

Universidad Empresarial Siglo 21



Trabajo Final de Grado

Manuscrito Científico

Licenciatura en Kinesiología y Fisioterapia

Aplicación del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en la rehabilitación para mejorar la fuerza y evitar la atrofia muscular de personas con amputación de miembro inferior.

Alumno: Perez Santiago Antonio
36.719.322

Tutor: Ribotta Paula Maria

Julio de 2025

Índice

Resumen/Palabras claves	2
Abstract/Keywords.....	3
Introducción.....	4
Métodos.....	10
Resultados.....	13
Discusión.....	14
Referencias.....	16
Anexo.....	18

Resumen

El siguiente manuscrito científico busca analizar cuáles son los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en pacientes con amputación de miembro inferior durante el tratamiento de rehabilitación. Se realizó una revisión sistemática de estudios y literatura científica actual donde se compararon los métodos convencionales de entrenamiento y el BFR en cuanto a la ganancia de fuerza muscular, la prevención de atrofia y funcionalidad. Existen procesos fisiológicos claves que están implicados como el estrés metabólico, la activación de fibras musculares rápidas y la estimulación de vías anabólicas. Los resultados indican que el BFR es una alternativa útil y segura en etapas tempranas del tratamiento para pacientes amputados de miembro inferior donde no se puede aplicar cargas elevadas.

Palabras claves: restricción del flujo sanguíneo, amputados, rehabilitación, atrofia muscular, hipertrofia muscular

Abstract

The following scientific manuscript seeks to analyze the effects of blood flow restriction (BFR) training in lower-limb amputee patients during rehabilitation treatment. A systematic review of current studies and scientific literature was conducted, comparing conventional training methods and BFR in terms of muscle strength gains, atrophy prevention, and functionality. Key physiological processes are involved, such as metabolic stress, activation of fast-twitch muscle fibers, and stimulation of anabolic pathways. The results indicate that BFR is a useful and safe alternative in the early stages of treatment for lower-limb amputee patients where high loads cannot be applied.

Key Words: blood flow restriction, amputees, rehabilitation, muscle atrophy, muscle hypertrophy

Introducción

El proceso que conlleva la amputación de un miembro inferior representa una situación clínica y social compleja para los pacientes, debido a los desafíos físicos, emocionales y funcionales que implica. La pérdida de un miembro afecta significativamente la movilidad y la autonomía, y puede derivar en complicaciones musculoesqueléticas, como atrofia muscular, la disminución de la fuerza y la descompensación biomecánica.

Las actividades de la vida diaria y el uso adecuado de la prótesis están condicionadas directamente por la rehabilitación que lleve a cabo el paciente y los factores iniciales de este. Por lo que la rehabilitación física juega un rol fundamental para restaurar las funciones motoras y prevenir el deterioro muscular, mejorando la calidad de vida de las personas con amputación.

El entrenamiento de fuerza convencional ha sido uno de los aspectos más importantes de la rehabilitación de pacientes con amputación de miembros inferiores, pero investigaciones recientes como la de (Rosario et al., 2023) demostró que el entrenamiento de resistencia no solo mejora la fuerza muscular, sino también el equilibrio y el patrón de marcha, que son esenciales para el uso correcto de la prótesis. Con relación a esto (Vittar, 2022) corroboran que los programas estructurados de fuerza inciden positivamente en la funcionalidad de la marcha, aunque enfatizan en la necesidad de una intervención interdisciplinaria y centrada en un enfoque biopsicosocial.

Existen limitaciones en que se presenta en los pacientes en su proceso de rehabilitación como el dolor que puede aparecer al momento del entrenamiento convencional con cargas elevadas, debilidad extrema o riesgo de lesión. Debido a esto el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR, por sus siglas en inglés) ha emergido como una alternativa prometedora. Esta técnica consiste en la aplicación de manguitos o torniquetes neumáticos que ocluyen parcialmente el flujo sanguíneo en las extremidades, permitiendo generar adaptaciones musculares significativas con cargas bajas, usualmente entre 20% y el 40% y el 1RM (Villalba, 2022).

En el mismo sentido Saraf, Goyal y Goyal, (2022) señalan que el BFR favorece la activación de fibras musculares tipo IIB y desencadena respuestas hormonales anabólicas incluso con ejercicios de baja intensidad, lo que resulta especialmente útil en contextos de atrofia por desuso.

La eficacia del BFR ha sido respaldada por diversas revisiones sistemáticas que destacan su utilidad en la rehabilitación musculoesquelética, así como en poblaciones con limitaciones funcionales como adultos mayores o pacientes en recuperación postquirúrgica

(Hughes et al., 2017). No obstante, a pesar de su potencial, su aplicación específica en personas con amputación de miembros inferiores aún se encuentra poco explorada. Existen vacíos importantes en la literatura respecto de su efectividad, seguridad, y protocolos óptimos para este grupo particular de pacientes, lo que justifica la necesidad de investigaciones específicas orientadas a este contexto clínico.

La terapia con Restricción de Flujo Sanguíneo (BFR) se basa en la creación de un ambiente hipóxico en el músculo activo, lo cual incrementa el estrés metabólico y potencia los mecanismos de hipertrofia y ganancia de fuerza a través de vías como la señalización mTOR, el aumento del reclutamiento de fibras musculares rápidas y la liberación de hormonas anabólicas como la hormona de crecimiento y el IGF-1. A partir de estos principios, se ha propuesto que esta técnica puede ser altamente beneficiosa para pacientes amputados ya que permite contrarrestar la atrofia muscular sin recurrir a cargas elevadas que podrían comprometer la integridad de la extremidad residual o el equilibrio corporal.

El presente manuscrito busca analizar el impacto del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en la rehabilitación de pacientes con amputación de miembro inferior, enfocándose en su eficacia para mejorar la fuerza muscular, la funcionalidad y la adaptación protésica. Considerando los escasos estudios específicos en amputados, este estudio busca reunir y examinar los hallazgos existentes sobre dicha terapia para poder optimizar los programas de rehabilitación y ayudar a integrar de forma eficaz el uso protésico.

Existen vacíos importantes en la literatura respecto de la efectividad, seguridad y protocolos óptimos del BFR para pacientes con amputación de miembro inferior, lo que justifica la necesidad de investigaciones específicas.

La amputación de un miembro inferior genera un cambio estructural y de la función del sistema musculoesquelético que afecta la movilidad, el equilibrio, la fuerza y la calidad de vida del paciente. Esto genera una variedad de distintas complicaciones funcionales. Entre ellas la atrofia muscular, particularmente en la extremidad residual, así como en otras zonas del cuerpo debido a la compensación postural o al desuso prolongado. Este escenario destaca la importancia de estrategias de entrenamiento seguras y eficaces para contrarrestar dichos efectos y facilitar la rehabilitación integral.

Teniendo en cuenta lo anterior, el presente manuscrito tiene como *objetivo general* analizar los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) sobre la fuerza muscular y la prevención de la atrofia en personas con amputación de miembro inferior durante su rehabilitación física. Para lograr este propósito, se establecen los siguientes *objetivos específicos*:

Describir los mecanismos fisiológicos y bases teóricas que sustentan el uso del BFR en procesos de rehabilitación.

Comparar los beneficios del BFR frente a otros métodos convencionales de entrenamiento aplicados en la rehabilitación de personas con amputación.

Identificar las recomendaciones actuales, los protocolos de aplicación, limitaciones y riesgos reportados en la aplicación del BFR en esta población específica.

Marco teórico

Entrenamiento con Restricción del Flujo Sanguíneo

El Entrenamiento con Restricción del Flujo Sanguíneo (BFR, por sus siglas en inglés) es una técnica que consta en aplicar un manguito neumático en la región proximal de los miembros para restringir parcialmente el flujo venoso. Esto induce un ambiente hipóxico y aumenta el estrés metabólico, lo que permite lograr adaptaciones musculares con cargas suaves (20-40% de 1RM), como aumentar la fuerza y la hipertrofia muscular con efectos comparables al entrenamiento con cargas altas. En este sentido, Grgicevic y Sergiani (2024) señalan que:

El método de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo ha demostrado cambios positivos en el desarrollo de la fuerza muscular en comparación a pacientes que realizaron entrenamiento de resistencia de alta y moderada carga, ya que los dos grupos obtuvieron porcentajes similares de ganancia de fuerza, pero los grupos control experimentaron un mayor dolor al realizar estos ejercicios, por lo que estos pacientes podrían beneficiarse con este método de entrenamiento y rehabilitación. (p.44)

Fundamentos Fisiológicos:

Hipoxia localizada y Estrés Metabólico

La restricción del flujo sanguíneo genera un ambiente de hipoxia local en el músculo activo, lo cual estimula la acumulación de metabolitos como lactato y fosfato inorgánico, desencadenando un aumento significativo del estrés metabólico. Este fenómeno actúa como un potente estímulo anabólico para la hipertrofia muscular. En este sentido, González Pérez et al.,(2020) indican que:

[...] Con el objetivo de reducir de manera parcial la cantidad de sangre que llega a los tejidos por un tiempo determinado, generando un fenómeno de hipoxia, el cual asemeja a realizar ejercicio en condiciones anaeróbicas, con las consiguientes respuestas fisiológicas y metabólicas [...].(p. 93)

Reclutamiento acelerado de fibras musculares tipo II

En condiciones hipóxicas inducidas por BFR, el cuerpo recurre de forma temprana al reclutamiento de fibras tipo II (glucolíticas y de contracción rápida), las cuales son responsables de mayores ganancias en fuerza e hipertrofia (Rosario et al., 2023). Esto resulta

particularmente beneficioso en personas con amputación, donde el uso de cargas altas podría estar contraindicado.

Respuesta endocrina anabólica

Como consecuencia del estrés metabólico generado, se produce una respuesta hormonal anabólica caracterizada por un aumento de la hormona del crecimiento (GH), el IGF-1 y la testosterona, lo que promueve la síntesis proteica muscular y contribuye a la recuperación funcional. Esta respuesta es esencial para pacientes con atrofia por desuso, como en el caso de los amputados.

Activación de Rutas de señalización celular

Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento con BFR activa rutas anabólicas como la vía mTOR, clave para el crecimiento muscular, al favorecer la síntesis de proteínas, el desarrollo de nuevas miofibrillas y la hipertrofia.

Bahamondes-Ávila et al., (2020) señalan que “La activación simultánea de las vías de señalización de mTORC1 y proteína kinasa activada por mitógenos (MAPK) son necesarias para inducir una respuesta máxima de síntesis proteica muscular después del ejercicio de fuerza” (p.6). Esta activación se logra sin la necesidad de aplicar estímulos mecánicos de alta intensidad, lo que la vuelve una estrategia segura en contextos clínicos delicados.

Seguridad y Protocolos

Para garantizar la seguridad del BFR, como menciona Villalba (2022), “el entrenamiento con restricción al flujo sanguíneo no presenta complicaciones asociadas distintas al entrenamiento convencional de carga elevada siempre que se cumplan las recomendaciones de su uso” (p.53).

En cuanto a los protocolos de entrenamiento Villalba, (2022) señala “en caso de escoger el método contra resistencia, se recomienda emplear una carga de 20-40% de 1 RM*, entre 2 y 4 series de 75 repeticiones distribuidos en bloques de 30-15-15-15” (p. 54). Aquí, la supervisión profesional es fundamental para evitar riesgos como daño vascular o dolor excesivo.

Aplicabilidad en Amputados

Aunque la literatura científica sobre la aplicación del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR, por sus siglas en inglés) en personas con amputación de miembro inferior aún es limitada, los hallazgos en otros contextos permiten proyectar su utilidad. En poblaciones que han atravesado períodos de inmovilización, cirugías ortopédicas o enfermedades que cursan con pérdida de masa muscular, el BFR ha demostrado ser eficaz para prevenir la atrofia, estimular la hipertrofia y favorecer el aumento de la fuerza incluso con cargas muy bajas. Esta particularidad lo convierte en una alternativa especialmente interesante para pacientes que no pueden tolerar entrenamientos convencionales de alta intensidad, como es el caso de muchos amputados durante la rehabilitación temprana.

Más allá del fortalecimiento local, este enfoque también impacta en la funcionalidad global. En personas con amputación, la extremidad residual no solo necesita mantener su integridad muscular, sino que además cumple un rol fundamental en la adaptación a la prótesis. Cuanto mayor sea su capacidad de generar fuerza y estabilidad, más eficiente será la marcha y más rápido el proceso de reintegración a las actividades cotidianas. En este sentido, el BFR podría convertirse en un puente terapéutico entre la fase inicial de recuperación, marcada por la fragilidad y la desconfianza, y la etapa de entrenamiento funcional más avanzado.

Vittar (2022) resalta que “la disminución de la función física interfiere en la marcha normal, produciendo alteraciones en el equilibrio, fuerza corporal y desplazamiento, ya que se producen cambios en las distribuciones de peso por la falta de un miembro” (p. 6). Esta afirmación pone en evidencia la magnitud del desafío al que se enfrentan las personas amputadas: no se trata únicamente de recuperar fuerza, sino de reorganizar patrones motores, readaptar el equilibrio y redistribuir cargas corporales. En este contexto, aplicar estrategias que potencien la musculatura de manera segura y progresiva no es solo una cuestión de rendimiento físico, sino una necesidad funcional que puede marcar la diferencia en la autonomía y calidad de vida del paciente.

Si bien aún resta investigar con mayor profundidad los efectos del BFR en este grupo específico, los resultados obtenidos en pacientes con sarcopenia, lesiones deportivas o posquirúrgicos sugieren un camino prometedor. Estos estudios muestran mejoras en la fuerza, la resistencia muscular y la composición corporal, lo que abre la posibilidad de trasladar estos beneficios al campo de la rehabilitación protésica. Por ello, el BFR se perfila como una herramienta innovadora que, integrada a los programas de fisioterapia y entrenamiento, podría optimizar la recuperación y acortar los tiempos de adaptación, siempre bajo supervisión profesional y protocolos individualizados.

Métodos

Diseño, Enfoque y Tipo de Investigación

Se realizó una revisión sistemática de la literatura, con un enfoque analítico y descriptivo, destinada a sintetizar la evidencia actual sobre el uso del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en la rehabilitación de personas con amputación de miembro inferior.

Fuentes de Información y Criterios de Selección

La búsqueda se efectuó en las bases de datos PubMed, Scopus y Web of Science. Además, se realizaron búsquedas complementarias en Google Scholar para incluir estudios relevantes no indexados en las bases principales.

Se utilizaron combinaciones de palabras claves como:

“Blood Flow Restriction”, “BFR”, “amputation”, “lower limb”, “rehabilitation”, “muscle strength”, “atrophy”, “prosthesis”, “hipertrofia”, “fuerza muscular”, “amputación”, “rehabilitación”, combinadas mediante operadores booleanos (AND, OR).

Criterios de Inclusión:

- Artículos originales (ensayos clínicos, estudios observacionales)
- Estudios que evaluaran los efectos del entrenamiento con BFR en fuerza muscular o prevención de atrofia en personas con amputación de miembro inferior
- Estudios en contexto de rehabilitación física.

Criterios de exclusión:

- Revisiones de literatura no sistemáticas, editoriales, cartas al editor, estudios en animales.
- Trabajos que no reportan resultados sobre fuerza muscular, hipertrofia o funcionalidad
- Se excluyeron estudios publicados antes del año 2016

Procedimiento de Búsqueda y Selección

La búsqueda se realizó en el mes de Abril de 2025.

El proceso de selección de artículos se realizó en dos etapas:

1. Evaluación inicial por título y resumen
2. Evaluación a texto completo según los criterios de inclusión y exclusión establecidos.

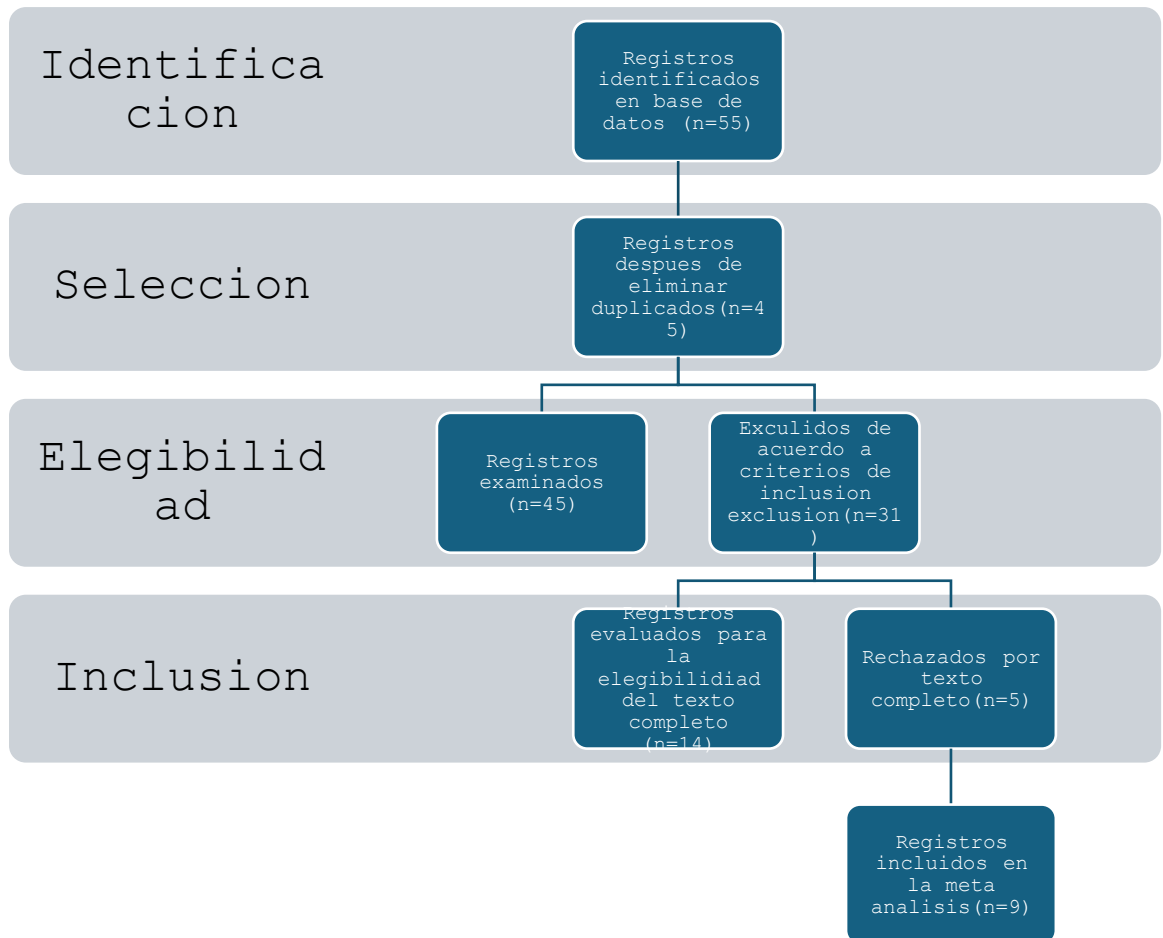
Extracción y Análisis de Datos

La extracción de datos se realizó utilizando una tabla estandarizada que incluye las siguientes variables:

- Autor y Año de publicación
- Diseño del estudio
- Características de la población (número de participantes, nivel de amputación, fase de rehabilitación)
- Detalles del protocolo de BFR (Presión aplicada, frecuencia, volumen, tipo de ejercicio complementario) (Ver Imagen 1).
- Resultados sobre fuerza muscular, atrofia y funcionalidad

El análisis de los datos se llevó a cabo mediante una síntesis cualitativa y narrativa, agrupando los hallazgos en relación a la eficacia del BFR en la población objetivo, los protocolos utilizados, la seguridad y la aplicabilidad clínica, en concordancia con los objetivos específicos del estudio.

Imagen 1: Diagrama PRISMA Identificación, Selección, Elegibilidad e Inclusión de Artículos.



Fuente: Elaboración propia.

Resultados

En este manuscrito científico se analizaron 9 artículos que cumplían con los criterios de inclusión establecidos (Ver Anexo, Tabla 1).

Se realizó un análisis de la utilización del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en personas con amputación de miembro inferior o en poblaciones con alguna característica comparable.

En relación a la eficacia del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en la mejora de la fuerza muscular, se analizó que los estudios demostraron que los grupos musculares proximales al sitio de la amputación mejoraron su fuerza de manera consistente. Se utilizaron cargas bajas combinadas con BFR en los programas de rehabilitación logrando adaptaciones similares a la que suceden con cargas altas y sin BFR.

Por ejemplo, Hughes et al., (2017) demostraron en pacientes en rehabilitación musculoesquelética que el uso de BFR con cargas del 20-40% de 1RM produjo mejoras significativas en fuerza y masa muscular, comparables al entrenamiento de alta carga.

Con respecto a los efectos del BFR sobre la masa muscular, se vieron buenos resultados tanto en el mantenimiento como en el incremento del volumen muscular en situaciones donde sería normal perder masa muscular, como en procesos de inmovilización prolongada o desuso posterior a la amputación. El hecho de que no haya una pérdida de masa muscular contribuye positivamente a un proceso de recuperación más eficiente.

En esta línea, Villalba (2022) reportó que la aplicación de protocolos con BFR (30-15-15-15 repeticiones, 20-30% 1RM) promovió hipertrofia y mantuvo la masa muscular en adultos mayores y pacientes en rehabilitación postquirúrgica, con buena tolerancia clínica.

También se vieron cambios en la funcionalidad general del paciente donde a través de pruebas funcionales como la marcha, el equilibrio y la ejecución de actividades de la vida diaria. Estos estudios indican que el BFR no solo tiene un impacto y mejora en aspectos estructurales o de fuerza de forma aisladas sino que tiene un papel superlativo en la mejora de la autonomía y calidad de vida del paciente.

En concordancia, Rosario et al., (2023) encontraron que en personas con amputación de miembro inferior el entrenamiento de fuerza mejoro el equilibrio y la marcha, aspectos claves para el uso de prótesis.

Es importante que el proceso de aplicación de la técnica sea de forma segura por lo que existen protocolos de seguridad donde se busca asegurar que no aparezcan efectos adversos graves y que las molestias que surjan sean leves y transitorias.

Discusión

El presente trabajo de revisión tuvo como propósito principal analizar el impacto del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) en la rehabilitación de pacientes con amputación de miembro inferior, y los resultados sintetizados de la literatura científica aportan hallazgos relevantes que refuerzan su potencial como una herramienta innovadora en el campo de la kinesiología. La evidencia revisada demuestra que el BFR se posiciona como una alternativa prometedora para contrarrestar la atrofia muscular y promover la ganancia de fuerza en esta población, especialmente en etapas tempranas de la rehabilitación donde la aplicación de cargas elevadas puede ser dolorosa o inviable.

Los datos revisados confirman que los efectos del BFR sobre la hipertrofia y la fuerza muscular se basan en mecanismos fisiológicos bien documentados. La hipoxia muscular inducida por la oclusión parcial del flujo sanguíneo incrementa significativamente el estrés metabólico, lo que a su vez estimula vías anabólicas clave como la señalización de mTOR y la liberación sistémica de hormona de crecimiento e IGF-1. Estos procesos, que normalmente requieren ejercicios de alta intensidad (más del 60% de 1RM), se activan con cargas tan bajas como el 20-40% de 1RM bajo las condiciones que el BFR provoca. Esta capacidad de generar adaptaciones musculares con baja tensión mecánica resulta ser un beneficio crucial para los pacientes con amputación, cuyo muñón residual puede no tolerar altas cargas debido al dolor, la debilidad o la inestabilidad.

Al comparar el BFR con los métodos de entrenamiento convencional, la literatura sugiere que la restricción del flujo sanguíneo ofrece una ventaja particular: permite obtener resultados similares en términos de ganancia de fuerza y masa muscular sin los riesgos asociados a la sobrecarga. Esto es especialmente importante para la rehabilitación de personas amputadas, donde el enfoque se centra en restaurar la funcionalidad, el equilibrio y la adaptación a la prótesis de manera segura. El estudio de Villalba (2022) refuerza que, al seguir protocolos de seguridad y colocación de manguitos, el BFR es una técnica de fácil aplicación y con un perfil de riesgo favorable en comparación con el entrenamiento de alta carga.

A pesar de su evidente potencial, la aplicación del BFR en la rehabilitación de amputados presenta desafíos y limitaciones importantes. La principal limitación identificada en la literatura es la escasez de ensayos clínicos aleatorizados y estudios de alta calidad metodológica enfocados específicamente en esta población. La mayoría de la evidencia disponible proviene de estudios en atletas o adultos mayores, lo que limita la generalización directa de los protocolos y resultados. La heterogeneidad en los protocolos de aplicación

(presión de oclusión, duración, frecuencia) también representa un desafío para establecer recomendaciones estandarizadas.

En síntesis, los resultados de esta revisión apoyan que el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo es una terapia prometedora y segura para la rehabilitación de personas con amputación de miembro inferior. Su capacidad para inducir hipertrofia y ganancia de fuerza con cargas bajas lo convierte en una herramienta invaluable para abordar la atrofia muscular en etapas tempranas del tratamiento. Se recomienda su integración en los programas de rehabilitación kinésica, siguiendo protocolos de aplicación seguros. No obstante, se necesitan más investigaciones de alta calidad para definir guías claras para su implementación en esta población específica, maximizando así los beneficios funcionales y la integración prostética.

Referencias

- Bahamondes-Ávila, C., Ponce-Fuentes, F., Chahin-Inostroza, N., Bracho-Milic, F., & Navarrete-Hidalgo, C. (2020).** Entrenamiento de fuerza con restricción parcial del flujo sanguíneo en adultos mayores con sarcopenia. *Revista Cubana de Salud Pública*, 46(3), e1105. Recuperado de: <https://www.scielo.org/article/rcsp/2020.v46n3/e1105/>
- González Pérez, D. A., Castillo Retamal, M., & Villena Pereira, J. A. (2020).** Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre el tejido muscular y óseo: un estudio piloto. *Archivos de Medicina del Deporte*, 37(196), 92–98. Recuperado de: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7562964>
- Grgicevic, S., & Sergiani, I. (2024).** Efectos del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo sobre la fuerza y la hipertrofia muscular en los pacientes con artrosis de rodilla Tesina de grado, Licenciatura en Kinesiología y Fisiatría. *Instituto Universitario del Gran Rosario*. Recuperado de: <https://rid.ugr.edu.ar/handle/20.500.14125/1123>
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., Patterson, S. D., & Scott, B. R. (2017).** Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003–1011. Recuperado de: <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>

- Rosario, M. L. V. V., Costa, P. B., da Silveira, A. L. B., Florentino, K. R. C., Casimiro-Lopes, G., Pimenta, R. A., Dias, I., & Bentes, C. M. (2023).** Effects of resistance training in individuals with lower limb amputation: a systematic review. *Journal of Functional Morphology and Kinesiology*, 8(1), 23. Recuperado de: <https://doi.org/10.3390/jfmk8010023>
- Saraf, A., Goyal, M., & Goyal, K. (2022).** Blood flow restriction training—an Overview and implication in new generation physical therapy: a narrative review. *Journal of Lifestyle Medicine*, 12(2), 63–68. Recuperado de: <https://doi.org/10.15280/jlm.2022.12.2.63>
- Villalba, F. J. (2022).** Entrenamiento con restricción al flujo sanguíneo. *Archivos de la Asociación Argentina de Rehabilitación*, 4(1), 52–56. Recuperado de: <https://doi.org/10.58172/ajrpt.v4i1.215>
- Vittar, M. G. (2022).** Efectos de un programa de entrenamiento de fuerza para personas amputadas en el uso de prótesis, del Centro de Rehabilitación Física de la Provincia de Salta [Tesis de licenciatura, Universidad Abierta Interamericana]. Recuperado de: <https://repositorio.uai.edu.ar/bitstreams/72f37d92-ce19-45ac-8e34-352ee06f4c2e/download>
- Villalba, F. J. (2022).** Entrenamiento con restricción al flujo sanguíneo. *Archivos de la Asociación Argentina de Rehabilitación*, 4(1), 52–56. Recuperado de: <https://doi.org/10.58172/ajrpt.v4i1.215>

Anexo

Tabla 1: Extracción de datos de los estudios incluidos

Autor Año	Características de la Población	Detalles del Protocolo	Resultados
Hughes et al., 2017	Pacientes en rehabilitación musculoesquelética	en BFR con cargas bajas (20-40% 1RM), presión 40-60% de oclusión	Mejoras significativas en fuerza y masa muscular comparables al entrenamiento de alta carga
Rosario et al., 2023	Personas con amputación de miembro inferior	Programas de fuerza con y sin BFR	Aumento de fuerza y equilibrio, mejoras en marcha y funcionalidad
Vittar, 2022	Pacientes amputados en rehabilitación	Entrenamiento de fuerza supervisado	Mejoras en fuerza, funcionalidad y adaptación al uso de prótesis
Villalba, 2022	Pacientes en rehabilitación postquirúrgica y adultos mayores	en BFR: 30-15-15-15 Repeticiones, cargas 20-30 % 1RM	Hipertrofia y fuerza con cargas bajas: buena tolerancia clínica
Saraf, Goyal & Gotal, 2022	Pacientes en fisioterapia general	en Ejercicios con BFR en extremidades	Activación de fibras rápidas, aumento de síntesis proteica y recuperación funcional
González Pérez, D. A., Castillo Retamal, M., & Villena Pereira, J. A. (2020).	Jóvenes moderadamente entrenados (n=16)	4 protocolos: electroestimulación + BFR, caminata + BFR, sentadillas +	Mejoras en fuerza, hipertrofia y parámetros óseos. ENMS + BFR y caminata + BFR

		BFR, solo BFR (11 semanas)	mostraron mejores resultados. No hubo diferencias significativas entre grupos
Grgicevic, S., & Sergiani, I. (2024)	Adultos mayores con sarcopenia	Revisión de ensayos y metaanálisis sobre fuerza con BFR	Incremento de fuerza y masa muscular; alternativa segura y costo-efectiva frente al entrenamiento de alta carga
Bahamondes-Ávila, C., Ponce-Fuentes, F., Chahin-Inostroza, N., Bracho-Milic, F., & Navarrete-Hidalgo, C. (2020)	Pacientes con artrosis de rodilla	Revisión bibliográfica (2013-2023) de 7 estudios	Mejoría moderada en fuerza e hipertrofia comparado con entrenamiento sin BFR; opción terapéutica viable en artrosis de rodilla

Fuente: Elaboración propia a partir de artículos seleccionados.