



Universidad de Valladolid



FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD DE SORIA

GRADO EN FISIOTERAPIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Efecto del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo
en la rehabilitación de la inestabilidad crónica de tobillo.
Revisión sistemática.

Presentado por Óscar Catalina Domínguez
TUTOR: Ana María García Lafuente

Soria, a 15 de junio de 2025

"La salud no lo es todo, pero sin ella todo lo demás es nada." — Arthur Schopenhauer.

RESUMEN

Introducción: La inestabilidad crónica de tobillo (ICT) es una afección común tanto en personas activas como sedentarias, que generalmente surge después de esguinces recurrentes o de una rehabilitación inadecuada tras una primera lesión. La terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) ha emergido como una opción complementaria a los tratamientos de rehabilitación convencionales, con un potencial prometedor.

Objetivo: Comparar la efectividad del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) frente al entrenamiento tradicional en la rehabilitación de pacientes con ICT.

Métodos: Se realizó una revisión sistemática en las bases de datos PubMed, PEDro, Cochrane Library, Web of Science y Scopus. Se seleccionaron siete estudios que evaluaran el uso del BFR en comparación con ejercicios convencionales en personas con ICT. Las variables analizadas incluyeron fuerza muscular, equilibrio y estabilidad articular, funcionalidad y activación muscular.

Resultados: Se incluyeron siete estudios (n = 216 participantes). El entrenamiento con BFR combinado con ejercicios mostró mejoras similares y a veces superiores a los ejercicios tradicionales, en algunos estudios, en variables, como la fuerza muscular, equilibrio, funcionalidad de la articulación y activación muscular. No se observaron mejoras significativas cuando el BFR se aplicó de forma aislada.

Conclusiones: A pesar de la limitada evidencia y baja calidad metodológica de los estudios, el entrenamiento con BFR podría ser una herramienta útil en la rehabilitación de la ICT. Se requieren más investigaciones con mayor rigor metodológico para confirmar su eficacia.

Palabras clave: Inestabilidad crónica de tobillo; Restricción del flujo sanguíneo; Rehabilitación; Ejercicio terapéutico.

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. TERAPIA DE RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO (BFR)	1
1.1.1. FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS:	1
1.1.2. APLICACIÓN:	2
1.1.3. POSIBLE USO EN ICT:	3
2. JUSTIFICACIÓN:	3
3. OBJETIVOS:	3
4. METODOLOGÍA:	4
4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO	4
4.2. ESTRATEGIA DE BUSQUEDA Y BASES DE DATOS:	4
4.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN	6
4.4. SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS	6
4.5. CALIDAD METODOLÓGICA	7
5. RESULTADOS	9
5.1. FUERZA MUSCULAR	18
5.2. EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD ARTICULAR:	18
5.3. FUNCIONALIDAD DEL TOBILLO	19
5.4. ACTIVACIÓN MUSCULAR	20
5.5. OTRAS VARIABLES	20
5.5.1. HIPERTROFIA MUSCULAR	20
5.5.2. RANGO DE MOVIMIENTO ARTICULAR (ROM)	20
5.5.3. ESFUERZO PERCIBIDO	21
6. DISCUSIÓN	21
6.1. FUERZA MUSCULAR	21
6.2. EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD ARTICULAR	22
6.3. FUNCIONALIDAD DEL TOBILLO	22
6.4. ACTIVACIÓN MUSCULAR	23
6.5. OTRAS VARIABLES	24
6.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO	24
7. CONCLUSIÓN	25
8. BIBLIOGRAFÍA	26
9. ANEXO I	i

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen de la estrategia de búsqueda.5

Tabla 2 Puntuación en la escala PEDro.8

Tabla 3 Ítems de la escala PEDro que cumplen los estudios.8

Tabla 4 Resumen de los resultados.10

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Equipo para entrenamiento con BFR.....2

Figura 2 Diagrama de flujo de la búsqueda bibliográfica.7

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo I Escala PEDro.....i

AVREBIATURAS:

- BFR: Blood flow restriction.
- ICT: Inestabilidad crónica de tobillo.
- RM: Repetición máxima.
- RCT: Randomized Controlled Trial.
- GC: Grupo control.
- GI: Grupo intervención.
- FAAM: Foot and Anckle Ability Measure.
- FADI: Foot and Ankle Disability Index.
- SEBT: Star Excursion Balance Test.
- SHT: Side Hop Test.
- ROM: Rango de movimiento articular.
- CSA: Área de sección trasversal.
- OASI: Overall Stability Index.
- APSI: Anterior–Posterior Stability Index.
- MLSI: Medial-Lateral Stability Index.

1. INTRODUCCIÓN

La inestabilidad crónica de tobillo (ICT) es una afección común tanto en personas activas como sedentarias, que generalmente surge después de esguinces recurrentes o de una rehabilitación inadecuada tras una primera lesión (1). Se estima que alrededor del 40% de las personas que sufren un esguince lateral de tobillo experimentan síntomas persistentes, tales como dolor, episodios de inestabilidad y limitaciones en las funciones cotidianas, características principales de la ICT (2,3). Estos síntomas no solo interfieren con las actividades diarias, sino que también incrementan el riesgo de nuevas lesiones, creando un ciclo que empeora la calidad de vida y genera incapacidad (2).

Uno de los factores clave en la ICT es la pérdida de fuerza y el control neuromuscular en los músculos que rodean la articulación del tobillo, en particular los músculos peroneos, que son fundamentales para estabilizar el tobillo durante movimientos dinámicos (4,5). Se observa frecuentemente que las personas con ICT sufren de déficits de fuerza y atrofia muscular, lo que contribuye a las limitaciones funcionales y eleva el riesgo de nuevos episodios de inestabilidad (6,7). Los enfoques tradicionales de rehabilitación para la ICT se enfocan en ejercicios de fortalecimiento, entrenamiento propioceptivo y actividades funcionales, pero su efectividad puede verse limitada debido al dolor, la inflamación y la incapacidad de los pacientes para soportar cargas de alta intensidad, especialmente en las primeras etapas de recuperación (8,9).

1.1. TERAPIA DE RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO (BFR)

La terapia de restricción del flujo sanguíneo (BFR) ha emergido como una opción complementaria a los tratamientos de rehabilitación convencionales, con un potencial prometedor. Este enfoque implica el uso de un manguito neumático en la parte proximal de una extremidad para restringir parcialmente el flujo venoso mientras se mantiene el flujo arterial durante ejercicios a baja intensidad (10,11).

1.1.1. FUNDAMENTOS FISIOLÓGICOS:

El entrenamiento con BFR consiste en ocluir parcialmente el retorno venoso sin impedir completamente el flujo arterial, de esta forma se genera un ambiente hipóxico en el músculo durante el ejercicio. Los fundamentos fisiológicos principales de esta técnica son los siguientes:

1. Acumulación de metabolitos (estrés metabólico): La restricción del flujo venoso provoca un entorno anaeróbico local que favorece la acumulación de lactato, iones de hidrógeno, y otros metabolitos. Esta acumulación estimula la liberación de hormonas anabólicas como la hormona del crecimiento (GH) y aumenta la activación de señales intracelulares implicadas en la síntesis de proteínas (como la vía mTOR) (12).
2. Reclutamiento de fibras musculares tipo II: Aunque el ejercicio se realiza con baja carga, el entorno hipóxico y el estrés metabólico hacen que se activen fibras musculares rápidas (tipo II), que son clave para la ganancia de fuerza e hipertrofia (12).

3. Incremento de la presión intramuscular: La hinchazón muscular (“cell swelling”) provocada por la acumulación de sangre y líquidos crea una señal anabólica que también contribuye a la hipertrofia (12).

1.1.2. APLICACIÓN:

La presión que se aplica se ajusta entre el 40-80% de la oclusión arterial total, dependiendo del perfil del paciente, la tolerancia individual y la zona anatómica donde se va a aplicar (13). Para elegir la presión de oclusión del flujo sanguíneo de forma precisa, se suele usar un dispositivo Doppler o manguitos automatizados Figura 1, estos permiten determinar la presión necesaria para bloquear el flujo sanguíneo y se establece el porcentaje de restricción deseado de forma precisa.



Figura 1 Equipo para entrenamiento con BFR

Cuando se realiza el ejercicio con BFR, la idea es usar una carga ligera, normalmente entre el 20-30% de la repetición máxima del paciente (RM), el protocolo habitual suele consistir en 4 series, con 30 repeticiones la primera serie y 15 las tres siguientes, con descansos cortos de unos 30 segundos, la oclusión se mantiene durante todo el tiempo que se realiza el ejercicio y se retira tras completar las series (13).

Por su puesto, es importante tener claras ciertas recomendaciones para que el entrenamiento con BFR sea seguro, su uso siempre deber ser supervisado por personal cualificado, sería aconsejable monitorizar síntomas subjetivos de disconformidad del paciente, está contraindicado en pacientes con antecedentes de trombosis venosa profunda, hipertensión no controlada u otras contraindicaciones vasculares conocidas (13).

1.1.3. POSIBLE USO EN ICT:

Se ha demostrado que esta técnica mejora la fuerza muscular y la hipertrofia al inducir un ambiente de hipoxia local que estimula una serie de respuestas hormonales y metabólicas, entre ellas el aumento de la concentración de lactato, la activación de fibras musculares de contracción rápida y la liberación de hormonas anabólicas como la hormona de crecimiento. Todo ello, favorece a la ganancia de fuerza y a la hipertrofia muscular sin necesidad de emplear cargas altas (11). Todas estas características convierten a la rehabilitación mediante BFR en una técnica especialmente útil en fases tempranas, cuando las cargas altas no son toleradas o no están indicadas. Por lo que, El BFR puede ser una herramienta útil en ICT para mejorar fuerza, activación, equilibrio y funcionalidad sin exigir altas cargas, o impulsando los beneficios de la rehabilitación tradicional, favoreciendo así una recuperación más segura y eficiente.

2. JUSTIFICACIÓN:

Diversos estudios en distintas poblaciones usando esta técnica, han demostrado resultados positivos, como en pacientes con osteoartritis de rodilla, lesiones de ligamento cruzado anterior, tendinopatías y en personas mayores con sarcopenia (14–16). En todos estos casos la rehabilitación mediante BFR, ha mostrado beneficios en el aumento de fuerza y volumen muscular, además de en funcionalidad, sin efectos adversos significativos, mientras se aplique de forma supervisada y segura.

Sin embargo, su aplicación en el tratamiento de la ICT sigue siendo un área en desarrollo, y aunque se necesita más investigación para confirmar su eficacia y seguridad en esta patología en concreto, ya deja ver que puede ser una herramienta de tratamiento útil, pues la evidencia disponible sugiere que mejora la fuerza muscular, la estabilidad de la articulación y en consecuencia la funcionalidad del individuo. Por tanto, resulta evidente analizar los efectos del entrenamiento con BFR para pacientes con ICT y valorar, su posible incorporación a los protocolos de rehabilitación y aportar recomendaciones que puedan aplicarse en la práctica clínica.

3. OBJETIVOS:

Objetivo general:

El objetivo general de este trabajo es analizar los efectos del entrenamiento con BFR en comparación del entrenamiento convencional sin restricción de flujo sanguíneo, en pacientes con ICT.

Objetivos específicos:

- Comprobar la eficacia del entrenamiento con BFR para la mejora de la fuerza muscular en pacientes con ICT.
- Evaluar los efectos del entrenamiento con BFR sobre el equilibrio y la estabilidad articular en comparación con el tratamiento convencional.

- Analizar la influencia del entrenamiento con BFR en la funcionalidad del tobillo de los pacientes con ICT.
- Analizar la influencia del entrenamiento con BFR en activación muscular en los músculos encargados del equilibrio del tobillo de los pacientes con ICT.
- Aportar información basada en la evidencia recopilada, sobre cómo implementar el tratamiento con BFR para la rehabilitación en la clínica.

4. METODOLOGÍA:

4.1. DISEÑO DEL ESTUDIO

Se ha realizado una revisión sistemática, que tiene como objetivo recopilar y evaluar los efectos del tratamiento con BFR en pacientes con ICT.

4.2. ESTRATEGIA DE BUSQUEDA Y BASES DE DATOS:

La búsqueda se ha realizado en base a la pregunta PICOS:

¿Qué diferencias hay entre el ejercicio combinado con BFR y el entrenamiento tradicional en la rehabilitación de la inestabilidad crónica de tobillo?

- **P (Población):** Pacientes con inestabilidad crónica de tobillo (ICT).
- **I (Intervención):** Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR).
- **C (Comparación):** Entrenamiento convencional sin restricción de flujo.
- **O (Resultados esperados):** Mejora de la fuerza muscular, estabilidad articular y funcionalidad del tobillo.
- **S (Diseño del estudio):** Ensayos clínicos aleatorizados o estudios experimentales.

La búsqueda que se realizó entre enero del 2024 y junio del 2025, en las bases de datos: Pubmed, Scopus, Cochrane, PEDro y Web of science (WOS). La estrategia de búsqueda se realizó cambiando los siguientes términos: “blood flow restriction training”, “BFR”, “chronic ankle instability”, “ankle rehabilitation”, “strength”, “function” y utilizando operadores booleanos como “AND”, “NOT” Y “OR”.

En cada base de datos se utilizó la siguiente estrategia de búsqueda y se obtuvieron los siguientes resultados Tabla 1:

Tabla 1 Resumen de la estrategia de búsqueda. Fuente: elaboración propia

BASE DE DATOS	ESTRATEGIA DE BUSQUEDA	ARTÍCULOS ENCONTRADOS	FILTROS
Pubmed	("blood flow restriction" OR "BFR" OR "occlusion training") AND ("ankle" OR "lower limb" OR "lower extremity") AND ("pain" OR "rehabilitation" OR "recovery") NOT ("ACL" OR "anterior cruciate ligament")	70	Fecha de publicación: 10 últimos años
PEDro	BFR ankle	5	
SCOPUS	TÍTULO-ABS-CLAVE(("restricción del flujo sanguíneo" O "BFR" O "entrenamiento de oclusión") Y ("tobillo" O "miembro inferior" O "extremidad inferior") Y ("dolor" O "rehabilitación" O "recuperación") Y NO ("LCA" O "ligamento cruzado anterior"))	51	Fecha de publicación: 10 últimos años
Web of science	("blood flow restriction" OR "BFR" OR "occlusion training") AND ("ankle" OR "lower limb" OR "lower extremity") AND ("pain" OR "rehabilitation" OR "recovery")	125	Fecha de publicación: 10 últimos años
Cochrane	("blood flow restriction" OR "BFR" OR "occlusion training") AND ("chronic ankle instability" OR "ankle instability") AND (pain OR rehabilitation OR recovery)	12	Fecha de publicación: 10 últimos años

4.3. CRITERIOS DE INCLUSIÓN Y EXCLUSIÓN

Se establecieron criterios de inclusión y exclusión con el objetivo de limitar la búsqueda a estudios relevantes y adecuados para responder a la pregunta de investigación de la forma más precisa y rigurosa posible.

Criterios de inclusión:

- Estudios con individuos diagnosticados con inestabilidad crónica o funcional de tobillo.
- Intervención basada en técnicas de BFR.
- Artículos disponibles a texto completo.
- Artículos publicados en español o inglés.
- Ensayos clínicos aleatorizados o estudios experimentales.

Criterios de exclusión:

- Estudios que incluyen patologías diferentes a la inestabilidad crónica o funcional de tobillo.
- Intervención distinta a las técnicas de restricción del flujo sanguíneo (BFR).
- Población sin inestabilidad crónica o funcional de tobillo.
- Intervención principal de tipo quirúrgico.
- Publicaciones que no sean metaanálisis, ensayos clínicos aleatorizados o estudios experimentales.
- Textos no disponibles en español o inglés.
- Artículos no disponibles a texto completo.

4.4. SELECCIÓN DE LOS ESTUDIOS

La selección de los estudios se realizó en las siguientes bases de datos: Pubmed, PEDro, Cochrane, Web of science y Scopus. Se recopilaron 263 artículos en total, de los cuales se eliminaron 31 por ser duplicados. Tras aplicar los filtros de inclusión en las bases de datos (publicaciones en los últimos 10 años y diseño metodológico tipo ensayo clínico aleatorizado, estudio experimental o metaanálisis) se eliminaron 220 artículos, dejando seleccionables 12. A continuación, tras una lectura, se eliminaron 5 por no cumplir los criterios de inclusión, principalmente por no utilizar la técnica BFR como intervención principal del tratamiento. Por lo que finalmente, se seleccionaron 7 artículos para la revisión bibliográfica. Este proceso de selección se resume en el diagrama de flujo de la Figura 2**Error! Reference source not found.**

Los siete artículos seleccionados fueron publicados entre 2021 y 2024.

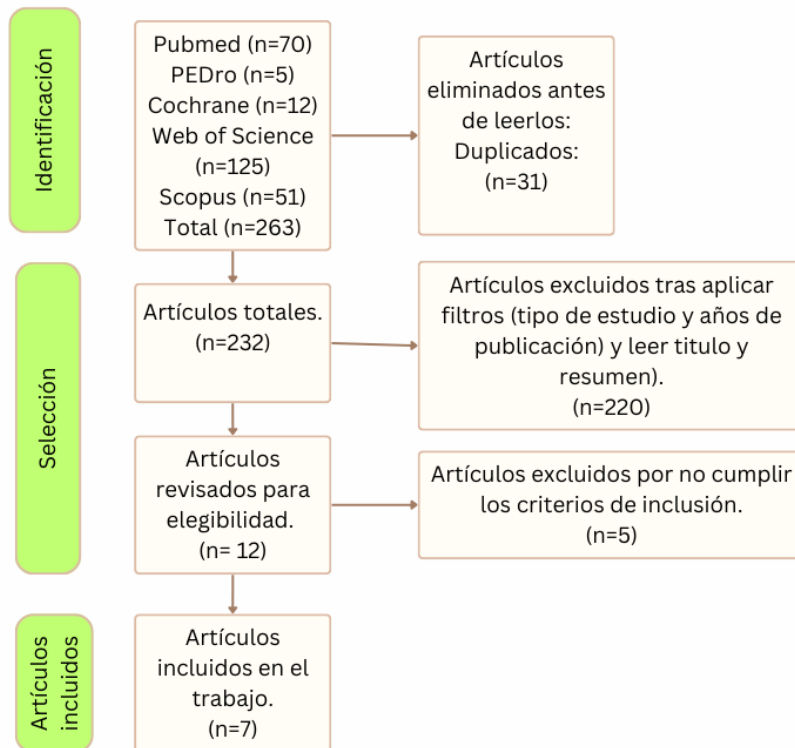


Figura 2 Efecto del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en la rehabilitación de la inestabilidad crónica de tobillo. Revisión sistemática. (17)

4.5. CALIDAD METODOLÓGICA

Para valorar la calidad metodológica de los ensayos controlados aleatorizados incluidos en el trabajo, se usó la escala PEDro. Esta escala ampliamente utilizada, contiene once ítems, el primero es de tipo informativo, los siguientes diez puntúan, con un máximo de diez puntos. Los ítems que incluye la escala se pueden ver en el Anexo I.

En la Tabla 2 aparece la puntuación de cada estudio en la escala PEDro, un estudio con puntuación de cinco sobre diez, tres con puntuación de seis y uno con puntuación de siete.

La tabla muestra que la calidad metodológica de los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en el trabajo, evaluada con la escala PEDro, es moderada, con puntuaciones entre 5 y 7 sobre 10 (solo uno con puntuación de 5). Esto indica que la evidencia disponible presenta ciertas limitaciones.

Tabla 2 Puntuación en la escala PEDro.

Autores	Año	Título	Tipo de estudio	Puntaje PEDro (0-10)
Wen, Z. et al.	2023	Effect of Low-Load Blood Flow Restriction Training on Patients With Functional Ankle Instability	RCT	6/10
Liu, S. et al.	2023	Blood flow restriction training improves the efficacy of routine intervention in patients with chronic ankle instability	RCT	6/10
Liu, Y. et al.	2024	Effect of 6-week BFRT combined with IASTAM therapy on international standard dancers with chronic ankle instability	RCT	7/10
Werasirirat, P. & Yimlamai, T.	2022	Effect of supervised rehabilitation combined with blood flow restriction training in athletes with chronic ankle instability: a randomized placebo-controlled trial	RCT	5/10
Mahmoud, W. S. et al.	2023	Effect of blood flow restriction as a stand-alone treatment on muscle strength, dynamic balance, and physical function in female patients with chronic ankle instability	RCT	6/10

En la Tabla 3, se detallan los ítems de la escala PEDro que cumple cada estudio, para que se pueda ver de dónde viene la puntuación dada a cada estudio.

Tabla 3 Ítems de la escala PEDro que cumplen los estudios.

Estudio	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Total
Wen, Z. et al.	✓	X	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	6
Liu, S. et al.	✓	X	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	6
Liu, Y. et al.	✓	✓	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	7
Werasirirat, P. & Yimlamai, T.	✓	X	✓	X	X	X	✓	X	✓	✓	5
Mahmoud, W. S. et al.	✓	X	✓	X	X	X	✓	✓	✓	✓	6

✓ = Cumple el ítem X = No cumple el ítem

5. RESULTADOS

Para este trabajo se usaron siete estudios en total. El total de la muestra de todos los estudios combinados fue de 216 pacientes, diagnosticados con inestabilidad crónica de tobillo.

En todos los estudios, el tratamiento de intervención consistió, en realizar programas de ejercicio terapéutico usando restricción de flujo sanguíneo, que fue aplicada en los miembros inferiores con manguitos neumáticos, la presión de oclusión vario entre el 40% y el 80% de oclusión arterial. Los protocolos de los diferentes estudios variaron entre una o tres sesiones de tratamiento por semana, durante cuatro o seis semanas.

En todos los estudios, hubo un grupo control que realizó los ejercicios sin BFR o recibió un tratamiento convencional y fue comparado con el grupo experimental.

Para comprobar la efectividad de la combinación de ejercicios terapéuticos con BFR en comparación a la rehabilitación tradicional se estudiaron distintas variables: la fuerza muscular, el equilibrio y la estabilidad articular, la funcionalidad del tobillo y la activación muscular fueron las principales.

En la Tabla 4, se incluye un resumen con las características principales de los estudios incluidos en el trabajo.

Tabla 4 Resumen de los resultados.

REFERENCIA	TIPO DE ESTUDIO	OBJETIVO	MUESTRA	GRUPOS	INTERVENCIÓN	VARIABLES EVALUADAS	RESULTADOS
Wen et al. (2023) (18)	Ensayo clínico aleatorizado	Estudiar los efectos del entrenamiento con BFR de baja carga (LL-BFR) en pacientes con ICT.	N= 46 adultos jóvenes con ICT 20 hombres 26 mujeres Edad: 18-30 años	GC: n=23 Entrenamiento de alta carga (HLT) GI: n=23 Entrenamiento con BFR de baja carga (LL-BFR)	GC: HTL Banda elástica HL con presión añadida efecto placebo. Resistencia: 70-85%, 1 repetición máximo GI: LL-BFR 80% oclusión de la presión arterial y carga de 20%-40%. 1 repetición máxima. Ambos grupos: 2 veces por semana 48 h entre 2 sesiones 6 semanas duración	Fuerza muscular: Línea base, al final de la 3ª semana y al final de la 6ª semana. MicroFET3 portátil Grosor del tobillo: antes y después de la intervención. Ultrasonografía muscular esquelética Equilibrio: Línea base, final 3ª semana y final entrenamiento Y-balance test	Fuerza muscular: Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Grosor del tobillo: No hubo diferencias significativas al final del entrenamiento entre los dos grupos Equilibrio: Mejora en los dos grupos al final del tratamiento. No hubo diferencias significativas entre los dos grupos

Liu et al. (2023) (19)	Ensayo clínico aleatorizado	Observar si el entrenamiento con BFR puede mejorar la eficacia de la intervención de rehabilitación rutinaria en pacientes con ICT.	N= 23 adultos jóvenes con ICT 6 hombres 17 mujeres Edad: 19-22 años	GC: n= 11 Entrenamiento multimodal GI: n=12 Entrenamiento multimodal con BFR	Ambos grupos: entrenamiento multimodal, 3 sesiones a la semana durante 4 semanas, que consiste en: Preparación Ejercicios de fuerza Ejercicio de equilibrio Movilización articular GC: No hay aplicación de BFR GI: Aplicación de BFR durante los ejercicios de fuerza y equilibrio.	Equilibrio estático: Permanecer de pie sobre una pierna con los ojos cerrados. Antes y después de la intervención. Equilibrio dinámico: Y- Balance test. Antes y después de la intervención. Dolor y estabilidad de la articulación: CAIT. Antes y después de la intervención. Activación muscular: electromiografía de superficie.	Equilibrio estático y dinámico: Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Dolor y estabilidad de la articulación: El grupo BFRT + Rehabilitación mostró una mejora significativa en la puntuación del cuestionario CAIT, superando el grupo de rehabilitación convencional, lo que indica una mayor recuperación funcional del tobillo. Activación muscular: Mejoras significativas en
------------------------------	--------------------------------	--	---	--	---	--	--

							ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo diferencias significativas entre los dos grupos.
Werasirrat & Yimlamai (2022) (20)	Ensayo clínico aleatorizado	Evaluar la efectividad del programa BFR+entrenamiento en comparación con el programa de entrenamiento sin BFR en pacientes con ICT.	N=16 adultos jóvenes con ICT. 12 hombres 4 mujeres Edad: 20-22 años.	GC: n=8 Programa de rehabilitación. GI: n= 8 Programa de rehabilitación combinado con BFR	Ambos grupos: programa de rehabilitación durante 4 semanas, cada sesión dura 30' mas 5' de calentamiento, consiste en: Calentamiento Ejercicios funcionales Pruebas de equilibrio GC: no utiliza BFR. GI: durante toda la sesión se aplicó BFR, solo se desinflaba en los descansos	Fuerza muscular: Se utilizó un dinamómetro isocinético (CON-TREX MJ), para medir el pico de torque promedio relativo al peso corporal Área de sección transversal (CSA): el músculo peroneo largo: medida con ecografía B-mode (Mindray M5) en tres repeticiones. La imagen fue analizada con ImageJ para trazar los bordes musculares.	Fuerza muscular: mejoras significativas en ambos grupos, aunque el GI presentó mayores mejoras en flexores plantares y eversores respecto al GC . CSA (peroneo largo): Aumento significativo en el GI respecto a su línea base y también frente al GC . Equilibrio dinámico: Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento.

						Equilibrio dinámico: mediante el test <i>Y-Balance</i> Funcionalidad: mediante el <i>Side Hop Test</i> (SHT)	No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Funcionalidad: Ambos grupos mejoraron, pero el GI mostró una mejora significativamente superior en el tiempo de ejecución respecto al GC .
Liu & Wang (2024) (21)	Ensayo clínico aleatorizado	Observar los efectos de una intervención que combine entrenamiento de fuerza de los músculos del tobillo con cargas BFR, junto con ejercicios de equilibrio también realizados con BFR, en pacientes con ICT.	N=42 adultos jóvenes con ICT. 19 hombres 23 mujeres Edad: 18-22 años.	GC: n=13 GI: n=15 GI2: n= 14 este grupo estudia BFR combinado con IASTM, no se tiene en cuenta para el trabajo.	Ambos grupos: programa de rehabilitación durante 6 semanas 1 sesión por semana, consiste en: Ejercicios de fuerza Ejercicios funcionales Ejercicios de equilibrio. GC: No usa BFR GI: Utiliza BFR (20-50mmHg) durante los ejercicios, en el descanso no.	Estabilidad (subjetiva): Cumberland Ankle Instability Tool (CAIT) Función del tobillo: <i>oot and Ankle Ability Measure (FAAM)</i> , que incluye dos subescalas: FAAM-ADL (actividades de la vida diaria) y FAAM-Sport (función deportiva) Rango de movimiento	Estabilidad (subjetiva): Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Función del tobillo: todos los grupos mejoraron, pero el en FAAM-ADL, mejoro más el GI y en el FAAM-SPORT, el GI obtuvo mejoras

						articular (ROM): goniómetro de alta precisión, se evaluó: flexión plantar y dorsal, inversión y evasión y aducción y abducción. Fuerza muscular del tobillo: dinamómetro manual digital (modelo FM-204 M)	significativas respecto al GC . ROM: Mejoras en ambos grupos, pero en evasión el GI , obtuvo una mayor mejora que el GC tras 6 semanas. Fuerza muscular del tobillo: Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo mejoras significativas entre los dos grupos.
Mahmoud et al. (2023) (22)	Ensayo clínico aleatorizado	Investigar si el entrenamiento BFR como tratamiento independiente afecta la fuerza muscular, el equilibrio dinámico y la función física en pacientes con ICT	N=39 mujeres con ICT. Edad: 20-30 años.	GC: n=12 programa de rehabilitación. GI1: n=15 programa de rehabilitación combinado con BFR GI2: n=12 únicamente BFR, sin programa de rehabilitación.	GC: programa de rehabilitación con manguito sin inflar, efecto placebo. GI1: programa de rehabilitación con BFR al 80% de oclusión arterial. GC y GI1: 3 sesiones por semana durante 4 semanas.	Fuerza muscular: dinamómetro isocinético (CON-TREX MJ, Module TP, Physiomed Elektromedizin AG, Schnaittach, Germany). Equilibrio dinámico: OASI (Overall Stability Index), APSI	Fuerza muscular: GC: produjo mejoras en fuerza muscular, aunque menores que en el GI1 . GI1: Mostró las mejoras más significativas en la fuerza muscular del tobillo, especialmente en

					<p>GI2: estímulo de oclusión durante 5 minutos, seguido de 3 minutos de liberación de la presión oclusiva. Este ciclo se repitió 5 veces en una sesión de entrenamiento, una vez al día, 3 veces por semana durante 4 semanas.</p>	<p>(Anteroposterior Stability Index) y MLSI (Mediolateral Stability Index). Funcionalidad del tobillo: FADI (Foot and Ankle Disability Index) self-report.</p>	<p>los músculos flexores plantares y eversores. GI2: No produjo mejoras significativas en la fuerza muscular. Equilibrio dinámico: GC: Mejores resultados que GI2, pero inferiores a GI1 GI1: Mejor desempeño global en equilibrio dinámico, con mejoras significativas en OASI, ASI y MLSI. GI2: Peores resultados en los índices de estabilidad comparado con GC y GI1 Funcionalidad del tobillo: GC y GI1: mejoras significativas,</p>
--	--	--	--	--	---	--	--

							GI1ligeramente superior a GC. GI2: no mostro mejoras significativas.
Burkhardt et al. (2021) (23)	Estudio experimental	Examinar los efectos del entrenamiento con BFR sobre la activación muscular de las extremidades inferiores durante ejercicios de equilibrio dinámico en personas con ICT.	N=25 adultos con ICT. 10 mujeres 15 hombres Edad: 18-30 años.	Diseño de estudio cruzado. GC: ejercicios de equilibrio dinámico. GI: ejercicios de equilibrio dinámico combinado con BFR.	GC: programa de ejercicios de equilibrio dinámico. GI: programa de ejercicios de equilibrio dinámico combinado con BFR a 80% de oclusión arterial y 20-40%RM. 2 visitas de evaluación separadas por un intervalo de 24 a 48 horas.	Activación muscular: electromiografía superficial. Estabilidad postural (subjetiva): escala de percepción del equilibrio. Esfuerzo percibido: OMNI-Resistance exercise scale.	Activación muscular: La activación muscular fue significativamente mayor con BFR (GI) que sin BFR (GC) en el vasto lateral y en el soleo en comparación al GC. En cambio, en el tibial anterior y en el peroneo largo no hubo diferencias significativas entre ambos grupos. Estabilidad postural (subjetiva): Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento.

							No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Esfuerzo percibido: mayor esfuerzo percibido en el GI.
Clark et al. (2024) (24)	Estudio experimental	examinar si añadir BFR a los ejercicios de equilibrio dinámico provocaba una disminución en el rendimiento del equilibrio y un aumento en la percepción subjetiva de inestabilidad postural (RPI) y en la percepción del esfuerzo (RPE) en personas con ICT.	N=25 adultos con ICT. 16 mujeres 9 hombres Edad: 18-30 años.	Diseño de estudio cruzado. GC: ejercicios de equilibrio dinámico. GI: ejercicios de equilibrio dinámico combinado con BFR.	GC: programa de 4 series de ejercicios de equilibrio dinámico. GI: programa de 4 series de ejercicios de equilibrio dinámico combinado con BFR a 80% de oclusión arterial. 2 visitas de evaluación separadas por un intervalo de 48 horas.	Rendimiento del equilibrio: Velocidad de desplazamiento del centro de presión (CoP sway velocity) Estabilidad postural: RPI (Rating of Perceived Instability) Esfuerzo percibido: RPE (Rating of Perceived Exertion)	Rendimiento del equilibrio: Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Estabilidad postural: Mejoras significativas en ambos grupos tras el entrenamiento. No hubo mejoras significativas entre los dos grupos. Esfuerzo percibido: mayor esfuerzo percibido en el GI.

5.1. FUERZA MUSCULAR

Como variable principal, cuatro de los estudios midieron la fuerza muscular. En general, los resultados mostraron que la rehabilitación combinada con BFR producen mejoras importantes en la fuerza de los músculos del tobillo en pacientes con ICT.

En el estudio de Wen et al. se observó que el grupo de pacientes que combinó la rehabilitación con BFR durante cuatro semanas obtuvo mejoras muy parecidas a las del grupo que realizó entrenamiento con cargas altas en la mejora de fuerza de los músculos del tobillo (flexores dorsales, flexores plantares, eversores e inversores) (18).

Mahmoud et al. vio que el grupo de pacientes que fue tratado combinando ejercicios de rehabilitación con BFR, durante cuatro semanas, mejoró notablemente la fuerza en todos los grupos musculares evaluados (flexores dorsales, flexores plantares, eversores e inversores), y mientras que el grupo que realizó un tratamiento únicamente con BFR, sin ejercicio, no presentó mejoras. Este estudio encontró que el grupo de pacientes que fue tratado con ejercicios combinado con BFR obtuvo mejores resultados que el grupo solo con ejercicios, en la mayoría de los músculos, excepto en los inversores, en los cuales no hubo diferencias entre ambos grupos (22).

En el estudio de Werasirirat y Yimlamai se encontró mejoras en la fuerza de los músculos eversores y flexores plantares del tobillo en el grupo que combinó ejercicios con BFR, en comparación con el grupo de pacientes que solo fueron tratados con ejercicios (20).

Por último, el estudio de Liu y Wang, mostró que ambos grupos, el que solo recibió ejercicios como rehabilitación y el que combinó ejercicios con BFR mostró mejoras significativas en la fuerza de los músculos del tobillo, pero no encontró diferencias significativas entre ambos grupos (21).

5.2. EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD ARTICULAR:

El equilibrio y la estabilidad articular fueron evaluados en la mayoría de los estudios analizados mediante diferentes herramientas como el Y-Balance Test (prueba de equilibrio monopodal). Esta prueba evalúa el control postural del miembro inferior, el paciente se mantiene sobre una pierna mientras que la otra tiene que realizar alcances en dirección anterior, posteromedial y posterolateral, esta prueba evalúa el equilibrio dinámico, la estabilidad funcional del tobillo y el control neuromuscular, el SEBT (Star Excursion Balance Test), el índice CAIT y diversas medidas instrumentales.

En el estudio de Wen et al. ambos grupos, tanto el que combinó ejercicios con BFR y el que realizó ejercicios con cargas altas mejoraron sus puntuaciones en el Y-Balance test después de seis semanas de tratamiento, pero no hubo mejoras estadísticamente significativas entre ambos grupos (18).

Liu et al. también encontró mejoras en el equilibrio dinámico, medido mediante el Y-Balance test, y en el equilibrio estático en ambos grupos, y otra vez sin diferencias significativas entre el grupo que combinó los ejercicios con BFR y el que solo realizó ejercicios. Sin embargo, sí se

encontraron diferencias significativas en el índice CAIT, que mide la percepción de estabilidad articular y recuperación funcional, en el grupo que combinó ejercicios con BFR (19).

En el estudio de Werasirirat y Yimlamai, se usaron el Y-Balance test y el Side Hop test. En este estudio ambos grupos obtuvieron mejoras en el equilibrio dinámico, pero sin diferencias significativas entre ellos, aunque el grupo que combinó ejercicios con BFR obtuvo mayores mejoras en el Side Hop Test, una prueba funcional que refleja control postural y estabilidad articular (20).

Liu y Wang evaluaron la estabilidad articular (subjetiva) con el cuestionario CAIT. Ambos grupos reportaron mejoras significativas tras seis semanas de rehabilitación, sin encontrar diferencias relevantes entre ambos grupos (21).

Mahmoud et al. evaluaron el equilibrio dinámico con tres índices distintos OASI (Overall Stability Index), APSI (Anterior–Posterior Stability Index) y MLSI (Medial-Lateral Stability Index). El grupo de pacientes que fue tratado con ejercicios combinados con BFR presentó mejores resultados en los tres índices respecto al grupo control. En cambio, el grupo que solo tuvo como tratamiento la aplicación de BFR, no obtuvo mejoras (22).

En el estudio de Burkhardt et al. se analizó la estabilidad postural (subjetiva), con una escala de percepción. Ambos grupos reportaron mejoras significativas, tanto el que realizó ejercicios combinados con BFR, como el que solo realizó ejercicios. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas entre ellos (23).

Por último, Clark et al. encontró mejoras en ambos grupos, sin diferencias significativas. Aunque se observó una disminución en el rendimiento de equilibrio durante los ejercicios en el grupo que lo combinó con BFR (24).

5.3. FUNCIONALIDAD DEL TOBILLO

Tres de los siete estudios incluidos en el trabajo evaluaron la funcionalidad de la articulación del tobillo usando distintas herramientas, entre ellas, el Foot and Ankle Disability Index (FADI), Foot and Ankle Ability Measure (FAAM), con sus dos subescalas ADL y SPORT y el Side Hop Test (SHT). En todos los estudios se observaron mejoras, aunque no en todos hubo diferencias significativas entre tratamientos.

En el estudio de Mahmoud et al., emplearon el cuestionario FADI para medir la discapacidad funcional del tobillo. Ambos grupos, tanto el que realizó una rehabilitación convencional, como el que la combinó con BFR, obtuvieron mejoras significativas, aunque las mejoras fueron ligeramente superiores en el grupo que combinó BFR con ejercicios. Por otro lado, el grupo que solo fue tratado con BFR no obtuvo mejoras en la funcionalidad del tobillo (22).

Werasirirat y Yimlamai evaluaron la funcionalidad de tobillo con el Side Hop Test, esta prueba refleja el rendimiento funcional relacionado con la inestabilidad crónica de tobillo. Los dos grupos, tanto el que combinó rehabilitación con BFR y el que solo fue tratado con rehabilitación tradicional, consiguieron mejoras después del tratamiento, pero el grupo que lo combinó con BFR mostró una mejora relevante en el tiempo de ejecución de la prueba (20).

En el estudio de Liu y Wang, se evaluó la funcionalidad de la articulación mediante el FAAM, y sus dos subescalas ADL (actividades de la vida diaria) y SPORT (función deportiva). Se observó que ambos grupos mejoraron su puntuación en las escalas, pero el grupo que combinó los

ejercicios de la rehabilitación con BFR presentó mejores resultados en la subescala FAAM-SPORT (21).

5.4. ACTIVACIÓN MUSCULAR

Dos de los siete artículos incluidos en esta revisión evaluaron la activación muscular, ambos mediante electromiografía de superficie, teniendo como objetivo observar el efecto de la combinación del tratamiento combinado con BFR sobre la activación neuromuscular de los músculos que intervienen en la estabilidad del tobillo.

Liu et al. comparó el grupo que realizó el tratamiento multimodal combinado con BFR con el grupo control que solo realizó el tratamiento multimodal. Se observó que ambos grupos consiguieron mejoras significativas en la activación muscular, pero no se encontraron diferencias relevantes entre los dos grupos (19).

En cambio, en el estudio de Burkhardt et al. donde se evaluó la activación muscular durante los ejercicios de equilibrio dinámico se encontró que el grupo que los combinó con BFR, presentó una activación muscular significativamente mayor en el vasto lateral y en el sóleo en comparación al grupo control, que solo realizó los ejercicios de equilibrio dinámico. En cambio, en el tibial anterior y en el peroneo largo no hubo diferencias significativas entre ambos grupos (23).

5.5. OTRAS VARIABLES

Además de las variables principales, en algunos estudios se midieron otras variables de interés como la hipertrofia muscular, el rango de movimiento articular (ROM) y el esfuerzo percibido.

5.5.1. HIPERTROFIA MUSCULAR

La hipertrofia muscular fue evaluada en dos de los estudios incluidos en esta revisión.

En el estudio de Wen et al., se evaluó el grosor muscular del tibial anterior, soleo y peroneo largo mediante una ecografía músculo esquelética. Después de las seis semanas de tratamiento, se encontró, aumentos significativos en el grosor de todos los músculos evaluados en ambos grupos. Sin embargo, no se encontraron diferencias relevantes entre ambos grupos (18).

Werasirirat & Yimlamai. Analizaron el área de sección transversal (CSA) del peroneo largo mediante ecografía. Encontraron un aumento significativo de la CSA en el grupo que fue tratado con el programa de rehabilitación combinado con BFR, tanto respecto a su línea base, como al grupo control que realizó la rehabilitación sin BFR (20).

5.5.2. RANGO DE MOVIMIENTO ARTICULAR (ROM)

Únicamente el estudio de Liu & Wang. Evaluó el ROM, en este estudio se midieron diferentes direcciones articulares del tobillo mediante un goniómetro de alta precisión. En ambos grupos, el que realizó ejercicios combinados de BFR y el que realizó solo ejercicios, hubo

mejoras significativas. Sin embargo, únicamente en el movimiento de eversión, el grupo que combinó los ejercicios con BFR obtuvo una mejora significativamente mayor que el grupo control, en el resto de los movimientos no se encontraron diferencias notables entre grupos, después de las seis semanas de tratamiento (21).

5.5.3. ESFUERZO PERCIBIDO

Dos de los siete estudios incluidos evaluaron el esfuerzo percibido por los pacientes a la hora de realizar los ejercicios.

En el estudio de Burkhardt et al. los pacientes que realizaron los ejercicios de equilibrio dinámico combinado con BFR reportaron mayor esfuerzo percibido en comparación al grupo control (23).

Lo mismo pasó en el estudio de Clark et al. donde se encontró que los pacientes que combinaron los ejercicios con BFR, reportaron mayores niveles de esfuerzo percibido durante los ejercicios (24).

6. DISCUSIÓN

A continuación, se van a analizar los principales hallazgos de la revisión en relación a los efectos del entrenamiento con BFR en la rehabilitación de la ICT. También se va a discutir la relevancia de las mejoras y las diferencias entre el tratamiento combinado con BFR como el convencional.

6.1. FUERZA MUSCULAR

Los resultados de los estudios muestran que la combinación de ejercicios con BFR puede generar mejoras en la fuerza muscular del tobillo. No obstante, hay diferencias de resultados entre los distintos estudios, lo que puede limitar su aplicación a la clínica.

En general, la mayoría de los estudios encuentran que hay mejoras similares o ligeramente mayores en la fuerza muscular en el tratamiento combinado con BFR en los músculos flexores dorsales, flexores plantares y eversores. Sin embargo, no en todos los estudios hay diferencias significativas entre grupos. Lo que también podría indicar que el BFR no aporta beneficios adicionales al entrenamiento tradicional.

Además, el estudio de Mahmoud et al. indicó que el grupo que fue tratado únicamente con BFR sin ejercicios, no desarrolló mejoras en la fuerza muscular, lo que indica que el tratamiento únicamente con BFR no es efectivo y que requiere del estímulo del ejercicio. Este estudio también reportó que el entrenamiento combinado con BFR fue superior al de solo ejercicio en varios músculos, pero no en los inversores, lo que sugiere que el BFR, no es efectivo en todos los grupos musculares (22).

Algo a destacar es que el estudio de Wen et al. encontró que el grupo que realizó ejercicio con cargas bajas combinado con BFR consiguió mejoras similares al grupo que hizo ejercicios con cargas altas, lo que indicaría que esta técnica es efectiva cuando el paciente no pueda soportar cargas altas (18). Aunque haría falta más investigación para poder afirmarlo con total seguridad.

6.2. EQUILIBRIO Y ESTABILIDAD ARTICULAR

Los estudios incluidos en esta revisión coinciden en que tanto los programas de ejercicios convencionales como los que combinan BFR tienden a producir mejoras en el equilibrio dinámico y la estabilidad articular. Sin embargo, la superioridad de la combinación de ejercicios con BFR frente al ejercicio convencional no queda claramente establecida.

En varios estudios, se observaron mejoras en distintas pruebas como, el Y-Balance test y el SEBT en ambos grupos, pero sin mejoras relevantes entre ambos grupos (18–20). Lo que indica que el tratamiento convencional por sí solo puede ser suficiente para mejorar el equilibrio.

Por otro lado, algunos resultados puntuales podrían indicar que la combinación con BFR, podría dar alguna ventaja, especialmente en tareas funcionales de mayor exigencia. En el estudio de Werasirirat y Yimlamai, el grupo que combinó los ejercicios con BFR, consiguió una mejor puntuación en el Side Hop test (20), lo que indicaría una mejora en el equilibrio dinámico en condiciones de mayor exigencia. Aunque harían falta más estudios que investiguen y corroboren estos resultados.

En cuanto a la estabilidad articular, varios autores emplearon el cuestionario CAIT. En los estudios de Liu et al. y Mahmoud et al. se hallaron mejoras tras el tratamiento, aunque solo en el de Liu et al, se encontraron mejoras significativas entre el grupo control y el grupo que realizaba ejercicios combinados con BFR, este hallazgo sugiere que el BFR podría ayudar en la estabilidad articular (19,22), aunque otra vez haría falta más investigación para poder afirmarlo con seguridad.

Un dato relevante, es que el grupo de pacientes que recibieron como único tratamiento BFR sin ejercicios (22), no mostraron mejoras ni en el equilibrio ni en la estabilidad de la articulación, reforzando la idea de que el BFR de forma aislada no es útil. Además, el estudio de Clark et al. plantea una cuestión importante, ya que se observaron mejoras después la rehabilitación combinada con BFR, pero también se reportó una disminución del rendimiento del equilibrio al hacer los ejercicios (18). Podría indicar que, a corto plazo, el BFR podría generar una sobrecarga sensoriomotora que haría disminuir su rendimiento a la hora de realizar los ejercicios.

En conjunto, los resultados sugieren que el entrenamiento con BFR podría ser tan eficaz como el ejercicio convencional para mejorar el equilibrio y la estabilidad articular en ICT, pero no claramente superior. La utilidad del BFR podría depender del tipo de prueba utilizada, el grado de exigencia funcional y la respuesta individual del paciente. Se requieren más estudios con metodología homogénea y seguimiento a largo plazo para valorar si el BFR aporta beneficios clínicamente relevantes en esta variable.

6.3. FUNCIONALIDAD DEL TOBILLO

La funcionalidad del tobillo fue evaluada en tres de los estudios incluidos mediante diversas herramientas, como el FADI, el FAAM (con sus subescalas ADL y SPORT) y el Side Hop Test (SHT), todas ellas orientadas a valorar el impacto funcional de la ICT en actividades diarias y deportivas.

En general hubo resultados positivos, tanto en el grupo que combinó los ejercicios con BFR como que el que solo realizó ejercicios, lo que indica que es clave una rehabilitación activa del paciente.

En cuanto al cuestionario FADI, ambos grupos reportaron mejoras, aunque el grupo que combinó los ejercicios con BFR obtuvo unas mejoras ligeramente mayores, lo que no permite destacar una gran diferencia de resultados al añadir BFR a la rehabilitación. Además, el grupo que solo fue tratado con BFR, sin ejercicio, no obtuvo mejoras en esta variable (19), lo que refuerza la idea de que el BFR no es efectivo como una estrategia aislada y que requiere combinarse con ejercicio para que sea efectiva.

Hablando del rendimiento funcional en tareas más exigentes como en el Side Hop test que utilizó Werasirirat y Yimlamai en su estudio, mostró mejoras en ambos grupos, tanto en el que combinó ejercicio con BFR, como en el que solo realizó ejercicios (20). Aunque el grupo que usó BFR tuvo resultados significativamente mejores (22), lo que podría indicar que el BFR puede potenciar los resultados de la rehabilitación, sobre todo en situaciones más exigentes como en contextos deportivos. Sin embargo, sería necesaria más investigación para poder afirmarlo con seguridad.

Por otro lado, Liu y Wang observaron mejoras en las subescalas del cuestionario FAM, tanto en la ADL y SPORT, en ambos grupos, aunque en la subescala SPORT el grupo que combinó BFR con ejercicios obtuvo una mejora destacable (21), por lo que se puede volver a ver que en situaciones más exigentes el BFR puede potenciar el rendimiento del paciente, aunque otra vez haría falta más estudios que evaluaran esta variable en concreto, así que por el momento esa conclusión debe considerarse con precaución.

En conjunto, los resultados sugieren que el uso del BFR combinado con ejercicios, puede aumentar las mejoras obtenidas, sobre todo en tareas deportivas o dinámicas más exigentes. Aunque hay que recalcar, que las mejoras son ligeramente mayores y no todos los estudios las han reportado. Harían falta más estudios con mayor homogeneidad metodológica y con muestras más amplias que aclarasen las dudas sobre sus beneficios reales. De momento es prudente considerar el uso de BFR como una herramienta complementaria que puede impulsar la rehabilitación del paciente.

6.4. ACTIVACIÓN MUSCULAR

Esta variable fue evaluada por dos estudios con electromiografía de superficie, de esta forma se comprobó el efecto en la activación de la musculatura, a la hora de combinar los ejercicios con BFR.

En general tanto los protocolos de rehabilitación combinando ejercicios con BFR, como los que solo realizaron ejercicios, fueron efectivos para mejorar la activación muscular de los músculos implicados en la estabilidad del tobillo.

Aunque algunos datos sugieren que el BFR podría generar una mayor activación en ciertos músculos concretos durante la realización de ejercicio, como el soleo (23), en otro estudio no se encontraron diferencias significativas consistentes entre ambos grupos (19), lo que sugiere que el BFR no siempre potencia esta variable.

Por lo que, la evidencia actual no permite afirmar que el uso de BFR en la rehabilitación aumente de forma significativa la activación muscular en comparación a la rehabilitación convencional. Sería interesante que más estudios investigasen esta variable, para poder confirmar si este tipo de intervención puede generar beneficios adicionales.

6.5. OTRAS VARIABLES

Otras variables que se evaluaron y que son interesantes, son la hipertrofia muscular, el ROM y el esfuerzo percibido durante la realización de los ejercicios.

En general, se observaron aumentos significativos en el grosor o área de sección transversal de los músculos evaluados (tibial anterior, peroneo largo y soleo), tanto en los grupos de rehabilitación convencional como en los que se combinó el ejercicio con BFR. Lo que indica que el propio entrenamiento independientemente de si se combina o no con BFR ya genera hipertrofia muscular.

Sin embargo, después de ver los resultados de los estudios, en un caso no se encontraron diferencias relevantes entre ambos grupos, lo que hace pensar que el BFR no genera diferencias relevantes en los resultados (18). Aun así, en otro estudio, sí se reportaron mejoras relevantes en el grupo que combinó el ejercicio con BFR, en ciertos músculos como el peroneo largo (20).

En resumen, aunque el uso de BFR parece poder mejorar los resultados de hipertrofia muscular, la evidencia actual no deja claro si es superior a la rehabilitación convencional.

El ROM fue evaluado únicamente en un estudio Liu y Wang, mediante goniómetro de alta precisión. Se analizaron los movimientos de flexión dorsal, flexión plantar, inversión, eversión, aducción y abducción del tobillo. En ambos grupos se encontraron mejoras. Aunque el grupo que combinó la rehabilitación con BFR obtuvo mayores mejoras en la eversión respecto al grupo control, en el resto de los movimientos articulares no hubo diferencias entre grupos (21), lo que sugiere que, aunque no en todos los movimientos, el uso de BFR puede otorgar un beneficio adicional en la eversión de tobillo.

El esfuerzo percibido fue evaluado en dos estudios mediante escalas subjetivas. Tanto el estudio de Burkhardt et al. como el de Clark et al. observaron que el grupo de pacientes que fue tratado combinando los ejercicios con BFR percibió mayor esfuerzo a la hora de realizar los ejercicios (23,24). Esto refleja una mayor carga subjetiva en los pacientes que fueron tratados con BFR, que puede deberse a la fatiga muscular que puede generar la oclusión y que habría que tener en cuenta a la hora de aplicarlo en la clínica.

Para poder afirmar con seguridad que el tratamiento combinado con BFR, impulsa las mejoras obtenidas por la rehabilitación en las distintas variables evaluadas, es necesario que nuevos estudios continúen investigando los posibles efectos añadidos del BFR.

6.6. LIMITACIONES DEL TRABAJO

Este trabajo presenta varias limitaciones importantes. La principal es la escasa bibliografía disponible sobre el uso del BFR en pacientes con ICT, lo que reduce la solidez de las conclusiones. Además, muchos estudios incluidos tienen una calidad metodológica limitada, con muestras pequeñas y sin seguimiento a largo plazo. Esto dificulta generalizar los resultados y valorar la efectividad sostenida en el tiempo del tratamiento.

La alta prevalencia de la ICT, especialmente en la población activa y deportista, resalta la importancia de continuar con la investigación de los efectos del BFR en su rehabilitación. Por lo

que las líneas futuras de investigación deberían centrarse en realizar estudios de mayor calidad metodológica, incluyendo muestras más amplias y estudiando todas las variables que son relevantes en la rehabilitación de la ICT, para validar su eficacia y seguridad de forma concluyente, aclarando las dudas que surgen sobre su verdadera utilidad, a la hora de ver los resultados.

7. CONCLUSIÓN

Los resultados de esta revisión sugieren que la combinación del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) con ejercicios de rehabilitación puede aportar beneficios adicionales en la mejora de la fuerza muscular, la funcionalidad del tobillo y ciertos aspectos de la estabilidad articular, especialmente en tareas con mayores demandas dinámicas.

Sin embargo, en variables como el equilibrio, la activación muscular, el rango de movimiento y la hipertrofia, los efectos del BFR no mostraron una superioridad clara frente al entrenamiento convencional.

Además, el aumento del esfuerzo percibido asociado al uso del BFR debe considerarse, ya que podría influir en la tolerancia al tratamiento.

Desde una perspectiva clínica, el BFR podría representar una herramienta útil y complementaria en la rehabilitación del tobillo, especialmente en fases donde no se pueden aplicar grandes cargas o en pacientes que estén en fases tempranas de la rehabilitación.

Sin embargo, la escasez de estudios y la heterogeneidad metodológica existente impiden, por el momento, establecer una estrategia de intervención clara y estandarizada. Se requieren más investigaciones rigurosas, de buena calidad metodológica y más homogéneas para confirmar su efectividad y definir su papel dentro de la rehabilitación de la ICT.

8. BIBLIOGRAFÍA

1. Hertel J. by the National Athletic Trainers. J Athl Train [Internet]. 2002 [citado 16 de mayo de 2025];37(4):364-75. Disponible en: www.journalofathletictraining.org
2. Gribble PA, Bleakley CM, Caulfield BM, Docherty CL, Fouchet F, Fong DTP, et al. Evidence review for the 2016 International Ankle Consortium consensus statement on the prevalence, impact and long-term consequences of lateral ankle sprains. Br J Sports Med [Internet]. 1 de diciembre de 2016 [citado 16 de mayo de 2025];50(24):1496-505. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/50/24/1496>
3. Hiller CE, Nightingale EJ, Lin CWC, Coughlan GF, Caulfield B, Delahunt E. Characteristics of people with recurrent ankle sprains: a systematic review with meta-analysis. Br J Sports Med [Internet]. 1 de junio de 2011 [citado 16 de mayo de 2025];45(8):660-72. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/45/8/660>
4. Arnold BL, De La Motte S, Linens S, Ross SE. Ankle instability is associated with balance impairments: A meta-analysis. Med Sci Sports Exerc [Internet]. mayo de 2009 [citado 16 de mayo de 2025];41(5):1048-62. Disponible en: https://journals.lww.com/acsm-msse/fulltext/2009/05000/ankle_instability_is_associated_with_balance.11.aspx
5. Hubbard TJ, Hicks-Little CA. Ankle Ligament Healing After an Acute Ankle Sprain: An Evidence-Based Approach. [citado 16 de mayo de 2025]; Disponible en: http://meridian.allenpress.com/jat/article-pdf/43/5/523/1453403/1062-6050-43_5_523.pdf
6. Benchortane M, Collado H, Coudreuse JM, Desnuelle C, Viton JM, Delarque A. Chronic ankle instability and common fibular nerve injury. Joint Bone Spine [Internet]. 1 de marzo de 2011 [citado 2 de junio de 2025];78(2):206-8. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1297319X10002290?via%3Dihub>
7. Houston MN, Van Lunen BL, Hoch MC. Health-Related Quality of Life in Individuals With Chronic Ankle Instability. J Athl Train [Internet]. 1 de diciembre de 2014 [citado 2 de junio de 2025];49(6):758-63. Disponible en: <https://dx.doi.org/10.4085/1062-6050-49.3.54>
8. Perera E, Zhu XM, Horner NS, Bedi A, Ayeni OR, Khan M. Effects of Blood Flow Restriction Therapy for Muscular Strength, Hypertrophy, and Endurance in Healthy and Special Populations: A Systematic Review and Meta-Analysis. Clinical Journal of Sport Medicine [Internet]. 1 de septiembre de 2022 [citado 2 de junio de 2025];32(5):531-45. Disponible en: https://journals.lww.com/cjsportsmed/fulltext/2022/09000/effects_of_blood_flow_restriction_therapy_for.14.aspx
9. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. Br J Sports Med [Internet]. 1 de julio de 2017 [citado 2 de junio de 2025];51(13):1003-11. Disponible en: <https://bjsm.bmj.com/content/51/13/1003>
10. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise position stand: Considerations of methodology, application, and safety. Front Physiol [Internet]. 15 de mayo de 2019 [citado 2 de junio de 2025];10(MAY):448053. Disponible en: www.frontiersin.org
11. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. Strength Cond J. junio de 2009;31(3):77-84.
12. Pearson SJ, Hussain SR. A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. Sports Medicine [Internet]. 1 de febrero de 2015 [citado 13 de junio de 2025];45(2):187-200. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40279-014-0264-9>

13. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol* [Internet]. 2019 [citado 2 de junio de 2025];10(MAY):533. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC6530612/>
14. Peng P, Lu Y, Wang Y, Sui X, Yang Z, Xu H, et al. Effect of Low-Intensity Bloodflow Restriction Training on Nontraumatic Knee Joint Conditions: A Systematic Review and Meta-analysis.
15. Li X, Xiao F, Ren H, Peng Y, Feng F, Dong Q. The effects of blood flow restriction training on early muscle strength and mid-term knee function following anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review and meta-analysis. *J Orthop Surg Res* [Internet]. 1 de diciembre de 2025 [citado 15 de junio de 2025];20(1):1-13. Disponible en: <https://josr-online.biomedcentral.com/articles/10.1186/s13018-025-05673-8>
16. Chen J, Wu L, Li C, Yan H. The effects of low-load resistance training combined with blood flow restriction on knee rehabilitation in middle-aged and elderly patients: A systematic review and meta-analysis. *PLoS One* [Internet]. 1 de junio de 2025 [citado 15 de junio de 2025];20(6):e0323388. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC12129158/>
17. 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* [Internet]. 29 de marzo de 2021 [citado 15 de junio de 2025];372. Disponible en: <https://www.bmj.com/content/372/bmj.n71>
18. Wen Z, Zhu J, Wu X, Zheng B, Zhao L, Luo X, et al. Effect of Low-Load Blood Flow Restriction Training on Patients With Functional Ankle Instability: A Randomized Controlled Trial. *J Sport Rehabil* [Internet]. 9 de agosto de 2023 [citado 2 de junio de 2025];32(8):863-72. Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/32/8/article-p863.xml>
19. Liu S, Tang J, Hu G, Xiong Y, Ji W, Xu D. Blood flow restriction training improves the efficacy of routine intervention in patients with chronic ankle instability. *Sports Medicine and Health Science* [Internet]. 1 de junio de 2024 [citado 2 de junio de 2025];6(2):159-66. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38708328/>
20. Werasirirat P, Yimlamai T. Effect of supervised rehabilitation combined with blood flow restriction training in athletes with chronic ankle instability: a randomized placebo-controlled trial. *J Exerc Rehabil* [Internet]. 2022 [citado 2 de junio de 2025];18(2):123-32. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/35582686/>
21. Liu Y, Wang Y. Effect of 6-week BFRT combined with IASTAM therapy on international standard dancers with chronic ankle instability. *Front Physiol*. 26 de septiembre de 2024;15:1417544.
22. Mahmoud WS, Radwan NL, Ibrahim MM, Hasan S, Alamri AM, Ibrahim AR. Effect of blood flow restriction as a stand-alone treatment on muscle strength, dynamic balance, and physical function in female patients with chronic ankle instability. *Medicine* [Internet]. 3 de noviembre de 2023 [citado 2 de junio de 2025];102(44):e35765. Disponible en: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC10627705/>
23. Burkhardt M, Burkholder E, Goetschius J. Effects of blood flow restriction on muscle activation during dynamic balance exercises in individuals with chronic ankle instability. *J Sport Rehabil* [Internet]. 1 de agosto de 2021 [citado 2 de junio de 2025];30(6):870-5. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33547257/>
24. Clark K, Trickett J, Donovan L, Dawson J, Goetschius J. Effects of Blood Flow Restriction on Balance Performance During Dynamic Balance Exercises in Individuals With Chronic Ankle Instability. *J Sport Rehabil* [Internet]. 1 de marzo de 2024 [citado 2 de junio de 2025];33(3):181-8. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38350443/>

9. ANEXO I

Escala PEDro-Español

1. Los criterios de elección fueron especificados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos)	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
3. La asignación fue oculta	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
5. Todos los sujetos fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar”	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:
11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave	no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde:

Anexo I Escala PEDro.