

## Trabajo Final de Grado

5º Curso - Doble Titulación Fisioterapia + C.A.F.E.

Efectividad de la rehabilitación con entrenamiento oclusivo (BFRT)  
respecto la rehabilitación estándar sobre la atrofia muscular en pacientes  
con reconstrucción de LCA.

-

Revisión sistemática

Alumna: Natalia Alegre Hernández

Directora: Raquel Sebío García

Tecnocampus, Mataró

15 de mayo de 2023

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. Resumen y palabras clave .....	1
2. Introducción .....	3
3. Justificación del estudio .....	5
4. Objetivos .....	6
5. Metodología .....	7
Diseño y pregunta de interés .....	7
Criterios de selección .....	7
Fuentes de información y búsqueda .....	7
Selección de los artículos .....	8
Extracción de las variables .....	8
Valoración metodológica .....	9
6. Resultados .....	10
Características de los estudios incluidos .....	11
Resultados individuales de los estudios incluidos .....	13
Calidad metodológica .....	15
7. Discusión .....	16
Limitaciones .....	18
8. Conclusiones .....	19
9. Implicación en la práctica profesional y líneas de futuro .....	20
10. Referencias bibliográficas .....	21
11. Anexos .....	26
Anexo 1. ....	26

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Bases de datos consultadas y estrategia de búsqueda</i> .....	8
<b>Tabla 2</b> <i>Características de los artículos incluidos en la revisión</i> .....	12
<b>Tabla 3</b> <i>Resumen de los resultados a destacar de los artículos incluidos</i> .....	14
<b>Tabla 4</b> <i>Calidad metodológica de los estudios. Escala PEDro.</i> .....	15

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Aplicación de la terapia de restricción del flujo sanguíneo</i> .....	4
<b>Figura 2</b> <i>Diagrama de flujo del proceso de selección de los artículos</i> .....	10

## ABREVIATURAS

- LCA: ligamento cruzado anterior
- ACLR: reconstrucción de ligamento cruzado anterior
- BFRT: *Blood Flow Restriction Training* = entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo
- BFR: *Blood Flow Restriction* = restricción del flujo sanguíneo
- ECA: ensayo clínico aleatorio controlado

## 1. Resumen y palabras clave

Castellano

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es de las más frecuentes en los atletas. La atrofia muscular y la pérdida de masa en las extremidades inferiores es común después de una cirugía de rodilla. La reconstrucción del LCA tiene como objetivo la restauración de la función de la rodilla de manera óptima.

El propósito principal de la presente revisión sistemática es analizar y comparar los efectos de la rehabilitación con entrenamiento oclusivo (BFRT) versus rehabilitación estándar para minimizar la pérdida de masa muscular y la atrofia muscular en pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior (LCA). De esta forma, podremos conocer si el BFRT es efectivo en estos casos y si se producen efectos o no en la fuerza muscular.

Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se han utilizado las siguientes bases de datos como fuentes de información: MEDLINE (PubMed), Cochrane Library Plus y SPORTDiscus. Se han utilizado una combinación de las siguientes palabras clave para extraer los artículos incluidos: *Blood Flow Restriction Training, occlusion training, KAATSU, ACL, ACL reconstruction.*

El 8 de febrero de 2023 se llevó a cabo la búsqueda inicial. Cinco estudios fueron incluidos en la revisión. Tres estudios mostraron aumentos significativos en la fuerza muscular del cuádriceps e isquiotibiales. Se encontró un aumento significativo en el tamaño muscular del cuádriceps en dos estudios. La función física tuvo mejoras significativas en tres estudios. El dolor disminuyó significativamente en dos estudios y, por último, un estudio mostró diferencias significativas en cuanto a derrame articular.

La aplicación del BFR en la fase inicial de la rehabilitación de LCA parecer tener efectos beneficiosos en cuanto a fuerza muscular y función física de los pacientes. Además, esta técnica resulta eficaz para disminuir el dolor y el derrame en la articulación de la rodilla.

**Palabras clave:** entrenamiento oclusivo, rehabilitación, reconstrucción de LCA, fuerza muscular, atrofia muscular.

Inglés

Anterior cruciate ligament (ACL) tears are among the most common in athletes. Muscle atrophy and loss of mass in the lower extremities is common after knee surgery. ACL reconstruction aims to restore knee function optimally.

The main purpose of the present systematic review is to analyse and compare the effects of occlusive training rehabilitation (BFRT) versus standard rehabilitation in minimizing muscle mass loss and muscle atrophy in patients with anterior cruciate ligament reconstruction (ACL). In this way, we will be able to know whether BFRT is effective in these cases and if there is an effect on muscle strength.

To conduct this systematic review, the following databases were used as sources of information: MEDLINE (PubMed), Cochrane Library Plus and SPORTDiscus. A combination of the following keywords were used to extract the included articles: "Blood Flow Restriction Training", "occlusion training", "KAATSU", "ACL", "ACL reconstruction".

The initial search was conducted on February 8, 2023. Five studies were included in the review. Three studies showed significant increases in quadriceps and hamstring muscle strength. A significant increase in quadriceps muscle size was found in two studies. Physical function had significant improvements in three studies. Pain was significantly decreased in two studies, and finally, one study showed significant differences in joint effusion.

The application of BFR in the initial phase of ACL rehabilitation appears to have beneficial effects in terms of muscle strength and physical function of patients. In addition, this technique may be effective in reducing pain and effusion in the knee joint.

**Key words:** occlusive training, rehabilitation, ACL reconstruction, muscle strength, muscle atrophy.

## 2. Introducción

Entre las lesiones más frecuentes de rodilla en el ámbito deportivo, la rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es de las más comunes, y en la mayoría de los casos, requiere de una reconstrucción quirúrgica. El objetivo final de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior (ACLR) es restaurar la función del LCA de manera óptima e intacta (Markatos, Kasetta, Lallo, Korres, y Efstathopoulos, 2013).

Más de 120.000 lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) ocurren cada año en Estados Unidos, principalmente durante los años de escuela secundaria y universidad. Varios estudios han demostrado que las mujeres tienen un mayor riesgo de lesión del LCA en comparación con los hombres. En concreto, se ha reportado una incidencia general en mujeres de 0,081 lesiones de LCA por cada 1000 exposiciones para todos los deportes, a diferencia de los hombres con una incidencia de 0,05 por 1000 exposiciones (Kaeding, Léger-St-Jean, y Magnussen, 2017). En mujeres, la gimnasia (sin contacto), seguida del fútbol y el baloncesto, dieron como resultado las tasas más altas de lesión del LCA. Puede ocurrir tanto por mecanismos de contacto como sin contacto. Las acciones más comunes son los diferentes tipos de aterrizaje y cambios de dirección (Montalvo et al., 2019).

La atrofia muscular y la pérdida de masa en las extremidades inferiores es común después de una cirugía de rodilla. Habitualmente, esto se debe al periodo de tiempo de descarga articular y una limitación posterior en la carga. Se han mostrado déficits de fuerza superiores al 30% en la extremidad que ha sido operada, en comparación con la contralateral seis meses después de la operación, un momento en que los pacientes a menudo regresan a su actividad diaria. El cuádriceps es un músculo esencial para mantener el control de las extremidades inferiores y su debilidad podría alterar las estrategias de movimiento y suponer una nueva lesión (Thomas, Wojtys, Brandon, y Palmieri-Smith, 2016).

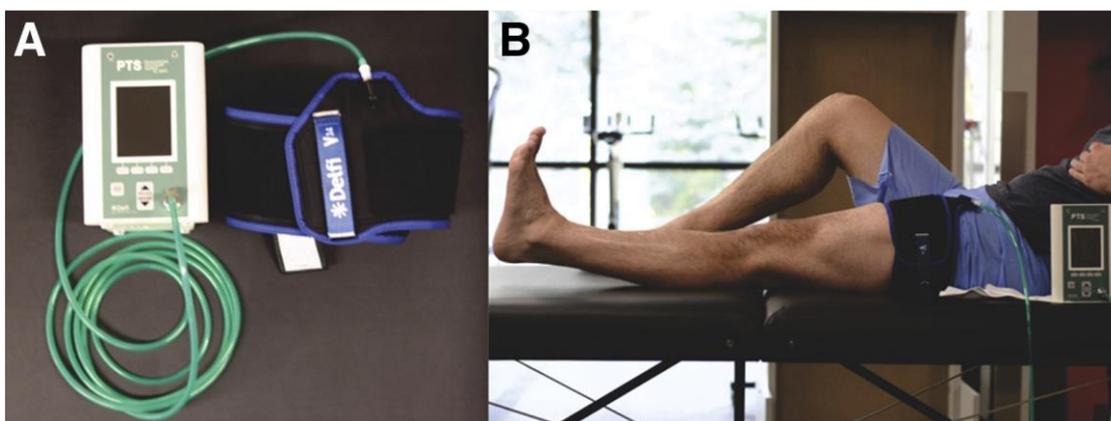
Así mismo, los isquiotibiales pueden haber perdido algo de masa muscular pero en menor medida que el cuádriceps después de la ACLR debido a la mayor inhibición muscular del cuádriceps, disminuyendo así la recepción sensorial y la información enviada a la corteza frontal (Vieira de Melo et al., 2022). Esto se observa comúnmente en los primeros días del postoperatorio.

La pérdida de fuerza y masa muscular se correlaciona con dolor e incapacidad funcional y para preparar a los pacientes hacia la actividad completa de manera óptima, se debe restaurar la función completa del cuádriceps. Es por ello, que aumentar la función del cuádriceps es una prioridad en el proceso de rehabilitación.

Los objetivos de los protocolos de rehabilitación de una reconstrucción de LCA han cambiado con el tiempo, centrándose en la prevención de los déficits en la extensión de la rodilla, la restauración de la fuerza y la preservación de la estabilidad. De hecho, múltiples estudios han demostrado que restablecer la fuerza del cuádriceps después de ACLR contribuye a la estabilidad dinámica de las extremidades inferiores, al tiempo que previene la predisposición a la osteoartritis. La aplicación de la estimulación eléctrica neuromuscular (NMES) ha demostrado ser eficaz contra la atrofia muscular temprana y en la preservación de la fuerza. En los últimos años, ha surgido una técnica de rehabilitación basada en la restricción del flujo sanguíneo que se utiliza para acelerar la recuperación (Jenkins et al., 2022). Esta técnica ha ido ganando popularidad en los últimos años en el campo de la fisioterapia y la medicina deportiva.

### Figura 1

*Aplicación de la terapia de restricción del flujo sanguíneo*



Fuente: DePhillipo, Kennedy, Aman, Bernhardson, O'Brien y LaPrade, (2018)

Nota: Dispositivo "Delfi" para BFR (A). Aplicación de BFR durante el ejercicio de activación del cuádriceps (B).

El entrenamiento oclusivo o *Blood Flow Restriction Training* (BFRT por sus siglas en inglés), ha sido desarrollado por el Dr. Yoshiaki Sato con el objetivo de limitar el flujo sanguíneo a los músculos mediante un dispositivo externo ("Kaatsu Master"), induciendo un ambiente hipóxico en los músculos y dando como resultado una hipertrofia muscular efectiva y una mejora de la fuerza muscular (Pearson y Hussain, 2015). La técnica consiste en aplicar un brazalete presurizado en la parte proximal del muslo que ocluye parcialmente el flujo de

sangre a medida que el paciente hace ejercicio. Se cree que los efectos acumulados de la fatiga, la tensión mecánica, el estrés metabólico y la hiperemia reactiva, contribuyen a promover la adaptación del cuádriceps con un esfuerzo mínimo (Erickson et al., 2019).

El entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo ofrece la capacidad de mejorar la debilidad y la atrofia sin sobrecargar los tejidos en proceso de curación. Los primeros estudios parecen señalar que se trata de un enfoque seguro y eficaz para el ejercicio terapéutico en entornos de medicina deportiva (Lorenz et al., 2021).

### **3. Justificación del estudio**

La debilidad del cuádriceps resulta un factor pronóstico a corto y largo plazo sobre la tasa de retorno al deporte, una peor calidad de vida y/o osteoartritis de aparición temprana (Erickson et al., 2019).

Investigaciones anteriores han encontrado que el entrenamiento oclusivo (BFRT) podría mejorar la función muscular y la hipertrofia de manera eficaz en la rehabilitación de LCA (Ohta, Kurosawa, Ikeda, Iwase, Satou y Nakamura, 2003). Por otro lado, otros autores como Iversen, Rostad y Larmo (2016) no han observado una mejoría en la atrofia del cuádriceps en los primeros 14 días con la aplicación del entrenamiento oclusivo (BFRT).

Dado que se observan resultados controvertidos en el uso del entrenamiento oclusivo para la mejoría de la fuerza y la masa muscular, resulta necesario llevar a cabo una revisión de la literatura con tal de determinar la seguridad y eficacia del entrenamiento oclusivo como parte del proceso de rehabilitación tras cirugía de reconstrucción de LCA.

## 4. Objetivos

Objetivo principal:

1. Analizar y comparar los efectos de la rehabilitación con entrenamiento oclusivo (BFRT) versus rehabilitación estándar para minimizar la pérdida de masa muscular y la atrofia muscular en pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior (LCA).

Objetivos específicos:

1. Conocer si la aplicación de esta terapia puede reducir el dolor de rodilla y la inflamación y/o derrame articular en comparación a la rehabilitación estándar o convencional.
2. Identificar si se producen efectos del entrenamiento oclusivo sobre la función del cuádriceps y la capacidad funcional de la rodilla a través del entrenamiento oclusivo a corto (6 semanas), medio (3 meses) y/o largo plazo ( $\geq 6$  meses).

## 5. Metodología

### Diseño y pregunta de interés

La presente revisión sistemática pretende dar respuesta a la siguiente pregunta:

¿Es la terapia con entrenamiento oclusivo o BFRT más efectiva que la rehabilitación estándar para disminuir la atrofia muscular en pacientes con reconstrucción de LCA?

P: pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA).

I: entrenamiento oclusivo (“Blood Flow Restriction Training”).

C: rehabilitación tradicional (sin BFRT), cualquier intervención que use el ejercicio y la movilización como método principal y no usen restricción del flujo sanguíneo.

O: función del cuádriceps, masa muscular, debilidad/atrofia muscular.

### Criterios de selección

En esta revisión sistemática se incluyeron únicamente artículos que cumplieran los siguientes criterios:

- Diseño de estudio: ensayos clínicos aleatorios controlados (ECAs).
- Participantes: personas que hayan sido intervenidas para una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) y se encuentren en cualquier fase de la rehabilitación.
- Intervención: entrenamiento oclusivo (BFRT)
- Control/comparador: ejercicio y/o movilización sin restricción del flujo (BFR), placebo BFRT.
- Medidas de resultado: pérdida de masa muscular, debilidad/atrofia muscular, fuerza, función de la rodilla y dolor/edema.

### Fuentes de información y búsqueda

Para llevar a cabo esta revisión sistemática, se han utilizado las siguientes bases de datos como fuentes de información: MEDLINE (PubMed), Cochrane Library Plus y SPORTDiscus.

Se han utilizado una combinación de las siguientes palabras clave: *Blood Flow Restriction Training, occlusion training, KAATSU, ACL, ACL reconstruction*.

El operador booleano “OR” se ha utilizado para vincular las palabras clave de cada concepto y el operador “AND” para vincular los conceptos entre ellos. Las estrategias de búsqueda para cada base de datos se pueden consultar en la Tabla 1.

**Tabla 1***Bases de datos consultadas y estrategia de búsqueda*

Base de datos	Términos de búsqueda
MEDLINE (PubMed)	1 - ((Blood Flow Restriction) OR (KAATSU)) OR (Occlusion Training) 2 - ((Rehabilitation) OR (Treatment)) OR (Therapy) 3 - ((Anterior cruciate ligament) OR (ACL)) OR (ACLR) 4 - 1 AND 2 AND 3
Cochrane Library	#1 - MeSH descriptor: [Blood Flow Restriction Therapy] explode all trees #2 - (occlusive training):ti,ab,kw #3 - (kaatsu):ti,ab,kw #4 - (Blood Flow Restriction):ti,ab,kw #5 - #1 OR #2 OR #3 OR #4 #6 - MeSH descriptor: [Anterior Cruciate Ligament Injuries] explode all trees #7 - MeSH descriptor: [Anterior Cruciate Ligament Reconstruction] explode all trees #8 - MeSH descriptor: [Anterior Cruciate Ligament] explode all trees #9 - (ACL):ti,ab,kw #10 - #6 OR #7 OR #8 OR #9 #11 - #5 AND #10
SPORTDiscus	(blood flow restriction training or occlusion training or vascular occlusion or bfrt) AND (acl reconstruction or anterior cruciate ligament reconstruction or aclr or acl injury)

**Selección de los artículos**

La recopilación, almacenamiento y selección de los de artículos se ha realizado mediante Rayyan (Ouzzani, Hammady, Fedorowicz y Elmagarmid, 2016).

**Extracción de las variables**

Las variables dependientes que se han extraído de los artículos son: el género (masculino/femenino), la edad (cualquier rango de edad), el tipo de injerto, jugadores de cualquier nivel de competición, año de los artículos y autores, número de participantes y los tipos de intervención. Se han recogido los datos en una hoja de cálculo a través de Microsoft Excel.

Las variables independientes que se han contemplado como principales y secundarias en cada estudio son:

- *Fuerza muscular del cuádriceps y/o isquiotibiales.* Después de una intervención de LCA, los pacientes experimentan una gran pérdida de fuerza (Thomas, Wojtys, Brandon y Palmieri-Smith, 2016) debido a la inhibición del músculo en las primeras fases. Para evaluar esta capacidad, la fuerza muscular se puede determinar mediante diferentes instrumentos incluyendo un análisis isocinético, una dinamometría o una prueba de 1RM.
- *Masa muscular del cuádriceps,* determinada a través del área transversal de la grasa (CSA). La restauración de la CSA del músculo y activación voluntaria poco después de la intervención quirúrgica parece ser necesario para que se produzcan ganancias de fuerza (Thomas et al., 2016b). Esta variable suele medirse mediante ecografía o resonancia magnética.
- *Función física.* Uno de los principales objetivos de la rehabilitación, es que el paciente pueda recuperar en el menor tiempo su función física (Herrington, Myer y Horsley, 2013). Esta variable puede evaluarse a través de diferentes pruebas, principalmente cuestionarios y escalas como Comité Internacional de Documentación de la Rodilla (IKDC), escala KOOS (*The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*), escala de Lysholm y escala de actividad de Tegner.
- *Intensidad del dolor.* Se ha demostrado que el dolor de rodilla y el derrame causan una mayor inhibición de los extensores de rodilla y un déficit de torque (Palmieri-Smith, Villwock, Downie, Hect y Zernicke, 2013). El dolor se evalúa habitualmente mediante una escala analógica visual o la escala KOOS.

### **Valoración metodológica**

La escala mediante la cual se ha realizado la valoración crítica respecto a la metodología de los estudios incluidos ha sido la Escala PEDro (Sydney, 2020) (Anexo I). Esta escala consta de 11 ítems, de los cuales se puntúan diez, y está diseñada para evaluar la calidad metodológica de los ensayos clínicos del ámbito de la fisioterapia.

Se considera que los estudios con una puntuación de 9-10 en la escala PEDro tienen una calidad metodológica excelente. Los estudios con una puntuación entre 6-8 tienen una buena calidad metodológica, entre 4-5 una calidad regular y, por debajo de 4 puntos tienen una mala calidad metodológica (Verhagen et al., 1998).

## 6. Resultados

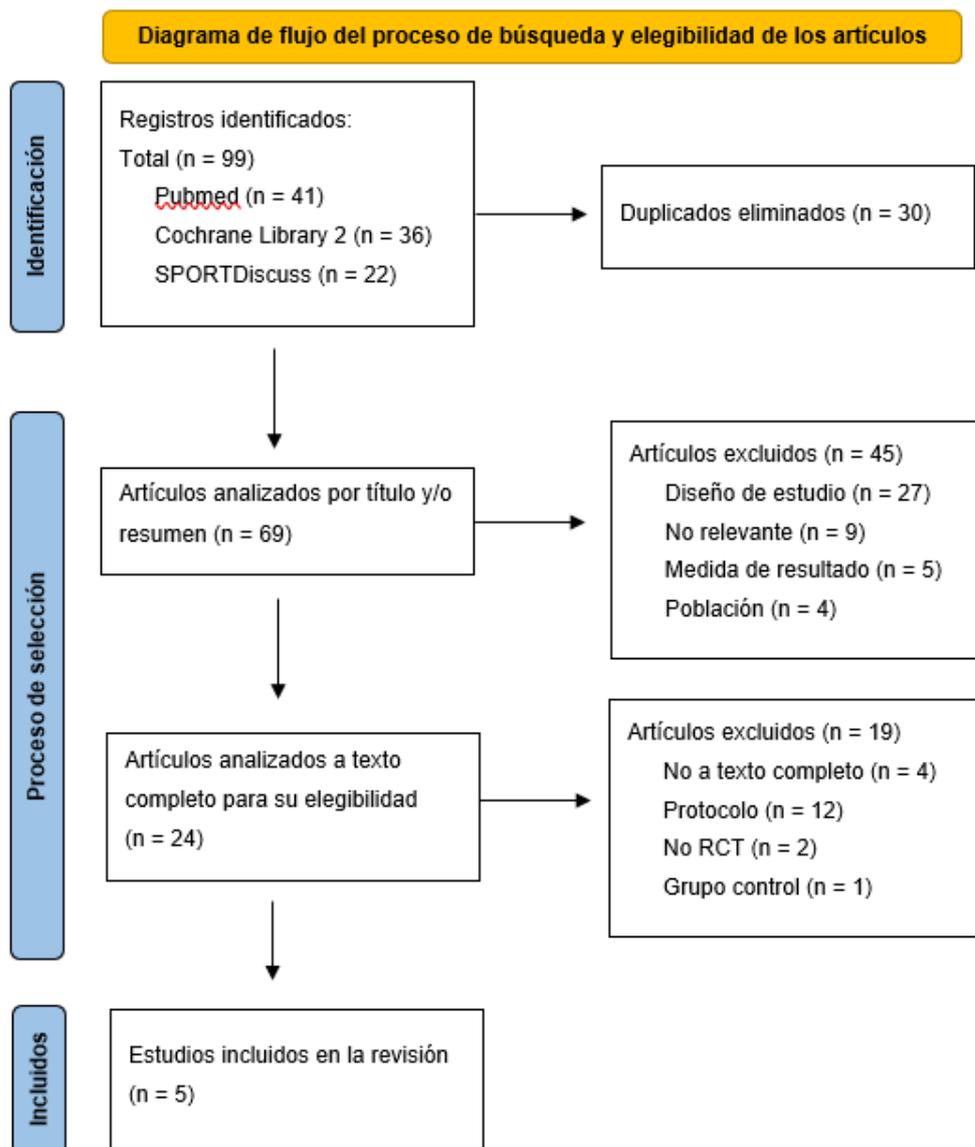
El 8 de febrero de 2023 se realizó la búsqueda de artículos en las bases de datos consultadas.

La búsqueda inicial identificó 99 artículos. Tras eliminar las referencias duplicadas, un total de 69 estudios fueron analizados por título y/o resumen de los cuales, finalmente nueve fueron analizados a texto completo y cinco fueron incluidos en la revisión sistemática.

En la Figura 1 se puede ver representado el diagrama de flujo de la selección de artículos basado en las recomendaciones de PRISMA (Haddaway, Page, Pritchard y McGuiness, 2022).

**Figura 2**

*Diagrama de flujo del proceso de selección de los artículos*



### **Características de los estudios incluidos**

La descripción de los artículos incluidos en la revisión se muestra en la Tabla 2. Un total de 158 personas de entre 16 y 41 años, con una distribución por sexos de 93 hombres y 65 mujeres, participaron en 5 ensayos clínicos aleatorios controlados en esta revisión sistemática.

En total, 81 participantes recibieron una intervención de rehabilitación con BFR durante 8 (Curran et al., (2020), Hughes et al., (2019)) 12 (Vieira de Melo et al., (2022), Jack et al., 2022) y 16 semanas (Ohta et al., (2003)).

Todos los sujetos se habían sometido a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA) mediante autoinjerto de isquiotibiales, del tendón rotuliano o del cuádriceps. Tres estudios (Hughes et al., (2019), Ohta et al., (2003), Jack et al., 2022) iniciaron la intervención en las dos primeras semanas después de la reconstrucción. En cambio, el estudio de Curran et al., (2020) inició el entrenamiento con BFR a las 10 semanas.

**Tabla 2***Características de los artículos incluidos en la revisión*

<b>Autor y año</b>	<b>Participantes</b>	<b>Intervención</b>	<b>Presión</b>	<b>Medidas de resultado</b>
Curran et al., 2020	34 participantes (15 H, 19 M) Edad media: 16,5 años Autoinjerto del tendón rotuliano, del semitendinoso o cuádriceps - Non-BFRT (n = 16) - BFRT con ejercicio alta intensidad (n = 18)	8 semanas, 2 días/semana Inicio: 10 semanas post cirugía Prensa de piernas unilateral al 70% de 1RM 4 series x 10 repeticiones 2 min descanso entre series	80% de la presión oclusiva de cada paciente Entre 110-186 mmHg, media: 138 mmHg BFR se desinfla después de cada serie	Fuerza muscular del cuádriceps: dinamómetro Volumen del recto femoral: CSA Función de la rodilla
Hughes et al., 2019	24 participantes (17 H, 7 M) Edad media: 29 años Autoinjerto de isquiotibiales - HL-RT 70% 1RM (n = 12) - BFR-RT 30% 1RM (n = 12)	8 semanas, 2 días/semana Inicio: 2 semanas post cirugía Prensa de piernas unilateral - HL-RT: 3 x 10 reps., 30" descanso entre series. 70% 1RM. - BFR-RT: 4 series (30, 15, 15, 15 reps.). 30" descanso entre series. 30% 1RM. La carga se incrementa un 10% cada dos sesiones si realizan todas las repeticiones.	80% de la presión oclusiva de cada paciente Media: 150 mmHg	Fuerza muscular del cuádriceps Función física Dolor, edema y ROM
Vieira de Melo et al., 2022	24 participantes (17 H, 7 M) Autoinjerto de isquiotibiales Media edad: - CON (n = 12): 39,6 - Intervención (n = 12): 41,1	12 semanas, 2 días/semana Prensa de piernas unilateral, flexo-extensión de rodilla - CON: 3 x 10 reps. 70% 1RM. 30" descanso entre series. - INT: 4 series (30, 15, 15, 15 reps.) 30% 1RM. 30" descanso. La carga se incrementa un 10% cada dos sesiones o en la última sesión en las semanas 4, 8 y 12.	80% de la presión oclusiva de cada paciente Se desinfla el BFR después de cada bloque de ejercicios durante 5'.	Fuerza muscular del cuádriceps e isquiotibiales Función física de la rodilla
Ohta et al., 2003	44 participantes (25 H, 19 M) Edad media: 29 años Autoinjerto de tendón semitendinoso - Grupo N (control) (n = 22) - Grupo R (con BFR) (n = 22)	16 semanas, 6 días/semana Inicio: 2 semanas post cirugía Levantar la pierna estirada y ADD de cadera: mantener 5" x 20 reps. "Mid squat": 6" x 20 reps. "Step-up" y flexión rodilla con banda: 20 reps. "Monster walk": 60 pasos ↑ carga progresivamente.	180 mmHg	Fuerza y CSA de los músculos extensores y flexores de la rodilla Diámetro de fibra muscular individual por tipo de fibra CSA
Jack et al., 2022	32 participantes (19 H, 13 M) Autoinjerto tendón rotuliano Edad media: - CON (n = 15): 24,1 años - BFR (n = 17): 28,1 años	12 semanas, 2 días/semana Inicio: 7 días post cirugía Ejercicios de extremidad inferior (EII) unilaterales y bilaterales. 4 series (30, 15, 15, 15 reps.) 30" descanso entre series. 20% 1RM	80% de la presión oclusiva de cada paciente	Fuerza muscular Función física y vuelta a la actividad

## **Resultados individuales de los estudios incluidos**

En la Tabla 3 se recogen los principales resultados de los cinco estudios incluidos en la revisión.

En cuanto a la variable principal de resultado, la fuerza muscular, cuatro (Curran et al., (2020), Hughes et al., (2019), Vieira de Melo et al., (2022) y Ohta et al., (2003)) de los cinco estudios valoraron la fuerza muscular del cuádriceps mediante alguna de las herramientas de medición tradicionales. Tres de los cuatro estudios, mostraron que el grupo con entrenamiento oclusivo aumentó de manera significativa la fuerza muscular de dicho músculo; sin embargo, el estudio de Curran et al., (2020) solo mostró un efecto muy pequeño en la fuerza isocinética máxima.

Así mismo, el estudio de Vieira de Melo et al., (2022) y Ohta et al., (2003) mostró un aumento de la fuerza en los isquiotibiales a favor del grupo con entrenamiento oclusivo versus el grupo control.

En cuanto a la segunda medida de resultado, el tamaño del cuádriceps, el estudio de Curran et al., (2020), mostró un pequeño efecto en el volumen del recto femoral. A diferencia de este, Ohta et al., (2003) encontraron diferencias significativas en el grupo de intervención en el ratio pre-post cirugía en la CSA de los extensores de rodilla y Jack et al., (2022) también observaron diferencias significativas a las 6 y 12 semanas en el grupo con BFR.

Cuatro de los cinco estudios incluidos evaluaron la función física, a excepción del estudio publicado por Ohta et al., (2003). Dos de los estudios incluidos, Hughes et al., (2019) y Vieira de Melo et al., (2022) encontraron aumentos significativos en el grupo intervención en comparación al grupo control en las escalas utilizadas (ver Tabla 3). Por su parte, el estudio de Jack et al., (2022) mostró aumentos similares en ambos grupos excepto en el Y-Balance anterior, donde solo el grupo BFR obtuvo resultados significativos en la semana 8 y 12 de intervención mientras que, el estudio de Curran et al., (2020) no encontró diferencias significativas en cuanto a la funcionalidad de la rodilla.

En cuanto al dolor, fue evaluado únicamente en los estudios de Hughes et al., (2019) y Vieira de Melo et al., (2022), objetivándose diferencias significativas en el grupo con BFR. Además, Hughes et al., (2019) mostraron una disminución significativa en cuanto a edema en la rodilla.

**Tabla 3**

Resumen de los resultados a destacar de los artículos incluidos

Autor y año	Fuerza muscular del cuádriceps e isquiotibiales	Tamaño del cuádriceps (CSA)	Función física	Dolor y edema
Curran et al., (2020)	BFRT: pequeño efecto en la fuerza isocinética máx. de extensión de rodilla ( $d = 0,26$ ) y ratio de activación central (CAR), ( $d = 20,25$ ).	BFRT: pequeño efecto en el volumen del recto femoral ( $d = 0,33$ ).	No se encontraron diferencias significativas.	No evaluado
Hughes et al., (2019)	Ambos grupos ↑ significativos en la fuerza del cuádriceps (BFR-RT: $104 \pm 18$ % y $33 \pm 12$ %, HL-RT: $106 \pm 21$ % y $40 \pm 16$ % para extremidades lesionadas y no lesionados, respectivamente).	No evaluado	↑↑ significativos en todas las medidas de autoinforme (IKDC, LEFS, LKSS y KOOS) con BFR-RT.	BFR-RT: ↑↑ significativo en dolor KOOS ( $67 \pm 10$ % vs. $39 \pm 14$ %). ↓ significativa en la circunferencia de la rodilla ( $-5.8 \pm 1.2$ % vs. $-2.4 \pm 1.8$ %).
Vieira de Melo et al., (2022)	Ambos grupos ↑ de fuerza del cuádriceps. A partir del 3er período posquirúrgico, INT tuvo mayor ganancia. Ambos grupos ↑ de la fuerza de isquiotibiales. A partir del 2º periodo postoperatorio hubo una mayor ganancia en el grupo INT.	No evaluado	INT: síntomas y AVD de KOOS mostró ↑ significativos ( $p < 0,01$ ) a las 8 y 12 semanas y calidad de vida ( $p < 0,01$ ) a las 12 semanas. IKDC y de Lysholm → diferencias estadísticas ( $p < 0,01$ ) a las 8 y 12 semanas.	En la subescala del dolor de KOOS, hubo diferencias estadísticas a las 4 semanas en el grupo con BFR.
Ohta et al., (2003)	Grupo R: diferencias significativas en los extensores de rodilla ( $P < 0.001$ ) en contracción isocinética e isométrica. Diferencias significativas en flexores de rodilla en todos los modos de contracción ( $P = 0.05, 0.04$ y $0.02$ ).	Diferencias significativas en el ratio pre-postoperatorio de la CSA de los extensores de rodilla ( $P = 0.04$ ).	No evaluado	No evaluado
Jack et al., (2022)	No evaluado	Diferencias significativas en la masa magra a las 6 ( $P < 0,01$ ) y 12 ( $P < 0,01$ ) semanas. La LM del muslo ↓ en el grupo CON de 6 ( $P < 0,01$ ) y 12 ( $P < 0,01$ ) semanas de rehabilitación.	Ambos grupos → ↑ similares. En Y-balance anterior, BFR ↑ entre la semana 8 y 12 ( $P = 0.01$ ). La vuelta al deporte (RTS) fue menor en BFR ( $P = 0,01$ ).	No evaluado

## Calidad metodológica

Se realizó una evaluación de la calidad metodológica de los estudios incluidos mediante la escala PEDro (Sydney, 2020).

En tres estudios se obtuvo una puntuación de cinco sobre diez, lo que representa una calidad moderada, mientras que dos de los estudios obtuvieron un siete sobre diez, lo que constituye una buena calidad metodológica. Los resultados de la evaluación de la calidad metodológica se muestran en la Tabla 4.

**Tabla 4**

*Calidad metodológica de los estudios. Escala PEDro.*

	Curran et al., 2020	Hughes et al., 2019	Vieira de Melo et al., 2022	Ohta et al., 2003	Jack et al., 2022
1. Criterios de elección	Sí	No	Sí	No	No
2. Asignación aleatoria	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
3. La asignación fue oculta	No	Sí	Sí	No	No
4. Grupos similares al inicio	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
5. Los sujetos fueron cegados	No	No	No	No	No
6. Los terapeutas fueron cegados	No	No	No	No	No
7. Los evaluadores fueron cegados	No	Sí	No	No	No
8. Menos del 15% de abandonos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
9. Intención de tratar en el análisis	No	No	No	No	No
10. Comparaciones estadísticas entre grupos	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
11. Medidas puntuales y datos de variabilidad	Sí	Sí	Sí	Sí	Sí
<b>TOTAL*</b>	<b>5/10</b>	<b>7/10</b>	<b>7/10</b>	<b>5/10</b>	<b>5/10</b>

\*El total es sobre 10 ya que el primer ítem no computa.

## 7. Discusión

Esta revisión sistemática tuvo como objetivo sintetizar la evidencia actual sobre la aplicación del entrenamiento oclusivo (BFRT) después de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior para minimizar la pérdida de masa muscular y la atrofia muscular. Los resultados obtenidos mostraron que la aplicación de BFR proporciona aumentos significativos de la fuerza y tamaño del cuádriceps e isquiotibiales, así como una mejor función de la rodilla y mayor disminución del dolor en comparación con la terapia estándar.

El proceso de rehabilitación es fundamental para que el paciente regrese a su actividad completa de manera segura (Myer, Paterno, Ford, Quatman y Hewett, 2006). Por lo que el entrenamiento oclusivo puede ayudar al paciente a ganar más autonomía y tener una mayor funcionalidad de la rodilla en las primeras fases. Además, el entrenamiento con BFR podría ofrecer mejores resultados en la fase inicial de la rehabilitación, cuando el entrenamiento a alta intensidad aun no es posible ni recomendado (Cognetti, Sheean y Owens, 2022).

La atrofia muscular es un hallazgo frecuente tras una reconstrucción de LCA. Iversen et al., (2016) observaron una reducción significativa del tamaño del cuádriceps en atletas tras someterse a una reconstrucción de LCA 16 días después de la operación. Sin embargo, Curran et al., (2020) reportaron no haber diferencias significativas en el volumen muscular del recto femoral del preoperatorio con respecto al postoperatorio (medido a las 8 semanas). No obstante, en este caso, los autores iniciaron la rehabilitación con entrenamiento oclusivo de alta intensidad a las 10 semanas de la reconstrucción del LCA, de forma relativamente tardía, lo que puede haber influido los resultados obtenidos en cuanto a ganancias de fuerza muscular del cuádriceps. A diferencia de este último, los estudios de Ohta et al., (2003) y Jack et al., (2022) mostraron que mientras que en el grupo control se observaba una tendencia a la atrofia muscular después de la intervención quirúrgica, en el grupo con BFR se produjo un agrandamiento del cuádriceps a pesar del entrenamiento con cargas bajas. Este hallazgo se ve respaldado por otros estudios previos (De Phillipio et al., 2018). En Hughes et al., (2019) y Vieira de Melo et al., (2022) iniciaron la intervención a las dos semanas de la cirugía y Ohta et al., (2003) a los 7 días, encontrándose en estos casos mejoras en la atrofia muscular de los sujetos.

La recuperación de la fuerza muscular después de la cirugía de LCA es fundamental para aumentar la funcionalidad de la rodilla (Osteras, Augestas y Tondel, 1998). El estudio de Hughes et al., (2019), Vieira de Melo et al., (2022) y Jack et al., (2022) mostraron aumentos significativos en las medidas de autoinforme para la evaluación de la función física de la articulación de la rodilla. Estos datos pueden sugerir que la gran reducción del dolor y edema

provocan mejoras en el rango articular y, en consecuencia, mejoran la funcionalidad y calidad de vida del sujeto (Vieira de Melo et al., 2022). En línea con la evidencia actual, un estudio de BFR en pacientes con osteoartritis, que también muestran debilidad de extremidades inferiores, mostró mejoras en la fuerza, lo que pudo contribuir a obtener una mejor función física (Ferraz et al., 2018).

Los estudios de Ohta et al., (2003) y Vieira de Melo et al., (2022) mostraron aumentos de la fuerza de isquiotibiales en el grupo con BFR. Aun así, los estudios que analizan la fuerza de isquiotibiales con BFR son limitados. Kacin et al., (2021) muestra que mediante el entrenamiento oclusivo se producen efectos muy pequeños en cuanto a la fuerza muscular de los flexores de rodilla, en comparación con los músculos extensores; por lo que sugiere seguir con la investigación del BFR en la ganancia de fuerza de isquiotibiales.

Así pues, los resultados de la presente revisión concuerdan con la evidencia actual que muestra que el entrenamiento oclusivo a baja intensidad puede ser beneficioso para la atrofia del cuádriceps en comparación con el entrenamiento de baja intensidad sin BFR, e igualmente eficaz en comparación con el entrenamiento a alta intensidad (Barber-Westin y Noyes, 2019; Grønfeldt et al., 2020).

La evidencia actual sugiere que el BFRT puede tener un efecto de hipoalgesia (Korakakis, Whiteley y Epameinontidis, 2018). El dolor y la falta de flujo sanguíneo en los músculos han sido utilizados como estímulo para modificar la percepción del dolor, y se ha demostrado que pueden afectar la sensibilidad del dolor en personas sanas (Leffler, Hansson y Kosek, 2002). Así pues, el dolor inducido por la presión del manguito en el entrenamiento oclusivo (BFRT) y la isquemia muscular resultante, pueden contribuir a una respuesta de reducción del dolor (Tuveson, Leffler y Hansson, 2006).

El estudio de Hughes et al., (2019) muestra que la reducción del dolor que se produce en el grupo con entrenamiento oclusivo puede atribuirse a la progresión inicial de las cargas, empezando así con un 30% de 1RM hasta 70%1RM. Así mismo, el estudio publicado por Vieira de Melo et al., (2022) también mostró una reducción del dolor en el grupo con BFR utilizando el mismo método de cargas progresivas (30%1RM hasta 70%1RM). Por lo tanto, el entrenamiento oclusivo puede ser una herramienta complementaria durante las primeras etapas de la rehabilitación, especialmente en personas con un alto grado de dolor y/o derrame.

La correcta aplicación de BFR no ha presentado ningún riesgo ni efecto adverso hasta el momento. Un estudio epidemiológico en Japón informó que los efectos con mayor incidencia habían sido la aparición de hematomas cutáneos (Nakajima et al., 2006). Los autores Vieira de Melo et al., (2022) y Jack et al., (2022) han reportado que no se han producido efectos tales como trombosis venosa profunda, lesiones cutáneas, hematomas o cualquier daño. Sin embargo, en el estudio de Vieira de Melo et al., (2022), los sujetos expresaron molestias debido a la compresión en la región inguinal durante las primeras sesiones de entrenamiento, así como también en el estudio de Ohta et al., (2003). En este último, dos participantes abandonaron el estudio debido a la incomodidad y dolor que reportaron de la pierna por la presión del torniquete.

### **Limitaciones**

La presente revisión sistemática presenta varias limitaciones. La principal limitación ha sido la poca evidencia científica encontrada en la búsqueda realizada sobre la pregunta de interés, si bien es cierto que esto puede ser debido a que la búsqueda se realizó solamente en tres bases de datos (PubMed, Cochrane Library Plus y SPORTDiscuss) debido al acceso limitado en otras fuentes de información. Así mismo, el idioma seleccionado (únicamente inglés y castellano), ha impedido encontrar posibles estudios publicados en otros idiomas en los cuales se respondía la pregunta de investigación.

Otra de las limitaciones clave ha sido no encontrar artículos a texto completo, ya que, leyendo el resumen, podrían haber sido incluidos en la revisión. Además, muchos de los artículos para incluir fueron protocolos, por lo que convendría volver a realizar la revisión en los próximos años cuando se dispongan de los resultados finales de estos protocolos.

Finalmente, en algunos estudios el tamaño de la muestra es limitado. Debido al tipo de intervención que se plantea, no se han podido cegar a los participantes ya que es imposible que los sujetos no sepan el tipo de terapia que están recibiendo. Así mismo, los fisioterapeutas tampoco han podido ser cegados y ello puede afectar a la calidad metodológica de los estudios incluidos y, por tanto, a la validez interna y externa de las conclusiones de esta revisión.

## **8. Conclusiones**

La aplicación del entrenamiento oclusivo (BFR) en la fase inicial de la rehabilitación de ligamento cruzado anterior (LCA), parecer tener efectos beneficiosos en cuanto a fuerza muscular y función física de los pacientes. Además, esta técnica resulta eficaz para disminuir el dolor y el derrame en la articulación de la rodilla.

En vista de la evidencia actual, parece que se puede considerar el entrenamiento oclusivo como una técnica complementaria, dentro de un programa de rehabilitación integral y adaptado a cada paciente de manera individualizada.

## 9. Implicación en la práctica profesional y líneas de futuro

El entrenamiento oclusivo tiene implicaciones en la práctica profesional en el ámbito de la fisioterapia y la readaptación.

El uso de BFRT puede permitir una progresión más rápida en el proceso de rehabilitación del paciente con ligamento cruzado anterior. Esta técnica permite el aumento de carga e intensidad del ejercicio en las primeras semanas después de la cirugía, por lo que puede ayudar a minimizar la atrofia muscular y acelerar así la funcionalidad del paciente.

Este método puede ser una herramienta útil para mejorar el proceso de rehabilitación de los pacientes. Además, se puede utilizar en el campo de la readaptación para mejorar el rendimiento deportivo de los atletas, ya que la lesión de LCA es común entre los deportistas.

En muchos casos, la totalidad de la fuerza muscular de la extremidad lesionada no se llega a recuperar pasados los meses de rehabilitación. Es por ello que, se debe seguir investigando sobre la aplicación del entrenamiento oclusivo en la rehabilitación de LCA en fases más avanzadas, así como la vuelta al deporte (*return to play*).

Esta revisión sugiere que, debido a los resultados encontrados, el entrenamiento oclusivo se podría utilizar en la rehabilitación de cualquier afectación de rodilla que requiera ganar fuerza muscular del cuádriceps. Aun así, se requiere de más investigación para poder establecer de forma clara esta hipótesis.

Para el uso del entrenamiento oclusivo, es importante que los profesionales de la salud tengan conocimientos a cerca de su aplicación. Debido a que hay poca evidencia científica, no hay protocolos claramente establecidos sobre el uso y pautas de su aplicación. Revisando los protocolos, podrían ofrecer un enfoque seguro y eficaz en el paciente.

Es necesario realizar futuras investigaciones que utilicen medidas de resultado estandarizadas, parámetros más homogéneos y protocolos específicos para comparar de manera más precisa la función física de los pacientes. Esto permitirá una mejor comprensión y aplicación del entrenamiento oclusivo en la práctica clínica.

## 10. Referencias bibliográficas

- 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: A Multidisciplinary Approach*, 11(1), 69-83. <https://doi.org/10.1177/1941738118811337>
- Cognetti, D. J., Sheean, A. J., & Owens, J. G. (2022). Blood Flow Restriction Therapy and Its Use for Rehabilitation and Return to Sport: Physiology, Application, and Guidelines for Implementation. *Arthroscopy, Sports Medicine, and Rehabilitation*, 4(1), e71-e76. <https://doi.org/10.1016/j.asmr.2021.09.025>
- 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. *The American Journal of Sports Medicine*, 48(4), 825-837. <https://doi.org/10.1177/0363546520904008>
- DePhillipo, N. N., Kennedy, M. I., Aman, Z. S., Bernhardson, A. S., O'Brien, L., & LaPrade, R. F. (2018a). Blood Flow Restriction Therapy After Knee Surgery: Indications, Safety Considerations, and Postoperative Protocol. *Arthroscopy Techniques*, 7(10), e1037-e1043. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.06.010>
- DePhillipo, N. N., Kennedy, M. I., Aman, Z. S., Bernhardson, A. S., O'Brien, L. T., & LaPrade, R. F. (2018b). The Role of Blood Flow Restriction Therapy Following Knee Surgery: Expert Opinion. *Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery*, 34(8), 2506-2510. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.05.038>
- Erickson, L. N., Lucas, K. C. H., Davis, K. A., Jacobs, C. A., Thompson, K. L., Hardy, P. A., Andersen, A. H., Fry, C. S., & Noehren, B. W. (2019). Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial. *Physical Therapy*, 99(8), 1010-1019. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz062>
- Escala PEDro-Español*. (s. f.). Institute for Musculoskeletal Health. Recuperado 16 de febrero de 2023, de <https://pedro.org.au/spanish/resources/pedro-scale>

- FERRAZ, R. B., GUALANO, B., RODRIGUES, R., KURIMORI, C. O., FULLER, R., LIMA, F. R., DE SÁ-PINTO, A. L., & ROSCHEL, H. (2018). Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 50(5), 897-905. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001530>
- Grønfeltdt, B. M., Lindberg Nielsen, J., Mieritz, R. M., Lund, H., & Aagaard, P. (2020). Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(5), 837-848. <https://doi.org/10.1111/sms.13632>
- Haddaway, N. R., Page, M. J., Pritchard, C. C., & McGuinness, L. A. (2022). PRISMA2020: An R package and Shiny app for producing PRISMA 2020-compliant flow diagrams, with interactivity for optimised digital transparency and Open Synthesis. *Campbell Systematic Reviews*, 18(2), e1230. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/cl2.1230>
- Herrington, L., Myer, G., & Horsley, I. (2013). Task based rehabilitation protocol for elite athletes following Anterior Cruciate ligament reconstruction: a clinical commentary. *Physical Therapy in Sport*, 14(4), 188-198. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2013.08.001>
- Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., Paton, B., & Patterson, S. D. (2019). 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 Medicine*, 49(11), 1787-1805. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2>
- Iversen, E., Røstad, V., & Larmo, A. (2016). Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 115-118. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.005>
- Jack, R. A., Lambert, B. S., Hedt, C. A., Delgado, D., Goble, H., & McCulloch, P. C. (2022). Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 194173812211010. <https://doi.org/10.1177/19417381221101006>
- Jenkins, S. M., Guzman, A., Gardner, B. B., Bryant, S. A., del Sol, S. R., McGahan, P., & Chen, J. (2022). Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Injury: Review of

Current Literature and Recommendations. *Current Reviews in Musculoskeletal Medicine*, 15(3), 170-179. <https://doi.org/10.1007/s12178-022-09752-9>

Kacin, A., Drobnič, M., Marš, T., Miš, K., Petrič, M., Weber, D., Tomc Žargi, T., Martinčič, D., & Pirkmajer, S. (2021). Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL rupture. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 31(8), 1636-1646. <https://doi.org/10.1111/sms.13968>

Kaeding, C. C., Léger-St-Jean, B., & Magnussen, R. A. (2017). Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clinics in Sports Medicine*, 36(1), 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001>

Korakakis, V., Whiteley, R., & Epameinontidis, K. (2018). Blood Flow Restriction induces hypoalgesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. *Physical Therapy in Sport*, 32, 235-243. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.021>

Leffler, A.-S., Hansson, P., & Kosek, E. (2002). Somatosensory perception in a remote pain-free area and function of diffuse noxious inhibitory controls (DNIC) in patients suffering from long-term trapezius myalgia. *European Journal of Pain*, 6(2), 149-159. <https://doi.org/10.1053/eujp.2001.0312>

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>

Markatos, K., Kasetta, M. K., Lалlos, S. N., Korres, D. S., & Efstathopoulos, N. (2013). The anatomy of the ACL and its importance in ACL reconstruction. *European Journal of Orthopaedic Surgery & Traumatology*, 23(7), 747-752. <https://doi.org/10.1007/s00590-012-1079-8>

Montalvo, A. M., Schneider, D. K., Webster, K. E., Yut, L., Galloway, M. T., Heidt, R. S., Kaeding, C. C., Kremcheck, T. E., Magnussen, R. A., Parikh, S. N., Stanfield, D. T., Wall, E. J., & Myer, G. D. (2019). Anterior Cruciate Ligament Injury Risk in Sport: A Systematic Review and Meta-Analysis of Injury Incidence by Sex and Sport Classification. *Journal of Athletic Training*, 54(5), 472-482. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-407-16>

- Myer, G. D., Paterno, M. V., Ford, K. R., Quatman, C. E., & Hewett, T. E. (2006). Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Criteria-Based Progression Through the Return-to-Sport Phase. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 36(6), 385-402. <https://doi.org/10.2519/jospt.2006.2222>
- Nakajima, T., Kurano, M., Iida, H., Takano, H., Oonuma, H., Morita, T., Meguro, K., Sato, Y., Nagata, T., & KAATSU Training Group. (2006). Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey. *International Journal of KAATSU Training Research*, 2(1), 5-13. <https://doi.org/10.3806/ijktr.2.5>
- Ohta, H., Kurosawa, H., Ikeda, H., Iwase, Y., Satou, N., & Nakamura, S. (2003). Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, 74(1), 62-68. <https://doi.org/10.1080/00016470310013680>
- Østerås, H., Augestad, L. B., & Tøndel, S. (1998). Isokinetic muscle strength after anterior cruciate ligament reconstruction. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 8(5), 279-282. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.1998.tb00483.x>
- Ouzzani, M., Hammady, H., Fedorowicz, Z., & Elmagarmid, A. (2016). Rayyan—a web and mobile app for systematic reviews. *Systematic Reviews*, 5(1), 210. <https://doi.org/10.1186/s13643-016-0384-4>
- Palmieri-Smith, R. M., Villwock, M., Downie, B., Hecht, G., & Zernicke, R. (2013). Pain and Effusion and Quadriceps Activation and Strength. *Journal of Athletic Training*, 48(2), 186-191. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-48.2.10>
- Pearson, S. J., & Hussain, S. R. (2015). A Review on the Mechanisms of Blood-Flow Restriction Resistance Training-Induced Muscle Hypertrophy. *Sports Medicine*, 45(2), 187-200. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Thomas, A. C., Wojtys, E. M., Brandon, C., & Palmieri-Smith, R. M. (2016a). Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 7-11. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.009>
- Thomas, A. C., Wojtys, E. M., Brandon, C., & Palmieri-Smith, R. M. (2016b). Muscle atrophy contributes to quadriceps weakness after anterior cruciate ligament

reconstruction. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(1), 7-11.  
<https://doi.org/10.1016/j.jsams.2014.12.009>

Tuveson, B., Leffler, A.-S., & Hansson, P. (2006). Time dependant differences in pain sensitivity during unilateral ischemic pain provocation in healthy volunteers. *European Journal of Pain*, 10(3), 225-225.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejpain.2005.03.010>

Verhagen, A. P., de Vet, H. C. W., de Bie, R. A., Kessels, A. G. H., Boers, M., Bouter, L. M., & Knipschild, P. G. (1998). The Delphi List. *Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12), 1235-1241. [https://doi.org/10.1016/S0895-4356\(98\)00131-0](https://doi.org/10.1016/S0895-4356(98)00131-0)

Vieira de Melo, R. F., Komatsu, W. R., Freitas, M. S. de, Vieira de Melo, M. E., & Cohen, M. (2022). Comparison of Quadriceps and Hamstring Muscle Strength after Exercises with and without Blood Flow Restriction following Anterior Cruciate Ligament Surgery: A Randomized Controlled Trial. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 54, jrm00337. <https://doi.org/10.2340/jrm.v54.2550>

## 11. Anexos

### Anexo 1. Escala PEDro

#### Escala PEDro-Español

---

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

---

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (Verhagen AP et al (1998). *The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology*, 51(12):1235-41). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible "ponderar" los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa ("generalizabilidad" o "aplicabilidad" del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la "validez" de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la "calidad" de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

#### Notas sobre la administración de la escala PEDro:

- Todos los criterios **Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente.** Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
- Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
- Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
- Criterio 3 *La asignación oculta* (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
- Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
- Criterio 4, 7-11 *Los Resultados clave* son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
- Criterio 5-7 *Cegado* significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran "cegados" si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
- Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente *tanto* el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos *como* el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
- Criterio 9 El análisis por *intención de tratar* significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
- Criterio 10 Una comparación estadística *entre grupos* implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor "p", que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
- Criterio 11 Una *estimación puntual* es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las *medidas de la variabilidad* incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.