

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. una revisión sistemática.

Acute and chronic effects produced by the combination of blood flow restriction and lower limb electrostimulation. A systematic review.

Sergio Carbajo-Mateos¹; Lorenzo Antonio Justo-Cousiño^{2,3*}; Salvador Santiago-Pescador^{1,4}

¹ Universidad Europea Miguel de Cervantes, Facultad de las Ciencias de la Salud. Valladolid.

² Universidade de Vigo, Facultade de Fisioterapia. Campus A Xunqueira. Pontevedra, Galicia.

³ Grupo de Investigación Fisioterapia Clínica (FS1), Instituto de Investigación Sanitaria Galicia Sur (IIS Galicia Sur), SERGAS-UVIGO, Galicia, España.

⁴ i+HeALTH, Departamento de Ciencias de la Salud. Universidad Europea Miguel de Cervantes, Valladolid, España.

*Autor para correspondencia: Lorenzo Antonio Justo-Cousiño, lorenzo.antonio.justo@gmail.com

Cronograma editorial: *Artículo recibido 23/07/2024 Aceptado: 15/04/2025 Publicado: 01/07/2025*
<https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Para citar este artículo, utilice la siguiente referencia:

Carbajo-Mateos, S.; Justo-Cousiño, L.A.; Santiago-Pescador, S. (2025). Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática. Sportis Sci J, 11 (3), 1-26
<https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Contribución del autor: Todos los autores contribuyeron de forma equitativa al trabajo.

Financiamiento: La publicación del estudio fue financiado por la Universidad Europea Miguel de Cervantes (UEMC).

Conflicto de intereses: Los autores declaran no tener ningún tipo de conflicto.

Aspectos éticos: El estudio declara los aspectos éticos.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Resumen

El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) y la electroestimulación neuromuscular (EENM) aplicada de forma aislada son terapias efectivas para la rehabilitación. Sin embargo, la combinación de las mismas, ya se utilizan en el campo de la rehabilitación y el deporte. Con el objetivo de conocer los efectos agudos y crónicos de dicha combinación se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos de PubMed, Web of Science y PEDro. Se incluyeron ensayos clínicos aleatorizados (ECA) que aplicaran la combinación de BFR y EENM en miembro inferior en seres humanos. Se incluyeron un total de 6 ECAs. Los estudios incluidos utilizaron diferentes protocolos de BFR y EENM con mediciones de resultados heterogéneas, por tanto, se realizó un análisis cualitativo. Tres de los seis artículos analizaron la fuerza del cuádriceps y demostraron una mejora significativa tras la combinación de BFR y EENM. La masa muscular se analizó en dos estudios, aunque solamente uno demostró aumentos significativos tras la combinación de BFR y EENM. La fatiga fue analizada en dos artículos, siendo esta mayor al combinar la BFR con la EENM en la intervención. Como conclusión, los resultados de esta revisión indican que el entrenamiento combinado de BFR y EENM puede ser beneficioso para mejorar la fuerza del cuádriceps, así como la prevención de pérdida masa muscular durante una inmovilización.

Palabras clave: electroestimulación; oclusión; fuerza; fatiga; rehabilitación

Abstract

Blood flow restriction training (BFR) and neuromuscular electrostimulation (NMES) are effective rehabilitation therapies. However, the combination of these therapies is already used in rehabilitation and sports. With the aim of finding out the acute and chronic effects of this combination, a literature search was carried out in PubMed, Web of Science and PEDro databases. Randomized clinical trials (RCT) applying the combination of BFR and NMES in the lower limb in humans were included. A total of 6 RCTs were included. The included studies used different BFR and EENM protocols with heterogeneous outcome measurements, therefore, a qualitative analysis was performed. Three of the six articles analyzed quadriceps strength and demonstrated a significant improvement after combining BFR and NMES. Muscle mass was analysed in two studies, although only one showed significant increases following the combination of BFR and NMES. Fatigue was analysed in two articles, with fatigue being greater when BFR was combined with NMES in the intervention. In conclusion, the results of this review indicate that combined BFR and NMES training may be beneficial for quadriceps strength and preventing muscle mass loss during immobilisation.

Keywords: electrostimulation; occlusion; strength; fatigue; rehabilitation

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Introducción

El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo (BFR, del inglés “*blood flow restriction*”) es una técnica emergente en el ámbito del ejercicio y la rehabilitación que ha llamado la atención en la comunidad científica (Biral et al., 2025; Centner et al., 2019).

El entrenamiento con BFR es un método que consiste en disminuir el flujo sanguíneo arterial de un músculo, ya sea parcial o completamente –en este caso se llamaría entrenamiento oclusivo– mediante la aplicación de un manguito de presión o un torniquete, con el objetivo de proporcionar una compresión mecánica del sistema vascular (Patterson et al., 2019; Slys et al., 2016). Esa compresión mecánica se produce con el inflado del manguito, afectando al flujo sanguíneo que fluye por debajo del manguito e impidiendo a su vez el retorno venoso, suministrando menos oxígeno al músculo esquelético, lo que conlleva a hipoxia (Patterson et al., 2019).

El entrenamiento con BFR se puede aplicar tanto de forma pasiva, así como de forma activa, durante un ejercicio de fuerza o ejercicio aeróbico (Patterson et al., 2019). Se ha demostrado que la BFR pasiva previene la pérdida de fuerza durante periodos de inmovilización (Kubota et al., 2008), aunque debe combinarse con ejercicios de fuerza para obtener ganancias musculares significativas (Chu et al., 2024; Loenneke et al., 2012; Slys et al., 2016). Combinar un entrenamiento de BFR junto a un ejercicio de baja intensidad, en torno al 30% de la repetición máxima (RM), induce una hipertrofia de la musculatura activa (Hughes et al., 2017; Kong et al., 2022). De esta forma se evita aplicar altas intensidades de trabajo (p. ej., 70% 1RM), las cuales son necesarias para ejercer una tensión mecánica suficiente para provocar un aumento de la masa muscular (Helms et al., 2019; Zhang et al., 2024). Hay que tener en cuenta que el entrenamiento con resistencias de alta intensidad puede estar contraindicado en diversas condiciones clínicas (Li et al., 2023; Vopat et al., 2020). Asimismo, la literatura científica también ha demostrado que el entrenamiento aeróbico combinado con un entrenamiento de BFR puede proporcionar mejoras de fuerza e hipertrofia al músculo esquelético (Abe et al., 2006; Loenneke et al., 2012).

Aunque la aplicación de BFR pasiva podría ser una excelente elección en pacientes inmovilizados, cuenta con ciertas limitaciones, puesto que no produce una mayor activación y adaptación neuromuscular que el entrenamiento de fuerza tradicional de alta intensidad (Li et

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

al., 2023). No obstante, la combinación de la BFR junto a la aplicación de la electroestimulación neuromuscular (EENM) podría ser de utilidad en este tipo de pacientes a prevenir la atrofia muscular y el déficit de fuerza provocados por la inmovilización, así como el dolor. La EENM consiste en aplicar estímulos eléctricos a fibras musculares mediante electrodos colocados sobre la piel con el objetivo de proporcionar un efecto terapéutico agudo y/o crónico (Maffiuletti et al., 2018). En concreto, la EENM consiste en la aplicación de estímulos eléctricos intermitentes y de alta intensidad para generar contracciones musculares relativamente fuertes, utilizada principalmente para la rehabilitación neuromuscular y el entrenamiento de fuerza (Maffiuletti et al., 2018). La EENM ha mostrado ser eficaz en la minimización de atrofia muscular, aumento de fuerza de contracción muscular durante el ejercicio y mejora de la función del mismo (Kong et al., 2022). En este contexto, la EENM se ha estudiado en poblaciones especiales, como son enfermos críticos (García Pérez de Sevilla & Sánchez Pinto Pinto, 2023), pacientes con sarcopenia, pacientes neurológicos y con problemas ortopédicos, pacientes con insuficiencia cardíaca crónica (Maffiuletti et al., 2018) e incluso en pacientes con enfermedad pulmonar obstructiva crónica (Jones et al., 2016).

Considerando la información previamente expuesta, la combinación de la BFR con la EENM podría ser una herramienta útil en determinados pacientes, ya que se podrían aumentar los efectos inducidos por la BFR o EENM aplicadas de forma aislada sobre la fuerza, hipertrofia, fatiga y el dolor percibido. Por lo tanto, el objetivo de la presente revisión sistemática consiste en investigar los efectos agudos y crónicos de la combinación de la intervención de BFR con la EENM en miembros inferiores.

Método

Estrategia de búsqueda

La búsqueda de información se realizó durante el mes de noviembre de 2023. Se han consultado tres bases de datos: PubMed, Web of Science (WOS) y Physiotherapy Evidence Database (PEDro). Los términos de búsqueda empleados fueron: “Blood flow restriction”, “Vascular occlusion”, “Vascular restriction”, “Electrical stimulation” y “NMES”.

Para ello, se utilizaron los operadores booleanos OR y/o AND según correspondía. Las ecuaciones de búsqueda concretas en cada base de datos fueron las siguientes:

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

- PubMed:

- “(blood flow restriction[Title/Abstract]) AND (electrical stimulation[Title/Abstract])”;
- “((blood flow restriction[Title/Abstract]) OR (vascular occlusion[Title/Abstract])) AND (electrical stimulation[Title/Abstract])”;
- “(blood flow restriction[Title/Abstract]) AND (NMES[Title/Abstract])”;
- “((blood flow restriction[Title/Abstract]) OR (vascular occlusion[Title/Abstract])) AND (NMES[Title/Abstract])”
- “((vascular occlusion[Title/Abstract]) OR (vascular restriction[Title/Abstract])) AND (electrical stimulation[Title/Abstract])”;
- “((vascular occlusion[Title/Abstract]) OR (vascular restriction[Title/Abstract])) AND (NMES[Title/Abstract])”.

La búsqueda en PubMed fue realizada el 22 de noviembre de 2023.

- WOS:

- “(TS=(blood flow restriction)) AND TS=(electrical stimulation)”;
- “((TS=(blood flow restriction)) OR TS=(vascular occlusion)) AND TS=(electrical stimulation)”.

Filtro aplicado: Clinical Trial. La búsqueda en WOS fue realizada el 23 de noviembre de 2023.

- PEDro:

- “blood flow restriction AND electrical stimulation”;
- “blood flow restriction and NMES”.

Criterios de selección

Para la selección de los artículos se aplicaron los siguientes criterios de inclusión:

- Ensayos clínicos aleatorizados (ECA).
- La intervención se realizó en miembro inferior.
- Al menos un grupo/condición de intervención combinara la BFR con EENM.
- Idioma de la publicación en español o inglés.
- Ensayos realizados exclusivamente en humanos.

Como criterios de exclusión:

- Intervención en pacientes con lesión medular espinal.
- Sujetos con patologías no musculoesqueléticas.

Calidad metodológica

El análisis de la calidad metodológica se evaluó mediante la escala PEDro, la cual permite cuantificar de forma objetiva tanto la validez interna (criterios 2-9) como la validez

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

externa (criterio 1) de los ECAs. No obstante, la escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la “validez” de las conclusiones de un estudio, ya que este tipo de herramientas se centran en la identificación de los posibles sesgos (Matos & Pegorari, 2020). Tampoco debería utilizarse para comparar la “calidad” de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, puesto que no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia (de Morton, 2009). Por tanto, deben realizarse otras consideraciones para valorar si el efecto del tratamiento es relevante o si los efectos positivos superan a los negativos. En la realización de este trabajo se han tenido en cuenta los criterios PRISMA para revisiones sistemáticas (Page et al., 2021). Para analizar el nivel de evidencia científica se utilizaron los criterios de van Tulder (van Tulder et al., 2003).

Resultados

Búsqueda de resultados

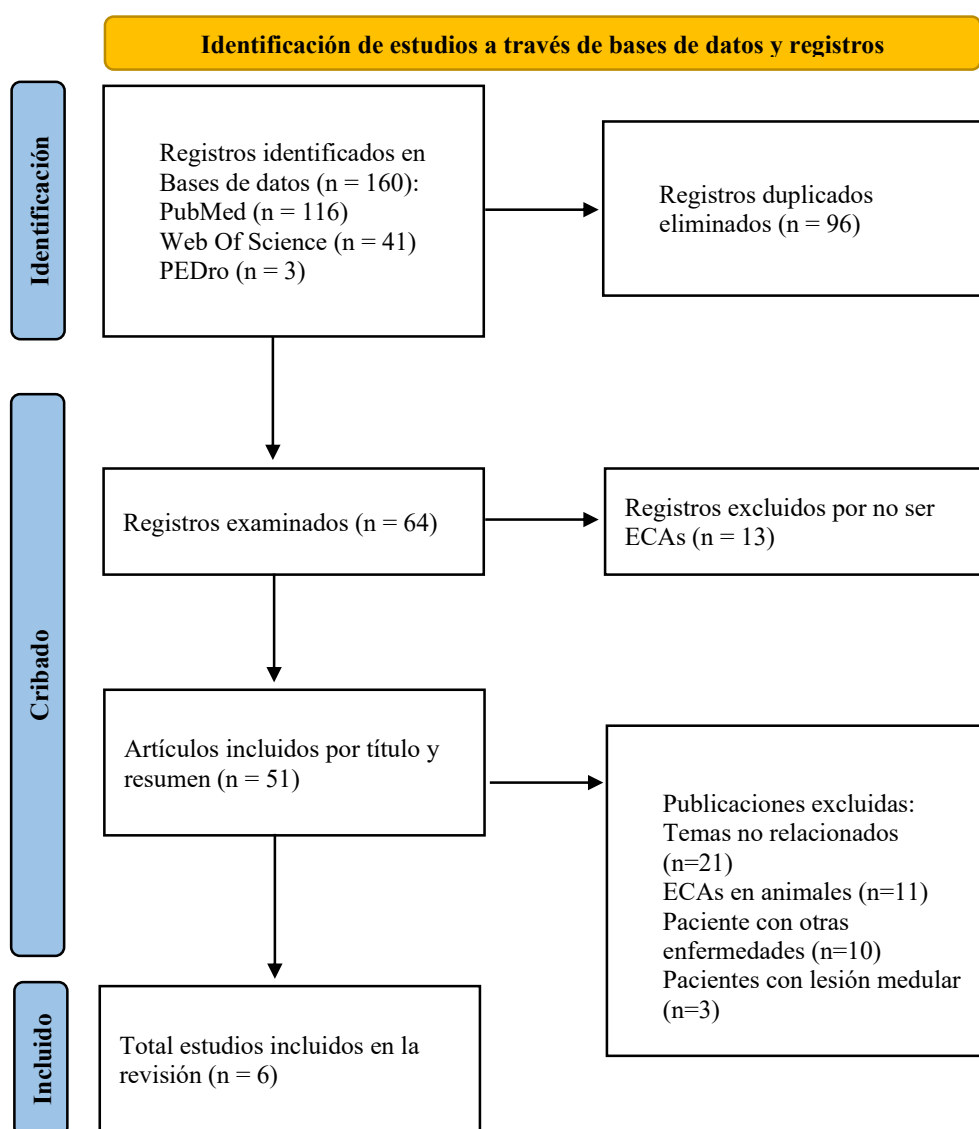
Tras realizar la búsqueda bibliográfica en las tres bases de datos con los respectivos filtros correspondientes, se obtuvieron un total de 160 artículos (116 en PubMed, 41 en WOS y 3 en PEDro) de los cuales, 96 de ellos se descartaron por estar duplicados entre las diferentes bases de datos. De los 64 artículos resultantes, se eliminaron 13 por no corresponderse a ECAs. Los 51 artículos no duplicados fueron seleccionados para analizar su título y resumen. Finalmente, se obtuvieron un total de 6 artículos definitivos para el análisis cualitativo (Figura 1; **Error! No se encuentra el origen de la referencia.**). En el proceso de filtrado participaron dos investigadores de forma independiente (LAJ-C y SS-P).

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Figura 1.

Diagrama de flujo del proceso de selección de los artículos revisados.



Características de los estudios

Según los datos aportados por los estudios seleccionados y analizados (Tabla 1), las muestras se encuentran dentro de un rango de entre 15 y 29 años de edad con un total de 325

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-26, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

sujetos analizados divididos en grupos de entre 8 (Natsume et al., 2015; Slys & Burr, 2018) y 31 sujetos (Talbot et al., 2023). Destaca un estudio en el que la muestra es de 19 personas, pero aleatorizan cada pierna a un grupo diferente (Slys & Burr, 2018). Todos los estudios dividieron la muestra de manera homogénea en dos (Natsume et al., 2015; Talbot et al., 2023), tres (Slys et al., 2021), cuatro (Head et al., 2021; Slys & Burr, 2018) o cinco grupos (Santiago-Pescador et al., 2023), aleatorizando todos ellos. En cuanto al género de los sujetos, la proporción de hombres y mujeres es muy similar, un 53.1% y un 46.9% respectivamente. Destaca el estudio de Natsume et al. (2015), en el que todos los sujetos son varones y el artículo de Talbot et al. (2023), en el que no especifica ni sexo ni edad.

Las principales variables analizadas en los diferentes estudios fueron la fuerza y masa muscular en cuádriceps, así como el dolor percibido (Tabla 2). Sin embargo, dos estudios (Head et al., 2021; Santiago-Pescador et al., 2023) analizaron la fatiga como resultado de la disminución de la fuerza tras realizarse la intervención de BFR, EENM o la combinación de ambas. Además, esos mismos estudios analizaron la hinchazón celular.

El tiempo de duración de las investigaciones estuvo condicionado por el objetivo a analizar en cada ECA. Destacan estudios con un análisis de los efectos más agudos, es decir, de los cambios producido tras la sesión de intervención (Head et al., 2021; Santiago-Pescador et al., 2023), en los que se analizan entre otras la fatiga o la hinchazón celular, o estudios de entre 2 (Slys et al., 2021) y 9 (Talbot et al., 2023) semanas de duración. Además del tiempo de duración, como variables independientes, se analizaron las presiones externas aplicadas por la BFR, así como los parámetros de la corriente eléctrica (Tabla 3).

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.
 Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Tabla 1.

Características de la muestra de los estudios.

Estudio	Duración total	n total	Edad	Grupos	n (Grupo)	Tipo de intervención
Head et al. (2021)	6 semanas	20	27 ± 4	EENM aislado	20	40 REPS EENM
				EENM+BFR40	20	40 REPS EENM + BFR 40%
				EENM+BFR60	20	40 REPS EENM + BFR 60%
				EENM+BFR80	20	40 REPS EENM + BFR 80%
Natsume et al. (2015)	4 semanas	8	26.02 ± 0.2	EENM-CON	8	EENM solo
				EENM+BFR	8	EENM + BFR según circunferencia muslo
Santiago-Pescador et al. (2023)	5 semanas	20	24.8 ± 7	EENM AF+BFR	20	EENM AF + BFR 50%
				EENM BF+BFR	20	EENM BF + BFR 50%
				BFR	20	BFR 50% aislado
				EENM-AF	20	EENM AF aislado
				EENM-BF	20	EENM BF aislado
Slysz & Burr. (2018)	6 semanas	19 (38 piernas)	24 ± 6	Control	-	-
				EENM	-	EENM aislado
				BFR	-	BFR 100% aislado
				EENM+BFR	-	EENM + BFR 100% aislado
Slysz et al. (2021)	2 semanas	30	22.33	Control	10	Inmovilización
				BFR	10	Inmovilización + BFR 100%
				EENM+BFR	10	Inmovilización + EENM + BFR 100%
Talbot et al. (2023)	9 semanas	61	-	EENM+BFR	31	EENM + BFR 80% + ejercicio
				EENM+BFR(CON)	30	EENM + BFR simulado + ejercicio

AF, alta frecuencia; BF, baja frecuencia; BFR, restricción de flujo sanguíneo; CON, control; EENM, estimulación eléctrica neuromuscular; REPS, repeticiones.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.
 Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Tabla 2.

Variables dependientes analizadas.

Estudio	Grupos	Fuerza extensores	Fuerza flexores	Masa muscular extensores	Masa muscular flexores	Dolor	Fatiga	Hinchazón celular VL	Hinchazón celular VM	Hinchazón celular RF
Head et al. (2021)	EENM aislado					-	↑	↑	↑	
	EENM+BFR40					-	↑ ^a	↑	↑	
	EENM+BFR60					↑	↑ ^a	↑	↑	
	EENM+BFR80					↑ ^b	↑ ^b	↑	↑	
Natsume et al. (2015)	EENM(CON)	-	-	-	-	↓				
	EENM+BFR	↑ ^a	-	↑ ^b	-	↓				
Santiago-Pescador et al. (2023)	EENM AF+BFR						↑	-		↑ ^b
	EENM BF+BFR						↑	-		↑ ^b
	BFR						↑	-		↑ ^b
	EENM AF						-	-		-
	EENM BF						-	-		-
Slysz & Burr. (2018)	Control	↑		-						
	EENM	↑		-						
	BFR	↑		-						
	EENM+BFR	↑ ^a		-						
Slysz et al. (2021)	Control	↓		↓ ^b						
	BFR	↓		↓ ^a						
	EENM+BFR	↓		-						
Talbot et al. (2023)	EENM+BFR(CON)	↑	-			↑				
	EENM+BFR	↑	-			↑				

AF, alta frecuencia; BF, baja frecuencia; BFR, restricción de flujo sanguíneo; CON, control; EENM, estimulación eléctrica neuromuscular; RF, recto femoral; VM, vasto medial; VL, vasto lateral.

a y b representan diferencias significativas entre grupos ($p < 0.05$ y $p < 0.01$, respectivamente). ↑ y ↓ representan incrementos y reducciones significativas entre pre y post tratamiento. – representa que no ha habido cambios.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.
 Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Tabla 3.
 Variables independientes analizadas.

Estudio	Grupos	BFR		EENM				
		Presión relativa	Presión absoluta	Intensidad	Frecuencia	Ancho de pulso (µs)	Ciclo de trabajo	Tiempo total (min)
Head et al. (2021)	EENM aislado	0%		Máxima tolerable	50	400	5" ON:5" OFF	8 min 10 s
	EENM+BFR40	40%		Máxima tolerable	50	400	5" ON:5" OFF	8 min 10 s
	EENM+BFR60	60%		Máxima tolerable	50	400	5" ON:5" OFF	8 min 10 s
	EENM+BFR80	80%		Máxima tolerable	50	400	5" ON:5" OFF	8 min 10 s
Natsume et al. (2015)	EENM(CON)			5-10% CMV	30		8" ON:3" OFF	
	EENM+BFR	Circunferencia muslo: <50 cm: 140 mmHg 50-55 cm: 160 mmHg >60 cm: 200 mmHg		5-10% CMV	30		8" ON:3" OFF	
Santiago-Pescador et al. (2023)	EENM AF+BFR	50%		Tolerable	80	350	8" ON:3" OFF	25
	EENM BF+BFR	50%		Tolerable	10	350	8" ON:3" OFF	25
	BFR	50%						25
	EENM-AF			Tolerable	80	350	8" ON:3" OFF	25
	EENM-BF			Tolerable	10	350	8" ON:3" OFF	
Slysz & Burr. (2018)	Control							
	EENM			Máxima tolerable	50-100	400		
	BFR	100%						
	EENM+BFR	100%		Máxima tolerable	50-100	400		
Slysz et al. (2021)	Control							
	BFR	100%						30
	EENM+BFR	100%		Submáxima	60	200	6" ON:15" OFF	30
Talbot et al. (2023)	EENM+BFR(CON)		20 mmHg	20-30% CMV 1-3w	50	300-400	5" ON:10" OFF	20
				31-40% CMV 3-6w				
	EENM+BFR	80%		41-50% CMV 6-9w	50	300-400	5" ON:10" OFF	20

AF, alta frecuencia; BF, baja frecuencia; BFR, restricción de flujo sanguíneo; CMV, contracción máxima voluntaria; CON, control; EENM, estimulación eléctrica neuromuscular.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.
 Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Análisis de la calidad metodológica

En la tabla 4 se muestran los resultados de la aplicación de la escala PEDro para el análisis de la calidad metodológica de los artículos, destacan los artículos de Slys et al. (2021) y de Talbot et al. (2023) con una puntuación de 7 sobre 10. La puntuación media de los estudios es de 6.3 ± 0.52 (media $\pm$ desviación estándar).

Tabla 4.

Resultados obtenidos de la escala PEDro de los artículos revisados.

<i>Artículos</i>	<i>Criterios</i>											Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Head et al. (2021)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Natsume et al. (2015)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Santiago-Pescador et al. (2023)	+	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Slys y Burr (2018)	-	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	6/10
Slys et al. (2021)	+	+	-	+	-	-	+	+	+	+	+	7/10
Talbot et al. (2023)	+	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	7/10
Media: 6.3/10												
Criterios escala PEDro												
1) Los criterios de elección fueron especificados.												
2) Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado fueron distribuidos aleatoriamente).												
3) La asignación fue oculta.												
4) Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes.												
5) Todos los sujetos fueron cegados.												
6) Todos los terapeutas que administran la terapia fueron cegados.												
7) Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados.												
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.												
9) Se presentan resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuyo esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar".												
10) Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave.												
11) El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.												
+ (cumple criterio); - (no cumple criterio). Criterio 1 no se utiliza para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro.												

Variables analizadas

Las principales variables dependientes analizadas fueron fuerza y masa muscular, así como el dolor, la fatiga y la hinchazón celular. Otras variables secundarias analizadas fueron la percepción al esfuerzo, diferentes escalas y cuestionarios de rodilla, la funcionalidad a través de diversas pruebas, la presión sistólica y la frecuencia cardíaca. El registro de los datos se realizó tanto antes como después de la intervención en todos los estudios. Además, alguno de ellos realizó mediciones intermedias (Head et al., 2021; Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023; Talbot et al., 2023), una y dos

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

semanas después de la intervención (Natsume et al., 2015), incluso pasados 15 minutos tras acabar la intervención (Santiago-Pescador et al., 2023).

Fuerza

Esta variable fue analizada en la mayoría de los artículos incluidos en la revisión mediante diferentes métodos. Para ello se emplearon diversos dispositivos: diversos modelos de dinamómetros (Natsume et al., 2015; Slys et al., 2021; Talbot et al., 2023) y transductores de fuerza (Slys & Burr, 2018). Se estimaron la fuerza muscular isométrica máxima de flexores (Natsume et al., 2015; Talbot et al., 2023) y extensores (Natsume et al., 2015; Slys & Burr, 2018; Talbot et al., 2023) de rodilla, la fuerza muscular isocinética máxima de extensores (Slys et al., 2021) de rodilla, además de la fuerza en estabilizadores posterolaterales de la cadera (Talbot et al., 2023).

Los estudios que analizan las ganancias de fuerza, tanto en fuerza isométrica como isocinética (Natsume et al., 2015), muestran un aumento significativo de la fuerza de los extensores de rodilla frente a los flexores comparando la combinación de BFR con EENM respecto a la aplicación aislada de EENM (Talbot et al., 2023). Por otro lado, Slys y Burr (2018), encontraron mayores ganancias de fuerza en extensores de rodilla con una aplicación de la BFR y EENM combinadas frente a la aplicación de ambas de forma aislada en 6 semanas de tratamiento. Sin embargo, en otro estudio de Slys et al. (2021) observaron que, tras un periodo de inmovilización, ni la combinación de BFR con EENM ni la BFR de forma aislada prevenían la pérdida de fuerza.

Masa muscular

La masa o el grosor muscular se determinó mediante ecografía (Slys et al., 2021), cinta métrica (Natsume et al., 2015) para calcular la circunferencia del muslo y mediante densitometría ósea (Slys & Burr, 2018; Slys et al., 2021) para calcular los gramos de cada tejido. Se valoraron las masas musculares de los extensores (Natsume et al., 2015; Slys & Burr, 2018; Slys et al., 2021) y de los flexores (Natsume et al., 2015) de rodilla.

Slys y Burr (2018) no encontraron cambios en la masa muscular al añadir BFR y/o EENM, así como Natsume et al. (2015) con los flexores de rodilla, aunque ocurrió lo contrario con los extensores, que mediante la combinación de BFR junto a EENM tuvieron un aumento de la masa muscular en comparación con EENM aislado. Slys et

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

al. (2021) vieron que la combinación de BFR y EENM prevenía la pérdida de fuerza más que solo la BFR.

Dolor

El dolor fue cuantificado mediante la escala de Borg CR-10 (Natsume et al., 2015), la escala numérica de calificación del dolor o “*Numerical Pain Rating Scale*” en inglés (Head et al., 2021), la escala visual analógica (Talbot et al., 2023). En aquellos estudios con dos grupos de intervención, uno con EENM aislada y otro con BFR combinado con EENM, se produce una disminución del dolor similar en ambos grupos, mientras que en el estudio de Head et al. (2021) –que estudia efectos agudos– se observa una mayor calificación de dolor en aquellos grupos cuya presión aplicada mediante la BFR fue mayor.

Fatiga

Dos artículos fueron los que analizaron la fatiga a través un posible descenso de la fuerza tras la intervención. Se midió la fuerza, con el objetivo de cuantificar el descenso de la misma, más en concreto la contracción isométrica máxima voluntaria de cuádriceps, con un transductor de fuerza (Head et al., 2021) y una célula de carga (Santiago-Pescador et al., 2023), así como un salto en contramovimiento a través de la app “My Jump 2” (Santiago-Pescador et al., 2023).

Head et al. (2021) observaron un aumento de la fatiga, tanto con la EENM aislada como en la combinación de BFR y EENM, pero con una diferencia mayor al combinar BFR –aplicada con una presión muy alta– con EENM. Santiago-Pescador et al. (2023), también encontraron un aumento de la fatiga en aquellos grupos en los que aplicaban BFR, tanto aislada como en combinación con EENM (de alta o baja frecuencia), sin diferencias significativas entre ellos.

Hinchazón celular

Dos estudios analizaron la hinchazón celular de forma aguda. Ambos utilizaron la ecografía para analizar la hinchazón celular del vasto lateral (Head et al., 2021; Santiago-Pescador et al., 2023), vasto medial (Head et al., 2021) y recto femoral (Santiago-Pescador et al., 2023). Head et al. (2021) observaron aumentos tanto en EENM aislada como en EENM junto a distintos porcentajes de BFR en vasto medial y vasto lateral, pero

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

sin diferencias entre ellos, mientras que Santiago-Pescador et al. (2023) solo observaron aumentos en el recto femoral pasados 15 minutos, tanto en la combinación de EENM (alta y baja frecuencia) con BFR como con la BFR aislada.

Percepción del esfuerzo

En relación con la percepción del esfuerzo, tanto los estudios de Natsume et al. (2015) como el de Head et al. (2021) midieron esta variable a través de la escala de Borg 6-20. El primero tuvo un descenso de la percepción a lo largo del estudio por igual combinando BFR y EENM o solo con EENM, mientras que el segundo observó que a mayor presión aplicada mediante la cincha de BFR, mayor era la percepción al esfuerzo.

Funcionalidad

Talbot et al. (2023) incluyeron test funcionales a la hora de valorar los resultados de la intervención en pacientes con síndrome femoropatelar. Se analizaron los test de 30-second chair stand test (30-SCST), forward step-down test (FSDT), timed stair climb test (SCT) y 6-minute walking test (6MWT). Se obtuvieron mejoras en todos los test tanto con EENM aislado como con BFR combinado con EENM.

Presión arterial y frecuencia cardiaca

Head et al. (2021) analizaron la presión arterial, tanto sistólica como diastólica, antes y después de realizarla intervención de EENM con o sin BFR. Obtuvieron un aumento de la presión sistólica en todos los grupos, pero sin diferencias entre ellos, mientras que la presión diastólica no sufrió cambios en ninguno de ellos. Asimismo, también analizaron la frecuencia cardiaca antes durante y después de la intervención cada 10 repeticiones de EENM. Se observó un aumento de 3 latidos por minuto, por lo que se consideró que los cambios no eran significativos.

Presiones aplicadas con la BFR

Aquellos artículos que definen la colocación del manguito coinciden con una ubicación a nivel proximal en el muslo de la pierna lesionada (Talbot et al., 2023) o de la pierna seleccionada para la intervención (Head et al., 2021; Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023; Slysz & Burr, 2018; Slysz et al., 2021;) con una anchura de entre 102 mm (Slysz & Burr, 2018) y 140 mm (Santiago-Pescador et al., 2023). El ajuste de las presiones de restricción se realizó de manera individual diferenciando diferentes tipos de presión. En la mayoría de los estudios se utilizó una presión relativa

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

llamada presión de oclusión (POC). Esta presión es la presión mínima necesaria para producir un cese de flujo sanguíneo arterial se calculando el 100% de la oclusión arterial y aplicando diferentes presiones. Las presiones relativas a la POC aplicadas fueron del 100% (Slysz & Burr, 2018; Slysz et al., 2021), el 80% (Head et al., 2021; Talbot et al., 2023), el 60% (Head et al., 2021), el 50% (Santiago-Pescador et al., 2023) o el 40% (Head et al., 2021). En uno de los estudios se aplicó una presión absoluta en función del tamaño de la circunferencia del muslo (Natsume et al., 2015). Todos ellos mantuvieron la presión externa aplicada de forma constante durante las sesiones de intervención. La BFR intermitente (p. ej., deshinchar la cincha durante los descansos) se realizó en más de la mitad de los estudios (Natsume et al., 2015; Slysz & Burr, 2018; Slysz et al., 2021; Talbot et al., 2023) con un descanso de entre 1 min (Natsume et al., 2015; Talbot et al., 2023) y 5 min (Slysz et al., 2021). Dos de los estudios aplicaron la BFR de forma continua (Head et al., 2021; Santiago-Pescador et al., 2023). Igualmente, en la determinación de la POC deberían tenerse en cuenta variables como la posición corporal, ya que se ha observado que tiene un impacto significativo sobre el cálculo de la POC en MMII (de Queiros et al., 2024).

Parámetros de la EENM

Cuatro de los siete artículos utilizaron una corriente cuadrangular bifásica simétrica (Head et al., 2021; Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023; Talbot et al., 2023). Las intensidades utilizadas variaron entre intensidades máximas tolerables (Head et al., 2021; Slysz & Burr, 2018), intensidades tolerables (Santiago-Pescador et al., 2023) o intensidades submáximas (Natsume et al., 2015; Slysz et al., 2021). También se aplicó una intensidad de corriente relativa a la contracción máxima voluntaria (Natsume et al., 2015; Talbot et al., 2023). Las frecuencias variaron entre 10 Hz (Santiago-Pescador et al., 2023) y 100 Hz (Slysz & Burr, 2018); y el ancho de pulso entre 200 μ s (Head et al., 2021; Slysz et al., 2021) y 400 μ s (Slysz & Burr, 2018; Talbot et al., 2023). La aplicación de la corriente duró entre 8 min (Head et al., 2021) y 30 mins (Slysz et al., 2021) con un ciclo de trabajo de entre 5s (Talbot et al., 2023; Head et al., 2021) y 8s (Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023) ON y 3s (Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023) y 15s (Slysz et al., 2021) OFF.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Nivel de evidencia científica

Existe evidencia sólida de que la combinación de la BFR con EENM producen mayores ganancias de fuerza en el cuádriceps en comparación con la aplicación de la EENM aislada (Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023; Slys & Burr, 2018). Además, existe una evidencia moderada de que esta combinación produce una mayor fatiga, un aumento de la masa muscular en cuádriceps y una prevención de la misma durante periodos de inmovilización frente a una intervención de BFR y EENM aislada, respectivamente (Head et al., 2021; Natsume et al., 2015; Santiago-Pescador et al., 2023; Slys & Burr, 2018; Slys et al., 2021).

Discusión

El entrenamiento combinado de BFR y EENM provoca una mejora de la fuerza de los extensores de rodilla (Natsume et al., 2015; Slys & Burr, 2018), así como un aumento de la masa muscular (Natsume et al., 2015) e hinchazón celular (Santiago-Pescador et al., 2023) de los mismos. Sin embargo, no todos los estudios demuestran una diferencia significativa en el aumento fuerza al compararlo con una intervención de EENM aislada (Talbot et al., 2023). Además, este entrenamiento combinado previene la pérdida de fuerza, pero no de masa muscular (Slys et al., 2021). Asimismo, el hecho de añadir BFR a la EENM se asocia a un aumento de fatiga de forma aguda (Head et al., 2021; Santiago-Pescador et al., 2023) y el dolor percibido durante la sesión (Head et al., 2021).

La combinación de BFR con la EENM produce un aumento de la fuerza de los extensores de rodilla (Natsume et al., 2015; Slys & Burr, 2018). No obstante, Talbot et al. (2023), con unos parámetros similares a los anteriores, no observaron los mismos resultados. Esta discrepancia podría deberse a la muestra del estudio, ya que los dos primeros cuentan con una muestra sedentaria (Natsume et al., 2015) y recreacionalmente activos (Slys & Burr, 2018), mientras que Talbot et al. (2023) realizan la intervención con militares en servicio activo. Además, Talbot et al. (2023) añaden en su intervención ejercicio activo en la mitad de las sesiones. En este sentido, se ha demostrado que añadir ejercicio de baja carga al entrenamiento con BFR es potencialmente más efectivo para la mejora de fuerza y más tolerable, siendo la rehabilitación clínica más eficiente (Barber-

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Westin & Noyes, 2019; Hughes et al., 2017). Por tanto, añadir ejercicio activo de baja carga a una intervención con BFR y EENM (Li et al., 2023) podría ser más efectivo que realizar la misma intervención de forma aislada.

En estudios previos se han observado discrepancias en los resultados en el aumento de fuerza de los extensores de rodilla posteriormente a un entrenamiento de BFR activo en pacientes sometidos a una reconstrucción de ligamento cruzado anterior (Kong et al., 2022; Curran et al., 2020). Aunque pueda parecer que a mayor POC mayores efectos sobre la fuerza (Patterson et al., 2019), curiosamente, se observó un aumento de fuerza con una presión aplicada del 40% de la POC (Kong et al., 2022), mientras que con presiones más altas (p. ej., 80% POC) no se observaron los mismos aumentos de la fuerza (Curran et al., 2020). Estos resultados pueden atribuirse, no tanto a la diferencia de las POC aplicadas, ya que se ha demostrado que las POC óptimas para combinar junto a ejercicios de fuerza está entre el 40% y el 80% (Patterson et al., 2019), sino al propio ejercicio de fuerza realizado. Por lo tanto, es probable que Talbot et al. (2023) no encontraran diferencias al aplicar EENM de forma aislada, o en combinación con BFR, dado que el tratamiento activo resultó ser el más efectivo en la rehabilitación.

Dos deficiencias comunes a tener en cuenta durante y después de una lesión son la atrofia y la debilidad muscular (Lorenz et al., 2021). Se ha demostrado que la combinación de BFR y EENM previene la pérdida de masa muscular tras dos semanas de inmovilización (Slysz & Burr, 2018), pero la misma intervención, no induce el mismo efecto en la fuerza (Slysz et al., 2021). Teniendo en cuenta que la POC de la BFR fue del 100% de la POC en ambos estudios, los parámetros de la intervención de EENM fueron diferentes. Esto provocaría una menor tensión muscular y un menor número de unidades motoras activadas afectando así al aumento de la fuerza.

En general, en la mayoría de los estudios se observan mejora en fuerza, sobre todo, extensora, cuyo se combinan EENM y BFR. Sin embargo, con la masa muscular los resultados son más variables, en los que cabe la posibilidad de que los parámetros sean estándares y por ello no son óptimos para crear una respuesta de hipertrofia (periodos cortos de tratamiento, bajos tiempos de sesión, falta de tratamiento activo, frecuencias o muy altas o muy bajas). Por ejemplo, Natsume et al. (2015) encontraron aumentos de la masa muscular en dos semanas al combinar EENM con BFR respecto a EENM aislada,

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

pero tras dos semanas de desentrenamiento, esas mejoras se redujeron hasta los niveles basales, por lo que se podrían atribuir a un aumento de la hinchazón celular y no a un aumento de la masa muscular real. Sería interesante prolongar esa intervención durante dos semanas y observar si la tendencia aumenta hasta llegar a producir una hipertrofia muscular. Por el contrario, Slys y Burr (2018) no encontraron mejoras en cuanto a masa muscular durante las 6 semanas de intervención. Es posible que aleatorizar un miembro a cada grupo (cuatro en total: control, EENM aislada, BFR aislada y la combinación de ambas) y no tener en cuenta la dominancia del mismo pueda haber sesgado las mediciones de la intervención. Además, se ha demostrado que la combinación de ejercicios con una BFR del 60% de la POC aumentaba la sección transversal del músculo y provocaba mejores respuestas en cuanto a la hipertrofia frente a una combinación de EENM y BFR en sujetos sanos (Bergamasco et al., 2022), por lo que una POC menor a la que aplicaron Slys y Burr (2018) y un entrenamiento de fuerza añadido, podrían haber generado una mayor respuesta de hipertrofia.

Por tanto, hay un efecto positivo al combinar BFR y EENM en fuerza desarrollada. No obstante, la evidencia sugiere que se puede lograr un aumento de la fuerza con un mínimo cambio en el tamaño del músculo, ya que estos cambios en la fuerza ocurren a través de adaptaciones neurales (aumento del impulso motor central, excitabilidad elevada de las motoneuronas y reducción de la inhibición presináptica) (Buckner et al., 2016). Esta disociación es aún más notoria cuyo aparece un periodo de desentrenamiento. Bickel et al. (2011) descubrieron que la fuerza se mantuvo durante 32 semanas de desentrenamiento a pesar de la disminución de la masa muscular. Sin embargo, en casos de lesión nerviosa periférica, una revisión reciente indica que la combinación de BFR y EENM, además de adaptaciones neurales, activa la síntesis proteica en la musculatura (Chu et al., 2024). Por lo que combinar BFR y EENM junto a un tratamiento activo podría ser lo más efectivo para la ganancia de fuerza y masa muscular.

El dolor puede llegar a ser una gran limitación a la hora de conseguir mejoras y avances en la rehabilitación de una patología. Head et al. (2021) analizaron el dolor percibido producido por la combinación de BFR y EENM después de cada serie realizada, observando que a mayor POC aplicada (p. ej., 80% POC) mayor era el dolor percibido.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

En cambio, no se produjeron cambios significativos en el dolor percibido en presiones aplicadas bajas ni en la EENM asilada. Por ello, realizar la intervención siguiendo un enfoque de validez ecológica (Andrade, 2018) como realiza Santiago-Pescador et al. (2023) podría conllevar la aplicación de un estímulo bien tolerado y, por tanto, con mayor relevancia clínica. Por lo que aplicar una POC en torno al 50% pueden ser resultar óptima. Natsume et al. (2015) observaron que el dolor percibido durante la intervención disminuía dos semanas después del inicio del estudio ajustando la presión aplicada en relación con la circunferencia del muslo. Es posible que el ajuste de las presiones individualmente, así como una correcta familiarización del entrenamiento de BFR, se obtengan mejores beneficios en la rehabilitación.

Varios autores observaron que combinar BFR y EENM induce a un aumento de la fatiga (Head et al., 2021; Santiago-Pescador et al., 2023). Los autores relacionan la presión externa aplicada a los cambios en la fatiga, siendo esta mayor cuanto mayor es la POC (Head et al., 2021). No obstante, es posible que aplicar un porcentaje de entre 40% y 60% de la POC junto a la EENM sea suficiente para conseguir los mejores resultados evitando generar una fatiga excesiva (Santiago-Pescador et al., 2023).

En cuanto a la hinchazón celular, Head et al. (2021) no encontraron diferencias al combinar BFR con distintos porcentajes de restricción junto a la EENM, o esta última de forma aislada. Sin embargo, Santiago-Pescador et al. (2023) observaron aumentos significativos al aplicar BFR de forma aislada y al combinarla con la EENM. Es posible que el tiempo de aplicación de la BFR del estudio de Head et al. (2021) –8 min frente a 25 min del estudio de Santiago-Pescador et al. (2023)– no sea suficiente para conseguir aumentos en la hinchazón celular del cuádriceps aplicando cualquier intervención.

Limitaciones y futuras líneas de investigación

Las limitaciones presentes en los estudios analizados incluyen muestras potencialmente no representativas con una falta de control en las variables (p. ej., entrenamiento previo o adherencia al protocolo de intervención), lo que podría comprometer la generalización de los resultados y la validez interna de los mismos. Se ha descrito un mayor efecto de la BFR sobre la fuerza e hipertrofia en sujetos entrenados frente a sujetos sedentarios comparado con un entrenamiento de alta intensidad (Geng et

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

al., 2024). Además, la duración limitada del seguimiento en algunos casos dificulta la evaluación a largo plazo de los efectos de la intervención. Tan solo uno de los seis estudios incluyó una muestra con una patología, el mismo y único que incluyó un tratamiento activo. Además, la ausencia de grupos control sin intervención en algunos de los estudios podría sesgar la comparación de los efectos de las intervenciones.

Las limitaciones presentes en la revisión realizada incluyen la dificultad de sintetizar los resultados y sacar conclusiones definitivas debido a una gran variabilidad en los protocolos de intervención, así como en los resultados. Además, la heterogeneidad de los estudios podría haber afectado a la validez e interpretación de los resultados durante la revisión.

Basándonos en las limitaciones identificadas en los estudios analizados y en la propia revisión, se sugieren varias líneas de investigaciones futuras: a) realizar estudios con muestras más grandes y representativas; b) seguimiento a largo plazo de la combinación de la BFR y EENM para evaluar los efectos crónicos de la intervención; c) investigar en patologías musculoesqueléticas más frecuentes (p. ej., pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior; d) incluir en los grupos de intervención ejercicio activo junto a la combinación de BFR y EENM; e) investigar y profundizar en los mecanismos de acción de la intervención combinada de BFR y EENM para identificar los procesos fisiológicos de sus efectos y potenciar la eficacia de las intervenciones; f) estandarizar los parámetros de BFR y EENM para facilitar la comprensión de los resultados y obtener conclusiones claras con el objetivo de aplicarlo en la práctica clínica.

Conclusión

La combinación de BFR con EENM produce aumentos en la fuerza (evidencia sólida) y masa muscular en la musculatura cuádriceps (evidencia moderada), aunque, dependiendo de los parámetros aplicados, la combinación puede ser más molesta que la aplicación aislada. Además, durante periodos de inmovilización, previene la atrofia muscular (evidencia moderada). Por último, la combinación de la BFR y la EENM produce una mayor fatiga e hinchazón celular que la aplicación aislada de ambas técnicas.

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.
Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Referencias

- Abe, T., Kearns, C. F., & Sato, Y. (2006). Muscle size and strength are increased following walk training with restricted venous blood flow from the leg muscle, Kaatsu-walk training. *J Appl Physiol*, 100, 1460–1466. <https://doi.org/10.1152/japplphysiol.01267.2005.-Previous>
- Andrade, C. (2018). Internal, external, and ecological validity in research design, conduct, and evaluation. *Indian Journal of Psychological Medicine*, 40(5), 498–499. https://doi.org/10.4103/IJPSYM.IJPSYM_334_18
- Barber-Westin, S., & Noyes, F. R. (2019). Blood Flow–Restricted Training for Lower Extremity Muscle Weakness due to Knee Pathology: A Systematic Review. *Sports Health*, 11(1), 69–83. <https://doi.org/10.1177/1941738118811337>
- Bergamasco, J. G. A., Alvarez, I. F., de Campos Biazon, T. M. P., Ugrinowitsch, C., & Libardi, C. A. (2022). Effects of Blood Flow Restriction Combined With Resistance Training or Neuromuscular Electrostimulation on Muscle Cross-Sectional Area. *Journal of Sport Rehabilitation*, 31(3), 319–324. <https://doi.org/10.1123/jsr.2021-0101>
- Bickel, C. S., Cross, J. M., & Bamman, M. M. (2011). Exercise dosing to retain resistance training adaptations in young and older adults. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 43(7), 1177–1187. <https://doi.org/10.1249/MSS.0B013E318207C15D>
- Biral, T. M., Lemos, L. K., Cavina, A. P. de S., Junior, E. P., Vendrame, J. W., da Silva, G. M., Brandão, G. H. da S., Pimenta, G. S. O. M., da Silva, G. O., Santos, G. C., de Oliveira, E. V. C., & Vanderlei, F. M. (2025). Effect of different load during eccentric training with blood flow restriction on muscle size, strength, and performance: A randomized controlled trial. *Apunts Sports Medicine*, 60(225), 100470. <https://doi.org/10.1016/j.apunsm.2024.100470>
- Buckner, S. L., Dankel, S. J., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., Mouser, J. G., Counts, B. R., & Loenneke, J. P. (2016). The problem Of muscle hypertrophy: Revisited. *Muscle and Nerve*, 54(6), 1012–1014. <https://doi.org/10.1002/mus.25420>

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Centner, C., Wiegel, P., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 49(1), 95–108. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0994-1>

Chu, X., Sun, J., Liang, J., Liu, W., Xing, Z., Li, Q., & Li, Q. (2024). Mechanisms of muscle repair after peripheral nerve injury by electrical stimulation combined with blood flow restriction training. *Sports Medicine and Health Science*. <https://doi.org/10.1016/j.smhs.2024.10.002>

Curran, M. T., Bedi, A., Mendias, C. L., Wojtys, E. M., Kujawa, M. V., & Palmieri-Smith, R. M. (2020). Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Sports Medicine*, 48(4), 825–837. <https://doi.org/10.1177/0363546520904008>

de Queiros, V., Rolnick, N., Wilde, P., de Melo, A., Cabral, B., & Dantas, P. (2024). Measuring arterial occlusion pressure for training with blood flow restriction: a scoping review and recommendations for measurement. *Sport Sciences for Health*, 20(2), 259–272. <https://doi.org/10.1007/s11332-023-01135-y>

de Morton, N. A. (2009). The PEDro scale is a valid measure of the methodological quality of clinical trials: a demographic study. *The Australian Journal of Physiotherapy*, 55(2), 129–133. [http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514\(09\)70043-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0004-9514(09)70043-1)

García Pérez de Sevilla, G., & Sánchez Pinto Pinto, B. (2023). Effectiveness of physical exercise and neuromuscular electrical stimulation interventions for preventing and treating intensive care unit-acquired weakness: A systematic review of randomized controlled trials. *Intensive and Critical Care Nursing*, 74, 103333. <https://doi.org/10.1016/J.ICCN.2022.103333>

Geng, Y., Wu, X., Zhang, Y., & Zhang, M. (2024). Potential moderators of the effects of blood flow restriction training on muscle strength and hypertrophy: A meta-analysis based on a comparison with high-load resistance training. *Sports Medicine - Open*, 10(1), 58. <https://doi.org/10.1186/s40798-024-00719-3>

Head, P., Waldron, M., Theis, N., & David Patterson, S. (2021). Acute Neuromuscular Electrical Stimulation (NMES) with Blood Flow Restriction: The Effect of

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Restriction Pressures. *Journal of Sport Rehabilitation*, 30(3), 375–383.
<https://doi.org/10.1123/jsr.2019-0505>

Helms, E., Morgan, A., & Valdez, A. (2019). *The muscle & strength pyramid: Training*.

Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003–1011.
<https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>

Jones, S., Man, W. D. C., Gao, W., Higginson, I. J., Wilcock, A., & Maddocks, M. (2016, October 17). Neuromuscular electrical stimulation for muscle weakness in adults with advanced disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, Vol. 2016. John Wiley and Sons Ltd. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD009419.pub3>

Kong, D. H., Jung, W. S., Yang, S. J., Kim, J. G., Park, H. Y., & Kim, J. (2022). Effects of Neuromuscular Electrical Stimulation and Blood Flow Restriction in Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 19(22).
<https://doi.org/10.3390/ijerph192215041>

Kubota, A., Sakuraba, K., Sawaki, K., Sumide, T., & Tamura, Y. (2008). Prevention of disuse muscular weakness by restriction of blood flow. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 40(3), 529–534.
<https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31815ddac6>

Li, N., Yang, J., & Liao, Y. (2023). The effect of blood flow restriction training combined with electrical muscle stimulation on neuromuscular adaptation: a randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, 14.
<https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1182249>

Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., & Rossow, L. M. (2012). Blood flow-restricted resistance exercise: Rapidly affecting the myofibre and the myonuclei. *Journal of Physiology*, 590(21), 5271.
<https://doi.org/10.1113/jphysiol.2012.242859>

Lorenz, D. S., Bailey, L., Wilk, K. E., Mangine, R. E., Head, P., Grindstaff, T. L., & Morrison, S. (2021). Blood Flow Restriction Training. *Journal of Athletic Training*, 56(9), 937–944. <https://doi.org/10.4085/418-20>

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

- Maffiuletti, N. A., Gondin, J., Place, N., Stevens-Lapsley, J., Vivodtzev, I., & Minetto, M. A. (2018). Clinical Use of Neuromuscular Electrical Stimulation for Neuromuscular Rehabilitation: What Are We Overlooking? *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(4), 806–812. <https://doi.org/10.1016/j.apmr.2017.10.028>
- Matos, A. P., & Pegorari, M. S. (2020). How to Classify Clinical Trials Using the PEDro Scale? *Journal of Lasers in Medical Sciences*, 11(1), 1–2. <http://doi.org/10.15171/jlms.2020.01>
- Natsume, T., Ozaki, H., Saito, A. I., Abe, T., & Naito, H. (2015). Effects of Electrostimulation with Blood Flow Restriction on Muscle Size and Strength. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 47(12), 2621–2627. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000000722>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., et al. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. *BMJ*, 372, n71. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>
- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., ... Loenneke, J. (2019). Blood flow restriction exercise position stand: Considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in Physiology*, 10(MAY). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
- Santiago-Pescador, S., Fajardo Blanco, D., López Ortiz, S., Peñín Grandes, S., Méndez Sánchez, R., Lucia, A., Santos Lozano, A. (2023). Acute effects of electrostimulation and blood flow restriction on muscle thickness and fatigue in the lower body. *European Journal of Sport Science*, 23(8), 1591–1599. <https://doi.org/10.1080/17461391.2022.2113145>
- Slysz, J., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>
- Slysz, J. T., Boston, M., King, R., Pignanelli, C., Power, G. A., & Burr, J. F. (2021). Blood Flow Restriction Combined with Electrical Stimulation Attenuates Thigh Muscle Disuse Atrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(5), 1033–1040. <http://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002544>

Revisiones. Efectos agudos y crónicos producidos por la combinación de la restricción de flujo sanguíneo y electroestimulación en miembro inferior. Una revisión sistemática.

Vol. 11, n.º 3; p. 1-27, julio 2025. <https://doi.org/10.17979/sportis.2025.11.3.11093>

Slysz, J. T., & Burr, J. F. (2018). The effects of blood flow restricted electrostimulation on strength and hypertrophy. *Journal of Sport Rehabilitation*, 27(3), 257–262. <http://doi.org/10.1123/jsr.2017-0002>

Talbot, L., Webb, L., Morrell, C., Enochs, K., Hillner, J., Fagan, M., & Jeffrey Metter, C. E. (2023). Electromyostimulation With Blood Flow Restriction for Patellofemoral Pain Syndrome in Active Duty Military Personnel: A Randomized Controlled Trial. *Military Medicine*, 00. <https://doi.org/10.1093/milmed/usab382>

van Tulder, M., Furlan, A., Bombardier, C., & Bouter, L. (2003). Updated method guidelines for systematic reviews in the cochrane collaboration back review group. *Spine*, 28(12), 1290–1299. <https://doi.org/10.1097/01.brs.0000065484.95996.af>

Vopat, B. G., Vopat, L. M., Bechtold, M. M., & Hodge, K. A. (2020). Blood Flow Restriction Therapy: Where We Are and Where We Are Going. *Journal of the American Academy of Orthopaedic Surgeons*, 28(12), E493–E500. <https://doi.org/10.5435/JAAOS-D-19-00347>

Zhang, M., Song, Y., Zhu, J., Ding, P., & Chen, N. (2024). Effectiveness of low-load resistance training with blood flow restriction vs. conventional high-intensity resistance training in older people diagnosed with sarcopenia: a randomized controlled trial. *Scientific Reports*, 14(1), 28427. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-79506-9>