



Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://www.juntadeandalucia.es/deporte/ramd/>



Revisión



Respuestas perceptuales a la aplicación de restricción de flujo sanguíneo en diferentes programas de ejercicio

L. de la Torre-Seoane^a, Y. González-González^a, A. Alonso-Calvete^{a,b*}, L. A. Justo-Cousiño^a

^a Facultad de Fisioterapia, Universidad de Vigo.

^b Facultad de Ciencias de la Educación y del Deporte, Universidad de Vigo.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 6 de septiembre de 2021, aceptado el 28 de julio de 2022, *online* el 28 de julio de 2022.

RESUMEN

Introducción: La restricción del flujo sanguíneo (RFS) es un complemento al entrenamiento tradicional con efectos sobre fuerza e hipertrofia. Sus efectos todavía no están claros, por lo que el objetivo de este trabajo es realizar una revisión acerca de los efectos perceptuales del RFS durante diferentes programas de ejercicio.

Metodología: Se realizó una búsqueda en PubMed, Medline, Cinahl, Cochrane, Web of Science, Dialnet y PEDro. Se incluyeron ensayos clínicos en los que se usaba RFS en un programa de ejercicio y se estudiaban variables perceptuales (dolor, fatiga, disconfort, esfuerzo percibido). La calidad metodológica de los estudios se evaluó a través de la escala PEDro.

Resultados: Se seleccionaron 24 ensayos que usaron RFS en miembro inferior durante programas de ejercicios resistidos, aeróbico-anaeróbicos, de miembro superior, concéntricos o excéntricos.

Conclusiones: La RFS puede tener efectos perceptuales sobre diferentes programas de ejercicio, aunque éstos están altamente determinados por el estrés fisiológico del programa.

Palabras clave: Entrenamiento oclusivo; Restricción del flujo sanguíneo; Dolor; Fatiga; Esfuerzo percibido.

Perceptual responses to the application of blood flow restriction in different exercise programmes. A systematic review

ABSTRACT

Introduction: Restriction of blood flow (RFS) is an adjunct to traditional training with effects on strength and hypertrophy. Its effects are still unclear, so the aim of this paper is to review the perceptual effects of RFS during different exercise programmes.

Methods: We searched PubMed, Medline, Cinahl, Cochrane, Web of Science, Dialnet and PEDro. Clinical trials were included in which RFS was used in an exercise programme and perceptual variables (pain, fatigue, discomfort, perceived exertion) were studied. The methodological quality of the studies was assessed using the PEDro scale.

Results: 24 trials using RFS on lower limb during resisted, aerobic-anaerobic, upper limb, concentric or eccentric exercise programmes were selected.

Conclusions: RFS may have perceptual effects on different exercise programmes, although these are highly determined by the physiological stress of the programme.

Keywords: Occlusive training; Blood flow restriction; Pain; Fatigue; Perceived exertion.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: alejalonso@uvigo.es (A. Alonso-Calvete).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2022.07.002>

e-ISSN: 2172-5063/ © 2022 Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Respostas perceptivas à aplicação da restrição do fluxo sanguíneo em diferentes programas de exercícios. Uma revisão sistemática.

RESUMO

Introdução: A restrição do fluxo sanguíneo (RFS) é um complemento ao treino tradicional com efeitos sobre a força e a hipertrofia. Os seus efeitos ainda não são claros, pelo que o objectivo deste documento é rever os efeitos perceptuais das RFS durante diferentes programas de exercício.

Método: Pesquisámos PubMed, Medline, Cinahl, Cochrane, Web of Science, Dialnet e PEDro. Foram incluídos ensaios clínicos em que a RFS foi utilizada num programa de exercícios e foram estudadas variáveis perceptuais (dor, fadiga, desconforto, percepção de esforço). A qualidade metodológica dos estudos foi avaliada utilizando a escala PEDro.

Resultados: 24 ensaios utilizando RFS em membros inferiores durante programas de exercícios resistidos, aeróbico-anaeróbicos, de membros superiores, concêntricos ou excêntricos foram seleccionados.

Conclusões: As RFS podem ter efeitos perceptuais em diferentes programas de exercício, embora estes sejam altamente determinados pelo stress fisiológico do programa.

Palavras-chave: Treino oclusivo; Restrição do fluxo sanguíneo; Dor; Fadiga; Esforço percebido.

Introducción

La restricción del flujo sanguíneo (RFS) es un método de trabajo usado como complemento al ejercicio tradicional, en el que se produce una restricción parcial de la circulación arterial y una elevada restricción de la circulación venosa a través de una manguito neumático colocado generalmente en la zona proximal de las extremidades^{1,2}.

Su aplicación ha demostrado tener efectos positivos a diferentes niveles, sin embargo sus efectos a nivel muscular han sido unos de los más aplicados y estudiados²⁻⁶. Los incrementos en las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular han favorecido su uso tanto en el ámbito del deporte como en el de la salud, aplicándose en tratamientos post-quirúrgicos, lesiones, patologías o procesos en las que exista pérdida de fuerza o atrofia muscular^{2,5,7}. En ambos ámbitos la ciencia se ha centrado mucho en el estudio de los efectos producidos a nivel estructural y fisiológico con el entrenamiento de fuerza aplicando RFS en diferentes programas; observándose efectos como la generación de metabolitos anabólicos, liberación de catecolaminas y hormona de crecimiento o aumento del reclutamiento motor^{4,6-8}.

El uso de la RFS durante ejercicio con resistencia en rehabilitación nos facilita el incremento de la fuerza y la hipertrofia musculares de una forma más segura, permitiendo iniciar el trabajo desde fases tempranas y sin necesidad de grandes cargas llevando a una recuperación del estado muscular anterior más rápida^{1,4}. En deportistas también se han visto beneficios a nivel muscular mejorando la fuerza y actividad electromiográfica y obteniendo mejores resultados en diferentes marcadores y pruebas de rendimiento deportivo^{7,9}. También se han visto beneficios en la velocidad pico en carrera, la VO₂max, la economía de carrera y tiempo de desarrollo de fatiga¹⁰. Aunque el uso de RFS parece aportar beneficios en ciertos aspectos, algunos autores evalúan también efectos a nivel de daño muscular, fatiga, percepción de esfuerzo o dolor durante su aplicación con respecto a al ejercicio sin RFS^{11,12}. Se han observado efectos como el incremento del daño muscular, la afectación en la activación muscular y fatiga neuromuscular o cambios negativos en el estado anímico tras exposición a RFS debido al alto estrés metabólico¹¹⁻¹³.

En los últimos años ha aumentado mucho el número de estudios sobre RFS que estudian sus beneficios y efectos según diferentes protocolos. Aunque a nivel de fortalecimiento está más estudiado^{2-6,14}, aún no se han establecido unas pautas de aplicación para el completo aprovechamiento de los beneficios que puede aportar mediante sus diferentes aplicaciones en combinación con las numerosas variantes existentes en el ejercicio^{1,15}. De igual manera ocurre con sus efectos sobre aspectos perceptuales del paciente como esfuerzo percibido, dolor o fatiga. No están claros cuáles son los resultados del uso de RFS durante el ejercicio en estos factores; ni sus posibles variaciones según el protocolo de aplicación, el tipo de ejercicio realizado durante la aplicación o las condiciones de la persona¹⁶. Aunque algunos autores^{2,6,17} llegan a mencionar en sus

estudios estas variables, ninguno se centra en ellas como objetivo de estudio. Solamente encontramos una revisión que estudia la fatiga muscular a nivel fisiológico (no perceptual) en entrenamientos de fuerza y, entre ellos, hace referencia a la RFS¹⁷. A pesar de mencionar el esfuerzo percibido, la revisión se basa ampliamente en las respuestas bioquímicas y fisiológicas (datos objetivos, de carácter cuantitativo) con varias mediciones post-ejercicio, y busca explicar la fatiga y su influencia en la disminución del rendimiento. Sin embargo, esta revisión se fundamenta en respuestas perceptuales (datos subjetivos, con medidas cualitativas) en el momento del ejercicio o inmediatamente después, y se centra únicamente en la RFS, valorando cuáles son sus efectos perceptuales y si varían según el programa de ejercicio en el que se aplican. Por lo tanto, la forma en que se consideran las variables, así como el grado de profundización en la RFS y los objetivos, son diferentes.

Por otro lado, conocer y entender las bases y respuestas fisiológicas de la aplicación de RFS es fundamental. Sin embargo, teniendo en cuenta la importancia atribuida en la actualidad al abordaje de las prácticas, con pacientes o deportistas, desde una esfera bio-psico-social^{18,19}, el estudio de estos aspectos de mayor componente neurofisiológico, más relacionados con la percepción de la persona ante este tipo de trabajo se vuelve fundamental. Se sabe que los aspectos psicológicos y percepciones del paciente están relacionados, influyéndose entre ellos, lo que condicionará el desempeño de la actividad y la capacidad de mejora^{18,20,21}. Por lo tanto, el objetivo de este estudio es realizar una revisión acerca de las respuestas perceptuales tras la aplicación de RFS, en variables como fatiga, percepción de esfuerzo o dolor, durante diferentes programas de ejercicio. Teniendo en cuenta la estrategia PICO se puede describir el objetivo del siguiente modo: la población corresponde a sujetos que realizan diversos programas de entrenamiento o ejercicio (sanos o con patología), la intervención es la RFS y los resultados o variables de interés (*outcome*) son respuestas perceptuales (fatiga, percepción de esfuerzo y dolor).

Método

Estrategia de búsqueda

Se realizó la búsqueda en febrero de 2021 en las bases de datos PubMed, Medline, Cinahl, Cochrane, Web of Science (WOS), Dialnet y PEDro. Se limitó la búsqueda a los últimos 5 años (desde el 2016) y los términos usados en las búsquedas fueron: "vascular occlusion", "blood flow restriction", "kaatsu", "therapeutic occlusion" [MeSH Terms], "occlusion training", "fatigue", "perceived effort", "physical exertion" [MeSH Terms], "myalgia" [MeSH Terms], "soreness", "pain" [MeSH Terms]; unidos mediante los operadores booleanos "AND" y "OR". Las ecuaciones introducidas en cada base de datos se muestran en la [Tabla 1](#).

Tabla 1. Ecuaciones de búsqueda

Base de datos	Ecuación de búsqueda
PubMed	("perceived effort" OR "physical exertion"[Mesh] OR fatigue OR myalgia"[Mesh] OR "muscle soreness" OR "pain"[Mesh]) AND ("vascular occlusion" OR "therapeutic occlusion"[Mesh] OR "blood flow restriction" OR "occlusion training" OR "kaatsu").
Medline	("perceived effort" OR "physical exertion" OR fatigue OR myalgia OR "muscle soreness" OR pain) AND ("vascular occlusion" OR "therapeutic occlusion" OR "blood flow restriction" OR "occlusion training" OR kaatsu). Sin aplicar "materias equivalentes".
Cinahl	("perceived effort" OR "physical exertion" OR fatigue OR myalgia OR "muscle soreness" OR pain) AND ("vascular occlusion" OR "therapeutic occlusion" OR "blood flow restriction" OR "occlusion training" OR kaatsu). Sin aplicar "materias equivalentes".
Cochrane	("perceived effort" OR "physical exertion" OR fatigue OR myalgia OR "muscle soreness" OR pain) AND ("vascular occlusion" OR "therapeutic occlusion" OR "blood flow restriction" OR "occlusion training" OR kaatsu). Búsqueda a través de palabra clave.
WOS	(AK=("perceived effort" OR "physical exertion" OR fatigue OR myalgia OR "muscle soreness" OR pain) AND AK=("vascular occlusion" OR "therapeutic occlusion" OR "blood flow restriction" OR "occlusion training" OR kaatsu)). Búsqueda a través de AK: palabra clave del autor.
Dialnet	("perceived effort" OR "physical exertion" OR "fatigue" OR myalgia OR "muscle soreness" OR "pain") AND ("vascular occlusion" OR "therapeutic occlusion" OR "blood flow restriction" OR "occlusion training" OR "kaatsu").
PEDro	"blood flow restriction" AND "perceived exertion". Method: clinical trial. 2016-2021.

Criterios de selección

Para refinar la búsqueda y seleccionar solo aquellos artículos adecuados para la revisión, se establecieron criterios de selección. Los criterios de inclusión fueron: ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) realizados en humanos sanos o con patología musculoesquelética, en inglés, publicados entre 2016-2020 y que comparen RFS con otros protocolos de ejercicio en variables perceptuales. Como criterios de exclusión, se eliminaron los estudios en fase provisional, pilotos o que no coinciden con el tema de estudio.

Calidad metodológica

La calidad de los estudios fue evaluada mediante la escala PEDro²². Contiene 10 ítems, puntuados con "sí" o "no". Los estudios con una puntuación de 0 a 3 son de calidad baja, de 4 a 5 de calidad media y de 6 a 10 de alta calidad. Además de los criterios PRISMA para revisiones sistemáticas²³, se han usado los criterios Van Tulder para evaluar el nivel de evidencia científica²⁴.

Resultados

Búsqueda de los resultados

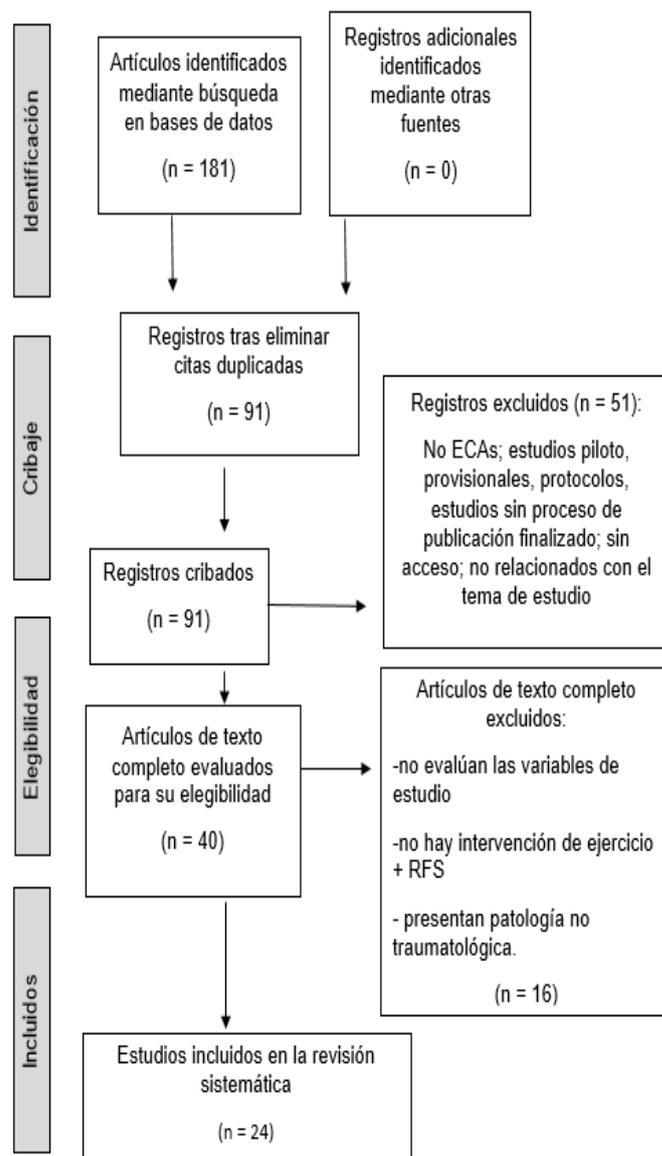
Tras realizar la búsqueda bibliográfica en las seis bases de datos, se obtuvieron un total de 2915 artículos y tras aplicar los criterios de elegibilidad se incluyeron finalmente 24. El proceso de búsqueda y selección de los estudios se muestra en la [Figura 1](#).

Características de los estudios

En la [Tabla 2](#) se muestran las características de los participantes y en la [Tabla 3](#) de las intervenciones. En total, 558 sujetos se incluyeron en esta revisión (357 hombres y 201 mujeres). Varios estudios únicamente tienen hombres en su muestra²⁵⁻³⁵. 284 individuos son sanos y activos o deportistas, y 83 están desentrenados; mientras que 191 tienen patología musculoesquelética en la región de estudio. Del grupo con patología, 93 son hombres y 98 mujeres.

En todos los estudios se aplica ejercicio con RFS, comparando diferentes programas con RFS o su aplicación frente a la no aplicación. La mayor parte de los autores comparan el ejercicio resistido de alta intensidad con el ejercicio resistido de baja intensidad con RFS. Aunque muchos de los estudios usan la prensa

de piernas o la extensión de rodilla en máquina, en otros se utilizan otras formas de actividad como: ejercicios de flexo-extensión de brazo^{26,31,36,37}, ejercicio aeróbico^{28,29,32,38}, una actividad deportiva específica^{25,39} o programas de ejercicios^{40,41}.

**Figura 1.** Diagrama de flujo PRISMA.

Las presiones de oclusión fueron muy variadas, entre 40 y 80 % de la presión de oclusión total. Sieljascks et al. (2018)³⁰ defiende que menor presión genera adaptaciones similares a presiones altas, pero con menos discomfort. Brandner et al. (2017)²⁶ y Amani-Shalamzari et al. (2020)²⁵ aplican oclusiones del 130% y 110% de la presión sistólica de forma intermitente (desinflando el manguito entre series). La mayoría de los autores usan la restricción del flujo sanguíneo de forma continua, sin disminuir la presión entre series. En cuanto a la resistencia, se determina entorno al 20-30% del 1RM para ejercicios de baja carga y entorno al 80% del 1RM para los ejercicios de alta carga ([Tabla 3](#)). Early et al.⁴¹ utiliza cargas del 60% del 1RM en su grupo de ejercicio con carga alta, variando los resultados con respecto a la mayoría de estudios.

En todos los programas se realizaron sesiones de familiarización, a excepción de 4 ECAs^{30,37,41,42}. Las intervenciones mayoritariamente basadas en ejercicios de resistencia usaron 3-4 series de ejercicios con 8-15 repeticiones, siendo el programa más extendido el de: 1º series - 30 repeticiones, 2º, 3º, 4º series - 15 repeticiones ([Tabla 3](#)). Las mediciones se hicieron

Tabla 2. Características de los participantes y RFS.

Autor	Características de los participantes	Características de la RFS
Hughes et al. (2019) ⁴³	n = 24, 17h ♀ / 7m ♂ Edad: 29 ± 7 Reconstrucción de LCA	Ancho: 11,5cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: ND Presión - % de oclusión: 80%
Hughes et al. (2019) ⁴⁴	n = 28, 17h ♀ / 7m ♂ Edad: 29 ± 7 Reconstrucción de LCA	Ancho: 11,5cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: ND Presión - % de oclusión: 80%
Hughes et al. (2018) ⁴⁵	n = 30, 23h ♀ / 7m ♂ Edad: 28 ± 5 Reconstrucción de LCA	Ancho: 11,5cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 80%
Hill et al. (2019) ³⁶	n = 25, 0h ♀ / 25m ♂ Edad: 21.7 ± 1.0 Mujeres sanas desentrenadas	Ancho: ND / Localización: zona proximal del brazo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 40%
Bryk et al. (2016) ⁴⁰	n = 34, 0h ♀ / 34m ♂ Edad media: 61 Artrosis de rodilla	Ancho: ND / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: intermitente Presión - % de oclusión: 200 mmHg
Vogel et al. (2019) ⁴²	n = 18, 7h ♀ / 11m ♂ Edad: 25 ± 2 Sujetos sanos	Ancho: 7cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 300 mmHg
Wooten et al. (2020) ³²	n = 20, 10h ♀ / 10m ♂ Edad: 18-35 Sujetos sanos	Ancho: 6cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 250 – 300 mmHg (según la circunferencia del manguito)
Amani-Shalamzar et al. (2020) ²⁵	n = 12, 12h ♀ / 0m ♂ Edad: 23 ± 2 Jugadores fútbol sala sanos	Ancho: 13cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: Intermitente Presión - % de oclusión: 110% +10% cada 2 sesiones
Mattocks et al. (2019) ³⁷	n = 40, 20h ♀ / 20m ♂ Edad: 18-35 Sujetos sanos, desentrenados	Ancho: 5cm (miembros superiores), 10cm (miembros inferiores) / Localización: zona proximal del miembro Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 40% y 80%
Brandner et al. (2017) ²⁶	n = 17, 17h ♀ / 0m ♂ Edad: 20-27 Sujetos sanos, desentrenados	Ancho: 8cm / Localización: zona proximal del brazo Oclusión: continua - intermitente Presión - % de oclusión: cRFS – 80% (93 ± 2 mmHg); iRFS – 130 % (152 ± 3)
Behringer et al. (2018) ²⁷	n = 20, 20h ♀ / 0m ♂ Edad: 25.1 ± 3.1 Estudiantes sanos activos	Ancho: 13cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: ND Presión - % de oclusión: 197 ± 33.7 mmHg
Da Silva et al. (2019) ²⁸	n = 22, 22h ♀ / 0m ♂ Edad: 24.2 ± 2.8 Jugadores de fútbol americano sanos	Ancho: ND / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 50% (63.8 ± 6.2 mmHg – derecha; 62.3 ± 5.1 mmHg - izquierda)
Penailillo et al. (2020) ²⁹	n = 21, 21h ♀ / 0m ♂ Edad: 24.0 ± 3.2 Sujetos sanos	Ancho: 5cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 60% (192 ± 24 mmHg)
Sieljacks et al. (2019) ³⁰	n = 14, 14h ♀ / 0m ♂ Edad: 23-27 Sujetos sanos, desentrenados	Ancho: 14cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: ND Presión - % de oclusión: 40% / ER-BC: 71 (67;74) mmHg y ER-BC + BFR: 71 (68;74) mmHg
Curty et al. (2017) ³¹	n = 9, 9h ♀ / 0m ♂ Edad: 26 ± 1 Sujetos sanos, entrenados	Ancho: 14cm / Localización: zona proximal del brazo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 80% - 121 ± 7 (lado dominante); 122 ± 4 (lado no dominante)
May et al. (2017) ³²	n = 14, 14h ♀ / 0m ♂ Edad: 22 ± 1 Sujetos sanos, activos	Ancho: 10,5cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 80%
Ferreira et al. (2017) ³⁸	n = 21, 8h ♀ / 13m ♂ Edad: 63.8 ± 4.2 Sujetos sanos	Ancho: estándar / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 50% (63.9 ± 5.5 mmHg)
Gavanda et al. (2020) ³³	n = 12, 12h ♀ / 0m ♂ Edad: 18-45 Sujetos sanos, activos	Ancho: 7cm / Localización: zona proximal de la pierna Oclusión: continua Presión - % de oclusión: máxima
Giles et al. (2017) ⁴⁶	n = 79, 36h ♀ / 43m ♂ Edad: 18 – 40. Dolor patelofemoral (DPF)	Ancho: ND / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 60%
Early et al. (2020) ⁴¹	n = 31, 11h ♀ / 20m ♂ Edad: 23 ± 4 Sujetos sanos	Ancho: 5,5cm (miembros superiores), 7cm (miembros inferiores) / Localización: zona proximal de brazo y muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 250 mmHg (miembros superiores), 360 mmHg (miembros inferiores)
Soligon et al. (2018) ³⁴	n = 12, 12h ♀ / 0m ♂ Edad: 24.5 ± 1.5 Sujetos sanos, desentrenados	Ancho: 17,5cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 40%, 50%, 60%, 70%, 80% (57.0 ± 4.5, 72.9 ± 5.0, 88.0 ± 7.5, 100.3 ± 9.6, 117.8 ± 8.7)
Husmann et al. (2018) ⁴⁷	n = 17, 17h ♀ / 0m ♂ Edad: 25 +/- 4 Sujetos sanos, activos	Ancho: 10cm / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 60%
Martín-Hernández et al. (2017) ³⁵	n = 30, 30h ♀ / 0m ♂ Edad: 19 – 25 Universitarios, sanos, activos	Ancho: ND / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: intermitente Presión - % de oclusión: 110 mmHg
Winchester et al. (2020) ⁴⁸	n = 12, 8h ♀ / 4m ♂ Edad: 19 – 30 Sujetos sanos, activos	Ancho: ND / Localización: zona proximal del muslo Oclusión: continua Presión - % de oclusión: 80%

RFS: restricción del flujo sanguíneo, Exc: excéntrico, Con: cócéntrico, LCA: ligamento cruzado anterior, DPF: dolor patelofemoral, n: número, h/ ♀: hombre, m/ ♂: mujer, ER-BC: ejercicio resistido de baja carga, ER-AC: ejercicio resistido de alta carga, %: por ciento, mmHg: milímetros de mercurio, cm: centímetros, ND: no disponible

mayoritariamente entre series, o en su ausencia inmediatamente tras la intervención. Únicamente Brandner et al. (2017)²⁶ realizan la medición 5' del esfuerzo percibido post-ejercicio, Early et al. (2020)⁴¹ 24 y 48 horas post-ejercicio y Early et al. (2020)⁴¹ y

Behringer (2018)²⁷ analizan el dolor muscular 24 horas post-ejercicio. En el caso de las intervenciones con patología se usan tiempos de 24h – 1 semana para valorar los efectos sobre dolor articular y función en actividades de la vida diaria.

Tabla 3. Características del programa de ejercicio

Autor	Programa de ejercicio	Duración - frecuencia del programa
Hughes et al. (2019) ⁴³	Prensa de piernas ER-AC: 70% 1RM ER-BC + RFS: 30% 1RM	16 sesiones, 2 sesiones/semana, 8 semanas ER-AC: 3 Series de 10 Rep / 30s Recuperación ER-BC + RFS: 4 Series de 30, 15, 15, 15 Rep / 30s Recuperación
Hughes et al. (2019) ⁴⁴	Prensa de piernas ER-AC: 70% 1RM ER-BC + RFS: 30% 1RM	16 sesiones, 2 sesiones/semana, 8 semanas ER-AC: 3 Series de 10 Rep / 30s Recuperación ER-BC + RFS: 4 Series de 30, 15, 15, 15 Rep / 30s
Hughes et al. (2018) ⁴⁵	Prensa de piernas LCA, ER-AC: 70% 1RM ER-BC: 30% 1RM LCA, ER-BC + RFS: 30% 1RM	1 sesión LCA, ER-BC y ER-BC: 4 Series de 30, 15, 15 y 15 Rep / 30s Recuperación. Cadencia: 1s concéntrico / 1s excéntrico LCA, ER-AC: 3 Series de 10 Rep / 30s Recuperación
Hill et al. (2019) ³⁶	Flexión de codo - curl de bíceps ER-Exc + BFR: 30% torque excéntrico pico. ER-Con + BFR: 30% torque excéntrico pico.	6 sesiones, 1 semana 4 Series de 30, 15, 15 y 15 Rep / 30s Recuperación Velocidad: 120° s ⁻¹
Bryk et al. (2016) ⁴⁰	Programa de fortalecimiento y estiramientos de miembros inferiores ER-AC: 70 % 1RM ER-BC + RFS: 30 % 1RM	18 Sesiones, 3 sesiones/semana, 6 semanas 3 Rep de 30s (en estiramientos y ejercicios isométricos) 3 Series de 10 Rep
Vogel et al. (2019) ⁴²	Flexo-extensión de rodilla resistida en máquina ER-AC: 70% 1RM ER-BC: 30% 1RM ER-BC + RFS: 30% 1RM	1 sesión ER-BC y ER-BC + RFS: 75Rep repartidas en 4 Series / 90s Recuperación ER-AC: 30Rep repartidas en 3 Series / 90s Recuperación
Wooten et al. (2020) ³⁹	Yoga // Yoga + RFS	1 sesión 20 postura de Yoga mantenidas 30s
Amani-Shalamzar et al. (2020) ²⁵	Partidos de fútbol sala a 1/2 campo Partido (EA) Partido + RFS (EA + RFS)	10 sesiones, 3 sesiones/semana, 3 semanas 3min actividad / 2min Recuperación pasiva. 4 Rep. sesión 1-3; 6 Rep. sesión 4-7; 8 Rep. sesión 8-9
Mattocks et al. (2019) ³⁷	Flexión de codo - curl de bíceps + Extensión de rodilla en máquina ER-BC: 15% 1RM ER-BC + RFS (40%): 15% 1RM ER-BC + RFS (80%): 15% 1RM ER-AC: 70% 1RM	16 sesiones, 2 sesiones/semana, 8 semanas ER-BC: 4 Series hasta 90 Rep / 30s Recuperación ER-AC: 4 Series al fallo / 90s Recuperación Cadencia: 1s concéntrico / 1s excéntrico *Las series fueron incrementadas progresivamente
Brandner et al. (2017) ²⁶	Flexión de codo - Curl de bíceps ER-AC: 80% 1RM // ER-BC: 20% 1RM ER-BC + cRFS: 20-30% 1RM, LP ER-BC + iRFS 20-30% 1RM, HP	1 sesión AC: 4 Series 6-8 Rep / 2,5min recuperación BC: 1 Serie de 30 Rep + 3 Series de 15 Rep / 30s Recuperación Cadencia: 2s concéntrico/2s excéntrico
Behringer et al. (2018) ²⁷	Extensión (excéntrica) de rodilla en máquina. ER-AC + RFS: 75% 1RM ER-AC	Pierna dominante, en fase excéntrica. 1 sesión. 4 Series al fallo / 30s Recuperación Cadencia: 2s excéntrico (concéntrico con la otra pierna)
Da Silva et al. (2019) ²⁸	Carrera continua en tapiz rodante EA: 40% VO2max EA + RFS: 40% VO2 max HIIT: 80% y 40% VO2max durante el ejercicio y los intervalos activos respectivamente.	1 sesión EA y EA + BFR: carrera continua de 18min a 40% VO2max HIIT: 18min - 6 Series de 90s al 80% VO2max / 90s Recuperación al 40% VO2max
Penailillo et al. (2020) ²⁹	30' pedaleo excéntrico Pedaleo + RFS Pedaleo	1 sesión 30min, 60 rpm, 60% potencia concéntrica máxima
Sieljacks et al. (2019) ³⁰	Extensión de rodilla en máquina ER-BC + RFS: 25-30 % 1RM ER-BC: 25-30 % 1RM	22 bloques, 1 bloque/sesión 4 Series al fallo / 45s Recuperación Cadencia: 1s concéntrico / 1s excéntrico
Curty et al. (2017) ³¹	Extensión de codo excéntrica ER-AC: 130% 1RM ER-AC + RFS: 130% 1RM	1 sesión. 3 Series de 10 Rep / 1min Recuperación Cadencia: excéntrico 3s
May et al (2017) ³²	Prensa de piernas: ER-BC (20% 1RM), ER-BC + RFS (20% 1RM), ER-AC (80% 1RM) Tapiz rodante: EA-BC (4 kmh), EA-BC + RFS (4 kmh), EA-AC (80% VO2max)	1 sesión. 3 bloques de ejercicios (1º ER-BC, 2º ER-BC + RFS, 3º ER-AC) / 10min Descanso. 4 Series por bloque / 1min Recuperación Prensa ER-BC y ER-BC + RFS: 4 Series de 30,15,15,15 Reps (20% 1RM) Prensa ER-AC: 3 Series de 8 Rep (80% 1RM) Cadencia: 2s concéntrico / 2s excéntrico Cinta: Series de 2min
Ferreira et al (2017) ³⁸	Carrera en tapiz rodante EA-BC: 40% VO2max EA-BC + RFS: 40% VO2max EA-AC: 70% VO2max	1 sesión 20min de carrera continua en tapiz rodante
Gavanda et al (2020) ³³	Elevaciones de tobillo ER-BC + RFS: 30% 1RM ER-BC: 30% 1RM	12 sesiones, 6 semanas, 2 sesiones/semana 4 Series al fallo / 30s Recuperación Cadencia: 2s concéntrico / 2s excéntrico
Giles et al (2017) ⁴⁶	Prensa de piernas + Extensiones de rodilla en máquina ER-AC: 70% 1RM ER-BC + RFS: 30% 1RM	6 sesiones, 3 sesiones/semana ER-BC + RFS: 1 Serie de 30Rep o al fallo + 3 Series de 15Rep / 90s Recuperación ER-AC: 3Series de 7-10Rep / 30s Recuperación
Early et al (2020) ⁴¹	7 ejercicios de miembros superiores e inferiores ER-AC: 60% 1RM // ER-BC + RFS: 30% 1RM	2-3 sesiones/semana, 8 semanas ER-AC: 3 Series de 10 Rep ER-BC + RFS: 3 Series de 30 Rep o al fallo
Soligon et al (2018) ³⁴	Extensión de rodilla en máquina ER-BC + RFS (40%,50%,60%,70%,80%): 30% 1RM ER-AC: 80% 1RM	ER-BC + RFS: 3 Series de 15 Rep / 1min Recuperación ER-AC: 3 Series de 10 Rep / 1min Recuperación Cadencia: 1s concéntrico / 1s excéntrico
Husmann et al (2018) ⁴⁷	Extensión de rodilla ER-BC 30% 1RM // ER-BC + RFS: 30% 1RM	4 Series de 30, 15, 15, 15 Rep / 30s Recuperación Cadencia: 1,5s concéntrico / 1,5s excéntrico
Martín-Hernández et al (2017) ³⁵	Extensión de rodilla ER-AC: 85% 1RM // ER-BC + RFS: 20% 1RM	ER-BC + RFS: 4Series de 30+15+15+15Rep / 60s Recuperación ER-AC: 3Series de 8Rep o al fallo / 60s Recuperación
Winchester et al (2020) ⁴⁸	Sentadilla tradicional ER-AC: 75% 1RM // ER-AC + RFS: 75% 1RM	5Series al fallo / 3min Recuperación. Cadencia: 2s concéntrico / 2s excéntrico

RFS: restricción del flujo sanguíneo, iRFS: RFS intermitente, cRFS: RFS continua ER-AC: ejercicio resistido con alta carga, ER-BC: ejercicio resistido con baja carga, EA: ejercicio aeróbico, HIIT: Hingh Intensity Intervall Training, Con: concéntrico, Exc: excéntrico, rep: repetición, rm: repetición máxima, s: segundos, min: minutos, %: por ciento.

Tabla 4. Puntuación en la escala PEDro

Autores	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11	TOTAL
Hughes et al. (2019) ⁴³	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8
Hughes et al. (2019) ⁴⁴	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8
Hughes et al. (2018) ⁴⁵	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	7
Hill et al. (2019) ³⁶	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Bryk et al. (2016) ⁴⁰	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	8
Vogel et al. (2019) ⁴²	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Wooten et al. (2020) ³⁹	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Amani-Shalamzar et al. (2020) ²⁵	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Mattocks et al. (2019) ³⁷	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Brandner et al. (2017) ²⁶	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Behringer et al. (2018) ²⁷	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Da Silva et al. (2019) ²⁸	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Penailillo et al. (2020) ²⁹	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Sieljacks et al. (2019) ³⁰	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Curty et al. (2017) ³¹	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
May et al. (2017) ³²	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Ferreira et al. (2017) ³⁸	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Gavanda et al. (2020) ³³	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Giles et al. (2017) ⁴⁶	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	8
Early et al. (2020) ⁴¹	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	7
Soligon et al. (2018) ³⁴	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Husmann et al. (2018) ⁴⁷	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Martin-Hernández et al. (2017) ³⁵	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6
Winchester et al. (2020) ⁴⁸	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	6

Tabla 5. Escala de Van Tulder

Autores	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	TOTAL
Hughes et al. (2019) ⁴³	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	9
Hughes et al. (2019) ⁴⁴	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	9
Hughes et al. (2018) ⁴⁵	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	8
Hill et al. (2019) ³⁶	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Bryk et al. (2016) ⁴⁰	1	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	8
Vogel et al. (2019) ⁴²	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Wooten et al. (2020) ³⁹	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Amani-Shalamzar et al. (2020) ²⁵	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Mattocks et al. (2019) ³⁷	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Brandner et al. (2017) ²⁶	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Behringer et al. (2018) ²⁷	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Da Silva et al. (2019) ²⁸	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	7
Penailillo et al. (2020) ²⁹	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Sieljacks et al. (2019) ³⁰	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Curty et al. (2017) ³¹	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
May et al. (2017) ³²	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Ferreira et al. (2017) ³⁸	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Gavanda et al. (2020) ³³	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Giles et al. (2017) ⁴⁶	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	10
Early et al. (2020) ⁴¹	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	8
Soligon et al. (2018) ³⁴	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	7
Husmann et al. (2018) ⁴⁷	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Martin-Hernández et al. (2017) ³⁵	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6
Winchester et al. (2020) ⁴⁸	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1	6

Análisis de la calidad metodológica

Para el análisis de la calidad metodológica de los estudios se utilizó la escala PEDro^{43,44} (Tabla 4) en la que destacan los dos estudios de Hughes et al. (2019)^{45,46}, el de Bryk et al. (2016)⁴⁰ y el de Giles et al. (2017)⁴⁷ con puntuaciones de 8. La puntuación media es de 6,42±0,78. También se usó la escala Van Tulder²⁴ (tabla 5) en la que la puntuación media fue de 6,75 con una desviación estándar de ±1,22.

Variables analizadas (Tabla 6)

Esfuerzo percibido

Es la principal variable de los estudios incluidos en la presente revisión sistemática. En general para la evaluación se usaron las escalas de esfuerzo percibido CR-10 o 6-20 de Borg. Varios estudios basan su intervención en un ejercicio analítico de extensión de rodilla: Hernández et al. (2017)³⁵, Husmann et al. (2018)⁴⁹ y Sieljacks et al. (2019)³⁰. En todos ellos se obtienen valores de esfuerzo percibido significativamente más altos en los

protocolos que incluyen RFS. Solamente en un caso se obtienen resultados diferentes (Vogel et al., 2019)⁴².

Sin embargo, la presión de oclusión podría influir sobre la percepción. Mientras que mayores presiones favorecen mayor esfuerzo percibido en grupos de RFS, presiones más bajas podrían invertir los resultados anteriores observándose mayor RPE en ER-AC que en ER-BC + RFS (Soligon et al., 2018 y Brandner et al., 2017)^{26,34}. Por otro lado, Mattocks et al. (2019)³⁷ observaron la existencia de cierta adaptación al trabajo disminuyendo el esfuerzo percibido a medida que avanza el programa. Esta adaptación sería mayor en el grupo de RFS tanto en miembros inferiores como superiores.

En el caso del RPE en personas con patología no se observan resultados concluyentes.

En relación al ejercicio en miembros superiores los programas son más dispares, hay menos y con resultados diferentes. Curty et al. (2019)³¹ muestran un RPE similar entre trabajo excéntrico con RFS y sin RFS. Hill et al. (2019)³⁶ observa mayor RPE en el trabajo concéntrico, que en trabajo excéntrico. En programas de resistencia (aeróbica-anaeróbica) no se observan resultados concluyentes. Algunos autores encuentran mayor RPE con

Tabla 6. Variables de estudio, escalas y resultados.

Autor	Variables medidas	Escalas	Resultados
Hughes et al. (2019) ⁴³	Dolor, función y calidad de vida	Escala KOOS (Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score)	Mejoras en dolor, función y calidad de vida con RFS
Hughes et al. (2019) ⁴⁴	Dolor de rodilla percibido Dolor muscular Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de Borg de dolor percibido	Dolor de rodilla: menor con ER-BC+RFS Dolor muscular: mayor con ER-BC+RFS comparado con ER-AC. Esfuerzo percibido: se mantiene igual en ER-BC+RFS y ER-AC
Hughes et al. (2018) ⁴⁵	Esfuerzo percibido Dolor percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de Borg de dolor percibido	Esfuerzo percibido: mayor en ACLR-RFS comparado con NO-RFS. Dolor muscular: mayor en ER-BC (no-LCA) y ER-BC+RFS (LCA) comparado con ER-AC (LCA). Dolor de rodilla: menor en ER-BC+RFS (LCA) comparado con ER-AC (LCA).
Hill et al. (2019) ³⁶	Umbral doloroso a la presión Dolor muscular percibido	Escala visual analógica (EVA) Escala de Borg de esfuerzo percibido	Dolor muscular percibido y umbral de dolor a la presión: sin cambios. Esfuerzo percibido: menor en ER-Exc+RFS
Bryk et al. (2016) ⁴⁰	Dolor	Escala de valoración numérica (para el dolor) Índice de Lequesne	Dolor anterior de rodilla menor con ER-BC+RFS.
Vogel et al. (2019) ⁴²	Esfuerzo percibido Fatiga percibida Evaluación de bienestar actual	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de bienestar actual (Escala de Likert) Escala de valoración numérica (para la fatiga)	Esfuerzo percibido: en el grupo de ER-BC + RFS fue mayor que en el ER-BC y menor que en el ER-AC Escala de bienestar: menor puntuación en el ER-AC. Escala de fatiga: en el grupo de ER-BC + RFS fue mayor que en el ER-BC y menor que en el ER-AC
Wooten et al. (2020) ³²	Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido	Esfuerzo percibido: sin diferencias entre grupos.
Amani-Shalamzar et al. (2020) ²⁵	Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido	Esfuerzo percibido: mayor en el grupo de RFS.
Mattocks et al. (2019) ³⁷	Esfuerzo percibido Disconfort	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de Borg de disconfort (CR 10+)	Esfuerzo percibido: disminuyó en la aplicación de RFS en miembro superior, con mayor cambio que sin RFS. En miembros inferiores disminuyó más en el grupo ER-BC + RFS (40%): 15% 1RM. Disconfort: bajó en los grupos de miembro superior ER-BC: 15% 1RM; ER-BC + RFS (40%): 15% 1RM; ER-AC: 70% 1RM. En miembro inferior disminuyó en los grupos ER-BC: 15% 1RM; ER-BC + RFS (40%): 15% 1RM; ER-AC: 70% 1RM.
Brandner et al. (2017) ²⁶	Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido	Esfuerzo percibido: similar en ER-AC y ER-BC + iRFS, siendo mayores que en ER-BC + cRFS. Es menor en el grupo ER-BC.
Behringer et al. (2018) ²⁷	Dolor muscular percibido	Escala visual analógica (EVA)	Dolor muscular percibido sin diferencias entre grupos.
Da Silva et al. (2019) ²⁸	Fatiga Esfuerzo percibido Estado anímico	Escala de alteración del estado anímico - Total mood disturbance (TMD) Escala de Borg de esfuerzo percibido modificada Escala de estado anímico de Brunel - Brunel Mood Scale (BRUMS) Alteración total del estado anímico - Total mood disturbance (TMD): Ecuación de Wemeck TMD = ([tensión + depresión + enfado + fatiga + confusión mental] - vigor + 100)	Fatiga y esfuerzo percibido: mayores en EA+RFS y HIIT Alteración del estado anímico: mayor en EA+RFS y HIIT inmediatamente post-ejercicio y se mantiene elevado 1 h post-ejercicio en EA+RFS
Penailillo et al. (2020) ²²	Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido	Esfuerzo percibido: similar entre grupos.
Sieljacks et al. (2019) ³⁰	Esfuerzo percibido Disconfort (malestar)	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de Borg de disconfort (CR10+)	Esfuerzo percibido y disconfort: menores en el grupo ER-BC
Curty et al. (2017) ³¹	Esfuerzo percibido Dolor percibido Dolor muscular	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala visual analógica (EVA)	Dolor muscular: mayor en Exc-RFS. Dolor percibido: mayor en Exc-RFS. Esfuerzo percibido: no muestra diferencias significativas entre grupos.
May et al. (2017) ³²	Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido	Esfuerzo percibido: en el ER-BC con RFS es mayor que sin RFS, pero menor que en ER-AC. Con la prensa de piernas hay mayor esfuerzo percibido que en cinta.
Ferreira et al. (2017) ³³	Esfuerzo percibido	Escala de Borg de esfuerzo percibido	Esfuerzo percibido: es menor en EA-BC+RFS y ER-BC con respecto al ER-AC.
Gavanda et al. (2020) ³³	Dolor	Escala visual analógica (EVA)	Dolor: Valores parecidos en ambos grupos.
Giles et al. (2017) ⁴⁶	Dolor	Escala de Kujala para dolor patelofemoral Escala visual analógica (EVA)	Dolor: mayor mejora en ER-BC+RFS
Early et al. (2020) ⁴¹	Dolor muscular Dolor-disconfort	Escala visual analógica (EVA) Cuestionario de McGill para el dolor (intensidad del dolor actual)	Dolor muscular general: menor en ER-BC+RFS. Disconfort: Intensidad del dolor actual fue reportado menos frecuentemente en el grupo de RFS, pero no hay diferencias significativas.
Soligon et al. (2018) ³⁴	Esfuerzo percibido Dolor	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala visual analógica (EVA)	Esfuerzo percibido: menor en ER-BC+RFS (40% y 50%) comparado con ER-BC+RFS (70% y 80%) y ER-AC. Dolor: menor en ER-BC+RFS (40% y 50%) y ER-AC que en ER-BC+RFS (60%, 70%, 80%). Con un volumen total de entrenamiento (series x repeticiones x kg), bajas presiones de RFS provocaron menor esfuerzo percibido y dolor que altas presiones. ER-AC provoca valores similares de dolor, pero mayor esfuerzo percibido que ER-BC+ RFS con baja presión.
Husmann et al. (2018) ⁴⁷	Esfuerzo percibido Dolor muscular	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de Borg de dolor percibido	Dolor muscular y esfuerzo percibido: aumentaron más en el grupo de RFS, durante las últimas series (3ª y 4ª).
Martin-Hernández et al. (2017) ³⁵	Esfuerzo percibido Dolor	Escala de Borg de esfuerzo percibido Escala de Borg de dolor percibido	Esfuerzo percibido: disminuye desde la sesión 4 de ER-AC. En el grupo de RFS es mayor, pero disminuye rápido alcanzando valores similares a los de ER-AC. Dolor: disminuye en ambos grupos a medida que se avanza en sesiones, especialmente en el grupo de RFS
Winchester et al (2020) ⁴⁸	Dolor percibido	Escala de Borg de dolor percibido	Dolor percibido: aumenta entre series con RFS, comparado con sentadilla sin RFS.

LCA: ligamento cruzado anterior, RPE: esfuerzo percibido, RFS: restricción del flujo sanguíneo, iRFS: RFS intermitente, cRFS: RFS continua ER-AC: ejercicio resistido con alta carga, ER-BC: ejercicio resistido con baja carga, EA: ejercicio aeróbico, HIIT: High Intensity Intervall Training, Con: concéntrico, Exc: excéntrico.

aplicaciones de RFS^{25,28}, mientras que otros no encuentran grandes diferencias RFS^{29,38}.

Dolor

Para la evaluación del dolor se usaron fundamentalmente la escala de Borg y la escala visual analógica. También se usaron otras escalas como: Cuestionario del dolor de McGill⁴¹, o en el caso de patologías: Knee Injury and Osteoarthritis Pain Scale⁴⁶, Índice de Lequesne⁴⁰ y la Escala para el dolor patelofemoral de Kujala⁴⁷.

Se observa que hay mayor dolor muscular percibido en algunos grupos de ejercicio resistido de baja carga con aplicación de RFS, tanto en personas sanas^{31,42} como con patología musculoesquelética^{45,48}. Sin embargo, no son resultados claros, Early et al, (2020)⁴¹ observa menos dolor muscular percibido en el grupo con RFS y Hill et al. (2019)³⁶ no observa diferencias entre grupos. Soligon et al. (2018)³⁴ comprueba en su estudio que mayores niveles de dolor muscular se corresponden con presiones de oclusión más elevadas, mientras que con niveles bajos los resultados son más similares a los grupos de ejercicio resistido con cargas altas sin aplicación de RFS.

En todos los estudios incluidos en los que hay presencia de patología, esta se localiza en la región de la rodilla. En estos casos se ve que el dolor disminuye más en los programas de ER-BC + RFS con respecto a los de ER+AC, permitiendo mejor función en las actividades de la vida diaria^{40,45-48}.

Otros aspectos perceptuales

En algún estudio se mencionan otros aspectos como el disconfort^{30,37} (malestar), la percepción de fatiga^{28,42} y los cambios en el estado anímico^{28,42}.

Aunque son pocos los estudios que analizan la fatiga percibida, parece que actividades de baja intensidad con RFS podrían producir una fatiga similar a esas mismas actividades realizadas a mayor intensidad sin RFS^{28,42}.

El disconfort parece tener un comportamiento similar al RPE^{30,37}. Sieljacks (2019)³⁰ muestra mayor disconfort en grupos de ER-BC sin RFS. Además, al igual que en el RPE, Mattocks et al. (2019)³⁷ aprecian que el malestar disminuye a medida que avanza el programa. Esto es debido a la adaptación del sujeto al entrenamiento.

Los resultados sobre los cambios anímicos estudiados por Da Silva et al. (2019)²⁸ muestran una mayor afectación negativa del ánimo en actividad aeróbica ligera con aplicación de RFS (equiparable al trabajo interválico de alta intensidad) con respecto a trabajo aeróbico de baja intensidad sin RFS. Durante la aplicación de RFS la fatiga y tensión aumentan y disminuye el vigor, mientras que no hay efectos sobre el enfado, la depresión y la confusión. Estos efectos se mantienen 1 hora post-ejercicio. Además, Vogel (2019)⁴² obtiene peores resultados en el bienestar de grupos en los que se aplica RFS.

Discusión

Resumen y análisis de los resultados

Esta revisión muestra que la aplicación de RFS durante diferentes programas de ejercicio influye en los efectos perceptuales, sin embargo, las respuestas son diversas y dificulta extraer unas conclusiones claras. Aun así, se puede obtener cierta información relacionada con el programa de ejercicio o las variables analizadas y su influencia sobre las variables perceptuales.

La principal herramienta utilizada para evaluar las variables de interés en este estudio fue la escala de Borg de esfuerzo percibido que se utilizó en 16 estudios^{25,26,28,29,30,32,35-39,42,44,45,47} seguida de la EVA para el dolor (utilizada en 7 estudios)^{27,31,33,34,36,41,46} y de la escala de Borg de dolor percibido que se utilizó en 5

estudios^{35,44,45,46,47}. Otras herramientas se utilizaron de forma más puntual (Tabla 6).

En cuanto a los programas de ejercicio en los que se ha aplicado RFS, son muy heterogéneos y requieren de un análisis pormenorizado. Con respecto al ejercicio resistido, se aprecia cierta tendencia a que se obtengan peores resultados de esfuerzo percibido, dolor muscular percibido o disconfort (malestar) durante ER-BC con RFS, en programas de fortalecimiento en sujetos sanos^{26,30,35,49}. Aunque los valores suelen ser próximos a los obtenidos en ejercicio resistido de alta carga^{26,30}. En cuanto a los programas de ejercicio resistido concéntrico o excéntrico se dispone de poca información^{27,31}. Únicamente se aprecia que el programa excéntrico con RFS podría tener mayor efecto sobre la aparición de dolor percibido^{27,31}. Esto podría ser debido a la mayor tensión y daño muscular de la acción excéntrica, unido al estrés fisiológico provocado por la oclusión^{51,52}. Los programas de ejercicio realizados al fallo, aunque son escasos en esta revisión muestran que la influencia negativa sobre aspectos perceptuales es fundamentalmente a nivel de esfuerzo percibido³⁰, y no tanto sobre el dolor percibido^{27,33}. Algunos autores indican que el mayor estrés fisiológico generado por los ejercicios al fallo junto a la RFS podría aumentar los niveles de esfuerzo y dolor percibidos^{51,52}, pero siempre en función como se combinen el volumen y la intensidad⁵². Observando los datos de programas de ejercicio de resistencia (aeróbico, anaeróbico) se aprecia que los resultados son similares al ejercicio resistido. No son concluyentes,²⁹ pero parece que la tendencia es hacia peores resultados perceptuales en los grupos con RFS^{25,28}. Estos resultados, como se comenta posteriormente, podrían estar relacionados principalmente con el estrés metabólico que conlleva la actividad con una disminución del riego sanguíneo.

Con estos datos parece sugerirse que la aplicación de RFS podría ser negativa a nivel perceptual post-ejercicio en programas para sujetos sanos. Sin embargo, en programas para personas con patología podría tener un efecto positivo. Mientras que en factores menos asociados a la patología (percepción de esfuerzo, dolor muscular percibido) los efectos no están claros^{45,48}, los factores asociados a las patologías de rodilla (cirugía de LCA, artrosis, dolor patelofemoral)⁴⁷ presentan mejores resultados en los grupos con RFS. Se obtuvieron mejoras en la función y calidad de vida a medio plazo, el rango de movimiento y el derrame articular^{45,46}.

En cuanto a los cambios perceptuales a lo largo de la sesión, pocos autores han prestado atención a este aspecto. Aunque intrasesión parecen ir aumentando los efectos negativos⁴⁹, Mattocks et al.³⁷ obtienen que en los grupos con RFS de baja oclusión (40%) se redujeron los efectos perceptuales a lo largo del protocolo tanto en miembro superior como inferior. Martín-Hernández et al.³⁵ también encuentran que, en los grupos de RFS, el esfuerzo percibido y el dolor disminuyen. A pesar de la posible tendencia a efectos perceptuales negativos post-ejercicio tras la aplicación de RFS, estos datos podrían ser interesantes de cara a la modificación efectos perceptuales obtenidos a medio-largo plazo durante el programa.

En cuanto a las variables analizadas, la tendencia a efectos perceptuales negativos en ejercicio resistido y de resistencia, mencionada anteriormente, puede relacionarse con el hecho de que en el ER-BC con RFS se puede llegar a alcanzar un estrés metabólico similar al del ER-AC. Esto podría ser uno de los principales contribuyentes a los malos resultados perceptuales, como mencionan algunos autores²⁸, en relación con el dolor percibido, el disconfort y el esfuerzo percibido. Brandner y Warmington²⁶ observan en su estudio que los grupos con RFS presentan dolor muscular post-ejercicio de mayor duración. Según Vieira et al.⁵² y Lixandrao et al.⁵¹ las percepciones dependen de un gran número de factores (masa muscular reclutada, acidosis metabólica, carga) que interaccionan con el tipo de programa de ejercicio. El volumen y la intensidad por sí solos no son grandes determinantes de las percepciones (en este caso esfuerzo percibido y dolor percibido) post-entrenamiento; el estrés

fisiológico total de la sesión será el factor más crítico y la RFS puede influir en este factor⁵². Por esta razón encontramos programas realizados al fallo (gran estrés fisiológico) sin RFS que pueden obtener peores resultados perceptuales que con aplicaciones de RFS sin ir al fallo⁵¹.

En relación al esfuerzo percibido y también por esta razón (el estrés fisiológico), se piensa que podría ser mejor usar programas de RFS continua con menor oclusión, en vez de RFS intermitente con oclusiones altas lo cual llevaría asociado un mayor estrés²⁶. Sin embargo, en el caso de oclusiones continuas e intermitentes con igual % de oclusión, Fitschen et al.⁵³ observan mayor dolor en la continua. Esto corrobora que el estrés fisiológico total determinado por la interacción de las diferentes variables es el factor más determinante sobre los efectos perceptuales. Por otro lado, en electromiografías superficiales se ha visto que la intensidad del ejercicio con baja carga y RFS es similar al uso de cargas altas sin RFS⁸. También se ha observado que durante la oclusión hay cambios en los comandos motores a nivel de la corteza motora primaria, se altera el reclutamiento de unidades motoras y la percepción de esfuerzo es mayor⁵⁴.

En cuanto al dolor percibido y asociado al disconfort, además de los factores fisiológicos comentados, algunos autores mencionan la incomodidad producida por la compresión del manguito como una fuente de empeoramiento de los síntomas⁵¹. Se llega a pensar que el dolor muscular percibido, en parte, podría ser confundido con el dolor provocado por el manguito⁵¹.

La fatiga percibida, evaluada únicamente por dos autores^{28,42} en esta revisión con resultados negativos en el grupo de RFS, parece que suele ser peor en con el trabajo oclusivo^{49,55}. Se ha visto que la RFS conlleva una disminución de la producción de fuerza voluntaria máxima, esto junto a los niveles de potencia constituye un indicador de fatiga^{49,55}. Se desconoce en qué medida influye los factores de fatiga central y periférica⁴⁹, e incluso en qué medida podría relacionarse con el resto de efectos perceptuales. Da Silva et al.²⁸ y Vogel et al.⁴² la estudia en conjunto con el esfuerzo percibido y en ambos estudios se obtienen resultados similares en ambas variables.

Por otro lado, en esta revisión se han analizado los efectos perceptuales de la aplicación de RFS como posibles factores psicológicos influyentes en el rendimiento y recuperación de la persona. Vogel et al.⁴² y Da Silva et al.²⁸ dan un paso más estudiando no solo factores perceptuales sino también los efectos emocionales/anímicos. Ambos obtienen resultados negativos en el bienestar y la alteración del estado anímico de los grupos con RFS, en programas de fortalecimiento y aeróbico respectivamente. Estos resultados muestran la influencia de los efectos perceptuales a nivel emocional.

Limitaciones y sesgos

Los estudios en general presentan una buena calidad metodológica con puntuaciones medias de 6,42 (PEDro) y 6,75 (Van Tulder). Esto también indica la existencia de una buena correlación entre ambas escalas. Las escalas PEDro y Van Tulder muestran un nivel de evidencia general medio-alto (con puntuaciones ≥ 6). Teniendo en cuenta los criterios Van Tulder²⁴ en esta revisión se han observado diferentes niveles de evidencia científica de la RFS y las diversas variables perceptuales. Se obtiene tanto evidencia sólida como evidencia contradictoria. Se encuentra una evidencia sólida, según los criterios Van Tulder²⁴, de la efectividad de la RFS para mejorar variables asociadas a patologías de rodilla (calidad de vida, rango de movimiento, función) tras reconstrucción del LCA^{45,48,56}. Sin embargo, en estos casos también se obtienen peores resultados de dolor muscular y peores o iguales resultados de esfuerzo percibido en los grupos con RFS. En el estudio de Giles et al.⁴⁷ encontramos evidencia moderada de que el dolor percibido es menor en pacientes con dolor patelofemoral en el grupo con RFS. Por otro lado, encontramos evidencia moderada²⁴ de que el uso de RFS provoca

mayor fatiga percibida (Da Silva et al.²⁸ y Vogel et al.⁴²) y de que tendrá peores efectos en el estado anímico según Da Silva et al.²⁸ y en el bienestar según Vogel et al.⁴² En cuanto al resto de estudios en los que se aplica la escala Van Tulder, con puntuaciones de 6-7, encontramos resultados contradictorios en relación al dolor, disconfort y esfuerzo percibido independientemente de los programas de ejercicio. Mientras que Winchester et al.⁵⁰, Husmann et al.⁴⁹ y Curty et al.³¹ encuentran resultados peores de dolor en los grupos con RFS, Gavanda et al.³³ y Behringer et al.²⁷ no observan diferencias. En relación al esfuerzo percibido Ferreira et al.³⁸ encuentran resultados mejores; Curty et al.³¹, Penailillo et al.²⁹ y Wooten et al.³⁹ no obtienen diferencias y el resto de autores encuentran resultados peores en el grupo de RFS. Sieljacks et al.³⁰ muestran peores resultados de disconfort y Early et al.⁴¹ no mencionan diferencias significativas.

En esta revisión también se aprecian ciertas limitaciones relacionadas con las características de la muestra y la intervención, por ejemplo el sesgo de género, ya que la mayor parte de la muestra son hombres. Algunos estudios muestran posibles diferencias en la percepción de variables como el esfuerzo o el dolor entre hombre y mujeres⁵⁷⁻⁵⁹, por lo que los resultados podrían verse influenciados. También se ha observado que puede haber diferencias en la respuesta a una misma aplicación de RFS según el sexo⁶⁰. Esto podría deberse a que la mayor parte de los estudios son realizados con personas activas, y el número de hombres que practican deporte suele ser mayor que el de mujeres lo que facilita encontrar población activa masculina^{61,62}. Por esta razón, también podría generarse una mayor importancia del estudio de la población masculina⁶³.

En cuanto a la edad de los participantes, los sujetos sanos se encuentran entre los 20 y 30 años; sin embargo, entre los sujetos con patología encontramos mayor variedad. Esto supone un sesgo en los estudios incluidos y en la propia revisión pues, la edad también podría afectar de forma diferente a las percepciones, aunque los mecanismos no están claros^{59,64}. Wandner et al.⁶⁴ mencionan una mayor sensibilidad en adultos de edad media y una mayor predisposición al dolor en personas mayores. En este caso tampoco se podrían extrapolar los resultados a personas sanas de mayor edad. Por otro lado, se presentan más estudios en personas sanas que con patología y hay que tener en cuenta que deben valorarse por separado. Se ha visto en esta revisión que los resultados pueden ser diferentes. En este caso el número de estudios con personas con patología es limitado y por tanto la muestra también será inferior a la de sujetos sanos (Tabla 2).

En cuanto a las limitaciones asociadas a la intervención deben mencionarse principalmente las relacionadas con la aplicación de al RFS y las relacionadas con el programa de ejercicio. En numerosos estudios las características del manguito y de la oclusión son factores a considerar por su capacidad de influir en los resultados de la aplicación^{65,66}. A través de ellos se regularán las características de la restricción y por lo tanto el estrés fisiológico⁶⁵. Aunque se menciona el nivel de oclusión en todos los estudios de la revisión, el ancho del manguito^{28,35,36,40,47,50} y el tipo de oclusión^{27,45,46} son omitidos en ocasiones, esto constituye uno de los principales sesgos de las intervenciones.

La variedad de aplicaciones no permite extraer conclusiones asociadas al protocolo de aplicación de la RFS. Aunque de acuerdo a algunos estudios, parece lógico pensar que presiones de oclusión menores en ejercicio resistido de baja carga parecen tener mejores efectos perceptuales que mayores oclusiones o, en ocasiones, que ejercicios de alta carga sin RFS^{34,37,65}. Las razones podrían ser una menor exposición a la isquemia asociada a daño muscular y el propio aumento de presión que conlleva cierta incomodidad⁶⁵. Sin embargo, es interesante conocer que un estudio de Mouser et al. (2017)⁶⁷ comprobaron escasas variaciones en el flujo en oclusiones entre el 50% y 90%. Por lo tanto, el flujo sanguíneo no se reduciría de forma lineal con el aumento de la presión. Esto pondría en duda posibles efectos perceptuales peores con presiones mayores. Aunque la mayoría

aplican restricción continua, hay autores que optan por la intermitente^{25,26,35,40} o no lo especifican^{27,30,45,46,48}. Esto supone una nueva limitación para el estudio pues se ha observado que oclusiones continuas pueden generar mayor estrés metabólico con el consiguiente empeoramiento de en las sensaciones perceptuales⁶⁸.

En cuanto al ancho del manguito se observan grandes diferencias en aplicaciones en una misma zona corporal (*Tabla 3*). Según algún estudio, manguitos más estrechos, teóricamente, comprimen menos músculo y podrá permitir mayor efecto sobre mayor cantidad de músculo⁶⁵; en otros estudios no se observan diferencias en las ganancias de fuerza⁶⁹. Por lo tanto, no podemos saber cómo influirá esto en los aspectos perceptuales.

En general los programas de ejercicio con RFS siguen unas recomendaciones generales que coincidan con las recogidas en la revisión de Patterson et al. (2019)⁶⁶, en función de si son de ejercicio resistido o aeróbico (*Tabla 3*). Aun así, no existe mucho consenso acerca del protocolo a seguir y vemos que los programas de ejercicio usados son bastante variados. Al suponer diferente carga fisiológica, los efectos obtenidos podrán variar de unos a otros⁶⁶. A todo esto se le suma la falta de sesiones de familiarización en ciertos estudio^{30,42,41,37}. Esto es de gran importancia ya que los efectos de la familiarización influirán en la ejecución, las percepciones y en aspectos psicológicos^{70,71}.

Encontramos posibles sesgos de selección⁷² (a excepción de cuatro estudios^{40,45,46,48}) en los que no se hace referencia a la asignación oculta. También pudo haber sesgos de realización y detección⁷² ya que en varias de las intervenciones no se hace referencia al cegado de los profesionales que realizaron la intervención (a excepción de un estudio⁴⁰). Además, solamente en dos estudios fueron cegados los participantes^{41,47} y los evaluadores solamente se conoce que fueran cegados en otros dos estudios^{45,46}. Normalmente los procesos de cegado son más complicados en intervenciones no farmacológicas debido a la dificultad de reproducir procedimientos similares a la intervención de estudio y a la participación directa del profesional en la intervención^{73,74}. En este caso se suelen aplicar tratamientos similares para cegar a los participantes; ocultarles la hipótesis de estudio podría ser otra forma de cegamiento⁷³. A nivel de la revisión tampoco se puede descartar el sesgo de idioma ya que todos los artículos seleccionados son en inglés⁷⁵.

Aplicaciones prácticas

A partir de esta revisión se observa que el uso de la RFS con el objetivo de mejorar la condición física en programas de ejercicio resistido y de resistencia (aeróbico y/o anaeróbico) en sujetos sanos, en general podría tener efectos perceptuales negativos y por lo tanto influir negativamente en la adherencia y rendimiento durante la actividad. Sin embargo, como se vio anteriormente, teniendo en cuenta la escala de Van Tulder se observan resultados contradictorios.

En cuanto al uso de programas de ejercicio resistido como tratamiento parece haber mayor similitud entre resultados, se pueden obtener efectos positivos en parámetros perceptuales relacionados con la patología a medio-largo plazo. En este caso, se observa que puede ser útil en distintos tipos de tratamiento de rodilla como el post-quirúrgico, en patología degenerativa y en patología inespecífica (dolor patelofemoral anterior).

Los efectos observados en el primer grupo (sujetos sanos) invitan a valorar los distintos tipos de programas de ejercicio, su aplicación con RFS y los efectos perceptuales obtenidos. Esto nos permitirá considerar mejor los posibles efectos perceptuales negativos de las aplicaciones de RFS.

Se ha visto que el estrés fisiológico derivado del conjunto de la sesión es de gran importancia. A ello se le pueden sumar efectos a nivel central como en el caso del esfuerzo percibido. Ya que el propio uso de la RFS supone un mayor estrés fisiológico, en los programas se deberán considerar los efectos de acciones como el

trabajo excéntrico o las repeticiones al fallo, que supondrán un estrés fisiológico añadido pudiendo empeorar los efectos perceptuales como se ha visto. Incluso la forma de aplicación de la RFS deberá ser considerada.

Observamos que, manejando correctamente parámetros como la intensidad, el volumen, la forma de oclusión, el tiempo de descanso se puede reducir los efectos perceptuales de actividades de mayor riesgo como las mencionadas (excéntricas, trabajo al fallo). Se podrían recomendar presiones de oclusión bajas de forma continua, mejor que oclusiones altas de forma intermitente y, si fuera necesario, actuar sobre otras variables como el volumen o la intensidad. Esto podría aportarnos ciertos beneficios ya que se ha visto que oclusiones menores a largo plazo pueden conseguir mayor adaptación de la persona a la RFS, reduciendo los efectos perceptuales. De esta forma también evitaríamos el malestar de la compresión del manguito que pueda empeorar las percepciones.

La valoración de estos factores y durante los programas de ejercicio con RFS, nos permitirá tener mayor conocimiento y control sobre los efectos perceptuales. La capacidad de integrar esto en la práctica aportará beneficios a las personas que lleven a cabo estas prácticas. Se verá tanto a nivel psico-emocional (como se ha visto, perjudicado por las percepciones negativas) como finalmente de los resultados de la aplicación a lo largo del programa.

Futuras líneas de investigación

Sería interesante ver la evolución de los efectos perceptuales no solo tras una intervención, sino a medio-largo plazo durante intervenciones más largas, observando su evolución y las posibles adaptaciones a la RFS.

Otra línea de estudio podría ser el análisis de los diferentes efectos perceptuales en función del sexo o la edad. Son muchos los factores que pueden influir en la percepción, por lo que también se podrían estudiar y comparar los efectos en diferentes grupos como: entrenamientos aeróbicos y resistidos; en presencia de patología y en ausencia de ella; o en sujetos entrenados y sedentarios.

Conclusión

Esta revisión presenta por primera vez los posibles efectos perceptuales derivados de la aplicación de RFS en diferentes programas de ejercicio, demostrando que puede influir en los efectos perceptuales durante el ejercicio.

En personas sanas que siguen programas de ejercicio resistido y de resistencia el RFS presenta peores efecto en dolor, esfuerzo y disconfort, pero sobre todo en fatiga y efectos emocionales.

En sujetos con patología de rodilla, se observan beneficios del RFS en parámetros de calidad de vida, rango de movimiento y función relacionados con el área afecta.

Serán preferibles programas con oclusiones bajas, que se pueden aplicar de forma continua. Estas aportarán igualmente beneficios disminuyendo el estrés fisiológico y permitiendo mayor adaptación del individuo a la RFS a lo largo de las sesiones.

Es importante tener en cuenta que todos los efectos perceptuales conllevan consecuencias a nivel psico-emocional.

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Los autores declaran no haber recibido ningún tipo de financiación. **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

- Anderson AB, Owens JG, Patterson SD, Dickens JF, LeClere LE. [Blood flow restriction therapy: from development to applications.](#) *Sports Med Arthrosc Rev.* 2019;27(3):119-23.
- 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.* 2017;51(13):1003-11.
- Vanwey WR, Weatherholt AM. [Blood flow restriction training: implementation into clinical practice.](#) *Int J Exerc Sci.* 2017;10(5): 649-654.
- Wilkinson BG, Donnenwerth JJ, Peterson AR. [Use of blood flow restriction training for postoperative rehabilitation.](#) *Curr Sports Med Rep.* 2019;18(6):224-8.
- Vopat BG, Vopat LM, Bechtold MM, Hodge KA. [Blood flow restriction therapy: where we are and where we are going.](#) *J Am Acad Orthop Surg.* 2020;28(12):e493-500.
- Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. [Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis.](#) *Sports Med.* 2018;48(2):361-78.
- Bagley JR, Rosengarten JJ, Galpin AJ. [Is blood flow restriction training beneficial for athletes?](#) *Strength Cond J.* 2015;37(3):48-53.
- Das A, Paton B. [Is there a minimum effective dose for vascular occlusion during blood flow restriction training?](#) *Front Physiol.* 2022;13:838115.
- Wortman RJ, Brown SM, Savage-Elliott I, Finley ZJ, Mulcahey MK. [Blood flow restriction training for athletes: a systematic review.](#) *Am J Sports Med.* 2021; 49(7):1938-1944.
- Paton CD, Addis SM, Taylor L-A. [The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion.](#) *Eur J Appl Physiol.* 2017;117(12):2579-85.
- Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. [Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence: Blood flow restriction.](#) *Scand J Med Sci Sports.* 2014;24(6):e415-422.
- Fatela P, Reis JF, Mendonca GV, Avela J, Mil-Homens P. [Acute effects of exercise under different levels of blood-flow restriction on muscle activation and fatigue.](#) *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(5):985-95.
- Silva JCG, Aniceto RR, Oliota-Ribeiro LS, Neto GR, Leandro LS, Cirilo-Sousa MS. [Mood effects of blood flow restriction resistance exercise among basketball players.](#) *Percept Mot Skills.* 2018;125(4):788-801.
- Næss TC. [Determining the optimal blood flow restriction protocol for maximising muscle hypertrophy and strength, pressure and cuff width: A mini-review.](#) *J Hum Sport Exerc.* 2020; 16(4): 752-759.
- Patterson SD, Brandner CR. [The role of blood flow restriction training for applied practitioners: A questionnaire-based survey.](#) *J Sports Sci.* 2018;36(2):123-30.
- Arvinen-Barrow M, Massey WV, Hemmings B. [Role of sport medicine professionals in addressing psychosocial aspects of sport-injury rehabilitation: professional athletes' views.](#) *J Athl Train.* 2014;49(6):764-72.
- Barahona-Fuentes GD, Ojeda ÁH, Jerez-Mayorga D. [Effects of different methods of strength training on indicators of muscle fatigue during and after strength training: a systematic review.](#) *Mot Rev Educ Fisica.* 2020;26(3):e10200063.
- Truong LK, Mosewich AD, Holt CJ, Le CY, Miciak M, Whittaker JL. [Psychological, social and contextual factors across recovery stages following a sport-related knee injury: a scoping review.](#) *Br J Sports Med.* 2020;54(19):1149-56.
- Clement D, Arvinen-Barrow M, Fetty T. [Psychosocial responses during different phases of sport-injury rehabilitation: a qualitative study.](#) *J Athl Train.* 2015;50(1):95-104.
- Mothes H, Leukel C, Seelig H, Fuchs R. [Do placebo expectations influence perceived exertion during physical exercise?](#) *PLOS ONE.* 2017;12(6):e0180434.
- Claydon JH, Robinson L, Aldridge SE. [Patients' perceptions of repair, rehabilitation and recovery after major orthopaedic trauma: a qualitative study.](#) *Physiotherapy.* 2017;103(3):322-9.
- Matos AP, Pegorari MS. [How to classify clinical trials using the pedro scale?](#) *J Lasers Med Sci.* 2020;11(1):1-2.
- Liberati A, Altman DG, Tetzlaff J, Mulrow C, Gøtzsche PC, Ioannidis JPA, et al. [The prisma statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: explanation and elaboration.](#) *PLOS Med.* 2009;6(7):e1000100.
- van Tulder M, Furlan A, Bombardier C, Bouter L, Editorial Board of the Cochrane Collaboration Back Review Group. [Updated method guidelines for systematic reviews in the cochrane collaboration back review group.](#) *Spine.* 2003;28(12):1290-9.
- Amani-Shalamzari S, Sarikhani A, Paton C, Rajabi H, Bayati M, Nikolaidis PT, et al. [Occlusion training during specific futsal training improves aspects of physiological and physical performance.](#) *J Sports Sci Med.* 2020;19(2):374-82.
- Brandner CR, Warmington SA. [Delayed onset muscle soreness and perceived exertion after blood flow restriction exercise.](#) *J Strength Cond Res.* 2017;31(11):3101-8.
- Behringer M, Heinke L, Leyendecker J, Mester J. [Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions.](#) *J Physiol Sci JPS.* 2018;68(5):589-99.
- da Silva JCG, Silva KF, Domingos-Gomes JR, Batista GR, da Silva Freitas ED, Torres VBC, et al. [Aerobic exercise with blood flow restriction affects mood state in a similar fashion to high intensity interval exercise.](#) *Physiol Behav.* 2019;211:112677.
- Penailillo L, Santander M, Zbinden-Foncea H, Jannas-Vela S. [Metabolic demand and indirect markers of muscle damage after eccentric cycling with blood flow restriction.](#) *Res Q Exerc Sport.* 2020;91(4):705-12.
- Sieljacks P, Degn R, Hollander K, Wernbom M, Vissing K. [Non-failure blood flow restricted exercise induces similar muscle adaptations and less discomfort than failure protocols.](#) *Scand J Med Sci Sports.* 2019;29(3):336-47.
- [Blood flow restriction attenuates eccentric exercise-induced muscle damage without perceptual and cardiovascular overload.](#) *Clin Physiol Funct Imaging.* 2018;38(3):468-76.
- May AK, Brandner CR, Warmington SA. [Hemodynamic responses are reduced with aerobic compared with resistance blood flow restriction exercise.](#) *Physiol Rep.* 2017; 5(3):e13142.
- Gavanda S, Isenmann E, Schlöder Y, Roth R, Freiwald J, Schiffer T, et al. [Low-intensity blood flow restriction calf muscle](#)

- training leads to similar functional and structural adaptations than conventional low-load strength training: A randomized controlled trial. *PLoS ONE*. 2020. 15(6): e0235377.
34. Soligon SD, Lixandrao ME, Biazon TMPC, Angleri V, Roschel H, Libardi CA. Lower occlusion pressure during resistance exercise with blood-flow restriction promotes lower pain and perception of exercise compared to higher occlusion pressure when the total training volume is equalized. *Physiol Int*. 2018;105(3):276-284.
 35. Martin-Hernandez J, Ruiz-Aguado J, Herrero AJ, Loenneke JP, Aagaard P, Cristi-Montero C, et al. Adaptation of perceptual responses to low-load blood flow restriction training. *J Strength Cond Res*. 2017;31(3):765-72.
 36. Hill EC, Housh TJ, Smith CM, Keller JL, Schmidt RJ, Johnson GO. Eccentric and concentric blood flow restriction resistance training on indices of delayed onset muscle soreness in untrained women. *Eur J Appl Physiol*. 2019;119(10):2363-73.
 37. Mattocks KT, Mouser JG, Jessee MB, Buckner SL, Dankel SJ, Bell ZW, et al. Perceptual changes to progressive resistance training with and without blood flow restriction. *J Sports Sci*. 2019;37(16):1857-64.
 38. Ferreira MLV, Sardeli AV, Souza GVD, Bonganha V, Santos LDC, Castro A, et al. Cardiac autonomic and haemodynamic recovery after a single session of aerobic exercise with and without blood flow restriction in older adults. *J Sports Sci*. 2017;35(24):2412-2420.
 39. Wooten SV, Stray-Gundersen S, Tanaka H. Hemodynamic and pressor responses to combination of yoga and blood flow restriction. *Int J Sports Med*. 2020;41(11):759-65.
 40. Bryk FF, Dos Reis AC, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M, Cury R de PL, et al. Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016;24(5):1580-6.
 41. Early KS, Rockhill M, Bryan A, Tyo B, Buuck D, McGinty J. Effect of blood flow restriction training on muscular performance, pain and vascular function. *Int J Sports Phys Ther*. 2020;15(6):892-900.
 42. Vogel J, Niederer D, Engeroff T, Vogt L, Troidl C, Schmitz-Rixen T, et al. Effects on the profile of circulating miRNAs after single bouts of resistance training with and without blood flow restriction—a three-arm, randomized crossover trial. *Int J Mol Sci*. 2019;20(13):3249.
 43. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, et al. Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomised Controlled Trial. *Sports Med Auckl NZ*. 2019;49(11):1787-805.
 44. Hughes L, Patterson SD, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, et al. Examination of the comfort and pain experienced with blood flow restriction training during post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: A UK National Health Service trial. *Phys Ther Sport*. 2019;39:90-98.
 45. Hughes L, Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Comparison of the acute perceptual and blood pressure response to heavy load and light load blood flow restriction resistance exercise in anterior cruciate ligament reconstruction patients and non-injured populations. *Phys Ther Sport Off J Assoc Chart Physiother Sports Med*. 2018;33:54-61.
 46. Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *Br J Sports Med*. 2017;51(23):1688-94.
 47. Husmann F, Mittlmeier T, Bruhn S, Zschorlich V, Behrens M. Impact of blood flow restriction exercise on muscle fatigue development and recovery. *Med Sci Sports Exerc*. 2018;50(3):436-46.
 48. Winchester LJ, Morris CE, Badinger J, Wiczynski TL, VanWye WR. Blood flow restriction at high resistance loads increases the rate of muscular fatigue, but does not increase plasma markers of myotrauma or inflammation. *J Strength Cond Res*. 2020;34(9):2419-26.
 49. PEDro scale [Internet]. PEDro. [citado 2 de mayo de 2021]. Disponible en: <https://staging-pedro.neura.edu.au/english/resources/pedro-scale/>
 50. Cashin AG, McAuley JH. Clinimetrics: Physiotherapy Evidence Database (PEDro) Scale. *J Physiother*. 2020;66(1):59.
 51. Lixandrão ME, Roschel H, Ugrinowitsch C, Miquelini M, Alvarez IF, Libardi CA. Blood-flow restriction resistance exercise promotes lower pain and ratings of perceived exertion compared with either high- or low-intensity resistance exercise performed to muscular failure. *J Sport Rehabil*. 2019;28(7):706-10.
 52. Vieira A, Gadelha AB, Ferreira-Junior JB, Vieira CA, de Melo Keene von Koenig Soares E, Cadore EL, et al. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2015;35(5):323-7.
 53. 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*. 2019; 10: 533.
 54. Fitschen PJ, Kistler BM, Jeong JH, Chung HR, Wu PT, Walsh MJ, et al. Perceptual effects and efficacy of intermittent or continuous blood flow restriction resistance training. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2014;34(5):356-63.
 55. Takarada Y, Nozaki D, Taira M. Force overestimation during tourniquet-induced transient occlusion of the brachial artery and possible underlying neural mechanisms. *Neurosci Res*. 2006;54(1):38-42.
 56. Cook SB, Clark BC, Ploutz-Snyder LL. Effects of exercise load and blood-flow restriction on skeletal muscle function. *Med Sci Sports Exerc*. 2007;39(10):1708-13.
 57. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, et al. Comparing the effectiveness of blood flow restriction and traditional heavy load resistance training in the post-surgery rehabilitation of anterior cruciate ligament reconstruction patients: a UK National Health Service randomised controlled trial. *Sports Med Auckl NZ*. 2019;49(11):1787-805.
 58. Garcin M, Fleury A, Mille-Hamard L, Billat V. Sex-related differences in ratings of perceived exertion and estimated time limit. *Int J Sports Med*. 2005;26(8):675-81.
 59. Gomes M, Santos P, Correia P, Pezarat-Correia P, Mendonca GV. Sex differences in muscle fatigue following isokinetic muscle contractions. *Sci Rep*. 2021;11:8141.
 60. Campbell C, Edwards R, Hastie B, Fillingim R. Age and sex differences in pain perception: The role of gender role stereotypes. *J Pain*. 2005;6(3):S60.
 61. Labarbera KE, Murphy BG, Laroche DP, Cook SB. Sex differences in blood flow restricted isotonic knee extensions to fatigue. *J Sports Med Phys Fitness*. 2013;53(4):444-52.
 62. López Villar C, Alvarinas Villaverde M. Análisis muestrales desde una perspectiva de género en revistas de investigación de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte españolas. *Apunts Educ Física Deporte*. 2011;(105):62-70.
 63. Deaner RO, Geary DC, Puts DA, Ham SA, Kruger J, Fles E, et al. A sex difference in the predisposition for physical competition: males play sports much more than females even in the contemporary u.s. Hayward M, editor. *PLoS ONE*. 2012;7(11):e49168.
 64. Emmonds S. The challenge of applying and undertaking research in female sport. *Sports Med Open*. 2019;5: 51.

65. [Wandner LD, Scipio CD, Hirsh AT, Torres CA, Robinson ME. The perception of pain in others: how gender, race, and age influence pain expectations. J Pain. 2012;13\(3\):220-7.](#)
66. [Næss TC. Determining the optimal blood flow restriction protocol for maximising muscle hypertrophy and strength, pressure and cuff width: A mini-review. J Hum Sport Exerc. 2020;16\(4\).](#)
67. [Mouser JG, Dankel SJ, Jessee MB, Mattocks KT, Buckner SL, Counts BR, et al. A tale of three cuffs: the hemodynamics of blood flow restriction. Eur J Appl Physiol. 2017;117\(7\):1493-9.](#)
68. [Rodrigues Neto G, Silva JCG da, Freitas L, Silva HG da, Caldas D, Novaes JDS, et al. Effects of strength training with continuous or intermittent blood flow restriction on the hypertrophy, muscular strength and endurance of men. Acta Sci Health Sci. 2019;41\(1\):42273.](#)
69. [Laurentino GC, Loenneke JP, Teixeira EL, Nakajima E, Iared W, Tricoli V. The effect of cuff width on muscle adaptations after blood flow restriction training. Med Sci Sports Exerc. 2016;48\(5\):920-5.](#)
70. [Stevens CJ, Dascombe BJ. The reliability and validity of protocols for the assessment of endurance sports performance: an updated review. Meas Phys Educ Exerc Sci. 2015;19\(4\):177-85.](#)
71. [Drake D, Kennedy R, Wallace E. Familiarization, validity and smallest detectable difference of the isometric squat test in evaluating maximal strength. J Sports Sci. 2018;36\(18\):2087-95.](#)
72. [Higgins JPT, Green S. Cochrane Handbook for Systematic Reviews of Interventions Version 5.1.0 \[actualizado en marzo de 2011\]. The Cochrane Collaboration, 2011. Disponible en: \[www.cochrane-handbook.org\]\(http://www.cochrane-handbook.org\).](#)
73. [Boutron I, Guittet L, Estellat C, Moher D, Hróbjartsson A, Ravaud P. Reporting methods of blinding in randomized trials assessing nonpharmacological treatments. PLoS Med. 2007;4\(2\):e61.](#)
74. [Boutron I, Tubach F, Giraudeau B, Ravaud P. Blinding was judged more difficult to achieve and maintain in nonpharmacologic than pharmacologic trials. J Clin Epidemiol. 2004;57\(6\):543-50.](#)
75. [Universidad Nacional Autónoma de México, Ordorika I. Las trampas de las publicaciones académicas. Rev Esp Pedagog. 2018;76\(271\).](#)