidad considerable entre programas de ejercicio y no

confirmaron una relación lineal entre dosis y respuesta, lo que refuerza la influencia de la tolerancia, la progresión individual, la adherencia y la gravedad clínica sobre los resultados.

La respuesta del dolor y de la función física presentó una variabilidad que puede explicarse por las diferencias entre instrumentos autoinformados y pruebas objetivas, por el tipo de comparador y por la duración de cada intervención, los ensayos frente a alta carga mostraron reducciones del dolor favorables o semejantes con restricción, mientras que en la evidencia complementaria Sørensen et al. no encontraron superioridad en la subescala de dolor del KOOS, aunque registraron efectos amplios en marcha rápida, escaleras, sentarse y levantarse y potencia funcional, este patrón muestra que el paciente puede mejorar su capacidad física sin alcanzar una diferencia proporcional en la percepción del dolor, hallazgo compatible con Mo et al. (2023), quienes identificaron que las distintas modalidades de ejercicio no ocupaban la misma posición para dolor, rigidez, función y calidad de vida, cabe resaltar que la duración también condiciona la interpretación, debido a que Lim et al. (2024) encontraron mejorías de dolor y fuerza en distintos periodos, pero no confirmaron efectos funcionales en programas de cuatro semanas o menos, por consiguiente los resultados obtenidos tras una semana por Parekh et al. o cuatro semanas por Abdelkader et al. deben considerarse respuestas inmediatas y no evidencia suficiente de mantenimiento funcional a mediano plazo.

La presión aplicada constituye uno de los factores con mayor capacidad para explicar la heterogeneidad, debido a que los estudios emplearon presiones fijas de 120 a 140 mmHg, porcentajes entre 60 % y 80 % de la presión de oclusión y dispositivos automatizados o convencionales, Li et al. observaron mayores beneficios con el 80 % de la presión de oclusión frente a porcentajes menores y una condición simulada, aunque este resultado no permite establecer que elevar la presión sea apropiado para todos los pacientes, debido a que de Queiros et al. (2024) demostraron que la presión necesaria para ocluir la extremidad varía de acuerdo con la posición corporal, el ancho del manguito, la presión sistólica y la circunferencia del muslo, de modo que un mismo valor externo puede representar estímulos diferentes entre individuos, Rolnick et al. (2023) señalan que la forma del manguito, la longitud y el tipo de vejiga, la autorregulación y la diferencia entre presión configurada y presión transmitida a la extremidad también pueden modificar las respuestas perceptivas y hemodinámicas, cabe resaltar que Novak (2026) considera la presión de oclusión una referencia metodológicamente útil, aunque no un indicador único de la dosis interna, en virtud de que la contracción muscular, la carga, la postura y la tolerancia modifican el flujo durante el ejercicio.

En cuanto a la seguridad, la mayoría de los ensayos no registró eventos adversos graves y varios mostraron una tolerabilidad favorable frente a la alta carga, debido a que Ferraz et al. documentaron cuatro retiros por dolor inducido por el ejercicio en el grupo de alta intensidad, Ergezen et al. informaron otros dos retiros por dolor y los grupos con restricción presentaron una adherencia generalmente elevada, estos resultados respaldan la posibilidad de reducir la demanda articular, aunque la trombosis venosa profunda documentada por Jacobs et al. (2025) impide considerar la intervención exenta de riesgo, de Queiros et al. (2021) encontraron que el 92 % de los profesionales encuestados había observado al menos un efecto secundario, principalmente hormigueo y dolor muscular tardío, mientras que el desmayo, la hemorragia subcutánea y la rabdomiólisis fueron menos frecuentes, por consiguiente la ausencia de eventos en muestras pequeñas no equivale a una seguridad absoluta, Nascimento et al. (2022) recomiendan estratificar el riesgo cardiovascular, tromboembólico, renal y metabólico antes de iniciar el procedimiento, especialmente en personas con hipertensión, diabetes, inmovilidad o antecedentes vasculares, y Lorenz et al. (2021) proponen seleccionar presiones que permitan el estímulo muscular con el menor nivel posible de incomodidad.

La aplicación clínica también se encuentra condicionada por una falta de uniformidad que excede a los ensayos incluidos, debido a que Cuffe et al. (2022) observaron entre profesionales diferencias amplias en dispositivos, métodos de medición, posición corporal, carga, duración y frecuencia, junto con una utilización no universal del cribado previo, situación que puede generar una distancia entre la eficacia obtenida bajo supervisión experimental y los resultados alcanzados en contextos asistenciales, la diversidad de manguitos merece especial atención, en virtud de que Rolnick et al. (2023) advierten que algunas características relevantes de los dispositivos se informan de manera incompleta y pueden modificar la presión real aplicada, la incomodidad y la seguridad, por lo que dos intervenciones descritas con un mismo porcentaje de oclusión no deben asumirse como equivalentes, Novak (2026) plantea que la personalización debe integrar la presión con la carga, el volumen, el esfuerzo, la respuesta perceptiva y la supervisión, por consiguiente la prescripción no debería reducirse a seleccionar un porcentaje fijo, sino a controlar una combinación de variables clínicas y mecánicas durante toda la intervención.

La certeza de estas conclusiones permanece limitada por la calidad metodológica, debido a que ninguno de los diez ensayos alcanzó un riesgo global bajo en RoB 2, dos fueron clasificados con alto riesgo y los restantes presentaron algunas preocupaciones, principalmente por la

imposibilidad de cegar a participantes y terapeutas, el uso de desenlaces autoinformados, las pérdidas durante el seguimiento, los análisis restringidos a quienes completaron el protocolo y la ausencia de registros suficientemente detallados, estas dificultades no son exclusivas de la restricción del flujo sanguíneo, debido a que Mo et al. (2023) identificaron un riesgo elevado de sesgo de desempeño en numerosos ensayos de ejercicio por la ausencia de cegamiento, aunque en la presente revisión adquieren mayor importancia por los tamaños muestrales reducidos, las intervenciones de una a doce semanas y las poblaciones seleccionadas según sexo, índice de masa corporal, grado radiográfico o presencia de comorbilidades, de Wit et al. (2025) también encontraron heterogeneidad entre 73 % y 97 % y riesgo incierto o alto en una proporción importante de estudios sobre dosificación, por consiguiente la dirección favorable de los hallazgos debe diferenciarse de la precisión y certeza necesarias para declarar superioridad clínica.

En virtud de los resultados, el entrenamiento de baja carga con restricción del flujo sanguíneo puede considerarse una alternativa terapéutica razonable para adultos con osteoartritis de rodilla que presentan dolor, intolerancia a cargas altas o dificultad para alcanzar una dosis convencional de fortalecimiento, su utilización requiere evaluación previa, supervisión profesional y progresión individual, de acuerdo con Nascimento et al. (2022) la presencia de factores tromboembólicos o cardiovasculares debe modificar la decisión clínica y no limitarse a una exclusión general basada únicamente en la edad, Lorenz et al. (2021) respaldan su empleo como estrategia de transición y no necesariamente como reemplazo permanente de la carga progresiva, cabe resaltar que las investigaciones futuras deberán incorporar muestras multicéntricas, seguimiento prolongado, análisis por intención de tratar, registro prospectivo, definiciones uniformes de eventos adversos y reporte completo de manguito, postura y presión, debido a que de Queiros et al. (2024) demostraron que estas variables modifican la oclusión alcanzada, por consiguiente la evidencia disponible permite concluir que la restricción puede igualar o superar determinados resultados de la alta carga con menor demanda mecánica, aunque todavía no demuestra una superioridad general ni una seguridad aplicable sin estratificación a todos los adultos con osteoartritis de rodilla.

Conclusiones

El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo se configura como una alternativa válida al entrenamiento de alta carga en la osteoartritis de rodilla, en virtud de que los ensayos de evidencia primaria evidenciaron ganancias comparables de fuerza y de masa muscular del cuádriceps entre ambos protocolos, mientras que la restricción mostró de forma sistemática menor dolor articular y menos abandonos por dolor inducido por el ejercicio; cabe resaltar que esta equivalencia funcional, sumada a un mejor perfil de tolerancia, la posiciona como estrategia pertinente cuando la carga articular elevada resulta mal tolerada; por consiguiente, su empleo podría considerarse de primera línea en pacientes con baja tolerancia a cargas altas (Ferraz et al., 2018; Abdelkader et al., 2023).

Desde esta perspectiva, la evidencia complementaria matiza el alcance del beneficio observado, mientras que frente al ejercicio neuromuscular estandarizado la restricción no superó al comparador en el dolor como desenlace primario, pero sí mostró ventajas consistentes en las pruebas funcionales objetivas y en la sensibilización dolorosa (Sørensen et al., 2025); cabe resaltar que la relación dosis-respuesta identificada entre la presión de oclusión arterial y la reducción del dolor confirma que su individualización constituye un determinante crítico de la eficacia clínica; por consiguiente, la estandarización de los protocolos de oclusión, hoy heterogéneos entre los estudios, se configura como requisito metodológico ineludible para las investigaciones futuras (Li et al., 2025).

La certeza de la evidencia se ve limitada por un riesgo de sesgo que osciló entre algunas preocupaciones y un riesgo alto, dado que ningún ensayo alcanzó una calificación global baja, en virtud de que no resultó posible cegar a los participantes y de que los desenlaces dependieron de instrumentos autoinformados; cabe resaltar que el registro de un evento tromboembólico grave en el grupo de restricción, aunque aislado, exige tamización vascular sistemática antes de recomendar esta técnica en poblaciones con riesgo protrombótico; por consiguiente, su adopción clínica debería subordinarse a ensayos multicéntricos de mayor tamaño muestral, con seguimiento prolongado y cegamiento mediante manguito simulado (Jacobs et al., 2025; Cerqueira et al., 2026).

Referencias Bibliográficas

- Abdelkader, M., Fawzy, E., Shabara, A., & Mohamed, N. A. (2023). Low-load resistance training with blood flow restriction versus traditional training exercises in patients with knee osteoarthritis. *SPORT TK-Revista EuroAmericana de Ciencias del Deporte*, 7. <https://doi.org/10.6018/sportk.565081>
- Cerqueira, M. S., Pereira, R., Maciel, D. G., Pinto, C. T. P., Rolnick, N., & Vieira, W. H. de B. (2026). Occlusion pressure and blood pressure adaptations following low-load blood flow restriction training versus moderate-load training: a pilot randomized clinical trial in patients with knee osteoarthritis. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1693341>
- Cuffe, M., Novak, J., Saithna, A., Strohmeyer, H. S., & Slaven, E. (2022). Current Trends in Blood Flow Restriction. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.882472>
- de Queiros, V. S., Dantas, M., Neto, G. R., da Silva, L. F., Assis, M. G., Almeida-Neto, P. F., Dantas, P. M. S., & Cabral, B. G. de A. T. (2021). Application and side effects of blood flow restriction technique. *Medicine*, 100(18), e25794. <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000025794>
- de Queiros, V. S., Rolnick, N., Kamiş, O., Formiga, M. F., Rocha, R. F. C., Alves, J. C. M., Vieira, J. G., Vianna, J. M., Wilk, M., Fostiak, K., Cabral, B. G. de A. T., & Dantas, P. M. S. (2024). Body position and cuff size influence lower limb arterial occlusion pressure and its predictors: implications for standardizing the pressure applied in training with blood flow restriction. *Frontiers in Physiology*, 15. <https://doi.org/10.3389/fphys.2024.1446963>
- de Wit, J., Haber, T., Hall, M., Bennell, K. L., Hinman, R. S., Spiers, L., Kimp, A. J., Dell'Isola, A., Harmer, A. R., van der Esch, M., & Lawford, B. J. (2025). Association Between Prescribed Dosage of Resistance Exercise and Change in Pain and Physical Function in Knee Osteoarthritis: A Systematic Review With Meta-Regression. *Musculoskeletal Care*, 23(2). <https://doi.org/10.1002/msc.70110>
- dos Santos, L. P., Santo, R. C. do E., Ramis, T. R., Portes, J. K. S., Chakr, R. M. da S., & Xavier, R. M. (2021). The effects of resistance training with blood flow restriction on muscle strength, muscle hypertrophy and functionality in patients with osteoarthritis and

- rheumatoid arthritis: A systematic review with meta-analysis. *PLOS ONE*, 16(11), e0259574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259574>
- Ergezen, G., Sahin, M., Emre Evren, N., & Candan Algun, Z. (2025). Comparative Effects of Low-Intensity Blood Flow Restriction and High Intensity Resistance Training on Pain Intensity in Individuals with Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Cuestiones de Fisioterapia*, 54(5), 1283-1293. <https://doi.org/10.48047/t95p3972>
- Ferraz, R. B., Gualano, B., Rodrigues, R., Kurimori, C. O., Fuller, R., Lima, F. R., De Sa-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2018). Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(5), 897-905. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001530>
- Gama Linhares, D., Pereira Salustiano Mallen da Silva, G. C., Gama Linhares, B., Santos Meireles, A., Borba Pinheiro, C. J., & Gomes de Souza Vale, R. (2025). Effects of Strength Training with and Without Blood Flow Restriction on Pain Reduction in Individuals with Knee Osteoarthritis: A Systematic Review with Meta-Analysis of Randomized Clinical Trials. *Muscles, Ligaments and Tendons Journal*, 15(2). <https://doi.org/10.32098/mltj.02.2025.04>
- Grantham, B., Korakakis, V., & O'Sullivan, K. (2021). Does blood flow restriction training enhance clinical outcomes in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 49, 37-49. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.01.014>
- He, J., Zhang, L., Wu, Q., & Zhang, J. (2025). Credibility of Blood Flow Restriction Training in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 13(2). <https://doi.org/10.1177/23259671241300145>
- Hu, C., Zhu, B., Wang, Y., Yang, F., Zhang, J., Zhong, W., Lu, S., & Luo, C. (2023). Effectiveness of blood flow restriction versus traditional weight-bearing training in rehabilitation of knee osteoarthritis patients with MASLD: a multicenter randomized controlled trial. *Frontiers in Endocrinology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fendo.2023.1220758>
- Huang, J., & Park, H.-Y. (2024). Effect of blood flow restriction with low-intensity resistance training in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: a systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Physical Activity and Nutrition*, 28(1), 007-019. <https://doi.org/10.20463/pan.2024.0002>

- Jacobs, E., Stroobant, L., Victor, J., Elewaut, D., Tampere, T., Wallaert, S., Witvrouw, E., Schuermans, J., & Wezenbeek, E. (2025). Vascular occlusion for optimising the functional improvement in patients with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial. *Annals of the Rheumatic Diseases*, 84(2), 341-350. <https://doi.org/10.1136/ard-2024-226579>
- Jacobs, E., Witvrouw, E., Calders, P., Stroobant, L., Victor, J., Schuermans, J., & Wezenbeek, E. (2024). Blood Flow Restriction Exercise as a Novel Conservative Standard in Patients with Knee Osteoarthritis—A Narrative Review. *Applied Sciences*, 14(14), 6150. <https://doi.org/10.3390/app14146150>
- Kim, K.-H., Kang, S.-H., Kim, N., Choi, J., & Kang, S. (2024). Short-Term Impact of Low-Intensity Exercise with Blood Flow Restriction on Mild Knee Osteoarthritis in Older Adults: A Pilot Study. *Healthcare*, 12(3), 308. <https://doi.org/10.3390/healthcare12030308>
- Li, Y., Fu, S., Zhang, D., Liu, M., & Liu, H. (2025). Effect of low-intensity resistance training at different levels of blood flow restriction on pain, proprioception and muscle strength in patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 26(1), 769. <https://doi.org/10.1186/s12891-025-09051-7>
- Lim, J., Choi, A., & Kim, B. (2024). The Effects of Resistance Training on Pain, Strength, and Function in Osteoarthritis: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of Personalized Medicine*, 14(12), 1130. <https://doi.org/10.3390/jpm14121130>
- Lin, Q., Yu, D., Zhang, Y., Chen, X., Qin, J., & Wu, F. (2025). Impact of low-load blood flow restriction training on knee osteoarthritis pain and muscle strength: a systematic review and meta-analysis of randomized controlled trials. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1524480>
- Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangan, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood Flow Restriction Training. *Journal of Athletic Training*, 56(9), 937-944. <https://doi.org/10.4085/418-20>
- Mo, L., Jiang, B., Mei, T., & Zhou, D. (2023). Exercise Therapy for Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Network Meta-analysis. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 11(5). <https://doi.org/10.1177/23259671231172773>

- Nascimento, D. da C., Rolnick, N., Neto, I. V. de S., Severin, R., & Beal, F. L. R. (2022). A Useful Blood Flow Restriction Training Risk Stratification for Exercise and Rehabilitation. *Frontiers in Physiology*, 13. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.808622>
- Novak, J. (2026). Pressure prescription in blood flow restriction training: evaluating the role of arterial occlusion pressure. *Frontiers in Sports and Active Living*, 8. <https://doi.org/10.3389/fspor.2026.1856910>
- Parekh, S., Vaghela, N., & Mehta, D. (2024). Effectiveness of Blood Flow Restriction Training Versus Resistive Exercises on Pain, Strength of Quadriceps Muscle, Physical Function in Osteoarthritic Knee Patients. *International Journal of Health Sciences and Research*, 14(4), 9-15. <https://doi.org/10.52403/ijhsr.20240403>
- Rolnick, N., Kimbrell, K., & de Queiros, V. (2023). Beneath the cuff: Often overlooked and under-reported blood flow restriction device features and their potential impact on practice—A review of the current state of the research. *Frontiers in Physiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1089065>
- Shafqat, A., Fatima, R., Ali Gondal, S., Khan, S., Fakher-un- Nisa, & Mughal, S. S. (2025). Effect of Blood Flow Restriction Training vs. Conventional Strength Training on Quadriceps Strength in Early Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *Allied Medical Research Journal*, 3(4), 30-38. <https://doi.org/10.59564/AMRJ/03.04/006>
- Sørensen, B., Magnusson, S. P., Aagaard, P., Svensson, R. B., Hjortshøj, M. H., Hansen, S. K., Suetta, C., Couppé, C., & Johannsen, F. E. (2025). Effects of Blood-Flow Restricted Resistance Exercise Versus Neuromuscular Exercise on Self-Perceived Knee Pain, Function, Quality of Life, and Objective Measures of Functional Performance and Pain Sensitization in Adults With Knee Osteoarthritis—A Randomized Controlled Trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 35(10). <https://doi.org/10.1111/sms.70154>
- Wang, H., Chen, Y., Cheng, L., Cai, Y., Li, W., & Ni, G. (2022). Efficacy and Safety of Blood Flow Restriction Training in Patients With Knee Osteoarthritis: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Arthritis Care & Research*, 74(1), 89-98. <https://doi.org/10.1002/acr.24787>



Xie, S.-Y., Jiang, X., Yuan, J.-B., Luo, J., Song, S., & Hu, H.-Y. (2025). Mechanisms of blood flow restriction training for knee pain: a mini review. *Frontiers in Physiology*, 16. <https://doi.org/10.3389/fphys.2025.1542322>

Contribuciones de los autores: N/A

Conflicto de intereses: Los autores declaran que no existe conflicto de interés