

# TRABAJO DE FIN DE MÁSTER



UNIVERSIDAD  
DE ALMERÍA

MÁSTER EN FISIOTERAPIA Y DISCAPACIDAD

## TÍTULO

EFECTOS DE LA TERAPIA DE RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO EN LESIONES  
DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

## AUTOR:

**Dña. M<sup>a</sup> del Mar Pérez Segura**

## DIRECTOR:

**D. Jesús Martínez de la Cal**



Facultad de  
**Ciencias de la Salud**  
Universidad de Almería

**Curso Académico**  
2019/2020  
**Convocatoria**  
Junio

## ÍNDICE

<b>1. RESUMEN</b> .....	1
<b>2. INTRODUCCIÓN</b> .....	3
<b>2.1. INCIDENCIA Y PREVALENCIA Y COSTES</b> .....	3
<b>2.2. RECUERDO ANATÓMICO</b> .....	5
<b>2.2.1. SISTEMA ESQUELÉTICO</b> .....	6
<b>2.2.2. SISTEMA MUSCULAR</b> .....	8
<b>2.2.3. COMPLEJO CÁPSULO- LIGAMENTARIO</b> .....	10
<b>2.2.4. LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR</b> .....	12
<b>2.3. RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO</b> .....	22
<b>3. OBJETIVOS</b> .....	27
<b>4. METODOLOGÍA</b> .....	28
<b>5. RESULTADOS</b> .....	34
<b>6. DISCUSIÓN</b> .....	52
<b>7. LIMITACIONES</b> .....	65
<b>8. CONCLUSIONES</b> .....	66
<b>9. BIBLIOGRAFÍA</b> .....	67
<b>10. ANEXOS</b> .....	75

## 1. RESUMEN

**Introducción:** El ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las estructuras esenciales en la estabilidad, propiocepción y cinemática de la rodilla. Su lesión es cada vez más frecuente entre la población joven y activa, provocando repercusiones en todos los ámbitos. El uso de Restricción de Flujo Sanguíneo o BFR puede ser una alternativa terapéutica efectiva.

**Objetivos:** Analizar la efectividad de BFR en las lesiones de LCA. Determinar su efecto sobre el dolor, fuerza muscular, masa muscular, esfuerzo percibido y función física.

**Metodología:** Se ha efectuado una revisión bibliográfica de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) donde se valora la efectividad de la aplicación de BFR en patologías de LCA. Para ello, se ha recopilado literatura de las bases de datos PubMed, PEDro, SCielo, BVS, Scopus y WOS, con una antigüedad de 5 años y cuyo idioma fuera español o inglés.

**Resultados y discusión:** Finalmente solo 4 artículos cumplieron los criterios de inclusión. En unos se compara BFR junto a cargas ligeras con respecto a cargas pesadas, mientras que en otro se combina BFR con cargas pesadas y ejercicios concéntricos y excéntricos con respecto a esos mismos ejercicios sin oclusión. Se evidenciaron mejoras tras aplicación de BFR con cargas ligeras, siendo inexistentes tras su combinación con cargas pesadas. Se encontraron resultados positivos en cuanto a dolor, fuerza, masa muscular y función física, mientras que el esfuerzo percibido fue comparable al otro método terapéutico.

**Conclusiones:** El uso de BFR con cargas ligeras resulta más beneficioso que con cargas elevadas. Se evidencian mejorías notables en cuanto al dolor, fuerza muscular, masa muscular, función física y un esfuerzo percibido en el tratamiento de lesiones de LCA.

**Palabras clave:** “Blood flow restriction”, “Vascular occlusion”, “Kaatsu”, “Anterior Cruciate Ligament”(Mesh), “knee” (Mesh), “Physical Therapy Modalities” (Mesh), “Rehabilitation” (Mesh).

## **ABSTRACT**

**Introduction:** The anterior cruciate ligament (ACL) is one of the essential structures in the stability, proprioception and kinematics of the knee. Its injury is increasingly frequent among the young and active population, causing repercussions in all areas. The use of Blood Flow Restriction or BFR can be an effective therapeutic alternative.

**Objectives:** To analyze the effectiveness of BFR in ACL injuries. To determine its effect on pain, muscle strength, muscle mass, perceived strain and physical function.

**Methodology:** A literature review of randomized clinical trials (RCTs) has been conducted to assess the effectiveness of BFR application in ACL pathologies. To this end, literature was collected from the PubMed, PEDro, SCielo, VHL, Scopus and WOS databases, which are 5 years old and whose language is Spanish or English.

**Results and discussion:** Finally only 4 articles met the inclusion criteria. In some, BFR is compared with light loads with respect to heavy loads, while in another, BFR is combined with heavy loads and concentric and eccentric exercises with respect to the same exercises without occlusion. Improvements were evidenced after the application of BFR with light loads, and none after the combination with heavy loads. Positive results were found in terms of pain, strength, muscle mass and physical function, while perceived strain was comparable to the other therapeutic method.

**Conclusions:** The use of BFR with light loads is more beneficial than with heavy loads. Significant improvements in pain, muscle strength, muscle mass, physical function and perceived strain are evident in the treatment of ACL injuries.

**Keywords:** "Blood flow restriction", "Vascular occlusion", "Kaatsu", "Anterior Cruciate Ligament"(Mesh), "knee" (Mesh), "Physical Therapy Modalities" (Mesh), "Rehabilitation" (Mesh).

## **2. INTRODUCCIÓN**

El complejo articular de la rodilla es una de las articulaciones más complicadas del organismo. El enorme peso a la que es sometida, por su amplia movilidad y la dependencia de los tejidos blandos a su estabilidad, la hace vulnerable a la lesión.

Los ligamentos cruzados de la rodilla están formados por el Ligamento Cruzado Anterior (LCA) y Ligamento Cruzado Posterior (LCP).

Ambos se encargan de regular la cinemática articular y actúan como “órganos sensores”, por lo que desempeñan un papel fundamental a nivel propioceptivo, aportando información de la posición de la articulación y regulando la distribución de fuerzas (1). A su vez, el LCA constituye una pieza clave en la estabilidad anterior de la rodilla. Asimismo, regula los movimientos de rotación, valgo y varo cuando la articulación se encuentra en carga (2). Su lesión es, actualmente, una de las más frecuentes entre la población.

Un abordaje terapéutico eficaz es esencial para la restablecer las capacidades físicas del paciente y devolverlo a su actividades cotidianas y deportivas. Una alternativa terapéutica puede ser la terapia de Restricción de Flujo Sanguíneo, pues permite mejoras en el dolor, fuerza muscular o hipertrofia muscular con un menor estrés mecánico y carga de entrenamiento.

### **2.1. INCIDENCIA, PREVALENCIA Y COSTES**

Las lesiones de LCA cada vez tienen una mayor incidencia debido al aumento de la práctica deportiva en la sociedad en general, sobre todo en la población joven y activa (3).

La mayoría de casos de lesión del LCA aparecen en el ámbito deportivo. Este hecho aumenta en los deportes de contacto en los que se realizan movimientos bruscos de cambios de sentido o pivotaje del fémur con respecto a la tibia (4,5).

Las mujeres deportivamente activas presentan entre 2 y 8 veces más probabilidad que el género masculino a sufrir una rotura del LCA. Algunas de las posibles causas son el estado hormonal, las características de la pelvis, el ángulo Q o la insuficiente protección que presta la musculatura sobre los ligamentos de la rodilla (5).

Presenta una prevalencia elevada en la población en general, aproximadamente de 0,30/1000 hab/año (6).

En 2001 en España, se realizó un estudio en el que se concluyó que se realizaron 16.821 plastias de LCA anuales, representando el 22% de las artroscopias en general. Esto supondría una prevalencia de 4 casos por cada 1000 hab/año, si el total de las roturas del ligamento hubiesen sido intervenidas quirúrgicamente (7).

En EEUU, las lesiones del LCA suman una cifra de entre los 80.000 y los 250.000, siendo intervenidos quirúrgicamente alrededor de los 100.000 (3,8,9).

El alto número de casos y su aparición en personas jóvenes y en edad laboralmente activa produce repercusiones en todos los ámbitos, desde el aumento de bajas laborales a disminución de la calidad de vida (5).

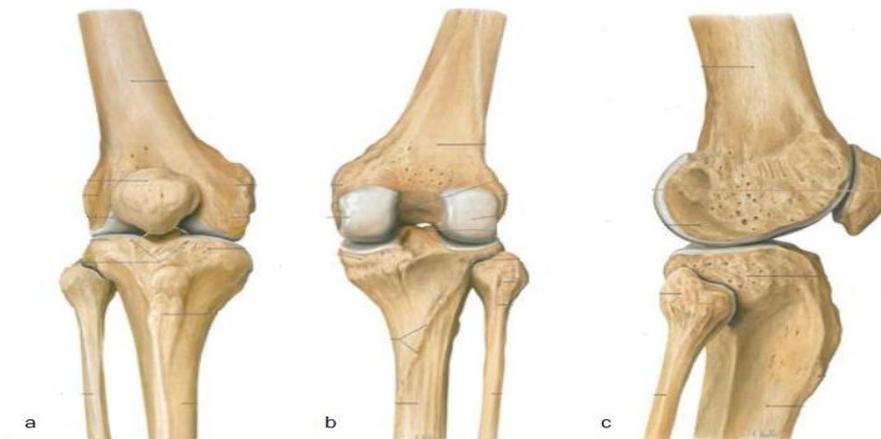
En EEUU se calcula que las cirugías reparadoras ocasionan un gasto de 1.000 millones de dólares cada año (9).

## 2.2. RECUERDO ANATÓMICO

La articulación de la rodilla es una articulación sinovial, formada por las articulaciones femorotibial (bicondílea) y femorrotuliana (tróclea) (10).

Las superficies articulares se encuentran cohesionadas entre sí por la cápsula articular y por ligamentos, que refuerzan su unión.

- La articulación femorotibial se encuentra constituida por dos superficies articulares:
  - Lateral: Formada por el cóndilo lateral del fémur, el cóndilo lateral de la tibia y el menisco externo.
  - Medial: Formada por el cóndilo medial del fémur, el cóndilo medial de la tibia y el menisco interno.
- La articulación femorrotuliana: Formada por la superficie rotular del fémur y la rótula.



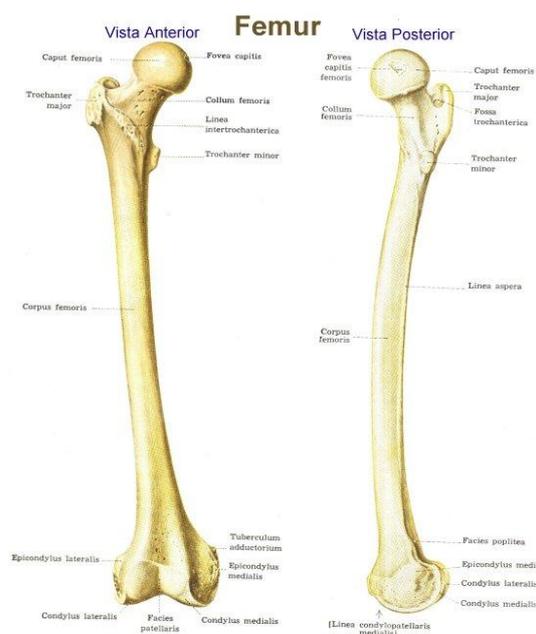
**Figura 1.** *Articulación de la rodilla (11).*

## 2.2.1. SISTEMA ESQUELÉTICO

Está formado por los huesos fémur, tibia y rótula.

El *fémur* es el hueso más largo y fuerte del cuerpo. Su parte proximal se articula con el acetábulo del hueso coxal. La parte distal lo hace con la tibia y la rótula. (12)

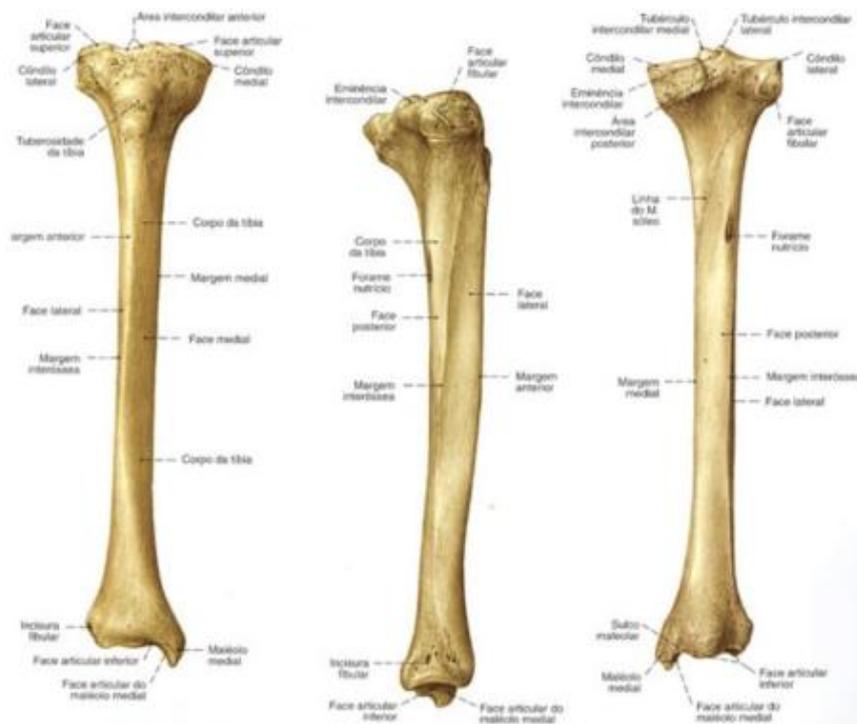
- *Epíffisis superior*: Está formada por la cabeza del fémur, la cual se articula con el acetábulo del hueso coxal, formándose la articulación coxofemoral. La cabeza presenta una pequeña depresión central llamada fosa de la cabeza.
- *Diáfisis*: se angula de forma medial y, por lo tanto, las articulaciones de las rodillas se encuentra más cercanas a la línea media que las de la cadera. Dicho ángulo, denominado “ángulo de convergencia”, es mayor en las mujeres puesto que la pelvis de éstas es más ancha.
- *Epíffisis inferior*: Formado por el cóndilo medial y el cóndilo lateral. Superior a éstos se encuentran los epicóndilos mediales y laterales, respectivamente. En la cara posterior presenta una hendidura, la fosa intercondílea.



**Figura 2.** *Fémur. Visión anterior y posterior* (13).

La *tibia* es el hueso más grande de la pierna, el cual soporta el peso del cuerpo. Se articula en su parte proximal con el fémur y el peroné, y en su parte distal con el peroné de nuevo y con el astrágalo.

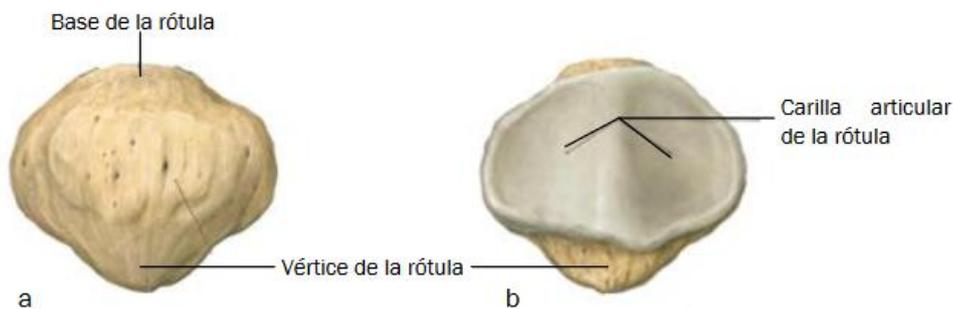
- *Epífisis proximal*: Presenta dos cóndilos; uno medial y otro lateral.
- *Diáfisis*: En su parte anterior, la tuberosidad tibial sirve de inserción del ligamento rotuliano. Distal a ella, se encuentra el borde anterior o cresta.
- *Epífisis distal*: La parte medial se denomina maléolo medial, la cual se articula con el astrágalo. En su parte lateral, se articula con el peroné a través de la escotadura del peroné.



**Figura 3.** *Tibia. Visión anterior, lateral y posterior (13).*

La rótula es un hueso pequeño, de forma triangular, que se localiza en la parte anterior del complejo articular (12).

- *Base*: Extremo proximal donde se origina el tendón del músculo cuádriceps.
- *Vértice*: Extremo distal puntiagudo.
- *Carillas articulares*: Contiene dos en su parte posterior, una para cada uno de cóndilos del fémur.



**Figura 4.** Rótula (11).

### 2.2.2. SISTEMA MUSCULAR

Está formado por músculos que provienen del muslo o pierna, dividiéndose en base al tipo de movimiento que son capaces de realizar:

- **Flexores de rodilla:**
  - **Isquiotibiales:** Se encuentran ubicados en la parte posterior del muslo. Son extensores de cadera.
    - *Bíceps crural:* Su porción más corta es monoarticular.
    - *Semitendinoso.*
    - *Semimembranoso.*
  - **Pata ganso:** La constituyen los siguientes músculos:
    - *Sartorio:* Flexor y rotador interno de rodilla.

- *Recto interno*: Flexor y rotador interno de rodilla.
- *Semitendinoso*: Forma parte de la musculatura isquiotibial.
- **Poplíteo**: Monoarticular.
- **Gastrocnemios**.
- **Extensores de rodilla**:
  - **Cuádriceps**: Es el extensor más potente. Está formado por cuatro vientres musculares, siendo uno de ellos biarticular y tres monoarticulares).
    - *Recto anterior*.
    - *Crural*.
    - *Vasto externo*.
    - *Vasto interno*.
- **Rotadores de la rodilla**
  - **Externos**: Desplazan hacia posterior la parte externa de la meseta tibial, de tal forma que la punta del pie se dirige hacia fuera.
    - *Tensor de la fascia lata*: Cuando la rodilla se encuentra en flexión, actúa como rotador y flexor.
    - *Bíceps crural*.
  - **Internos**: Desplazan hacia posterior la parte interna de la meseta tibial, de tal forma que la punta del pie se dirige hacia dentro.
    - *Semitendinoso*.
    - *Semimembranoso*.
    - *Sartorio*.
    - *Cuádriceps (Vasto interno)*.
    - *Poplíteo*.



**Figura 5. Musculatura. Visión anterior/lateral (14).**

### **2.2.3. COMPLEJO CÁPSULO- LIGAMENTARIO**

➤ **CÁPSULA ARTICULAR**

Manguito fibroso independiente e incompleto. Está formada por una capa externa que, mayormente, se encuentra conformada por las expansiones de los tendones musculares. Su cubierta interior se denomina membrana sinovial, cuya función es la de la producción de líquido sinovial.

➤ **LIGAMENTOS**

La rodilla se encuentra protegida por ligamentos, que pueden estar posicionados de forma extrínseca o intrínseca:

➤ **Ligamento extrínsecos:**

○ **Cara anterior:**

- Lig. Rotuliano.
- Retináculo rotuliano longitudinal medial.
- Retináculo rotuliano longitudinal lateral.
- Retináculo rotuliano transversal medial.
- Retináculo rotuliano transversal lateral.

○ **Caras medial/lateral:**

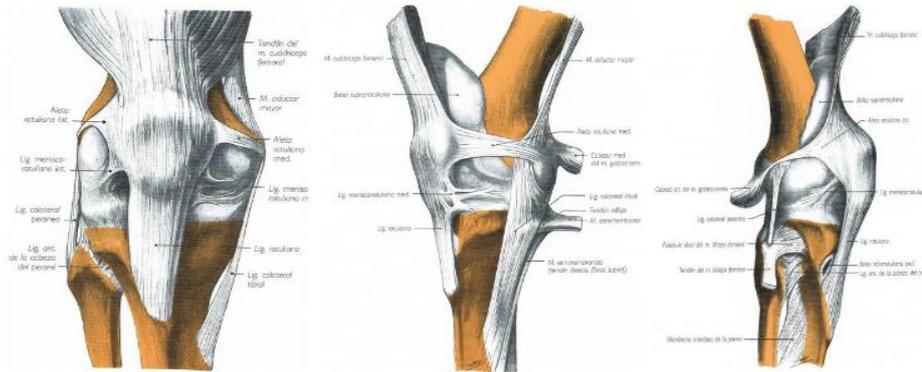
- Lig. Colateral medial (tibial).
- Lig. Colateral lateral (peroneo).

○ Cara posterior:

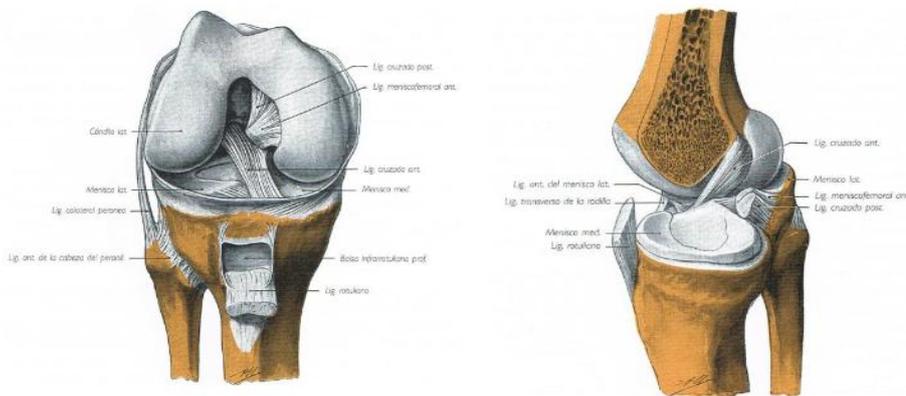
- Lig. Poplíteo oblicuo.
- Lig. Poplíteo arqueado.

➤ Ligamentos intrínsecos:

- Lig. Cruzado anterior.
- Lig. Cruzado posterior.
- Lig. Transverso de la rodilla.
- Lig. Meniscefemoral posterior.



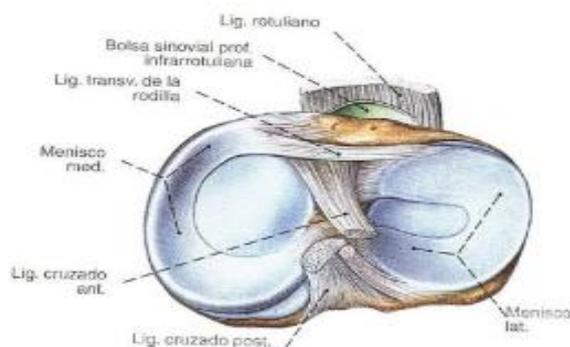
**Figura 6.** Ligamentos de la rodilla. Visión anterior/lateral/posterior (15).



**Figura 7.** Ligamentos cruzados de la rodilla (15).

➤ *MENISCOS*

Son dos discos fibrocartilagosos situados sobre la meseta de la tibia, los cuales se fijan a los platillos tibiales a través de los cuernos; el resto se encuentra móvil. El menisco externo es más pequeño y presenta forma de O y el interno de C. Su nutrición la realizan por el líquido sinovial. Su función principal es la del aumento de la concavidad articular tibial (15).



**Figura 8.** Meniscos (16).

#### **2.2.4. LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR**

El Ligamento Cruzado Anterior es una estructura ligamentosa que se encuentra de forma intraarticular y extrasinovial en la rodilla. Se extiende de forma helicoidal desde la parte anterior del área intercondílea de la tibia hasta la parte posterior de la zona medial del cóndilo externo del fémur con una disposición hacia atrás, arriba y afuera. Presenta doble oblicuidad con el LCP y con el LLE (1).

Está formado por fibras de colágeno, las cuales se encuentran envueltas de tejido conjuntivo laxo y membrana sinovial (17), haciéndose más visible por delante del ligamento. Esto forma el llamado ligamento mucoso, lugar por el que pasa el sistema vascular para su nutrición. Apenas se encuentra vascularizado, dependiendo de la

arteria geniculada media. La parte proximal del ligamento tiene un mayor número y calibre de arterias, debido a la proximidad del ligamento yugal y la grasa infrapatelar (18,19). El nervio tibial es el encargado de su inervación. El LCA presenta mecanorreceptores en su interior, tales como Ruffini, Pacini, Golgi y extremos nerviosos libres (20).

El número y función de las fibras en las que se divide el LCA no está claro, puesto que en ocasiones resulta dificultoso diferenciarlas a nivel microscópico (21). Su grosor varía de forma proporcional a su resistencia e inversamente proporcional a sus posibilidades de alargamiento.

En cuanto a su longitud, no es regular debido al recorrido de sus inserciones. Va desde los 31 hasta los 38 mm, y su anchura promedio es de 11 mm. Durante el movimiento, se realiza un reclutamiento de fibras, que hace modificar tanto su resistencia como elasticidad en función del tipo de actividad que se realiza (17).

De forma general, se divide en dos fascículos o bandas según su inserción en la tibia:

- Fascículo anteromedial (AM): Se tensa cuando se realiza flexión y el ligamento rota sobre sí mismo 90°. Es la más expuesta a traumatismos (17).
- Fascículo posterolateral (PL): Se tensa cuando se realiza extensión, realizándose un ensanchamiento y aplanamiento del tendón (17).

Su principal función es la de evitar el cajón anterior de la tibia con respecto al fémur, así como frenar los movimientos rotacionales (sobre todo los internos), varizantes o valguizantes (22,23).

Durante los 30°-90° de flexión de rodilla, el LCA es el encargado de proporcionar alrededor del 85% de la fuerza que evita el desplazamiento anterior tibial (23). Otra de sus funciones es la de frenar la hiperextensión de rodilla (23).

La musculatura que refuerza la articulación de la rodilla puede actuar minimizando la carga sobre el LCA o, por el contrario, generando fuerzas de tensión sobre él (24).

En la siguiente tabla podemos ver la acción muscular y su efecto con respecto al LCA.

**Tabla 1.** Relación de la actividad muscular con la acción del LCA (24).

MÚSCULO	FUNCIÓN	ACCIÓN
<b>Cuádriceps</b>	<i>Extensión:</i> Fuerza anterior de la tibia con respecto al fémur.	Antagonista a LCA
	<i>Flexión 20°-60°:</i> Tensión en LCA.	
<b>Isquiotibiales</b>	<i>Flexión:</i> Fuerza posterior de la tibia con respecto al fémur..	Sinérgica a LCA
	<i>Flexión 15°-60°:</i> Menor tensión en LCA.	
<b>Gastrocnemios</b>	<i>Contracción activa o estiramiento pasivo:</i> Empuje anterior de la tibia	Antagonista a LCA
<b>Sóleo</b>	<i>CCC:</i> Fuerza posterior de la tibia.	Sinérgica a LCA

### FACTORES DE RIESGO

Existen numerosos factores de riesgo para que se produzca una lesión del LCA.

- *Externo:* Torsión y fricción entre el suelo y el calzado.
- *Postural:* Cadera en rotación interna, rodilla en hiperextensión, rotación externa o interna de rodilla, etc (25,26).
- *Anatómico:* Índice de Masa Corporal (IMC), laxitud del ligamento, masa muscular, volumen, etc (25,27–29).
- *Motriz:* Movimientos extremos o posición del pie en pronación durante el apoyo (26,28).

- *Neuromuscular*: Déficit de control neuromuscular y propioceptivo (28).
- *Hormonal*: Oscilaciones hormonales en el ciclo menstrual durante la fase folicular y de ovulación o presencia de hormonas sexuales, que disminuyen la coordinación (28).

### MECANISMO LESIONAL

Alrededor del 70-75 % de las lesiones de LCA se producen sin que exista un contacto (30), siendo provocadas por la desaceleración del miembro inferior, con la rodilla en extensión completa y cuádriceps en contracción máxima. Muy frecuentemente, se asocia a un cambio de dirección de movimiento que lleva a una rotación externa de tibia; el pie se ancla al terreno dejando la tibia fijada y produciéndose una rotación de fémur sobre ella, junto con un valgo forzado de rodilla (22). Otros estudios señalan un déficit propioceptivo de la rodilla en lesiones de LCA (31), por lo que puede considerarse otra posible causa de lesión.

La hiperextensión de rodilla aislada o asociada a una rotación interna de tibia está relacionada con la lesión del LCA (1,32).

Los saltos, caídas, frenadas bruscas o giros inesperados, en la que la rodilla se encuentra posicionada sobre 30° de flexión y valgo de rodilla considerable también se presentan como gesto lesional.

Como consecuencia, el ligamento llega a una situación irreversible, siendo imposible volver a tener el control de la postura e imposibilitado para absorber la tensión producida. Su integridad y la de otras estructuras se ven comprometidas, como los meniscos o los ligamentos laterales, lesionados en ocasiones junto a él. Un ejemplo es

la triada de O'Donoghue en la que se ocasiona las lesiones del LCA, ligamento lateral interno y menisco interno.

### CLÍNICA

Como se ha descrito anteriormente, la lesión del LCA puede no ser aislada; dependiendo del grado de afectación y del mecanismo lesional, pueden producirse daños en estructuras adyacentes, como la rotura del menisco o fractura ósea. Se ha comprobado que la existencia de contusión ósea se encuentra asociada a un menor riesgo de rotura del menisco interno y a su vez a una mayor posibilidad de lesión del LCA. Por el contrario, la presencia de fractura ósea se correlaciona con un menor riesgo de rotura de LCA y menisco. Esto se debe a que el impacto del traumatismo se absorbe por el hueso, minimizando de esta forma la rotación de la articulación (33).

Existen diversos estudios que asocian la inestabilidad articular con lesiones menisco-ligamentosas (5). En el primer año, se evidencia un 40% de lesiones de menisco, normalmente el interno; a los cinco años se incrementa hasta un 60% y en un 80% a los diez (34).

En muchos de los casos se produce un chasquido audible justo en el instante de producirse la lesión, siendo incapaz la continuación de la actividad. Además, se presentan los siguientes síntomas de forma frecuente:

- *Dolor:* Dependiendo del umbral de cada persona la intensidad es mayor o menor y su ausencia no excluye la presencia de lesión.
- *Derrame sinovial:* Se produce una inflamación intracapsular que se relaciona con la lesión del LCA (35).

- *Inestabilidad articular:* La sensación de fallo de rodilla normalmente presente en la fase más crónica.
- *Disminución de la movilidad articular (25).*

### DIAGNÓSTICO

La exploración física es fundamental para un diagnóstico veraz y de calidad. La anamnesis y la realización de diversos tests son piezas clave para determinar si existe lesión de LCA. Normalmente, la prueba diagnóstica que confirma los hallazgos es la Resonancia Magnética Nuclear (RMN) (36). A pesar de ello, la precisión de la RMN es del 83,33%, mientras que la de una buena valoración física es del 90, 27% (33).

- *Anamnesis:* En esta primera fase se efectúa la entrevista clínica, en la que se extrae información relevante acerca de antecedentes traumáticos previos, del mecanismo lesional o de algún dato de interés (37).
- *Exploración física:* Se debe realizar comparando el miembro contralateral. Incluye el examen visual, palpatorio, neurológico, articular, muscular, etc.
- *Tests específicos:* Existen diversas pruebas o tests para comprobar el estado del LCA, como el Test del cajón tibial, Test de Lachman y Pivot-shift Test (ANEXO I).

### TRATAMIENTO

El abordaje terapéutico más idóneo dependerá de diversos factores, como el grado de inestabilidad articular, lesiones asociadas, edad del paciente, expectativas funcionales laborales y deportivas (17).

Los objetivos a corto plazo son la recuperación de la funcionalidad de la articulación, junto con la estabilidad y cinemática de ella. A largo plazo, el principal objetivo es la prevención de la aparición de cambios degenerativos (17).

Algunos pacientes con un LCA incompetente que no someten a la articulación a sollicitaciones elevadas, pueden no presentar sintomatología ni cambios degenerativos (5).

Por otro lado, diversos estudios han demostrado que la inestabilidad articular no se encuentra presente en todos los pacientes. Por lo tanto, se considera la aplicación de un tratamiento quirúrgico en los casos en los que se evidencie inestabilidad articular (5), a pesar de que la presencia de laxitud anterior de rodilla provoque cambios degenerativos de forma precoz por una abolición de la homeostasis ósea (38).

Es por ello que la cirugía debe de ser consensuada entre el facultativo y el paciente.

### Conservador

Se basa en la aplicación de un programa de rehabilitación física, que dependerán del cuadro clínico y nivel de lesión que presenta, junto con una modificación de la actividad, evitando ciertos movimientos, como los giros, saltos, etc.

Dentro de la terapia física, los objetivos se centran en la recuperación de la fuerza, equilibrio y propiocepción de los distintos grupos musculares, sobre todo de la musculatura isquiotibial (17). Los ejercicios más indicados en la fase aguda son los realizados en cadena cinética cerrada (CCC), pues en esta etapa el dolor está presente en la mayoría de los casos, y provocan una menor distensión del LCA.

### Quirúrgico

La técnica más utilizada es la artroscopia, mediante la cual se puede magnificar el alcance de la lesión durante su proceso y es mínimamente invasiva (39).

Se realiza en base a las lesiones asociadas, como meniscales o cartilagosas, la inestabilidad articular y los objetivos del paciente. Los sujetos de edad media y físicamente activos constituyen el grupo más propenso a la realización de cirugía (17).

Actualmente se realizan plastias intraarticulares con distintos modelos de ligamentoplastia, fijaciones y tipos de injertos.

En cuanto a los tipos de ligamentoplastias, nos encontramos las siguientes (17):

- Técnica de doble incisión
- Técnica monotúnel
- Técnica de doble fascículo
- Técnica monofascicular anatómica

Las diferentes opciones de fijación de las plastias que se realizan en las ligamentoplastias de LCA son (17):

- Fijación femoral:
  - Tornillos interferenciales: Éstos se encuentran en el interior del túnel, por lo que el injerto se fija en su interior.
  - Fijación transversal: El injerto es sujetado en el hueso a través de unas agujas reabsorbibles, denominadas Rigidflex o transfixantes. También es posible realizar una tenosuspensión, en la cual se cuelga la plastia de un tornillo.

- Fijación cortical: Se efectúa mediante tornillos o grapas, realizando una incisión femoral o en el túnel tibial (17).
  
- Fijación tibial: Debido a la menor calidad ósea de la metafisis de la tibia con respecto a la del cóndilo femoral externo, este tipo de fijación resulta biomecánicamente más problemática que la femoral (17).
  - *Trefinas*: Mediante sistema de conservación ósea.
  - *Brocas*: Mediante perforación.

El material de fijación tibial más común es el tornillo interferencial reabsorbible (40).

El tipo de injerto utilizado vendrá determinado por una serie de características, como la posibilidad de una rápida integración, que no permita movimientos dentro del túnel y que exponga una fijación rígida y resistente (17).

- Autoinjertos: Normalmente suelen obtenerse de la misma rodilla intervenida.
  - HTH (Hueso-Tendón-Hueso): Es el más usual. Se extrae la parte media del tendón rotuliano junto con una porción ósea de su inserción en tibia y otra de la parte rotuliana.

*Ventajas*: Anclaje hueso-hueso dentro de los túneles, aporta una resistencia de 168% mayor que la de un LCA normal (17,41).

*Inconvenientes*: Dolor anterior de rodilla en la zona de extracción del injerto (42).
  - ST-RI (Injerto tetrafascicular): Se adquiere de los tendones Semitendinoso y Recto Interno.

*Ventaja:* Se presenta como una buena alternativa actualmente, con óptimos resultados y escasas complicaciones.

El tendón del cuádriceps se está utilizando cada vez más en técnicas de doble fascículo, ya que sus dimensiones la hacen compatible y su resistencia es buena (43,44).

- Aloinjertos: Se obtiene por un donante. Pueden ser del tipo HTH y ST-RI. En la primera, se utiliza el tendón rotuliano con dos pastillas óseas. Otro de los tendones utilizados es el de Aquiles, aunque actualmente se están realizando con mayor frecuencia los tendones de los peroneos y tibiales, tanto anterior como posterior. Éstos proporcionan una resistencia y tamaño idóneos (45,46). Como mayor *inconveniente* nos encontramos un coste más elevado de la obtención del injerto y posibilidad de contagio de enfermedades al provenir de otro paciente (40).
- Plastias sintéticas: Fabricadas de material sintético, principalmente de carbono, polímeros, gore tex, entre otros. Este tipo de injerto se encuentra prácticamente en desuso, pues presenta un alto valor de fracaso en la plastia (40).

### **2.3. RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO**

La terapia de Restricción de Flujo Sanguíneo (Blood Flow Restriction, BFR o Kaatsu) es una modalidad de entrenamiento que consiste en la realización de series de ejercicios con intensidades bajas junto con una oclusión parcial del aporte sanguíneo a la musculatura mediante un manguito neumático.

Este método nació en los años 70 del Siglo XX en Japón, de la mano de Yoshiaki Sato. Este investigador observó que, durante las ceremonias budistas a las que asistía y en las que como ritual se posicionaba de rodillas y sentado sobre sus piernas, la sensación que presentaba en sus piernas era muy similar a la que aparecía tras la realización de ejercicios de fuerza. Asoció la inflamación que sentía con la disminución del flujo sanguíneo a nivel muscular. A partir de esto comenzó a investigar sobre los mecanismos de acción tras la aplicación de una isquemia parcial (47).

Tras un periodo hospitalizado debido a una embolia pulmonar, continuó indagando sobre la relación entre la presión y el entrenamiento. Un año más tarde, ya había asentado las bases de la metodología de Restricción de Flujo Sanguíneo, estableciendo una forma segura y efectiva de aplicación de la presión adecuada.

Años más tarde, sufrió un accidente en el que se fracturó ambos tobillos y se desgarró el cartílago y el ligamento lateral interno de su rodilla derecha. Fue entonces cuando en el periodo de inmovilización con yeso, decidió aplicar el método en sí mismo. Al poco tiempo comenzó a notar resultados positivos al implementar la oclusión de forma intermitente: redujo la atrofia producida por la inmovilización y había conseguido que la musculatura se hipertrofiase (47).

A partir de entonces, este tipo de entrenamiento ha sido centro de diversos estudios e investigaciones para esclarecer sus beneficios y efectos sobre el organismo.

### **Mecanismos fisiológicos**

Existen numerosos estudios que han expuesto los efectos de BFR en la rehabilitación con resultados favorables (48).

#### ➤ *Metabólicos:*

- Incremento del hinchazón celular (49).
- Incremento del lactato en la célula, lo que produce una disminución del pH sarcoplasmático (50,51).
- Aumento de glucógeno intramuscular (52).
- Disminución de la creatinquinasa y la interleucina, que provocan daño en el tejido muscular (52,53).

#### ➤ *Hemodinámicos*

- Estimulación de la angiogénesis (52,54).
- Aumento de la complianza de la arteria carotidea (55).
- Activación de la actividad simpática y parasimpática cardíaca (55).
- Aumento de los barorreceptores por la activación del reflejo vasoconstrictor (55,56).
- Aumento frecuencia cardíaca y tensión arterial (52,57).

#### ➤ *Endocrinos*

- Aumento del óxido nítrico (49).
- Incremento de la hormona del crecimiento (49,51,52,55,58)
- Aumento factores de crecimiento de insulina tipo 1 (51,52,55) y endotelial (54,55).

➤ *Neuromusculares*

- Aumento de la actividad muscular electromiográfica debido al incremento del reclutamiento fibras rápidas o tipo II (51,52,57).

**Usos**

*Disminución del dolor:* Se ha demostrado que su uso produce analgesia. La aplicación de BFR disminuye el dolor anterior de rodilla (59,60). Otros estudios afirman que se produce una analgesia de 30-40 minutos aplicando BFR con un ejercicio (61). Por lo tanto, su uso puede estar indicado para la realización de ejercicio terapéutico con una mayor tolerancia en personas que presenten dolor.

*Aumento de la fuerza:* Se debe a un incremento en la masa muscular a pesar de que los mecanismos no se encuentran claramente expuestos (48,55,62). Existen distintos estudios en sujetos sanos en los que se produce un aumento de la fuerza tras la aplicación de BFR junto con el entrenamiento (53,63).

*Hipertrofia:* La oclusión provoca un mayor reclutamiento de fibras musculares rápidas (63). Esto es producido como consecuencia de la hipoxia por el incremento del metabolismo anaeróbico láctico (57). El estrés metabólico junto con el mecánico sientan las bases de la hipertrofia (49).

*Inmovilización:* Para reducir pérdida de fuerza y masa muscular en esta fase, la aplicación de BFR resulta beneficiosa (58,64).

Asimismo, se ha evidenciado que se pueden conseguir resultados similares a los conseguidos con ejercicios aplicando cargas elevadas, por lo que resulta beneficioso para pacientes que no toleran cargas altas, como por ejemplo debido a artrosis, osteoporosis, etc

(65). La aplicación de BFR junto a ejercicio aeróbico o caminar provoca un incremento de la fuerza e hipertrofia (66).

En personas sanas, se ha mostrado un aumento de la circulación periférica, una mejora de la función vascular (67,68) y nerviosa (68).

Por todo ello, esta modalidad de ejercicio parece mostrar eficacia para su uso en rehabilitación física (69).

### **Método de aplicación**

El método de Restricción de Flujo Sanguíneo, BFR o Kaatsu se basa en la compresión de la parte proximal de miembros superiores o inferiores para ocluir parcialmente el aporte sanguíneo al músculo junto con una carga ligera de entrenamiento (20-50% de 1RM). Una RM (Repetición Máxima) se define como el máximo peso que se es capaz de levantar con una técnica adecuada una sola vez.

Esta presión se realiza a través de un manguito neumático mediante el cual se produce una oclusión suficiente para evitar el retorno venoso y, a su vez, permitir el flujo arterial.

La metodología tiene que ser individualizada, dependiendo del estado de cada paciente. En algunas investigaciones (70) se desarrollan las aplicaciones más recomendadas de BFR. La colocación del manguito se recomienda proximal a la extremidad, aunque la musculatura del tronco puede verse beneficiada mediante ejercicios multiarticulares. En ocasiones se utilizan bandas elásticas, aunque los manguitos hinchables suelen ser más eficaces porque se controla la presión de oclusión.

En cuanto al porcentaje de restricción de flujo sanguíneo, éste ronda entre el 50-80% de la presión arterial en reposo (71), aunque existen estudios en los que se demuestra que con una oclusión del 50% ya es suficiente para obtener resultados positivos (72).

Las cargas de ejercicio varían entre el 20-40% 1RM, valor que se asemeja al provocado con cargas elevadas.

### **Seguridad y efectos adversos**

Debido a la realización de una oclusión parcial vascular, la seguridad de este método ha sido cuestionada en numerosas ocasiones, por lo que a su vez se han iniciado estudios al respecto.

Dichas investigaciones han podido determinar que si se realiza de forma correcta, no se evidencian riesgos mayores que los ocasionados por un método convencional (73).

En un estudio realizado en Japón (74) fueron encuestados alrededor de 12.643 sujetos, donde se evidenció que la aplicación de la técnica producía un riesgo de padecer complicaciones graves eran mínimas.

La hemorragia subcutánea apareció en un 13,1%, mareos en el 0.27%, trombosis venosa en un 0,05% y embolia pulmonar en un 0,008% del total.

El riesgo de compresión nerviosa también constituye uno de los efectos adversos constatados con una mínima incidencia. Con el uso de aparatos electrónicos que ajusten una presión adecuada, este tipo de complicación puede ser abolida (52,57,68,73,75). En cuanto al daño muscular producido con la aplicación de BFR, solo se ha podido corroborar su similitud con el provocado por un entrenamiento excéntrico máximo (49). Por ende, las probabilidades de lesión muscular son insignificantes, pues los ejercicios realizados con BFR se realizan siempre a bajas intensidades (75,76).

La aplicación de BFR en patologías cardiovasculares se encuentra contraindicada.

### **3. OBJETIVOS**

Como objetivo general, analizar la evidencia científica existente sobre la efectividad de Restricción de Flujo Sanguíneo como método de tratamiento en las lesiones de ligamento cruzado anterior.

En cuanto a los objetivos específicos:

- Analizar los efectos de BFR sobre el dolor en sujetos con lesión del LCA.
- Evaluar los beneficios de BFR en cuanto a la fuerza muscular de la rodilla de pacientes con lesión en LCA.
- Determinar los efectos en la masa muscular mediante BFR en lesiones de LCA.
- Concluir el esfuerzo percibido a través de la aplicación de BFR en pacientes con lesión del LCA.
- Estudiar los efectos en la función física tras emplear BFR en pacientes con lesión en LCA.

#### 4. METODOLOGÍA

- DISEÑO: Se trata de una revisión bibliográfica de ensayos clínicos aleatorizados (ECA) donde se valora la efectividad de la aplicación de la técnica de Restricción de flujo sanguíneo en patologías de ligamento cruzado anterior.

	LENGUAJE CONTROLADO (Mesh)	LENGUAJE NATURAL
P (Patient)	Anterior Cruciate Ligament Knee	Ligamento cruzado anterior
I (Intervention)	Physical Therapy Modalities Rehabilitation	Blood flow restriction Vascular occlusion Kaatsu
O (Outcomes)	Range of Motion Pain Muscle strength Hypertrophy	Funcionalidad Dolor Movilidad Hipertrofia muscular Fuerza muscular

- MÉTODO DE BÚSQUEDA: En este trabajo se ha recopilado literatura de las siguientes bases de datos científicas: PubMed, PEDro, SCielo, BVS, Scopus y WOS.

En ellas se han extraído los artículos con una antigüedad máxima de 5 años que fuesen ECA y evaluaran la aplicación de Restricción de flujo sanguíneo en pacientes con patología en el ligamento cruzado anterior de rodilla. Asimismo, se ha recurrido a Google Scholar, y páginas web relacionadas para localizar “Literatura Gris” y otras referencias interesantes, además de ejecutar una búsqueda manual sobre la bibliografía encontrada en diversos artículos seleccionados para poder completar de manera más exitosa los resultados obtenidos.

Las palabras clave y descriptores utilizados en la búsqueda han sido: “Blood flow restriction”, “Vascular occlusion”, “Kaatsu”, “Anterior Cruciate Ligament”(Mesh), “knee” (Mesh), “Physical Therapy Modalities” (Mesh), “Rehabilitation” (Mesh), así como su combinación con los operadores booleanos AND y OR.

El proceso de búsqueda de información se ha desarrollado entre los meses de Marzo y abril del año 2020.

- **ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA:** La estrategia de búsqueda empleada para desarrollar esta revisión se expone de forma precisa en la *Tabla 2*.

**Tabla 2.** Estrategia de búsqueda de la Revisión bibliográfica

BASE DATOS	TÉRMINOS	RESULTADOS	SELECCIONADOS
PUBMED	(“Physical therapy” OR “Physiotherapy” OR “Rehabilitation”) AND (“Blood flow restriction” OR “Blood flow restricted” OR “Blood occlusion” OR “Vascular occlusion” OR “Kaatsu”)	222 artículos	<b><i>Hughes L. et al. (2019) (77)</i></b>

Trabajo Fin de Máster

	(“Physical therapy” OR “Physiotherapy” OR “Rehabilitation”) AND (“Blood flow restriction” OR “Blood flow restricted” OR “Blood occlusion” OR “Vascular occlusion” OR “Kaatsu”) AND (Anterior cruciate ligament)	15 artículos	<i>Hughes L. et al. (2019) (78)</i>  <i>Hughes L. et al (2018) (79)</i>
	Clinical Trial	5 artículos	
	5 años	3 artículos	
PEDRO	Blood flow restriction AND Anterior cruciate ligament	5 artículos	<i>Hughes L. et al. (2019) (77)</i>  <i>Hughes L. et al. (2019) (78)</i>
SCIELO	Blood flow restriction	33 artículos	
	Inglés o español	29 artículos	
	Artículo	26 artículos	
	Últimos 5 años	22 artículos	
	AND Knee	1 artículo	
BVS	Blood flow restriction AND knee	148 artículos	
	Ensayos clínicos controlado + inglés + 5 años	2 artículos	<i>Curran MT et al (2020) (80)</i>
SCOPUS	“Blood flow restriction”	658 artículos	<i>Hughes L. et al. (2019) (77)</i>
	“Blood flow restriction” AND knee	145 artículos	<i>Hughes L. et al. (2019) (78)</i>
	“Blood flow restriction” AND knee 2015-2020	90 artículos	<i>Hughes L. et al (2018) (79)</i>
WOS	TS= (Blood flow restriction OR Vascular occlusion) Bases de datos= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Período de tiempo= Últimos 5 años Idioma de búsqueda= Auto	20177 artículos	<i>Hughes L. et al. (2019) (77)</i>  <i>Hughes L. et al (2018) (79)</i>

TS= (Anterior cruciate ligament OR LCA) Bases de datos= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Período de tiempo=Últimos 5 años Idioma de búsqueda=Auto	17607 artículos	
TS= ((Blood flow restriction OR Vascular occlusion) AND (TS= (Anterior cruciate ligament OR LCA) ) Bases de datos= WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO Período de tiempo=Últimos 5 años Idioma de búsqueda=Auto	32 artículos	
CLINICAL TRIAL	5 artículos	

- *CRITERIOS DE SELECCIÓN DE ESTUDIOS*

Criterios de inclusión:

- Estudios en los que se analizaran los efectos de la aplicación de restricción de flujo sanguíneo en patologías de ligamento cruzado anterior de rodilla.
- Tipos de artículos: Ensayos clínicos aleatorizados (ECA), Ensayos clínicos piloto.
- Tipo de participantes: Cualquier participante que hubiese presentado alguna lesión de ligamento cruzado anterior.
- Idiomas: Aquellos que se encontraran disponibles en Inglés o Español.
- Fecha de publicación: Todos los estudios cuya publicación fuera entre 2015 y 2020.
- Calidad metodológica: Estudios cuya puntuación en la Escala Jadad sea igual o superior a 3 y de un valor igual o superior a 6 en la Escala PEDro.

Criterios de exclusión:

- Tipos de estudios, tales como estudios de cohortes, protocolos de ensayos clínicos aleatorizados o revisiones.
  - Pacientes con pluripatologías o enfermedades sistémicas.
  - Estudios que no usaban la restricción de flujo sanguíneo como tratamiento principal.
- EVALUACIÓN DE CALIDAD METODOLÓGICA: Para la valoración de la calidad metodológica de los estudios seleccionados, se usaron las escalas Jadad (81) y PEDro (82), calculándose de esta manera su validez interna. (*Anexos II y III*).

Escala Jadad

Fue creada por *Jadad AR. et al. (1996)* (81). Se trata de una escala que principalmente se desarrolló para evaluar la calidad de ensayos clínicos aleatorizados exclusivamente, pero se ha extrapolado su uso para otros tipos de estudios.

Valora 5 ítems del artículo, junto con dos adicionales. Se ha demostrado una estrecha correlación con otras escalas de validez metodológica, siendo catalogada de excelente en el coeficiente de correlación intraclase (CCI) y con una fiabilidad de excelente en el índice de Kappa (83). (*ANEXO II*)

**Tabla 3.** Valoración de los artículos seleccionados con la Escala Jadad.

	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>TOTAL</b>
<b>1. Hughes L. et al. (2019)(77)</b>	SI	SI	SI	SI	SI	5/5
<b>2. Hughes L. et al. (2019)(78)</b>	SI	SI	SI	SI	SI	5/5
<b>5. Hughes L. et al (2018)(79)</b>	SI	SI	NO	NO	SI	3/5
<b>32. Curran MT. et al (2020)(80)</b>	SI	SI	NO	NO	SI	3/5

Escala PEDro

Creada por *Sherrington C. et al. (2000)* (82) para aplicarla a estudios experimentales. Expone una significativa recogida de datos que respalda la práctica clínica basada en la evidencia. Recoge en 10 ítems la validez interna del estudio. Presenta un valor de excelente en el CCI y en el índice de Kappa (83). (ANEXO III)

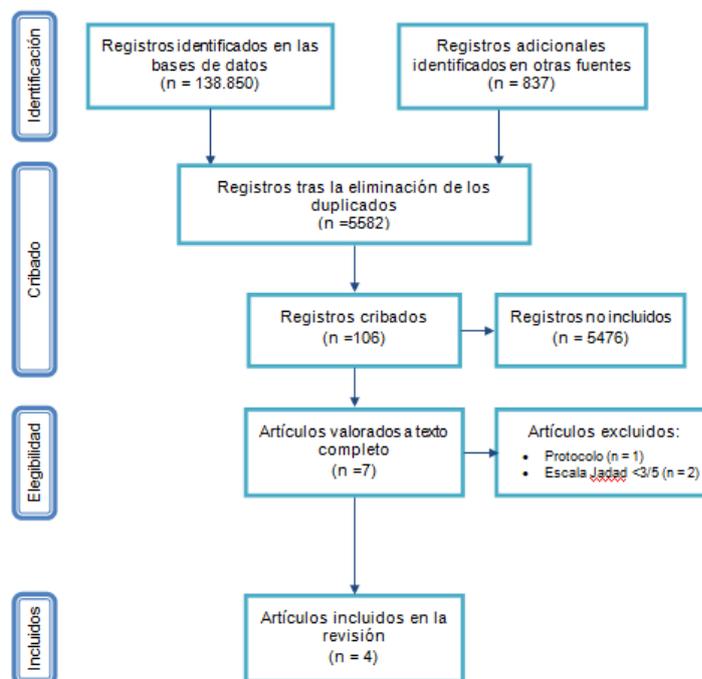
**Tabla 4.** Valoración de los artículos seleccionados con la Escala PEDro.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	TOTAL
<b>Hughes L. et al. (2019)(77)</b>	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	7/10
<b>Hughes L. et al. (2019)(78)</b>	NO	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	NO	SI	SI	7/10
<b>Hughes L. et al (2018)(79)</b>	SI	SI	SI	SI	NO	NO	SI	SI	SI	SI	SI	8/10
<b>Curran MT. et al (2020)(80)</b>	SI	SI	NO	SI	NO	NO	NO	SI	SI	SI	SI	6/10

## 5. RESULTADOS

Tras la ejecución de la búsqueda bibliográfica y evaluación de los criterios de inclusión y exclusión, se seleccionaron un total de 4 artículos. En una primera exploración, se llegaron a identificar un total de 138.850 artículos sobre BFR y LCA en bases de datos científicas, y 837 documentos procedentes de Literatura Gris. Después de realizar un cribado para eliminar los trabajos duplicados, se extrajeron 5582 trabajos. Una vez aplicados los criterios inclusivos especificados con anterioridad, se extrajeron 106 publicaciones, de las cuales se llevo a cabo una revisión de Abstract, identificando 7 estudios relevantes. Posteriormente, tras realizar una valoración de texto completo y análisis mediante las Escalas de validación de la calidad metodológica (81,82), se descartaron 3 artículos, uno por identificarse como Protocolo y los dos restantes por no superar las Escalas, obteniendo 4 ECA para la elaboración de la presente revisión.

A continuación, en la *Figura 9*, se muestra el proceso de búsqueda en las bases de datos especificadas.



*Figura 9. Proceso de búsqueda y selección.*

Se han seleccionado un total de 4 ECA para la elaboración de la revisión bibliográfica. A continuación, en la *Tabla 5*, se exponen los mismos, junto con su fuente/s de obtención.

**Tabla 5.** Fuentes de obtención de los artículos incluidos en la revisión.

	Pubmed	PEDro	SciELO	BVS	Scopus	WOS
Hughes L. et al. (2019) (77)	X	X			X	X
Hughes L. et al. (2019) (78)	X	X			X	
Hughes L. et al. (2018) (79)	X				X	X
Curran MT. et al. (2020) (80)				X		

#### Trabajos incluidos en la revisión:

Han sido elegidos 4 artículos para la realización de la revisión bibliográfica. En todos ellos se realiza una comparación del método BFR con otros abordajes terapéuticos.

El tamaño muestral es prácticamente similar, variando desde los 24 hasta los 34 sujetos, excluyendo en estos datos los que abandonaron por diversos motivos el proceso. Tres de ellos realizan una intervención de 8 semanas tras la cirugía de LCA (77–79), mientras que el restante aplica el mismo intervalo de tratamiento salvo que éste lo comienza a las 10 semanas de la intervención quirúrgica (80). En las *Tabla 6, 7, 8 y 9* se exponen cada uno de los trabajos de forma detallada.

#### Trabajos excluidos en la revisión:

Han sido varios los motivos por los que se han excluido los estudios encontrados. Uno de los más frecuentes ha sido el tener una fecha de publicación anterior a la que hemos seleccionado

en la búsqueda. El no superar la valoración estipulada en las Escalas de Calidad Metodológica Jadad (81) y PEDro (82) ha sido también razón de exclusión (84).

Asimismo, los trabajos publicados en otros idiomas como portugués o tipos de literatura que no se ajustaba a la propuesta, como protocolos (85), revisiones sistemáticas (86) o estudios sin definir (87).

**Tabla 6.** 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.

AUTOR/ES	Participantes	Diseño	Intervención	Variables de estudio	Instrumentos de medida	Resultados
Hughes L. et al. (2019)(77)	n inicial= 28 Programados para cirugía LCA unilateral  n final = 24  (4 participantes se perdieron antes de terminar el protocolo)	ECA 2 grupos:  Programa estándar rehabilitación NHS 3días/semana + <u>HL-RT</u> :Entrenamiento resistencia + carga pesada. <u>BFR-RT</u> :Entrenamiento resistencia + BFR  1 sesión familiarización 4 Test evaluadores: 1. Preoperatorio 10RM, fuerza isocinética, morfología muscular, función física, rango de movilidad, derrame articular de rodilla y laxitud.  2. Postoperatorio (Semana 0) 10RM, morfología muscular, función física, rango de movilidad y derrame articular de rodilla.  3. Mitad entrenamiento (Semana 4-5) 10RM, morfología muscular, función física,	Programa estándar rehabilitación NHS  3días/semana + <u>HL-RT</u> : - 5 min bicicleta suave. - 10 rep de press de pierna unilateral con peso ligero. - 3x10 rep (30 seg descanso entre serie) de press de pierna unilateral al 70% de 1RM.  <u>BFR-RT</u> : - 5 min bicicleta suave. - 10 rep de press de pierna unilateral con peso ligero. - 4 series x (30, 15, 15, 15 rep) (30 seg descanso entre series) de press de pierna unilateral al 30% de 1RM con BFR al 80% de oclusión.  2 veces/semana durante 8 <u>semanas</u>	Fuerza muscular 10RM	Press de piernas MED + 5 min ciclismo suave	No hubo diferencias pre-post operatorias entre grupos. <i>Pre/post-operatorio</i> : Disminuyó en pierna lesionada y se mantuvo en la sana, sin diferencias grupales. <i>Durante entrenamiento</i> : Ambos grupos aumentaron su 10RM (BFR-RT: 18% y HL-RT: 21%) sin diferencias de grupo (p=0.22, d=0.3).
				Fuerza muscular isocinética <i>Flexión</i> <i>Extensión</i>	Dinamómetro isocinético Biodex System 4	<i>Pre-operatorio/Post-entrenamiento</i> : EXTENSIÓN - 60°: Disminución fuerza pierna lesionada ambos grupos (p=0.20, d= 0.5) - 150° y 300°: Disminución fuerza en grupo HL-RT. No cambios en BFR-RT. FLEXIÓN - Disminución en todas las velocidades en HL-RT en comparación con BFR-RT (todas p<0.01, d= 0.7-1.2).
				Morfología muscular <i>Grosor muscular</i> <i>Ángulo peneación</i> <i>Longitud fascículo</i>	Ecografía LOGIQ E	<i>Pre/post-operatorio</i> : Disminución ambos grupos todas las variables. <i>Pre-operatorio/Post-entrenamiento</i> : Aumento ambos grupos sin diferencias (p=0.33 y d=0.4, p=0.28 and d=0.5 ) - Grosor muscular (5.8±0.2% y 6.7±0.3%). - Ángulo peneación (4.1±0.3% y 3.4±0.1%). <i>Durante entrenamiento</i> : No hubo cambios en la longitud del fascículo (p=0.94 y d=0.0)

Trabajo Fin de Máster

		<p>rango de movilidad e hinchazón de rodilla.</p> <p>4. Posterior entrenamiento (Semana 9)</p> <p><u>Intervención entrenamiento de resistencia: 8 semanas (Semana 1-8)</u></p>			
			Función física	<p>IKDC</p> <p>LEFS</p> <p>KOOS</p> <p>Lyshom</p> <p>Tegner</p>	<p>Hubo una diferencia significativa en las escalas IKDC, LEFS, LKSS y KOOS.</p> <p><i>Pre/post-operatorio:</i> Disminución puntuación ambos grupos sin diferencias (Todas <math>p&gt;0.05</math>, <math>d=0.1-0.3</math>).</p> <p><i>Durante entrenamiento:</i> Aumento de la puntuación de forma significativa en BFR-RT.</p>
			Equilibrio	SEBT	<p><b>SEBT:</b></p> <p><i>Pre/post-operatorio:</i> Disminuyó puntuación sin diferencias entre grupos (<math>p&gt;0.05</math>, <math>d=0.2-0.5</math>).</p> <p><i>Durante entrenamiento:</i> Aumento de los valores en BFR-RT <math>32.9\pm 9.7</math> (27.4 a 38.4) mayor que en el grupo HL-RT (<math>7.5\pm 6.7</math> (13.69 a 21.29)</p>
			Dolor	KOOS	<p><i>Pre/post-operatorio:</i> Disminución de la puntuación en ambos sin diferencias de grupo (<math>p=0.43</math>, <math>d=0.3</math>).</p> <p><i>Durante entrenamiento:</i> Aumento de la puntuación en grupo BFR-RT (<math>67\pm 10\%</math> vs <math>39\pm 14\%</math>).</p>
			ROM (° Diferencia entre lado no lesionado/lado lesionado)	Goniómetro	<p>EXT: No hubo cambios en el estudio.</p> <p>FLX: Cambios grupo/t°:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>Pre/post-operatorio:</i> ° Diferencia de FLX y ROM aumentaron sin diferencias de grupo (<math>p=0.22</math> y <math>d=0.5</math>, <math>p=0.17</math> y <math>d=0.5</math> para FLX y ROM).</li> <li>- <i>Durante entrenamiento:</i> Disminución ° diferencia de FLX y de ROM en BFR-RT (FLX - <math>80\pm 27\%</math> vs - <math>42\pm 13\%</math> y</li> </ul>

Trabajo Fin de Máster

						ROM – $78 \pm 22\%$ vs $42 \pm 16\%$ ) en comparación a HL-RT.
				Derrame articular	Cinta métrica flexible	<i>Pre/post-operatorio:</i> Aumento cm en ambos grupos sin diferencia ( $p=0.70$ , $d=0.0$ ). <i>Durante entrenamiento:</i> Disminución cm en grupo BFR-RT ( $-5.8 \pm 1.2\%$ vs $-2.4 \pm 1.8\%$ ).
				Laxitud articular	Artrómetro de ligamento de rodilla KT-1000	<i>Pre-operatorio/Post-entrenamiento:</i> Disminuyó en ambos grupos sin diferencias grupales ( $p=0.87$ , $d=0.1$ ). En <u>BFR-RT</u> , disminuyó de $3.4 \pm 1.3$ a $1.1 \pm 1.7$ mm, con una diferencia media de $2.3 \pm 1.6$ mm (95% CI 1.42–3.25), con una diferencia significativa ( $p=0.01$ , $d=1.2$ ). En <u>HL-RT</u> , disminuyó de $3.5 \pm 1.0$ a $1.3 \pm 0.8$ mm, con una diferencia media de $2.3 \pm 0.6$ mm (95% CI 1.90–2.60), con una diferencia significativa ( $p<0.01$ , $d=1.4$ ).

**Tabla 7.** 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.

AUTOR/ES	Participantes	Diseño	Intervención	Variables de estudio	Instrumentos de medida	Resultados
Hughes L. et al. (2019)(78)	n inicial= 28 Programados para cirugía LCA unilateral  n final = 24  (4 participantes se perdieron antes de terminar el protocolo)	ECA 2 grupos:  - <u>HL-RT</u> :Entrenamiento resistencia + carga pesada.  - <u>BFR-RT</u> :Entrenamiento resistencia + BFR  1 sesión familiarización - Masa corporal. - Presión sanguínea. - 10RM concéntricounil.  Carga entrenamiento: Se calculó 10 RM y se predijo para concluir 1RM. -  <u>Intervención entrenamiento de resistencia: 8 semanas (Semana 1-8).</u>	Programa estándar rehabilitación NHS  3días/semana +  <u>HL-RT:</u> - 5 min bicicleta suave. - 10 rep de press de pierna unilateral con peso autoseleccionado. - 3x10 rep (30 seg descanso entre serie) de press de pierna unilateral en un ROM 0-90° al 70% de 1RM.  <u>BFR-RT:</u> - 5 min bicicleta suave. - 10 rep de press de pierna unilateral con peso autoseleccionado. - 4 series x (30, 15, 15, 15 rep) (30 seg descanso entre series) de press de pierna unilateral en un ROM de 0-90° al 30% de 1RM con BFR al 80%	Esfuerzo percibido Ambos MMII	Escala Borg(88) 6-20 Esfuerzo mín.- Esfuerzo máx.	No hubo efectos de interacción entre grupo-tiempo para la extremidad lesionada ( $F(6.944, 52.768) \frac{1}{4} 0.660, p \frac{1}{4} 0.704, d \frac{1}{4} 0.2$ ). No hubo efecto principal de grupo ( $F(13.465, 49.331) \frac{1}{4} 0.327, p \frac{1}{4} 0.872, d \frac{1}{4} 0.2$ ). Hubo cambios en el tiempo( $F(7.941, 49.562) \frac{1}{4} 3.752, p < 0.01, d \frac{1}{4} 0.4$ ). - <u>HL-RT:</u> - Sesión 1: Pico máx esfuerzo en $16.5 \pm 1.3$ sin cambios en las 16 sesiones ( $p > 0.05$ ). - Sesión 8-9: Incremento esfuerzo ( $p < 0.05, d \frac{1}{4} 0.7$ (IC 95%: 0.5 a 0.8)). - <u>BFR-RT:</u> - Sesión 1: Pico máx esfuerzo en $15.8 \pm 2.0$ sin cambios en las 16 sesiones( $p > 0.05$ ). - Sesión 8-9: Incremento esfuerzo ( $p < 0.05, d \frac{1}{4} 0.5$ (IC 95%: 0.4 a 0.6)).
				Dolor muscular Ambos MMII	Escala Dolor Borg (88) 0-10/11 No dolor-Dolor máx referencia/ Peor que antes, máx.	No hubo efectos de interacción entre grupo-tiempo para la extremidad lesionada ( $F(14,154) \frac{1}{4} 4.047, p < 0.01, d \frac{1}{4} 0.2$ ). Hubo cambios los efectos del grupo( $F(1,11) \frac{1}{4} 5.091, p < 0.05, d \frac{1}{4} 0.8$ )y tiempo( $F(14,154) \frac{1}{4} 17.417, p < 0.01, d \frac{1}{4} 0.6$ ). - <u>HL-RT:</u> Dolor muscular medio (punto máx.) - Sesión 1: Punto máx. $1.9 \pm 1.5$ . - Sesión 15: Disminuye ( $p < 0.05, d \frac{1}{4} 0.7$ (95% CI: 0.6 a 0.8)). - Sesión 16: Disminuye ( $p < 0.05, d \frac{1}{4} 0.8$ (95% CI: 0.7 a 0.9)).

Trabajo Fin de Máster

			<p><i>de oclusión.</i></p> <p><u>2 veces/semana durante 8 semanas</u></p>			<p>- <b><u>BFR-RT:</u></b> Dolor muscular superior (<math>p &lt; 0.05</math>) en todas la sesiones. Dolor muscular medio (punto máx.)</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesión 1: Punto máx. <math>5.5 \pm 2.5</math>.</li> <li>- Sesión 15 Disminuye (<math>p &lt; 0.05</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.5</math> (95% CI: 0.3 a 0.7)).</li> </ul> <p>Sesión 16: Disminuye (<math>p &lt; 0.05</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.5</math> (95% CI: 0.4 a 0.6)).</p>
		<p>*Ambas extremidades fueron entrenadas de forma similar, cada una en su porcentaje de 1RM.</p> <p>*La carga de entrenamiento aumentó 10% si completaban las repeticiones en 2 sesiones posteriores, reajustándose después de 4 semanas. <i>Volumen ejercicio: n°rep.X carga.</i></p> <p><b><u>BFR:</u></b>Mediante sistema automatico personalizado de torniquete (Delfi Medical, Vancouver, Canada). Calcula la presión de oclusión de forma automática. Se calculó en cada sesión de forma individual y aplicó en ambas extremidades el 80% de la oclusión.</p>	<p>Dolor articular <i>MI lesionado</i></p>	<p>Escala Dolor Borg (88) Puntuación postentrenamiento</p>	<p>No hubo efectos de interacción entre grupo-tiempo para la extremidad lesionada (<math>F(14,252) \frac{1}{4} 2.174</math>, <math>p &lt; 0.05</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.1</math>).</p> <p>Hubo cambios los efectos del grupo(<math>F(14,252) \frac{1}{4} 57.898</math>, <math>p &lt; 0.01</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.8</math>)y tiempo (<math>F(14,252) \frac{1}{4} 15.667</math>, <math>p &lt; 0.01</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.5</math>).</p> <p><b><u>HL-RT:</u></b> Dolor articular medio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesión 1: Punto máx. <math>3.43 \pm 1.64</math>.</li> <li>- Sesión 6: Disminuye (<math>p &lt; 0.05</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.2</math> (95% CI: 0.1 a 0.3)).</li> <li>- Sesiones restantes: Disminuye (<i>todas</i> <math>p &lt; 0.05</math>, <i>mean</i> <math>d \frac{1}{4} 0.6</math> (95% CI: 0.4 a 0.7)).</li> </ul> <p>- <b><u>BFR-RT:</u></b> Dolor articular medio</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesión 1: Punto máx. <math>1.38 \pm 0.96</math>.</li> <li>- Sesión 4: Disminuye (<math>p &lt; 0.01</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.5</math> (95% CI: 0.4 a 0.7)).</li> <li>- Sesiones restantes: Disminuye (<i>todas</i> <math>p &lt; 0.05</math>, <i>media</i> <math>d \frac{1}{4} 1.2</math> (95% 0.7 a 1.4)).</li> </ul> <p><b><u>Dolor articular 24 h postentrenamiento</u></b> Hubo efectos de interacción entre grupo-tiempo para la extremidad lesionada (<math>F(3.519,77.413) \frac{1}{4} 26.880</math>, <math>p &lt; 0.01</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.9</math>).</p> <p>Hubo cambios los efectos del grupo (<math>F(3.519,77.413) \frac{1}{4} 34.959</math>, <math>p &lt; 0.01</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.9</math>)y tiempo(<math>F(3.519,77.413) \frac{1}{4} 131.628</math>, <math>p &lt; 0.01</math>, <math>d \frac{1}{4} 1.0</math>).</p>	

Trabajo Fin de Máster

						<ul style="list-style-type: none"> <li>- <u><b>HL-RT:</b></u> Dolor articular medio             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesión 1: Punto máx. <math>4.60 \pm 1.11</math>.</li> <li>- Sesión 3: Disminuye (<math>p &lt; 0.05</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.3</math> (95% CI: 0.2 a 0.4)).</li> <li>- Sesiones restantes: Disminuye (<i>todas</i> <math>p &lt; 0.01</math>, <i>media</i> <math>d \frac{1}{4} 1.7</math> (95% CI: 1.3 a 2.0)).</li> </ul> </li> <li>- <u><b>BFR-RT:</b></u> Dolor articular medio             <ul style="list-style-type: none"> <li>- Sesión 1: Punto máx. <math>2.98 \pm 0.60</math>.</li> <li>- Sesión 3: Disminuye (<math>p &lt; 0.05</math>, <math>d \frac{1}{4} 0.7</math> (95% CI: 0.6 a 0.8)).</li> </ul> </li> </ul> <p>Sesiones restantes: Disminuye (<i>todas</i> <math>p &lt; 0.01</math>, <i>d</i> <math>\frac{1}{4} 2.9</math> (95% CI: 2.7 a 3.2)).</p>
--	--	--	--	--	--	---

**Tabla 8.** 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.

AUTOR/ES	Participantes	Diseño	Intervención	Variables de estudio	Instrumentos de medida	Resultados
Hughes L. et al (2018) (79)	n= 30	<p>ECA 3 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>NI-BFR</u>: Sujetos sanos con entrenamiento resistencia de carga ligera + BFR.</li> <li>- <u>LCA-BFR</u>: Sujetos lesionados de LCA con entrenamiento resistencia de carga ligera + BFR.</li> <li>- <u>LCA-HL</u>: Sujetos lesionados de LCA con entrenamiento resistencia de carga pesada</li> </ul> <p>1 sesión familiarización</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Masa corporal.</li> <li>- Altura.</li> <li>- Presión sanguínea.</li> <li>- 10RM concéntrico unilat.</li> </ul> <p>Carga entrenamiento: Se calculó 10 RM y se predijo para concluir 1RM.</p>	<p>Programa estándar rehabilitación NHS</p> <p>3días/semana +</p> <p><u>NI-BFR</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 min bicicleta suave.</li> <li>- 10 rep de press de pierna unilateral con peso autoseleccionado.</li> <li>- 4 series x (30, 15, 15, 15 rep) (30 seg descanso entre series) de press de pierna unilateral en un ROM 0-90° al 30% de 1RM.</li> <li>- 1 serie contracción concéntrica 1 seg/excéntrica 1 seg con oclusión 80%.</li> </ul> <p>*Miembro dominante.</p> <p><u>LCA-BFR</u>:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 min bicicleta suave.</li> <li>- 10 rep de press de pierna unilateral con peso autoseleccionado.</li> <li>- 4 series x (30, 15, 15, 15 rep) (30 seg</li> </ul>	1. Esfuerzo percibido	<p>Escala Borg(88) 6-20 Esfuerzo mín.- Esfuerzo máx.</p>	<p>Cambios significativos entre los grupos <math>F(2, 27) \frac{1}{4} 6.098, p &lt; 0.01</math>. Esfuerzo fue mayor en LCA-BF que en NI-BFR, con una diferencia media <math>3.4 \pm 1</math> (95% CI: 0.825 a 5.975, <math>p &lt; 0.01</math>). No hubo cambios entre los grupos LCA-BFR y LCA-HL, con una diferencia media <math>2.5 \pm 1</math>, 95% CI: <math>-0.075</math> a <math>5.075</math>, <math>p &gt; 0.05</math>). No hubo cambios entre los grupos LCA-HL y NI-BFR, con una diferencia media <math>0.9 \pm 1</math> (95% CI: 1.675 a 3.475, <math>p &gt; 0.05</math>).</p>
				2. Dolor muscular	<p>Escala Dolor Borg (88) 0-10/11 No dolor-Dolor máx referencia/ Peor que antes, máx.</p>	<p>Cambios significativos entre los grupos <math>F(2, 27) \frac{1}{4} 16.084, p &lt; 0.01</math>. Dolor muscular fue mayor en LCA-BFR que en NI-BFR, con una diferencia media <math>2.7 \pm 1</math> (95% CI: 0.292 a 5.058, <math>p &lt; 0.05</math>). Dolor muscular fue mayor en LCA-BFR que en LCA-HL, con una diferencia media <math>5 \pm 1</math> (95% CI: 2.942 a 7.758, <math>p &lt; 0.01</math>). Dolor muscular fue mayor en NI-BFR que en LCA-HL, con una diferencia media <math>3 \pm 1</math> (95% CI: 0.242 a 5.058, <math>p &lt; 0.05</math>).</p>
				3. Dolor articular	<p>Escala Dolor Borg (88)</p>	<p>No hubo interacción significativa entre grupos ni puntos de tiempo <math>F(1, 36) \frac{1}{4} 0.123, p &gt; 0.05</math>.</p>

Trabajo Fin de Máster

			<p><i>descanso entre series) de press de pierna unilateral en un ROM 0-90° al 30% de 1RM.</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 serie contracción concéntrica 1 seg/excéntrica 1 seg con oclusión 80%.</li> </ul> <p>*Miembro lesionado.</p> <p><u>LCA-HL:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 5 min bicicleta suave.</li> <li>- 10 rep de press de pierna unilateral con peso autoseleccionado.</li> <li>- 3x10 rep (30 seg descanso entre serie) de press de pierna unilateral en un ROM 0-90° al 70% de 1RM.</li> </ul> <p>*Miembro lesionado.</p> <p><u>BFR:</u> Mediante sistema automático personalizado de torniquete (Delfi Medical, Vancouver, Canadá.). Calcula la presión de oclusión de forma automática. Se calculó en la posición del ejercicio para garantizar un cálculo preciso.</p>	<p>Grupos: LCA-BFR LCA-HL</p>	<p><u>Durante entrenamiento</u></p> <p><u>24 h postentrenamiento</u></p>	<p>Cambios de efecto en el tratamiento <math>F(1, 38) \frac{1}{4} 21.992, p &lt; 0.001</math>. Dolor articular fue menor en LCA-BFR que en LCA-HL 1.3 (95% CI: 1.890 a 0.750, <math>p &lt; 0.01</math>).</p>
				<p>Presión sanguínea</p>	<p>Monitor arterial ambulatorio (Mobil-O-Graphconectado a un software gestión de hipertensión)</p> <p><u>Pre-entrenamiento</u> <u>5 min</u> <u>postentrenamiento</u></p>	<p>No hubo diferencias en la presión arterial antes y después del entrenamiento entre los grupos.</p>

**Tabla 9.** Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial.

AUTOR/ES	Participantes	Diseño	Intervención	VARIABLES de estudio	Instrumentos de medida	Resultados
Curran MT. et al (2020) (80)	<p>n inicial= 48 Programados para cirugía LCA unilateral</p> <p><b>n final = 34</b> Edad media: 16.50 ± 2.69 años. Altura media: 168.95 ± 19.68 cm. Peso medio: 73.22 ± 17.70 kg.</p> <p><u>Inclusión</u> 14-30 años Disposición a participar No cirugía previa rodilla No lesión previa LCA No marcapasos No Antecedentes: - TVP - ACV - Anticonceptivos - Anemia calciforme - Diabetes - HTA severa - Embarazo</p> <p>(10 participantes abandonaron)</p>	<p>ECA 4 grupos:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- CONCÉNTRICO</li> <li>- EXCÉNTRICO</li> <li>- CONCÉNTRICO + BFR</li> <li>- EXCÉNTRICO + BFR</li> </ul> <p>Intervención: 8 semanas a partir de la 10ª semana postoperatoria.</p> <p>Prueba 1: Pre-operatoria (2 semanas antes de la cirugía).</p> <p>Prueba 2: Pre-intervención (Antes de comenzar el estudio).</p> <p>Prueba 3: Post-intervención (2 semanas después de la intervención del estudio).</p> <p>Prueba 4: Retorno a la actividad (cuando el facultativo lo autoriza).</p>	<p>Protocolo estándar Rehabilitación</p> <p><u>Mes 1º:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Disminuir dolor e inflamación</li> <li>- Recuperar rango articular</li> <li>- Control muscular cuádriceps</li> <li>- Carga peso completa.</li> </ul> <p><u>Mes 2º-4º:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aumentar fuerza</li> <li>- Cuádriceps</li> <li>- Isquiotibiales</li> <li>- Cadera</li> <li>- Equilibrio</li> </ul> <p><u>2 días/semana</u> <u>16 semanas</u></p> <p>5 series 10 repeticiones, 2 min descanso de press pierna unilateral</p> <p>Serie 1: Calentamiento común a todos los grupos.</p> <p>Series 2-5: Específico:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <u>CONCÉNTRICO</u> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Press pierna concéntrico 20% 1RM</li> <li>- Intensidad</li> </ul> </li> </ul>	<p><u>PRIMARIAS</u></p> <p>Fuerza muscular isométrica</p> <p>Fuerza muscular isocinética</p> <p><u>SECUNDARIAS</u></p> <p>Volumen muscular recto femoral</p> <p>Activación muscular voluntaria (CAR)</p> <p><u>TERCIARIA</u></p> <p>Volumen muscular recto femoral Pre-intervención a post-intervención</p>	<p>Dinamómetro BiodexSystem 3</p> <p>Ecografía Ultrasonido musculoesquelético GE LOGIQ e; GE Healthcare</p> <p>Dinamómetro BiodexSystem3</p> <p>Ecografía Ultrasonido musculoesquelético GE LOGIQ e; GE</p>	<p><b>ANÁLISIS PRIMARIO</b> BFR con ejercicio CONCÉNTRICO o EXCÉNTRICO de ALTA INTENSIDAD</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-operatorio/ Post-intervención: No diferencias entre grupos <ul style="list-style-type: none"> <li>- EXT isocinética máx.(F3,33 = 0.57; P = .64).</li> <li>- EXT isométrica máx.(F3,33 = 0.05; P = .98).</li> <li>- Volumen muscular (F3,33 = 0.28; P = .84).</li> <li>- CAR:(F3,32 = 0.53; P = .67).</li> <li>- IKDC: (F3,33 =0.30; P = .83).</li> </ul> </li> <li>- Pre-operatorio/ Retorno actividad: No diferencias entre grupos <ul style="list-style-type: none"> <li>- EXT isocinética máx.(F3,33 = 0.58; P = .63).</li> <li>- EXT isométrica máx. (F3,33 = 0.38; P = .77).</li> <li>- Volumen muscular (F3,33 = 0.11; P =.95).</li> <li>- CAR:(F3,32 = 1.14; P =.35).</li> <li>- IKDC: (F3,33 = 0.16; P = .93).</li> </ul> </li> <li>- Pre-intervención/Post-intervención: <ul style="list-style-type: none"> <li>- IKDC: (F3,33 = 0.96; P = .42).</li> <li>- Volumen muscular: (F3,32 = 0.36; P = .78).</li> <li>- 1RM: (F3,33 = 1.45; P =.25).</li> </ul> </li> </ul> <p><u>Cambio Pre-operatorio/ Retorno actividad con BFR:</u></p>

Trabajo Fin de Máster

	estudio. Se excluyeron 4 de ellos en pruebas post-intervención y retorno actividad)		<p>excéntrica 20%</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <b><u>EXCÉNTRICO</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Press pierna excéntrica 70% 1RM</li> <li>- Intensidad concéntrica 20%</li> </ul> </li> <li>- <b><u>CONCÉNTRICO + BFR</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Press pierna concéntrica 20% 1RM.</li> <li>- 80% oclusión.</li> <li>- Intensidad excéntrica 20%</li> </ul> </li> <li>- <b><u>EXCÉNTRICO + BFR</u></b> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Press pierna excéntrica 70% 1RM</li> <li>- Intensidad concéntrica 20%</li> <li>- 80% oclusión</li> </ul> </li> </ul> <p><u>1 RM</u>: Se evaluó el 1º día intervención, siendo reajustable cada semana.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- 3 contracciones concéntricas EXT rodilla a 1RM con 2 minutos descanso entre repetición. Se eligió la mejor repetición como 1RM al 100% intensidad máx.</li> </ul>	<p>Función física Pre-operatorio a Post-intervención</p> <p>Función física Pre-intervención a post-intervención</p> <p>Función física Pre-operatorio a Retorno actividad</p> <p>Press pierna máx 1RM Pre-intervención a post-intervención</p>	<p>Healthcare</p> <p>IKDC</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- CAR: (<math>d = 20.68</math> [95% CI, <math>-1.65</math> a <math>0.37</math>]).</li> </ul> <p><b><u>ANÁLISIS SECUNDARIO</u></b> BFR con ejercicio de resistencia de ALTA INTENSIDAD Debido a no diferencias entre grupos, se dividió en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- BFR</li> <li>- NO-BFR</li> </ul> <p>No diferencias demográficas entre ambos</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Pre-operatorio/ Post-intervención: No diferencias entre grupos <ul style="list-style-type: none"> <li>- EXT isocinética máx. (<math>F_{1,33} = 0.50</math>; <math>P = .49</math>).</li> <li>- EXT isométrica máx. (<math>F_{1,33} = 0.02</math>; <math>P = .88</math>).</li> <li>- Volumen muscular (<math>F_{1,33} = 0.72</math>; <math>P = .40</math>).</li> <li>- CAR: (<math>F_{1,32} = 0.46</math>; <math>P = .50</math>).</li> <li>- IKDC: (<math>F_{1,33} = 0.28</math>; <math>P = .60</math>).</li> </ul> </li> <li>- Pre-operatorio/ Retorno actividad: No diferencias entre grupos <ul style="list-style-type: none"> <li>- EXT isocinética máx. (<math>F_{1,33} = 1.55</math>; <math>P = .22</math>).</li> <li>- EXT isométrica máx. (<math>F_{1,33} = 0.14</math>; <math>P = .71</math>).</li> <li>- Volumen muscular (<math>F_{1,33} = 0.01</math>; <math>P = .92</math>).</li> <li>- CAR: (<math>F_{1,32} = 0.27</math>; <math>P = .61</math>).</li> </ul> </li> </ul>

Trabajo Fin de Máster

			<p><i><u>BFR:</u> Mediante sistema automático personalizado de torniquete (Delfi Medical Innovations). Calcula la presión de oclusión de forma automática.</i></p> <p><i>Se calculó el 80% de oclusión para aplicarlo en las series 2 a 5 durante el press de pierna, desactivándolo en el periodo de descanso.</i></p>		<ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>IKDC: (F1,33 = 0.37; P = .55).</i></li> <li>- <i>Pre-intervención/Post-intervención:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>IKDC: (F1,33 = 1.52; P = .23).</i></li> <li>- <i>Volumen muscular:(F1,32 = 1.09; P = .31).</i></li> <li>- <i>IRM: (F1,33 = 1.45; P =.24.).</i></li> </ul> </li> </ul> <p><u>Cambio Pre-operatorio/ Post-Intervención con BFR:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>CAR: d = 0.33 [95% CI, -0.36 a 1.00]).</i></li> </ul> <p><u>Cambio Pre-operatorio/ Retorno actividad con BFR:</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- <i>EXT isocinética máx(d = 0.26 [95% CI, -0.43 a 0.93]).</i></li> <li>- <i>CAR (d = 20.25 [95% CI, -0.99 a 0.39]).</i></li> </ul>
--	--	--	---	--	---

*Hughes L. et al (77)* llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado, cegado por un solo grupo, en 28 pacientes, inicialmente, que fueron intervenidos de LCA. Se escogieron a sujetos no fumadores activos, sin antecedentes de deterioro cognitivo central o periférico, ni enfermedades metabólicas, cardiovasculares o pulmonares. Tras la intervención, éstos recibieron un programa de rehabilitación de 8 semanas y fueron divididos en dos grupos: al primero se le aplicó un entrenamiento con cargas pesadas (HL-RT) y al otro uno con cargas ligeras junto con Restricción de Flujo Sanguíneo (BFR-RT). El fin de este estudio fue comparar la efectividad de BFR y cargas ligeras con respecto a cargas pesadas.

Se evaluaron antes y después de la cirugía, durante y después del entrenamiento, las siguientes variables: Fuerza muscular, fuerza isocinética, morfología muscular, función física, equilibrio, dolor, rango de movimiento (ROM), derrame articular y laxitud articular.

Se perdieron cuatro sujetos, dos de cada grupo. Se observó una mejora en el grupo BFR-RT en la hipertrofia y fuerza de la musculatura similar al de HL-RT, con una mayor reducción del derrame articular y dolor, lo que conlleva a una mejoría en la función física. Asimismo, el rango de movimiento fue mayor en el grupo de BFR-RT. No hubo efectos adversos o consecuencias en la laxitud del LCA en ninguna de las intervenciones.

Otro trabajo de *Hughes L. et al (2018) (78)* consistió en un ensayo clínico aleatorizado, cegado por un solo grupo que valoraba el esfuerzo, el dolor articular y muscular en 28 sujetos programados para cirugía del LCA. Todos eran no fumadores activos, sin antecedentes de deterioro cognitivo central o periférico, ni enfermedades metabólicas,

cardiovasculares o pulmonares. Tras la cirugía, asistieron a una sesión de familiarización en la que se tomaron medidas de la masa corporal, altura, presión arterial y se calculó 10RM concéntrica unilateral. Ésta se midió para predecir 1RM, pues el dolor de rodilla postoperatorio podría limitar este dato.

Para calcular la carga de entrenamiento, se evaluó la fuerza unilateral de 10RM en una prensa de piernas MED. Posteriormente, se realizó un calentamiento de 5 minutos de bicicleta suave y 10 repeticiones con un rango de movilidad (ROM) controlado y completo (0-90°). Esto se consiguió con 5 intentos con incrementos de 5 kg, 3 minutos de descanso entre cada intento, para así garantizar la recuperación muscular completa (89).

En la intervención del estudio, los sujetos recibieron un programa de rehabilitación de 8 semanas y fueron divididos en dos grupos: al primero se le aplicó un entrenamiento con cargas pesadas (HL-RT) y a otro cargas pesadas con Restricción de Flujo Sanguíneo (BFR-RT). El objetivo fue comparar el esfuerzo percibido, el dolor articular y muscular con la aplicación de cargas ligeras con BFR o cargas pesadas. Al primer grupo se le aplicó el 30% de 1RM y al segundo 70% de 1RM.

La evaluación de las variantes se realizó mediante la Escala de Borg (88).

Los resultados obtenidos no presentaron eventos adversos. El esfuerzo percibido se mantuvo invariable en ambos grupos. En cuanto al dolor articular, éste fue menor en el grupo BFR-RT durante y a las 24 h del entrenamiento en todas las sesiones. El dolor muscular aumentó en el grupo BFR-RT en comparación a HL-RT.

*Hughes L. et al (2018) (79)* realizó otro ensayo clínico aleatorizado en el que comparó las respuestas perceptivas agudas y la presión arterial en entrenamientos con cargas pesadas y con cargas ligeras aplicando BFR. Estaba compuesto por 30 participantes, divididos en tres grupos: el primer grupo se le aplicó BFR y estaba integrado por sujetos sanos (NI-BFR); el resto presentaban intervención del LCA. Al segundo grupo realizó entrenamiento con cargas ligeras y BFR (LCA-BFR) y al tercero se le aplicó un entrenamiento con cargas pesadas (LCA-HL).

NI-BFR y LCA-BFR realizaron 4 series (30, 15, 15, 15) con 30 segundos de descanso entre series de prensa unilateral de piernas al 30% 1RM con BFR continuo al 80% de oclusión.

LCA-HL ejecutó 3 series de 10 repeticiones con 30 segundos de descanso entre series de prensa unilateral de piernas al 70% 1RM.

Se midió el esfuerzo percibido, dolor muscular, dolor articular y presión arterial antes y 5 minutos después del entrenamiento.

Como resultado, se comprobó que el esfuerzo percibido fue mayor en el grupo LCA-BFR. El dolor muscular fue mayor en LCA-BFR y NI-BFR. El dolor articular fue menor en LCA-BFR. No se obtuvieron diferencias de presión arterial en ninguno de los grupos.

*Curran MT. et al. (2020)* llevaron a cabo un ensayo clínico aleatorizado sobre 34 sujetos programados para cirugía de LCA. Se dividieron en 4 grupos: dos en los que se realizaba ejercicios excéntricos de alta intensidad y dos concéntricos. Adicionalmente, se le incluía BFR a un concéntrico y a un excéntrico.

La intervención fue de 2 sesiones semanales durante 8 semanas, a partir de la 10ª semana postoperatoria. Todos ellos tenían un programa de entrenamiento de 5 series 10 repeticiones con 2 minutos de descanso de press de pierna unilateral. La serie 1 era un calentamiento común a todos los grupos. El resto de series, de la 2 a la 5, se realizaba un entrenamiento específico en cada uno de ellos. Los grupos de Concéntricos realizaban press de pierna concéntrica al 20% 1RM, añadiendo al de BFR un 80% de oclusión durante el ejercicio. Los grupos de Excéntricos ejecutaron press de pierna excéntrica al 70% 1RM, incluyéndole al grupo de BFR una oclusión del 80% mientras efectuaba la actividad.

Se analizaron las variables de fuerza muscular máximas isométrica e isocinética de extensión, el volumen muscular del recto femoral, la activación muscular voluntaria (CAR) y la función física a través de la Escala IKDC.

Los periodos de valoración fueron: Pre-operatorio/Post-intervención, Pre-operatorio/Retorno actividad, Pre-intervención/Post-intervención.

El resultado de este estudio no demostró mejoras funcionales en fuerza, activación muscular y volumen del músculo cuádriceps con la aplicación de BFR con alta intensidad en comparación a una intervención de alta intensidad sin BFR.

## 6. **DISCUSIÓN**

El propósito de la presente revisión bibliográfica fue analizar la evidencia científica existente en cuanto a la aplicación de BFR en lesiones del ligamento cruzado anterior. Dentro de los estudios incluidos, todos los grupos excepto uno, que no presentaba patologías (80), habían sido sometidos a una cirugía de reconstrucción del LCA. Ninguno mostró eventos adversos, quedando reflejado en tres de ellos.

Como se ha descrito anteriormente, los eventos adversos relacionados con BFR son mínimos si se aplican correctamente los parámetros en comparación el entrenamiento tradicional (73,74). En el estudio de *Nakajima T. et al.* (74) uno de los riesgos encontrados fue el de rabdomiólisis en un porcentaje del 0.008%. Este tipo de enfermedad puede producirse también cuando se realiza un esfuerzo no acostumbrado a efectuar en una actividad exigente, no siendo exclusivo con la aplicación de BFR (90).

Las principales variables estudiadas fueron el dolor, tanto muscular como articular, la fuerza, la masa muscular y la función física, entre otras.

### **BFR y dolor**

La medición del dolor en los estudios analizados se realizaron a través del Cuestionario KOOS (Knee injury and Osteoarthritis Outcomes Score) y la Escala de Borg (88).

De los 4 ECAs revisados, 3 de ellos evaluaron el dolor, bien articular o muscular.

En el trabajo de *Hughes L. et al.* (77), incluido en la revisión, el dolor de forma general disminuyó considerablemente en ambos grupos tras la cirugía. En el grupo de BFR-RT, se produjo un mayor descenso al finalizar la intervención. Puede deberse a la aplicación de una carga más ligera en este grupo (30%) con respecto al grupo HL-RT (70%). Estos resultados coinciden con estudios similares que valoran el dolor femoropatelar (60),

lesiones de miembro inferior (69) y artritis reumatoide (91) con la aplicación de BFR en sus intervenciones.

Varios trabajos que estudian los efectos de BFR con cargas ligeras en comparación con cargas pesadas en sujetos con osteoartritis de rodilla, han demostrado una menor puntuación en cuanto al dolor (92,93) siendo un entrenamiento eficaz sin exacerbarlo en la realización de actividades funcionales, como subir y bajar escaleras (94).

En cuanto al **dolor articular** de la rodilla, *Hughes L et al.* en sus dos estudios posteriores (78,79), analizó esta variable en pacientes idénticos. Es de destacar que el dolor de rodilla experimentado fue disminuyendo de forma considerable a lo largo de la intervención en todas las sesiones, siendo mayor el descenso en los pacientes con BFR. Este efecto coincide con otras investigaciones en el dolor femoropatelar (60) y artrosis de rodilla (93). Dos estudios de *Korakakis V. et al.* (59,61), confirman que la reducción del dolor permanece unos 45 minutos después de la aplicación de BFR con ejercicio de cargas ligeras.

La realización de ejercicio en sí produce una disminución de la algia de forma considerable (95), pero los estudios de *Hughes L.* afianzan que el efecto puede potenciarse con el uso de BFR asociado a ejercicio (78,79).

La adherencia al tratamiento puede verse influenciada por este hecho, pudiendo facilitarla por una hipoalgesia gracias a BFR (96,97) o, por el contrario, provocar abandonos durante el proceso rehabilitador debido al dolor (93).

El **dolor muscular** es analizado por los tres de los cuatro estudios incluidos en la revisión (77–79).

En los trabajos de *Hughes L. et al.* (78) y *Hughes L. et al.* (79), el dolor muscular no disminuye tras la aplicación de BFR.

En el primero, éste no desciende hasta las sesiones finales en ambos grupos, tanto el de

carga pesada como el de BFR (78). Puede deberse a que se produce un incremento progresivo de carga y a una individualización de la presión, pues está demostrado que ambos factores magnifican la respuesta dolorosa. Los grupos con BFR tuvieron un volumen de trabajo mayor, por lo que esto pudo aumentar la respuesta álgica (98).

En el segundo, la puntuación fue más elevada en los grupos en los que se le administró oclusión (79).

Esto contrasta con el realizado por *Martín-Hernández et al.* (99), donde ambos grupos reducen el esfuerzo percibido y dolor muscular tras 6 sesiones de entrenamiento consecutivas. Otro estudio anterior realizado por *Hollander D. et al.* (100), muestra que la percepción de dolor muscular entre los grupos de BFR al 30% 1RM y cargas pesadas al 70% 1RM fueron similares.

La posible explicación de esta respuesta última con respecto a los estudios revisados puede deberse a que, en el trabajo de *Hollander D. et al.* se aplicó una menor presión de restricción (un 20% por debajo de la presión sistólica) en comparación con las presiones para los grupos de BFR: 150 mmHG (78) y 173 mmHg-186 mmHg (79).

El origen de este mecanismo no se encuentra aún claramente demostrado, pero existen diversos trabajos que dan posibles argumentos sobre ello.

El hecho de que se pueda producir un aumento de la percepción álgica, podría ser consecuencia del acúmulo de metabolitos producidos por la hipoxia y la oclusión venosa (101,102).

Hay estudios en sujetos sanos que demuestran que la presión modula el dolor (103), pudiendo ser comparable con la presión producida por la oclusión de BFR.

Otra investigación muestra que la isquemia y el dolor muscular producidos por la presión del manguito de oclusión, junto con el ejercicio, pueden ser los responsables de

este efecto (104).

Otros de los motivos por los cuales podría producirse una disminución de la respuesta nociceptiva durante el ejercicio es la liberación de opioides endógenos y endocannabinoides combinado con hipoxia (95,105).

A pesar de estos resultados, el dolor experimentado fue agudo, puntual y perfectamente tolerado por los sujetos, y no pareció influir en la ejecución y finalización de los ejercicios ni sugirió cambios en la adherencia al tratamiento con respecto al grupo con cargas pesadas.

### **BFR y fuerza muscular**

La fuerza muscular fue evaluada en dos de los cuatro trabajos revisados (77,80).

*Hughes L. et al.* (77) comprobó en su estudio que con BFR junto con cargas ligeras (30%) se conseguía un aumento de resistencia de 10RM comparable al grupo de cargas pesadas (70%). La fuerza aumentó en un 85% con la aplicación de BFR y un 88% con cargas pesadas. Diferentes estudios obtuvieron resultados similares, como el realizado con y sin BFR en manejo del dolor femoropatelar (60), osteoartritis de rodilla en mujeres (93,94), artroscopia de rodilla (106) y pacientes con lesiones de miembro inferior (69).

La comprobada disminución del dolor y derrame articular en los sujetos con BFR ha podido asociarse a este incremento de la fuerza.

En sujetos sanos pueden retrasar la pérdida de fuerza muscular. *Letieri RV. et al.* (107) corroboró que la aplicación de ejercicios de baja intensidad y BFR con oclusión elevada (185.75 +- 5.45 mm Hg) podía conseguir resultados similares a los realizados con intensidad alta sin oclusión, consiguiendo aumentar y/o frenar la fuerza muscular en mujeres mayores sanas.

Otro trabajo sobre personas sanas se ejecutó para comprobar los efectos proximales, distales y contralaterales tras la aplicación de BFR con cargas bajas (108). Tras la intervención, se pudo confirmar que aumentó la fuerza muscular, tanto proximal, como distal y contralateral al manguito de oclusión. Beneficios similares obtuvo *Patterson SD. et al.* (109) en su intervención, pues se produjeron incrementos en los niveles de fuerza en la flexión plantar de tobillo en mujeres sanas.

La **fuerza muscular isocinética** fue medida en tres posiciones: a 60°, a 150° y a 300°. En la primera posición se produjo un descenso en el pico máximo de extensión de rodilla en todos los grupos, sin diferencias. Este resultado se encuentra reflejado en otro estudio realizado previamente en sujetos con lesión del LCA, donde se evidencia un mejor resultado con un entrenamiento de cadena cinética abierta (CCA) que de cadena cinética cerrada (CCC) (110). El trabajo de rehabilitación en CCA mejora notablemente la fuerza muscular (111).

Por el contrario, en el resto de puntos (150° y 300°) no provocó disminución del torque máximo en el grupo BFR para extensión de rodilla y sí en el grupo de cargas pesadas. Un aumento del dolor y del derrame articular provocan una disminución de la fuerza máxima muscular y una mayor inhibición artrógena (112).

El torque flexor disminuyó de forma general tras la cirugía. Esto se encuentra completamente justificado, pues todos los sujetos tenían autoinjerto de isquiotibiales para la reparación del LCA. Es de destacar que la pérdida de fuerza en el grupo de BFR resultó menor, pues esta aplicación llevó a la activación de las fibras de contracción rápida (113).

De forma general, se produjo un descenso más acusado de fuerza muscular en todos los grados del grupo de cargas pesadas en comparación al de BFR.

En contraposición a esto, el otro trabajo que incluimos en la revisión, *Curran MT. et al.* (80), no muestra una mejora de fuerza en cuádriceps en los grupos en los que aplicó BFR, tanto concéntrico como excéntrico, con alta intensidad. Otros estudios respaldan una ganancia de fuerza muscular en sujetos sin lesión cuando se combina con ejercicio aeróbico o de resistencia (48,66).

Con respecto a los ejercicios excéntricos con BFR, existen trabajos que han evidenciado resultados similares en comparación a su no aplicación, precisando de menos repeticiones y carga total para obtener unas respuestas equitativas de niveles de lactato, hormona del crecimiento (GH), creatina quinasa (CK), recuento absoluto de neutrófilos (ANC) y rango de movilidad (ROM) (114).

Cabe destacar que este último estudio revisado (80) realizó su intervención con BFR asociado a cargas pesadas, mientras que el primero lo aplicó con cargas ligeras.

*Segal N. et al* (115) comprobó en su trabajo que, tras 4 semanas de entrenamiento, la aplicación de BFR no obtuvo mejoras significativas con respecto a la fuerza muscular del cuádriceps en hombres mayores con riesgo de osteoartritis de rodilla. Otra investigación se encuentra en concordancia, pues 5 semanas fueron insuficientes para comprobar una efectividad de BFR sobre la fuerza muscular en los grupos, ya que un aumento del volumen de ejercicio no provocaba un mayor beneficio (116).

Sin embargo, existen otros trabajos en los que, mediante un mayor periodo de intervención con BFR, sí producían unas mejoras significativas. Es el caso de *Yasuda T. et al.* (117), que realizó un estudio experimental similar, con adultos mayores sanos, en el que concluyó que el entrenamiento durante 12 semanas mediante baja carga (20%-30% de 1RM) junto con BFR provoca un aumento de fuerza en prensa de piernas y de extensión de rodilla.

Por lo tanto, esto sugiere que se precisa de un periodo de entrenamiento superior para conseguir unos mayores beneficios.

En cuanto a la **fuerza muscular isométrica**, *Curran MT. et al.* (80) no se encontró evidencias de mejoras destacables. Un estudio afirmó que el ejercicio excéntrico en prensa de piernas al 60% de 1RM mejoró la fuerza muscular isométrica (118), mientras que *Gerber JP. et al.* (119) corroboró que en pacientes sometidos a reconstrucción de LCA se conseguía un aumento de fuerza muscular isométrica a través de excéntricos.

*Cook SB. et al.* (65) evidenció mejores resultados de fuerza isométrica con un entrenamiento de cargas pesadas en las primeras 6 sesiones con respecto a BFR. Sin embargo, en la etapa final de la intervención (sesiones 6º-12º), el grupo al que se le aplicó BFR consiguió ganancias significativas, de modo que al realizar una comparativa general desde el principio hasta el fin de las sesiones, no había diferencias entre ambos grupos.

El aumento de fuerza de forma tardía con la aplicación de BFR respalda lo dicho anteriormente, exponiendo que las adaptaciones se produzcan de forma posterior con este tipo de entrenamiento, precisando así de un mayor número de sesiones. Asimismo, sería una buena alternativa para personas que no toleren los ejercicios de cargas elevadas.

### **BFR y masa muscular**

Dos de los cuatro trabajos en los que se incluyeron en la revisión reflejaron resultados del volumen muscular en sus intervenciones (77,80), solo uno de ellos corroboró efectos positivos con la aplicación de BFR.

*Hughes L. et al.* (77) pudo observar que, tras 8 semanas de intervención, el grosor muscular aumentó en un 5.8% con BFR junto con cargas ligeras y un 6.7% con cargas

pesadas. Específicamente, durante las semanas 5<sup>o</sup> y 8<sup>o</sup> fue donde se evidenciaron mayores valores del volumen muscular en ambos grupos. Esto se encuentra en consonancia con otro trabajo en el que los resultados en grupos similares fueron en la misma línea, mostrando efectos positivos en la masa muscular con ambos tipos de entrenamientos (120).

En cuanto al ángulo de peneación, fue mayor en el grupo en el que se aplicó BFR (4.1%) con respecto al grupo de cargas elevadas (3.4%), sin que se apreciara cambios en la longitud del fascículo. Estos datos concuerdan con otro trabajo similar en el que se produjo un incremento prácticamente idéntico en ambos grupos del ángulo de peneación (5.4% con BFR al 20% 1RM y 6% con cargas pesadas al 80% 1RM), sin variación de la longitud del fascículo (121). Esto podría suponer que el cambio del grosor muscular se encuentra relacionado con un cambio proporcional del ángulo de peneación. Sin embargo, no se producen alteraciones en la longitud del fascículo, posiblemente al encontrarse conectado con ejercicios de velocidad o alta tensión (122).

*Ohta H. et al.* (123) observó una disminución menos acusada del área transversal de cuádriceps en el grupo en el que se aplicó BFR con cargas ligeras en comparación con cargas pesadas, tras la reconstrucción del LCA. A las 16 semanas postoperatorias, esta variable aumentó en un 10% en el grupo BFR, mientras que en el otro grupo no se produjeron variaciones.

Siguiendo la misma línea, *Takarada Y. et al* (64) evidenció efectos similares a los anteriores estudios. Apreció una menor atrofia muscular de cuádriceps en los primeros 14 días postoperatorios en el grupo en el que indujo BFR (11%), siendo del 22% en el otro grupo de intervención.

A largo plazo, también se han encontrado efectos positivos con respecto a la hipertrofia

muscular en pacientes con LCA reconstruido y sometidos a BFR con cargas ligeras en 5 días semanales durante 4 semanas. A pesar de que solo fueron estudiados 9 pacientes, éstos obtuvieron ganancias a los 5 años postintervención (87).

La pérdida de masa muscular del miembro inferior está estrechamente relacionada con la artrosis de rodilla, pues resulta mayor en pacientes que la sufren con respecto a sujetos sanos (124). Asimismo, se encuentra asociada a la progresión de la enfermedad y el dolor (125,126). Diversos estudios descubren en sus intervenciones mejoras tras la aplicación de BFR junto con cargas ligeras comparado con cargas pesadas en personas mayores (127) mujeres con osteoartritis (93) y artritis reumatoide (91).

*Ladlow P. et al.* (69) expuso en su investigación beneficios en la hipertrofia muscular en pacientes hospitalizados por lesiones de miembro inferior, tras la aplicación de BFR combinado con cargas ligeras (30% 1RM). La intervención se realizó durante 3 semanas con 2 sesiones diarias.

En contraposición a todo lo anterior, el otro trabajo revisado en el cual aparecía esta variable como estudio, el realizado por *Curran MT. et al.* (80), no observó diferencias significativas al estudiar el volumen muscular en su intervención con BFR junto con entrenamiento de alta intensidad. Siguiendo los mismos resultados, el estudio realizado por *Iversen E. et al.* (84) mostró que, tras la oclusión durante 12 días y 50 minutos diarios y ejercicio de baja intensidad, no se produjo una mejora de área transversal en pacientes con reconstrucción del LCA.

Como se ha mencionado anteriormente, este hecho podría deberse a la diferencia de presión oclusiva, siendo mayor en los otros trabajos descritos. Este punto se encuentra muy poco claro, pues existen estudios en sujetos sanos han descrito que el incremento

de la oclusión podría causar efecto en el área transversal solo si se realiza con resistencias bajas, en torno al 20% de 1RM (128). Por otro lado, con similares oclusiones al estudio de *Curran MT. et al.* (80), hay trabajos en los que se ha demostrado mejoras en la circunferencia del muslo en pacientes con artrosis de rodilla (106).

### **BFR y esfuerzo percibido**

La valoración del esfuerzo percibido tiene el objetivo de controlar de forma subjetiva la intensidad del ejercicio realizado, a través de la Escala de Borg (88).

En la presente revisión este efecto es valorado por dos de los cuatro trabajos (78,79).

En el estudio de *Hughes L. et al.* (78) no se experimentaron variaciones del esfuerzo realizado de forma general ni en comparación entre los dos grupos. Durante las 8 semanas de intervención, la carga externa, la cual se encuentra estrechamente relacionada con el esfuerzo percibido (129), fue aumentando de forma progresiva, lo que ha podido evitar una acomodación del esfuerzo. Por el contrario, en el trabajo realizado por *Martín-Hernández J. et al.* (99), se comprobó un menor esfuerzo percibido de forma general en ambos grupos. Además, no afectó de forma igual a ambos grupos, sino que se produjo un menor esfuerzo en el grupo de BFR y cargas ligeras con respecto al de cargas pesadas. Esto podría deberse, en el primer efecto general, a que en la intervención de *Martín-Hernández J. et al.* (99) la carga externa no se ajustó de forma paulatina y la presión de oclusión fue menor en éste.

El estudio de *Soligon SD. et al.* (98) respalda en su intervención esfuerzos parecidos con BFR y cargas pesadas al aplicar una oclusión elevada (60-80%).

El otro trabajo revisado de *Hughes L. et al.* (79) evaluó la respuesta perceptiva aguda al

esfuerzo en 3 grupos: pacientes sanos con BFR, lesionados de LCA con BFR y lesionados de LCA con cargas pesadas. Encontró una respuesta mayor de esfuerzo en el grupo de LCA con BFR con respecto a los sanos con BFR y un valor similar con el grupo de LCA con cargas pesadas. Estos resultados se encuentran en concordancia con el anterior estudio revisado (78) y trabajos con sujetos no lesionados en los que se obtienen respuestas parecidas de esfuerzo en la aplicación de BFR con respecto a cargas elevadas (100,130–132).

De hecho, *Hollander DB. et al.* (100) realizó un estudio aleatorio cruzado en el que observó valores de esfuerzo agudo percibido similares en un grupo con BFR y cargas ligeras al 30% 1RM con respecto a otro de cargas pesadas al 70% 1RM.

La diferencia de resultados entre los grupos de BFR (lesionados de LCA y sanos) puede deberse al déficit de activación muscular tras la intervención quirúrgica causado por la carencia del sistema nervioso central para activar la musculatura extensora (133), puede haber contribuido a un valor mayor de esfuerzo en el grupo lesionado.

Los mecanismos por los que se produce esta percepción al esfuerzo realizado se encuentran aún en estudio, aunque algunos autores sugieren que, a causa de la deformación mecánica durante la oclusión y la inhibición de los nervios sensoriales cutáneo, se puede perturbar la respuesta neuronal somática eferente (100,134).

Asimismo, se ha podido comprobar que la oclusión proximal arterial durante la realización del ejercicio provoca una apreciación superior de la fuerza percibida (134).

### **BFR y función física**

La función física fue evaluada por varias escalas de valoración: IKDC (*The International Knee Documentation Committee*), KOOS (*The Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score*), LEFS (*The Lower Extremity Function Scale*), LKSS (*The*

*Lysholm Knee-Scoring Scale*), THE TEGNER ACTIVITY SCALE y SEBT (*Star Excursion Balance Test*).

La utilizada en los dos trabajos revisados (77,80) en los que se medía esta variable fue IKDC. Esta escala evalúa de forma subjetiva la sintomatología y funcionalidad en las AVD.

En el trabajo de *Hughes L. et al.* (77) se obtuvieron unas mejoras significativas de la función física en la mayoría de las escalas en ambos grupos de intervención, tanto en BFR con cargas ligeras como en cargas pesadas. Las puntuaciones en las fases pre/post-operatorias disminuyeron en ambos grupos sin diferencias mientras que, durante el entrenamiento se produjo un aumento de forma reseñable en el grupo al que se le aplicó BFR. Estos resultados se encuentran en concordancia con otros estudios similares en osteoartritis de rodilla (93,135).

En la Escala KOOS para el dolor relacionado con la función se produjo un descenso de puntuación destacable, siendo de un 67% para BFR y un 39% para cargas pesadas. Estos resultados se encuentran en la línea de otros trabajos similares en grupos, en los que se evaluaba el dolor femoropatelar (60) y osteoartritis de rodilla (93), pacientes con lesiones en el miembro inferior (69).

Los mejores resultados obtenidos en el grupo de oclusión pueden estar directamente relacionados con los alcanzados también en las variables de fuerza, dolor, derrame articular y rango articular, conllevando a una mejora en la función física.

En contraposición a estos datos, *Curran MT. et al.* (80), no encontró diferencias relevantes en su análisis de la función física a través de la escala IKDC, en ninguno de los grupos de intervención.

Los efectos en el rango de movilidad (ROM) fueron evaluados por *Hughes L. et al.* (77), donde observaron una mejora en el ROM del lado lesionado con BFR en comparación al grupo de cargas pesadas. Estos datos concuerdan con otro estudio similar con BFR y LCA (123).

## **7. LIMITACIONES**

Algunas de las limitaciones que hemos encontrado en esta revisión han sido las siguientes:

- Escasos ensayos clínicos aleatorizados realizados en los últimos años y relacionados con lesiones de ligamento cruzado anterior.
- Heterogeneidad entre los estudios en el inicio, duración del tratamiento con BFR y variables estudiadas.
- En dos de ellos no se realiza doble ciego ni es descrito el procedimiento de cegamiento.
- Muestra escasa, entre 24-34 participantes.

## **8. CONCLUSIONES**

Tras la realización de revisión bibliográfica, se evidencian las siguientes conclusiones:

- El uso de BFR combinado con ejercicios de cargas ligeras resulta más beneficioso que el realizado con cargas pesadas con o sin oclusión.
- Gracias a BFR se reduce el dolor articular durante y después del entrenamiento con cargas ligeras en pacientes sometidos a una intervención de LCA.
- La aplicación de BFR en el tratamiento rehabilitador tras la reconstrucción del LCA produce un aumento de fuerza similar a otros métodos y con menor carga de trabajo.
- La masa muscular aumenta tras la aplicación de BFR de forma similar a otros métodos con cargas más pesadas en la rehabilitación de cirugía reconstructiva de LCA.
- El esfuerzo percibido tras el uso de BFR con cargas ligeras es comparable al de cargas pesadas.
- La función física mejora notablemente durante el entrenamiento rehabilitador tras intervención de LCA con la aplicación de BFR y cargas ligeras.

Es de destacar la necesidad de un mayor número de estudios que analicen los efectos de BFR en lesiones del LCA, preferiblemente ECA´ formados por un mayor tamaño muestral y homegenidad en cuanto a variables estudiadas, parámetros empleados y tiempo de intervención.

## 9. BIBLIOGRAFÍA

1. Forriol F, Maestro A, Martín VJ. El Ligamento cruzado anterior: Morfología y función. *Trauma*. 2008;19(SUPPL. 1):7–18.
2. Alm A, Ekstrom H, Gillquist J. The anterior cruciate ligament. *Acta Orthop Scand*. 1974;445:3–49.
3. Siegel L, Vandernakker-Albanese C, Siegel D. Anterior Cruciate Ligament Injuries: Anatomy, Physiology, Biomechanics, and Management. *Clin J Sport Med*. 2012;22(4):349–55.
4. Leyes M, Forriol F. Historia de la reparación del ligamento cruzado anterior. *Rev Española Artrosc y Cirugía Articul*. 2017;24(1):38–58.
5. Vaquero Martín J, Calvo Haro JA, Forriol Campos F. Reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Fund MAPFRE*. 2008;19:22–38.
6. Miyasaka KC, Daniel DM SM. The incidence of knee ligament injuries in the general population. *Am J Knee Surg*. 1991;4:43–8.
7. Asociación Española de Artroscopia. Informe sobre el perfil de la cirugía artroscópica en España. *Cuad Artrosc [Internet]*. 2001;8:10–21. Available from: [https://fondoscience.com/sites/default/files/articles/pdf/fs\\_08115.fs0104001-informe-sobre-el-perfil.pdf](https://fondoscience.com/sites/default/files/articles/pdf/fs_08115.fs0104001-informe-sobre-el-perfil.pdf)
8. Griffin LY, Albohm MJ, Arendt EA et al. Understanding and preventing noncontact anterior cruciate ligament injuries: A review of Hunt Valley II meeting. *Am J Sports Med*. 2006;34(9):1512–32.
9. Huang W, Zhang Y, Yao Z, Ma L. Clinical examination of anterior cruciate ligament rupture: A systematic review and meta-analysis. *Acta Orthop Traumatol Turc*. 2016;50(1):22–31.
10. Cael C. Anatomía Funcional: Estructura, función y palpación para terapeutas manuales. Editorial Médica Panamericana; 2012.
11. Schünke M, Schulte E, Schumacher U VM. Prometheus: Texto y atlas de anatomía. Médica Panamericana; 2010.
12. Tortosa G, Derrickson B. Principios de Anatomía y Fisiología. 15º ed. Editorial Médica Panamericana, editor. 2018.
13. García-Porrero JA, Hurlé JM. Anatomía Humana. 2ª Edición. Editorial Médica Panamericana, editor. 2020.
14. Netter FH, Hansen JT. Atlas de anatomía humana. Masson, editor. Barcelona; 2003.
15. Rouvière H DA. Anatomía funcional del Miembro Inferior. In: *Anatomía Humana: Descriptiva topográfica y funcional*. 11º Ed. Barcelona: Masson; 2005. 601–627 p.
16. Putz R PR. Atlas de Anatomía Humana Sobotta. 21ª ed. Madrid: Editorial Médica Panamericana; 2004.
17. Ayala-Mejías JD, García-Estrada GA, Alcocer Pérez-España L. Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta ortopédica Mex*. 2014;28(1):57–67.
18. Sanchís V, Gomar F. Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior. Implicaciones clínico-quirúrgicas. *Rev Esp Cir Osteoart*. 1992;27:33–42.
19. Aim A, Stromberg B. Vascular anatomy of the patellar and cruciate ligaments: A microangiographic and histologic investigation in the dog. *Acta Chir Scand*. 1974;445:25–35.

20. Georgoulis AD, Pappa L, Moebius U et al. La presencia de mecanorreceptores propioceptivos en los restos del LCA roto como una posible fuente de reinervación del autoinjerto de LCA. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2001;9:364–8.
21. Odensten M, Gillquist J. Functional anatomy of the anterior cruciate ligament and a rationale for reconstruction. *J Bone Jt Surg.* 1985;67A:257.
22. Brown JR, Trojian TH. Anterior and posterior cruciate ligament injuries. *Prim Clin Off Pr.* 2004;31(4):925–56.
23. Lui-Ambrose T. The anterior cruciate ligament and functional stability of the knee joint. *BC Med J.* 2003;45(10):495–9.
24. Panesso MC, Constaza M, Tortosa I. 'Biomecánica de la rodilla'. *Fac Rehabil y Desarro Humano.* 2009;39.
25. LaBella CR, Hennrikus W, Hewett TE. Anterior cruciate ligament injuries: diagnosis, treatment and prevention. *Pediatrics.* 2014;133(5):1437–50.
26. Tran AA, Gatewoot C, Harris AH, Thompson JA, Drago JL. The effect of foot landing position on biomechanical risk factors associated with anterior cruciate ligament injury. *J Exp Orthop.* 2016;3(13):13.
27. Mahajan PS, Chandra P, Negi V, Jayaram AP, Hussein SA. Smaller anterior cruciate ligament diameter is a predictor of subjects prone to ligament injuries: an ultrasound study. *Biomed Res Int.* 2015;2015:845689.
28. Laible C, Sherman OH. Risk factors and prevention strategies of non-contact anterior cruciate ligament injuries. *Bull Hosp Jt Dis.* 2014;72(1):70–5.
29. Zlotnicki JP, Naendrup JH, Ferrer GA DR. Basic biomechanic principles of knee instability. *Curr Rev Musculoskelet Med.* 2016;9(2):114–22.
30. Griffin LY, Angel J, Albohm MJ et al. Non contact anterior cruciate ligament injuries: risk factors and prevention strategy. *J Am Ac Ortho Surg.* 200AD;8(3):141–50.
31. Lewis T. Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes: Why are women so vulnerable? *Physiotherapy.* 2000;86(9):464–72.
32. Ramos J, López-Silvarrey F, Segovia J, Martínez H, Legido J. Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revisión. *Rev Int Med y Ciencias la Act Física y del Deport.* 2008;8(29):62–92.
33. Orlando Júnior N, de Souza MG, de Oliveira NH. Diagnosis of knee injuries: Comparison of the physical examination and magnetic resonance imaging with the findings from arthroscopy. *Rev Bras Ortop.* 2015;50(6):712–9.
34. Levy AS, Meier SW. Approach to cartilage injury in the anterior cruciate ligament-deficient knee. *Orthop Clin North Am.* 2003;34:149–67.
35. Pezeshki S, Vogl TJ, Pezeshki MZ, Daghighi MH, Pourisa M. Association of the type of trauma, occurrence of bone bruise, fracture and joint effusion with the injury to the menisci and ligaments in MRI of knee trauma. *Muscles Ligaments Tendons J.* 2016;6(1):161–6.
36. Cimino F. Anterior Cruciate Ligament Injury: Diagnosis, Management and Prevention. *Am Fam Physician.* 2010;82(8):917–22.
37. Torres U, Torrent G. Abordaje del ligamento cruzado anterior. *Canar Médica y Quirúrgica.* 2009;19(1):32–5.
38. Daniel DM, Stone ML, Dobson BE, Fithian DC, Rossman DJ, Kaufman KR. Fate of the ACL-injured patient: a prospective outcome study. *Am J Knee Surg.* 2001;14:85–91.

39. DiFelice GS, Van Der List JP. Arthroscopic primary repair of proximal anterior cruciate ligament tears. *Arthrosc Tech.* 2016;5(5).
40. López Capapé D. Lesiones del ligamento cruzado anterior en el deportista. Prevención. *La Mutual Gen Deport.* 2006;24:37–47.
41. Otero AL, Hutchenson LA. A comparison of the doubled semitendinosus/gracilis and central third of the patellar tendon autografts in arthroscopic anterior cruciate reconstruction. *Arthroscopy.* 1993;9:142–8.
42. Ayala-Mejías JD, Fernández-Iruegas Armiñán JM, Martín del Castillo FJ, Siguín-Moreno D, Galván-Arnaldes F, Tamames-Gómez R. Ligamentoplastia de LCA mediante la técnica HTH. Resultados y complicaciones a largo plazo. *Cuad Artrosc.* 2000;7(2):4–7.
43. Fernández-Martín JA, Espejo-Baena A, Meschian-Coretti S, Urbano-Lavajos V, De Figueroa-Mata A. Ligamentoplastia con autoinjerto de tendón cuadriceps. Estudio morfométrico comparativo de los tendones de aparato extensor de la rodilla. *Cuad Artrosc.* 2006;13(27):8–13.
44. Kim SJ, Jo SB, Kumar P, Oh KS. Comparison of single- and double- bundle anterior cruciate ligament reconstruction using quadriceps tendon-bone autografts. *Arthroscopy.* 2009;25(1):70–7.
45. Almqvist KF, Willaert P, De Brabandere S, Criel K, Verdonk R. A long-term study of anterior cruciate ligament allograft reconstruction. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2009;17(7):818–22.
46. Yañez R, Ocaranza D DR. Elección del injerto en cirugía de reconstrucción de ligamento cruzado anterior. *Artroscopia.* 2010;17(3):199–204.
47. Sato Y. The History and Future of KAATSU. *J Build Phys.* 2005;18(1):3–20.
48. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012;112(5):1849–59.
49. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sport Med.* 2015;2:187–200.
50. Spranger MD, Krishnan AC, Levy PD, O'Leary DS, Smith SA. Blood Flow Restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *Am J Physiol Hear Circ Physiol.* 2015;9:1440–52.
51. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sport Med.* 2010;1:1–4.
52. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2013;27:2914–26.
53. Scott BR, Loenneke JP, Slaterry KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport.* 2016;5:360–7.
54. Larkin KA, Macneil RG, Dirain M, Sanderasa B, Manini TM, Buford TW. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med Sci Sport Exerc.* 2012;11:2077–83.
55. Park SY, Kwak YS, Harveson A, Weavil JC, Seo KE. Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. *Korean J Physiol Pharmacol.* 2015;3:191–6.
56. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016;
57. Reina-Ramos C, Domínguez R. Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo e hipertrofia

- muscular. *RICYDE Rev Int Ciencias del Deport.* 2014;10(38):366–82.
58. Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Thiebaud RS, Fahs CA, Rossow LM, Bembem MG. Blood flow restriction: an evidence based progressive model. *Acta Physiol Hung.* 2012;3:235–50.
  59. Korakakis V, Whiteley R, Giakas G. Low load resistance training with blood flow restriction decreases anterior knee pain more than resistance training alone. A pilot randomised controlled trial. *Phys Ther Sport.* 2018;34:121–8.
  60. 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.
  61. Korakakis, V, Whiteley R, Epameinontidis K. Blood Flow Restriction induces hypoalgesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. *Phys Ther Sport.* 2018;32:235–43.
  62. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bembem M. Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to Kaatsu Training. *Int J Kaatsu Train Res.* 2007;3:1–9.
  63. 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 Sport Med.* 2017;51(13):1003–11.
  64. Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. 2000;32:2035–9.
  65. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Exp Gerontol* [Internet]. 2017;99(August):138–45. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.004>
  66. Slys J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2016;19(8):669–75.
  67. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116(4):749–57.
  68. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young healthy adults. *Scand J Med Sci Sport.* 2011;21(5):653–62.
  69. Ladlow P, Coppack RJ, Dharm-Datta S, Conway D, Sellon E, Patterson SD, et al. Low-load resistance training with blood flow restriction improves clinical outcomes in musculoskeletal rehabilitation: A single-blind randomized controlled trial. *Front Physiol.* 2018;9(SEP).
  70. Scott BR, Loenneke JP, Slattey KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: An updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sport Med.* 2015;45(3):313–25.
  71. Patterson SD, Hughes L, Warmington S et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol.* 2019;10:533.
  72. Kim D, Loenneke JP, Ye X et al. Low-load resistance training with low relative pressure produces muscular changes similar to high-load resistance training. *Muscle Nerve.* 2017;56(6):126–33.
  73. Loenneke JP, Wilson GJ, Pujol TJ, Bembem MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sport.* 2011;21(4):510–8.
  74. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T et al. Use and safety of Kaatsu training: Results of a national survey. *Int J Kaatsu Train Res.* 2006;2(1):5–13.

75. Vanwyke WR, Weatherholt AM, Mikesky AE. Blood Flow Restriction Training: Implementation into Clinical Practice. *Int J Exerc Sci*. 2017;10(5):649–54.
76. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Batista GR, Cirilo-Sousa MS. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? *J Sport Sci*. 2018;36(1):104–10.
77. 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. *Sport Med [Internet]*. 2019;49(11):1787–805. Available from: <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2>
78. 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 [Internet]*. 2019;39:90–8. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pts.2019.06.014>
79. 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 [Internet]*. 2018;33:54–61. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.pts.2018.07.002>
80. Curran MT, Bedi A, Mendias CL, Wojtys EM, Kujawa M V., Palmieri-Smith RM. Blood Flow Restriction Training Applied With High-Intensity Exercise Does Not Improve Quadriceps Muscle Function After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *Am J Sports Med*. 2020;48(4):825–37.
81. Jadad AR, Moore RA, Carroll D, Jenkinson C, Reynolds DJM, Gavaghan DJ, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: Is blinding necessary? *Control Clin Trials*. 1996;17(1):1–12.
82. Sherrington C, Herbert RD, Maher CG, Moseley AM. PEDro. A database of randomized trials and systematic reviews in physiotherapy. *Man Ther*. 2000;5(4):223–6.
83. Cascaes da Silva F, Valdivia Arancibia BA, da Rosa Iop R, Barbosa Gutierrez Filho PJ, da Silva R. Evaluation lists and scales for the quality of scientific studies. *Rev Cuba Inf en Ciencias la Salud*. 2013;24(3):295–312.
84. Iversen E, Røstad V, Larmo A. Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Heal Sci [Internet]*. 2016;5(1):115–8. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.005>
85. Erickson LN, Lucas KCH, Davis KA, Jacobs CA, Thompson KL, Hardy PA, Andersen AH, Fry CS, Noehren BW. 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. *Phys Ther*. 2019;99(8):1010–9.
86. Minniti MC, Statkevich AP, Kelly RL, Rigsby VP, Exline MM, Rhon DI, et al. The Safety of Blood Flow Restriction Training as a Therapeutic Intervention for Patients With Musculoskeletal Disorders: A Systematic Review. *Am J Sports Med*. 2019;1–13.
87. Kilgas MA, Lytle LLM, Drum SN, Elmer SJ. Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long after ACL Reconstruction. *Int J Sports Med*. 2019;40(10):650–6.
88. Borg G. Borg's perceived exertion and pain scales. *Hum Kinet*. 1998;104.
89. Tobalina JC, Calleja-González J, De Santos RM, Fernández-López JR, Arteaga-Ayarza A. The effect of basketball footwear on the vertical ground reaction force during the landing phase of drop jumps. *Rev Psicol del Deport*. 2013;22(1):179–82.

90. Clark BC MT. Can KAATSU exercise cause rhabdomyolysis? *Clin J Sport Med.* 2017;27(1).
91. Rodrigues R, Ferraz RB, Kurimori CO, Guedes LK, Lima FR, de Sá-Pinto AL, et al. Low-load resistance training with blood flow restriction increases muscle function, mass and functionality in women with rheumatoid arthritis. *Arthritis Care Res (Hoboken).* 2019;
92. Harper S, Roberts L, Layne A, Jaeger B, Gardner A, Sibille K, et al. Blood-Flow Restriction Resistance Exercise for Older Adults with Knee Osteoarthritis: A Pilot Randomized Clinical Trial. *J Clin Med.* 2019;8(2):265.
93. Ferraz RB, Gualano B, Rodrigues R, Kurimori CO, Fuller R, Lima FR, et al. Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc.* 2018;50(5):897–905.
94. Segal NA, Williams GN, Davis MC, Wallace RB, Mikesky AE. Efficacy of Blood Flow-Restricted, Low-Load Resistance Training in Women with Risk Factors for Symptomatic Knee Osteoarthritis. *PM R* 2015;7(4):376–84.
95. Koltyn K F, Brellenthin AG, Cook D B, Sehgal N, Hillard C. Mechanisms of exercise-induced hypoalgesia. *J Pain.* 2014;15(12):1294–304.
96. Mattar MA, Gualano B, Perandini LA, Shinjo SK, Lima FR, Sa-Pinto AL et al. Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polyomyositis and dermatomyositis. *Arthritis Res Ther.* 2014;16(5):473.
97. Giles JT, Bartlett SJ, Andersen RE, Fontaine KR BJ. Association of body composition with disability in rheumatoid arthritis: Impact of appendicular fat and lean tissue mass. *Arthroscl Rheum.* 2008;59(10):1407–15.
98. Soligon SD, Lixandao ME, Biazon T, Angleri V, Roschel H LC. Lower occlusion pressure during resistance exercise with blood-flow restriction promotes lower pain and perception of exercise compared to higher occlusion pressure compared to higher occlusion pressure when the total training volume is equalized. *Physiol Int.* 2018;105(3):276–84.
99. Martín-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.* 2016;31(3):765–72.
100. Hollander DB, Reeves GV, Clavier JD, Francois MR, Thomas C, Kraemer RR. Partial occlusion during resistance exercise alters effort sense and pain. *J Strength Cond Res.* 2010;24(1):235–43.
101. Wernbom M, Järrebring R, Andreasson MA, Augustsson J. Acute effects of blood flow restriction on muscle activity and endurance during fatiguing dynamic knee extensions at low load. *J Strength Cond Res.* 2009;23(8):2389–95.
102. Yasuda T, Fujit S, Ogasawara R, Sato Y, Abe T. Effects of low-intensity bench press training with restricted arm muscle blood flow on chest muscle hypertrophy: A pilot study. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2010;30(5):338–43.
103. Leffler A, Hansson P, Kosek E. Somatosensory perception in a remote pain-free area and function of diffuse noxious inhibitory controls (DNIC) in patients suffering from long-term trapezius myalgia. *Eur J Pain.* 2002;6:149–59.
104. Tuveson B, Leffler AS, Hansson P. Time dependant differences in pain sensitivity during unilateral ischemic pain provocation in healthy volunteers. *Eur J Pain.* 2006;10(3):225–32.
105. Heyman E, Gamelin F, Goekint M, Piscitelli F, Roelands B, Leclair E et al. Intense exercise increases circulating endocannabinoid and BDNF levels in humans - possible implications for reward and depression. *Psychoneuroendocrinology.* 2012;37(6):844–85.
106. Tennent DJ, Hylden CM, Johnson AE, Burns TC, Wilken JM, Owens JG. Blood flow restriction training after knee arthroscopy: A randomized controlled pilot study. *Clin J Sport Med.*

- 2017;27(3):245–52.
107. Letieri RV, Teixeira AM, Furtado GE, Lamboglia CG, Rees JL, Gomes BB. Effect of 16 weeks of resistance exercise and detraining comparing two methods of blood flow restriction in muscle strength of healthy older women: A randomized controlled trial. *Exp Gerontol* [Internet]. 2018;114(July):78–86. Available from: <https://doi.org/10.1016/j.exger.2018.10.017>
  108. Bowman EN, Elshaar R, Milligan H, Jue G, Mohr K, Brown P, et al. Proximal, Distal, and Contralateral Effects of Blood Flow Restriction Training on the Lower Extremities: A Randomized Controlled Trial. *Sports Health*. 2019;11(2):149–56.
  109. Patterson SD, Ferguson RA. Increase in calf post-occlusive blood flow and strength following short-term resistance exercise training with blood flow restriction in young women. *Eur J Appl Physiol*. 2010;108(5):1025–33.
  110. Tagesson S, Öberg B, Good L, Kvist J. A. A comprehensive rehabilitation program with quadriceps strengthening in closed versus open kinetic chain exercise in patients with anterior cruciate ligament deficiency: A randomized clinical trial evaluating dynamic tibial translation and muscle function. *Am J Sport Med*. 2008;36:298–307.
  111. Mikkelsen C, Werner S, Eriksson E. Closed kinetic chain alone compared to combined open and closed kinetic chain exercises for quadriceps strengthening after anterior cruciate ligament reconstruction with respect to return to sports: a prospective matched follow-up study. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc*. 2000;8:337–42.
  112. Palmieri-Smith RM, Villwock M, Downie B, Hecht G ZR. Pain and effusion and quadriceps activation and strength. *J Athl Train*. 2013;48:186–91.
  113. Tennent DJ, Burns TC, Johnson AE, Owens JG HC. Blood flow restriction training for postoperative lower-extremity weakness: a report of three cases. *Curr Sport Med Rep*. 2018;17:119–22.
  114. Behringer M, Heinke L, Leyendecker J, Mester J. Effects of blood flow restriction during moderate-intensity eccentric knee extensions. *J Physiol Sci*. 2018;68(5):589–99.
  115. Segal N, Davis MD, Mikesky AE. Efficacy of Blood Flow-Restricted Low-Load Resistance Training For Quadriceps Strengthening in Men at Risk of Symptomatic Knee Osteoarthritis. *Geriatr Orthop Surg Rehabil*. 2015;6(3):160–7.
  116. Martin-Hernandez J, Marin PJ, Menendez H, Ferrero C L, JP, Herrero AJ. Muscular adaptations after two different volumes of blood flow-restricted training. *Scand J Med Sci Sport*. 2013;23(2):114–20.
  117. Yasuda T, Fukumura K, Fukuda T et al. Muscle size and arterial stiffness after blood flow-restricted low-intensity resistance training in older adults. *Scand J Med Sci Sport*. 2014;24(5):799–806.
  118. Lepley LK, Wojtys EM P-SR. Combination of eccentric exercise and neuromuscular electrical stimulation to improve quadriceps function post-ACL reconstruction. *Knee*. 2015;22(3):270–7.
  119. Gerber JP, Marcus RL, Dibble LE, Greis PE, Burks RT LP. Effects of early progressive eccentric exercise on muscle size and function after anterior cruciate ligament reconstruction: a 1-year follow-up study of a randomized clinical trial. *Phys Ther*. 2009;89(1):51–9.
  120. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC C, 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. *Sport Med*. 2018;48(361–78).
  121. Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N et al. Effect of Low-Load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *J Appl Biomech*. 2006;22:112–9.

122. Sharifnezhad A, Marzilger R, Arampatzis A. Effects of load magnitude, muscle length and velocity during eccentric chronic loading on the longitudinal growth of vastus lateralis muscle. *J Exp Biol.* 2014;217:2726–33.
123. Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakaura S. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand* [Internet]. 2003;74(1):62–8. Available from: <http://web.b.ebscohost.com/ehost/command/detail?vid=36&sid=f97a61d2-a40c-401d-8df6-c1a673864059%40sessionmgr102&bdata=JnNpdGU9ZWWhvc3QtbGl2ZQ%3D%3D#AN=9338755&db=s3h>
124. Toda Y, Segal N, Toda T, Kato A TF. A decline in lower extremity lean body mass per body weight is characteristic of women with early phase osteoarthritis of the knee. *J Rheumatol.* 2000;27(10):2449–54.
125. Dannhauer T, Sattler M, Wirth W, Hunter DJ, Kwok CK, Eckstein F. Longitudinal sensitivity to change of MRI-based muscle cross-sectional area versus isometric strength analysis in osteoarthritic knees with and without structural progression: pilot data from the Osteoarthritis Initiative. *MAGMA.* 2014;27(4):339–47.
126. Lee JY, Han K, McAlindon TE, Park YG PS. Lower leg muscle mass relates to knee pain in patients with knee osteoarthritis. *Int J Rheum Dis.* 2018;21(1):126–33.
127. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS et al. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res.* 2015;29(4):1071–6.
128. Lixandrao ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* 2015;115(12):2471–80.
129. Lins-Filho OL, Robertson RJ, Farah BQ, Rodrigues SLC, Cyrino ES, RittiDias RM. Effects of exercise intensity on rating of perceived exertion during a multiple-set resistance exercise session. *J Strength Cond Res.* 2012;26(2):466–72.
130. Vieira A, Gadelha AB, Ferreira-Junior JB, Vieira CA, de Melo Keene vonKoenig Soares E, Cadore EL, Wagner DR BM. Session rating of perceived exertion following resistance exercise with blood flow restriction. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2014;35(5):323–7.
131. Loenneke JP, Kim D, Fahs CA, Thiebaud RS, Abe T, Larson RD, Bemben DA, Bemben MG. The effects of resistance exercise with and without different degrees of blood-flow restriction on perceptual responses. *J Sports Sci.* 2015;33(14):1472–9.
132. 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.
133. Mizner RL, Petterson SC, Stevens JE, Vandenborne K, Snyder-Mackler L. Early quadriceps strength loss after total knee arthroplasty: The contributions of muscle atrophy and failure of voluntary muscle activation. *J Bone Jt Surg - Ser A.* 2005;87(5):1047–53.
134. 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.
135. Bryk FF, dos Reis AC, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M C, RPL et al. Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surg Sport Traumatol Arthrosc.* 2016;24:1580–6.
136. Basas A, Fernández de las Peñas F MJ. Tratamiento Fisioterápico de la Rodilla. 1º ed. Madrid: McGraw-Hill/Interamericana de España; 2003.

## 10. **ANEXOS**

### **ANEXO I**

#### ➤ **Test del cajón tibial**

- *Posición del paciente:* Se posiciona en decúbito supino, con la rodilla a valorar en flexión de 90° y el pie apoyado en la camilla (37).
- *Posición del fisioterapeuta:* Se sitúa en sedestación a los pies del paciente, fijando el pie sobre la camilla. Se colocan ambas manos tras el hueco poplíteo, con ambos pulgares sobre la interlínea en la parte anterior.
- *Valoración:* Se tracciona hacia ventral el extremo proximal de la tibia para que se produzca un desplazamiento en este sentido o un incremento del escalón femorotibial. Se ha de valorar el movimiento final: Si el desplazamiento es mayor a 6 mm o es demasiado elástico, asociado a inestabilidad lateral, se sospecha de lesión del LCA (136).

Este Test puede dar lugar a falsos positivos o negativos. Los primeros son ocasionados por una menisectomía anterior, lesión de los ligamentos laterales, capsular o lesión del LCP. Los falsos negativos son debidos a que, en ocasiones, la contracción refleja muscular por dolor o el edema periarticular, enmascaran la lesión.

#### ➤ **Test de Lachman**

- *Posición del paciente:* Se posiciona en decúbito supino, con la rodilla a valorar en semiflexión (15°-20°).
- *Posición del fisioterapeuta:* El fisioterapeuta se sitúa lateral a la pierna a valorar. Con la mano craneal fija el extremo distal del fémur, mientras que con la mano caudal toma el extremo proximal de la tibia.
- *Valoración:* Manteniendo una ligera flexión, se realiza una maniobra de cizallamiento anteroposterior. Se valora tanto el nivel de desplazamiento de la tibia como la calidad de dicho movimiento en el final de su recorrido. Si el final resulta elástico y difuso, se podría decir que es compatible con lesión del LCA.

La aparición de falsos positivos se deben, en gran medida, a la lesión del LCP, afectación meniscal o por una incorrecta presa del fisioterapeuta durante la maniobra (Inducir una rotación interna de tibia o no fijar adecuadamente el fémur).

Esta prueba presenta una sensibilidad del 87-98% (32), por lo que se considera más fiable que la del Test del cajón anterior o tibial.

➤ **Pivot-shift Test**

- *Posición del paciente:* El paciente se sitúa en decúbito supino, con la rodilla en extensión.
- *Posición del fisioterapeuta:* El fisioterapeuta se posiciona lateral a la rodilla a valorar. Con la mano caudal hace una presa en el tobillo y lo fija a su abdomen manteniendo la rodilla en rotación externa. La mano craneal se posiciona en la rótula, con el primer dedo sobre la cabeza del peroné.
- *Valoración:* Desde la posición inicial, se imprimen 30° de flexión de rodilla. La mano craneal produce un estrés en valgo, tomando el abdomen como fulcro. La mano caudal imprime una rotación externa de tibia. Seguidamente, se inicia movimiento hacia la extensión de forma lenta.

El objetivo es inducir una subluxación/reducción del platillo tibial lateral con respecto al cóndilo femoral. Si esto se produce, se evidencia una lesión del LCA y, por lo tanto, el test es positivo.

Presenta una especificidad del 98% aproximadamente. Sin embargo, su sensibilidad ronda el 24%.

**ANEXO II: ESCALA JADAD** (81)

<i>Ítems</i>	<i>Puntuación</i>
¿Se describe el estudio como con asignación aleatoria? *	
¿Se describe el estudio como con doble enmascaramiento? *	
¿Se describen los abandonos y exclusiones del estudio? *	
¿Es adecuado el método de asignación aleatoria? **	
¿Es adecuado el método de enmascaramiento? **	
<b>TOTAL</b>	
* Sí = 1 punto / No = 0 punto	
** Sí = 1 punto / No = -1 punto	

**ANEXO III: ESCALA PEDro (82)****Escala PEDro-Español**

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

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 base 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 incluido 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

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

Todos los criterios	<b>Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente.</b> 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	<i>La asignación oculta (enmascaramiento)</i> 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	<i>Los Resultados clave</i> 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	<i>Cegado</i> 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 <i>razón</i> 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 <i>intención de tratar</i> 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 <i>entre grupos</i> 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.