ESCUELAS UNIVERSITARIAS
GIMBERNAT-CANTABRIA

TRABAJO FIN DE GRADO

Comparación entre un Tratamiento Convencional y un Tratamiento con Restricción del Flujo Sanguíneo (BFR) en la Rehabilitación Tras Reconstrucción del LCA en Mujeres Futbolistas. Protocolo de estudio.

Comparison between a Conventional Treatment and Blood Flow Restriction (BFR) Treatment in Rehabilitation After ACL Reconstruction in Female Soccer Players. Study protocol

Autor/es: Antoine Vanhoute, Jesús Roiz.

Director/a: Daniel Fernandez Ruiz

Fecha: 7 Mayo 2026

Autoría

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y ORIGINALIDAD DEL TRABAJO FIN DE GRADO

Por medio de la presente, Antoine Vanhoute y Jesús Roiz, alumnos del Grado en fisioterapia de las Escuelas Universitarias Gimbernat-Cantabria, en relación con el Trabajo Fin de Grado (TFG) titulado "Comparación entre un Tratamiento Convencional y un Tratamiento con Restricción del Flujo Sanguíneo (BFR) en la Rehabilitación Tras Reconstrucción del LCA en Mujeres Futbolistas. Protocolo de estudio", declaramos que es de nuestra autoría y original.

Asimismo, declaramos que depositando este TFG y firmando el presente documento confirmamos que:

• Este TFG es original y hemos citado las fuentes de información debidamente.

• La autoría del TFG es compartida alumnos y director.

• Somos plenamente conscientes de que no respetar estos extremos es objeto de sanción por el órgano civil competente, y asumimos nuestra responsabilidad ante reclamaciones relacionadas con la violación de derechos de propiedad intelectual.

En Torrelavega, a 7 de Mayo del 2026.

Fdo.: Antoine Vanhoute



Fdo: Jesús Roiz



Abreviaturas 4
Resumen (castellano). 5
Abstract (english) 6
Introducción y justificación 7
Metodología: 11
Plan de trabajo: 17
Discusión: 20
Conclusión 22
ANEXOS 23
Bibliografía 27

Abreviaturas

LCA: Ligamento Cruzado Anterior

BFR: (Blood Flow Restriction), Restricción del Flujo Sanguíneo

RM: Repetición Máxima

GI: Grupo Intervención

GC: Grupo Control

ROM: (Range of Movement) Rango de Movimiento

FTSST: Test de levantarse 5 veces de una silla

I1: Investigador principal

I2: Segundo investigador

EVA: Escala visual analógica

T1: Tiempo de medición 1

T2: Tiempo de medición 2

AOP: Presión de Oclusión Arterial

Resumen (castellano).

Introducción: La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una lesión frecuente en mujeres deportistas, asociada a una larga recuperación y a un alto riesgo de recaída. En este contexto, el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) ha emergido como una herramienta prometedora en la rehabilitación.

Objetivo: Evaluar la eficacia del entrenamiento con BFR como complemento al tratamiento convencional en la recuperación funcional tras reconstrucción de LCA en mujeres futbolistas.

Material y métodos: Se llevará a cabo un ensayo clínico aleatorizado con dos grupos: uno experimental (rehabilitación convencional + BFR) y uno control (rehabilitación convencional). La muestra estará compuesta por mujeres futbolistas sometidas a reconstrucción de LCA. Se analizarán variables como fuerza muscular, dolor, rango de movimiento y atrofia, mediante instrumentos de evaluación validados. El seguimiento se realizará en diferentes fases del proceso de rehabilitación.

Plan de trabajo: El estudio se desarrollará entre octubre de 2025 y junio de 2027.

Discusión/conclusión: Se espera que el BFR mejore la recuperación de la fuerza y reduzca la atrofia sin aumentar el dolor, especialmente en fases tempranas. Este estudio podría aportar evidencia relevante y mejorar la práctica clínica en fisioterapia deportiva.

Palabras clave: LCA, BFR, mujeres, fisioterapia

Abstract (english)

Introduction: Anterior cruciate ligament (ACL) rupture is a common injury in female athletes, associated with a prolonged recovery process and a high risk of reinjury. In this context, blood flow restriction (BFR) training has emerged as a promising tool in rehabilitation.

Objective: To evaluate the effectiveness of BFR training as an adjunct to conventional treatment in functional recovery after ACL reconstruction in female soccer players.

Materials and Methods: A randomized clinical trial will be conducted with two groups: an experimental group (conventional rehabilitation + BFR) and a control group (conventional rehabilitation). The sample will consist of female soccer players who have undergone ACL reconstruction. Variables such as muscle strength, pain, range of motion, and muscle atrophy will be assessed using validated evaluation instruments. Follow-up assessments will be performed at different stages of the rehabilitation process.

Work Plan: The study will be carried out between October 2025 and June 2027.

Discussion/Conclusion: BFR is expected to improve strength recovery and reduce muscle atrophy without increasing pain, particularly during the early stages of rehabilitation. This study may provide relevant evidence and contribute to improving clinical practice in sports physiotherapy.

Keywords: ACL, BFR, women, physiotherapy.

Introducción y justificación

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones más comunes y con mayor impacto funcional en el fútbol, ocurre principalmente durante los primeros 15 minutos de juego y en acciones sin contacto (1), lo que la convierte en un problema significativo tanto en el campo de la salud como en el deportivo (2). Las futbolistas tienen un riesgo mucho mayor de sufrir esta lesión, con una incidencia 2,79 veces superior a la de los hombres (3). Esta última ha aumentado notablemente, alcanzando tasas de 6,1-19,2 roturas por 1000 horas de exposición, con periodos de baja prolongados que generan importantes costes sanitarios y afectan la progresión profesional de las deportistas (4). Para comprender esta mayor vulnerabilidad se han sugerido varios factores hormonales, neuromusculares, biomecánicos y anatómicos, entre los que destacan un aumento de la aducción femoral, una mayor pendiente tibial lateral, un menor tamaño del ligamento cruzado anterior y una mecánica de aterrizaje subóptima (aumento de abducción de rodilla al aterrizaje) (5,6). Todo ello ha hecho que la prevención, el tratamiento y la recuperación de las lesiones del LCA en esta población hayan convertido en un asunto de mucho interés en términos científicos.

La lesión del LCA supone una interrupción importante en la carrera deportiva de las futbolistas, con periodos prolongados de inactividad y un impacto considerable sobre el rendimiento, la atrofia muscular, la calidad de vida y el bienestar psicológico (7,8). En la mayoría de los casos, especialmente en deportistas jóvenes y activas, el tratamiento de elección es la reconstrucción quirúrgica del ligamento, seguida de un proceso de rehabilitación largo y estructurado cuyo objetivo principal es restaurar la estabilidad de la rodilla, la fuerza muscular y la funcionalidad necesaria para el retorno seguro al deporte (9).

El proceso de recuperación después de una operación del LCA es complicado y largo, con generalmente entre 6,1 y 11,1 meses antes de la vuelta al deporte. Lo que se debe a múltiples factores. Además, después de la operación, múltiples cambios aparecen en la pierna. La inhibición muscular artrogénica, la disminución de fuerza en los isquiotibiales, la atrofia del cuádriceps y el cambio en los patrones de movimiento son algunas de las consecuencias más relevantes del periodo postoperatorio. Estos fenómenos se deben a alteraciones en receptores articulares que inhiben la activación motoneuronal. Si no se tratan de forma apropiada, estos déficits pueden durar meses e incluso años, lo que pone en peligro el rendimiento funcional y

eleva la posibilidad de que el injerto vuelva a romperse o de que se produzca una lesión contralateral. Por ejemplo el riesgo de lesion contralateral oscila entre 1% y 16,1%. (10–12).

Se ha determinado que la recuperación de la fuerza en los músculos, particularmente en el cuádriceps y los isquiotibiales, es uno de los elementos cruciales para lograr un regreso exitoso al deporte (11). No obstante, en las primeras etapas de la rehabilitación, el dolor, la inflamación, el miedo a moverse y las limitaciones médicas suelen restringir el uso de cargas altas. Esta circunstancia complica la obtención de niveles de entrenamiento adecuados para provocar adaptaciones musculares ideales, lo cual puede demorar la recuperación funcional (7).

Tradicionalmente, los programas de rehabilitación tras la reconstrucción del LCA se han basado en el entrenamiento de fuerza progresivo con cargas moderadas a altas, siguiendo principios de sobrecarga mecánica (13). Aunque este enfoque ha demostrado ser eficaz, su aplicación temprana puede no ser viable en todos los pacientes, especialmente en poblaciones deportistas que requieren un equilibrio entre la protección del injerto y la estimulación muscular.

En este contexto, la restricción del flujo sanguíneo (Blood Flow Restriction, BFR) ha emergido como una estrategia terapéutica innovadora dentro del ámbito de la rehabilitación musculoesquelética y deportiva, sobre todo en las primeras semanas del proceso de rehabilitación, cuando no es posible utilizar cargas elevadas (14). El entrenamiento con BFR consiste en la aplicación de un manguito neumático que restringe parcialmente el flujo sanguíneo arterial y venoso durante la realización de ejercicios con cargas bajas. Los protocolos habituales de BFR aplican una presión del 40-80% de la presión oclusiva arterial (AOP) mediante una serie inicial de 30 repeticiones seguida de 3 series de 15 repeticiones con descansos de 30 segundos (15) . Este método permite generar un entorno metabólico que favorece adaptaciones musculares similares a las obtenidas con entrenamiento de alta carga, pero con un menor estrés mecánico sobre las estructuras articulares. Estos efectos se caracterizan por la acumulación de lactato, una hipoxia local, el reclutamiento preferencial de fibras musculares de contracciones rápidas y la activación de vías anabólicas como mTOR (16,17). La aplicación individualizada de la presión de oclusión arterial y el seguimiento de recomendaciones basadas en consensos internacionales son aspectos imprescindibles para garantizar que el uso del BFR sea seguro y eficaz (15).

La evidencia científica disponible sugiere que el entrenamiento con BFR puede inducir mejoras significativas en la fuerza muscular, la hipertrofia y la función neuromuscular, incluso utilizando cargas del 20–30 % de la repetición máxima (RM) (18).

En el ámbito de la rehabilitación postoperatoria del LCA, el BFR se presenta como una herramienta potencialmente útil para minimizar la pérdida de masa muscular y acelerar la recuperación de la fuerza durante las fases tempranas del proceso rehabilitador (19). No obstante, a pesar del creciente interés por esta técnica, la literatura científica presenta resultados heterogéneos y aún existen lagunas de conocimiento, especialmente en poblaciones específicas como las mujeres futbolistas (19).

La mayoría de los estudios disponibles se han realizado en contextos profesionales, en poblaciones mixtas o en poblaciones masculinas, lo que limita la extrapolación directa de los resultados a la práctica clínica habitual y en el sector femenino. Asimismo, solo hay unas pocas investigaciones realizadas en clínicas privadas y a nivel regional, donde las condiciones de aplicación del tratamiento pueden diferir de las de los entornos experimentales más controlados (20,21).

Aun así, la incorporación del BFR en la rehabilitación postquirúrgica no debe entenderse únicamente como una alternativa al entrenamiento convencional, sino como una herramienta que podría facilitar una progresión más individualizada, especialmente en deportistas con dolor, temor al movimiento o tolerancia limitada a la carga (22). Desde esta perspectiva, evaluar su efecto a corto plazo en mujeres futbolistas permite no solo comprobar su posible utilidad terapéutica, sino también aportar datos aplicables y fiables a un grupo subrepresentado en la literatura y de gran interés por sus necesidades funcionales específicas.

Por todo ello, resulta imperativo continuar investigando la eficacia, seguridad y aplicabilidad clínica del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) como complemento efectivo a los programas de ejercicios terapéuticos convencionales en la rehabilitación postoperatoria tras la cirugía del LCA, prestando especial atención a poblaciones específicas como la femenina y contextos clínicos en relación con el tratamiento fisioterapéutico especializado.

La realización del presente estudio se justifica por la necesidad de optimizar los protocolos de rehabilitación postquirúrgica tras la reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior

en mujeres futbolistas, un colectivo con peculiares características biomecánicas, funcionales y deportivas específicas que requieren un abordaje individualizado y diferenciado (23).

Con este estudio se pretende aportar evidencia científica adicional sobre los efectos del entrenamiento con BFR en mujeres combinado con ejercicios terapéuticos frente a un programa convencional sin BFR, evaluando variables de gran relevancia clínica como la fuerza muscular, la atrofia, el dolor, el rango de movimiento y la fuerza funcional. El hecho de añadir mediciones al inicio y al fin del tratamiento permitirá analizar la evolución de estas variables durante el proceso rehabilitador.

Por lo tanto, añadir a la literatura científica una muestra compuesta solo por mujeres futbolistas de nivel regional permite cubrir un vacío existente, ya que este grupo suele ser infrarrepresentado en los estudios de intervencion. Los resultados obtenidos podrían facilitar la toma de decisiones clínicas y la individualización de los programas de rehabilitación en este tipo de pacientes.

Finalmente, este trabajo contribuye de manera significativa a la elaboración de protocolos de fisioterapia basados en evidencia científica, al integrar la práctica clínica con estudios científicos contemporáneos de alta calidad. Los hallazgos obtenidos podrían aplicarse directamente en clínicas privadas y centros especializados de rehabilitación deportiva, optimizando así la calidad asistencial, minimizando riesgos y facilitando que las futbolistas con reconstrucción de LCA regresen al deporte competitivo de forma más segura, eficaz y sostenible a largo plazo.

La hipótesis de la presente investigación es que la aplicación de un programa de ejercicios terapéuticos combinado con restricción del flujo sanguíneo (BFR) producirá mayores mejoras en la fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales, en la fuerza funcional, en la atrofia muscular y en el rango de movilidad de la rodilla, en comparación con un programa de ejercicios terapéuticos sin BFR, en mujeres futbolistas intervenidas quirúrgicamente de ligamento cruzado anterior durante las primeras semanas de rehabilitación. Asimismo, se plantea que la utilización del BFR no incrementará el dolor de la rodilla en comparación con el tratamiento convencional.

El objetivo principal del estudio es ver si el uso del BFR en las fases tempranas de la reconstrucción del ACL, sobre mujeres, tiene mejores beneficios a nivel muscular que su no

empleo, a través de la medición de la fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales y de la atrofia muscular de la pierna.

Como objetivos secundarios, se pretende comparar la evolución de la fuerza funcional de la extremidad inferior, evaluar la evolución del dolor y del rango de movimiento de la rodilla a lo largo de todo el tratamiento, y valorar la seguridad y tolerancia del uso del BFR tras la cirugía del LCA en esta población.

Metodología:

Diseño.

Se llevará a cabo un ensayo clínico aleatorizado de dos grupos paralelos en mujeres futbolistas con una intervencion quirúrgica reciente del LCA, en una clínica privada de la provincia de Cantabria. El estudio durara seis semanas.

Las participantes serán asignadas de forma aleatoria a uno de los dos grupos del estudio mediante un procedimiento de aleatorización simple computarizada. Se establecerán un grupo intervención (GI), que recibirá un programa de ejercicios terapéuticos combinado con BFR, y un grupo control (GC), que realizará el mismo programa de ejercicios terapéuticos sin la aplicación de BFR.

Población y muestra

La población será compuesta de mujeres futbolistas de nivel regional. El reclutamiento se llevará a cabo en clubes de fútbol femenino de la comunidad autónoma de Cantabria.

La muestra estará compuesta por un total de 66 participantes, considerando una estimación inicial de 60 sujetos y un 10 % adicional por posibles pérdidas durante el estudio. Las participantes se distribuirán equitativamente en dos grupos: grupo intervención (GI; n = 33) y grupo control (GC; n = 33).

La asignación a los grupos se realizará mediante el programa Research Randomizer (24), que generará números aleatorios asociados a cada participante, garantizando así una distribución imparcial y aleatoria de la muestra.

Los criterios de inclusión y exclusión son los siguientes:

Criterios de inclusión

- Haber sido intervenida quirúrgicamente del ligamento cruzado anterior.
- Encontrarse entre la quinta y la sexta semana del proceso de recuperación postoperatoria.
- Tener una edad comprendida entre 18 y 30 años.
- Ser mujer.
- Pertenecer a un club de fútbol de nivel regional en Cantabria.
- Realizar entre dos y tres entrenamientos semanales.

Criterios de exclusión

- Antecedentes documentados de trombosis venosa profunda o enfermedad vascular periférica.
- Trastornos de la coagulación o tratamiento anticoagulante crónico que contraindiquen una oclusión segura.
- Hipertensión arterial no controlada (>160/100 mmHg) o patología cardiovascular grave.
- Infección postoperatoria activa o complicaciones quirúrgicas relevantes que contraindiquen la carga.
- Embarazo.
- Incapacidad para comprender el protocolo del estudio o incumplimientos previos en el seguimiento terapéutico.
- Presencia de otra lesión en las extremidades inferiores en los tres meses previos al inicio del estudio.

Variables y herramientas

Variables independientes

- Tratamiento convencional con uso de BFR: variable cualitativa dicotómica.
- Tratamiento convencional sin BFR: variable cualitativa dicotómica.

Variables dependientes

- Fuerza del cuádriceps: variable cuantitativa continua, codificada en Newtons
- Fuerza de los isquiotibiales: variable cuantitativa continua, codificada en Newtons.
- Fuerza funcional: variable cuantitativa continua.
- Atrofia muscular: variable cuantitativa continua, codificada en centímetros.
- Dolor: variable cuantitativa discreta.
- Rango de movimiento (ROM): variable cuantitativa continua, codificada en grados.

Variables confusoras

- Edad: variable cuantitativa discreta, expresada en años.
- Numero de entrenamiento semanal: variable cuantitativa discreta, expresada en días.

Instrumental y material de medición

- **Dinamómetro isométrico** (25): Utilizado para la medición de la fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales. La paciente se colocará en sedestación con 90° de flexión de cadera y de rodilla. El dinamómetro se situará a nivel del tercio distal de la tibia. Se fijará al sujeto mediante cinchas a nivel de muslo y cadera, solicitando una contracción máxima isométrica hacia la extensión de rodilla para la fuerza del cuádriceps y hacia la flexión para los isquiotibiales. Se realizarán tres intentos, registrándose el valor más alto, con 60 segundos de descanso entre repeticiones.
- **Cinta métrica** (26)**:** Empleada para la evaluación del volumen muscular. Se medirá la circunferencia del cuádriceps en el punto medio del muslo, tomando como referencia la distancia entre el polo superior de la rótula y la espina ilíaca anterosuperior, comparando los valores con la extremidad contralateral sana.
- **Adipómetro** (27): Utilizado para medir el grosor del pliegue cutáneo en el mismo punto donde se realiza las mediciones de circunferencia.

Se utilizarán los valores de la cinta métrica y del adipómetro para estimar la atrofia muscular, corrigiendo el grosor del tejido adiposo subcutáneo mediante la siguiente fórmula:

$$Volumen\ del\ cuádriceps - (\pi \times grosor\ del\ pliegue\ subcutáneo)$$ (28).

- **Escala Visual Analógica (EVA)** (29) : Utilizada para la valoración de la intensidad del dolor, gracias una escala de 0 a 10. Donde 10 es la sensación más dolorosa que se puede imaginar y 0 la ausencia total del dolor.
- **Goniómetro** (30): Para la medición del rango de movimiento de flexión y extensión de rodilla. Se medirá la flexión de rodilla del paciente en decúbito prono. El eje se colocará a nivel del cóndilo femoral externo, el brazo fijo alineado con el fémur hasta el trocánter y el brazo móvil alineado con la tibia hasta el maléolo tibial externo. Se pedirá a la paciente que doble la rodilla lo máximo posible y se cogerá el dato. Se pondrán las mismas referencias en la medición de la extensión con el paciente en decúbito supino. Se pedirá que la paciente extendía lo máximo posible su rodilla.
- **Test de levantarse cinco veces de la silla (FTSST)** (31): Empleado como medida indirecta de la fuerza funcional. El paciente, sentado tendría que levantarse y sentarse 5 veces de seguido lo más rápido posible. Se mide el tiempo que tarda para hacer esta prueba.

Procedimiento y recogida de información

El reclutamiento de las participantes se realizará mediante el contacto con clubes de fútbol femenino de nivel regional en Cantabria, con consultas de traumatología y clínicas privadas a través de correos electrónicos, llamadas telefónicas y visitas presenciales.

Las participantes interesadas asistirán a una primera reunión informativa en la que se explicará detalladamente el proyecto y se les entregará la hoja de información al paciente (ANEXO 2) y el consentimiento informado (ANEXO 3).

El estudio contará con dos investigadores. El investigador principal (I1), con formación específica en BFR, será el encargado de aplicar las intervenciones en ambos grupos. Un segundo investigador (I2) realizará las evaluaciones y el análisis de los datos, permaneciendo ciego a la asignación de los grupos.

Las evaluaciones se llevarán a cabo en dos momentos: antes del inicio del tratamiento (T1) y al finalizar las seis semanas de intervención (T2). En cada evaluación se recogerán las variables en el siguiente orden: presión de oclusión arterial (AOP), Atrofia muscular, rango de movimiento, fuerza analítica, fuerza funcional, repetición máxima (RM) y dolor.

El AOP se medirá gracias a un Doppler vascular (26). El sensor se colocará a nivel retro maleolar interno para localizar el pulso de la arteria tibial posterior. Se incrementará progresivamente la presión del manguito hasta la desaparición del pulso y posteriormente se reducirá hasta su reaparición, registrando la presión correspondiente a la reaparición del pulso.

Se calculará la RM de la pierna lesionada tomando en referencia la pierna sana (32,33). Se buscará, para cada ejercicio utilizado para el protocolo, el peso máximo con que las pacientes pueden hacer 5 repeticiones (5RM). Así, se aplicará la fórmula de Epley: (0,0333 x n° repeticiones) x peso Kg + peso Kg (34).

El programa de rehabilitación constará de dos sesiones semanales. Siguiendo las recomendaciones del consenso internacional (15), se aplicará una oclusión del 80 % de la AOP, con un esquema de trabajo 30-15-15-15, 30 repeticiones seguido de 3 veces 15 repeticiones, con descansos de 30 segundos entre series y cinco minutos entre ejercicios. La carga será del 20 % de la RM con el objetivo de maximizar las adaptaciones musculares y garantizar la seguridad del paciente.

La presión oclusión se pondrá gracias a un manguito de BFR que se colocará en el tercio proximal del fémur de la extremidad intervenida.

Además, diferentes estudios clínicos han demostrado que la aplicación del BFR en contextos postquirúrgicos de rodilla es segura y bien tolerada, siempre que se respeten los criterios de selección y monitorización adecuados (19,35).

Cada sesión tendrá una duración aproximada de 90 minutos, comenzando con diez minutos de terapia manual centrada en la movilidad de la rodilla, con el objetivo de alcanzar, principalmente, la extensión máxima de rodilla (en caso de no haberse conseguido aún), así como la flexión. Posteriormente se realizarán ejercicios activos (ANEXO 1) en el siguiente orden (33,36):.

- Prensa unilateral: La paciente se colocará en la prensa, en posición sentada, realizando un movimiento de empuje anterior con rango completo de flexo-extensión de rodilla.
- Hip thrust con barra: En posición sedente en el suelo, con la espalda apoyada en un banco y una barra a nivel de la cadera, la paciente deberá realizar una extensión de cadera empujando la barra hacia el techo, en un movimiento propio del ejercicio hip thrust.

- Extensión de rodilla unilateral en cadena cinética abierta (90°–30°): La paciente se colocará en posición sedente en la máquina de extensión de rodilla, con la espalda apoyada en el respaldo y los tobillos fijados bajo el rodillo acolchado. Desde esta posición, realizará una extensión de rodilla mediante la contracción del cuádriceps, elevando la carga hasta alcanzar 30° de flexión del miembro inferior.
- Flexión de rodilla en cadena cinética abierta (90°–30°): Se realizará en la misma máquina, partiendo desde una posición de 30° de flexión de rodilla, ejecutando el movimiento mediante contracción de la musculatura isquiotibial hasta alcanzar los 90° de flexión
- Step-up progresivo (con peso del cuerpo): El ejercicio de step up se realizará utilizando un escalón de 20 cm de altura. La paciente comenzará en posición de pie frente al step y ascenderá colocando un pie sobre la plataforma, realizando una extensión de rodilla y cadera del miembro inferior de apoyo hasta alcanzar la posición erguida
- A partir de la cuarta semana se añadirá el ejercicio de step down: Una vez en la posición elevada, el descenso se realizará de forma controlada con la pierna lesionada, evitando la aparición de dolor.

Ambos grupos seguirán el mismo protocolo de rehabilitación, con la misma RM (33), diferenciándose únicamente en la aplicación del BFR, reservada exclusivamente al grupo intervención.

Seguridad y criterios de retirada

Durante toda la investigación el investigador 1 deberá registrar y comunicar al traumatólogo cualquier complicación para la seguridad de los pacientes. Se retirará inmediatamente el BFR a los pacientes si tienen dolor intolerable (>7/10), perdida de pulso distal persistente tras desinflado, palidez o cianosis distal, parestesias nuevas que no remiten en 30 min, signos de trombosis venosa (dolor intenso, edema progresivo) o cualquier evento adverso grave.

Aspectos Éticos

El proyecto será enviado para su aprobación al Comité Ético de Investigación Clínica de Cantabria (CEIm). Además, se ha diseñado esta propuesta de investigación siguiendo los principios éticos establecidos en la Declaración de Helsinki, las normas de buena práctica

clínica y la legislación vigente en materia de protección de datos. A todos los participantes del estudio se les proporcionará la Hoja de Información (ANEXO 2), donde se les informará sobre los objetivos, métodos, beneficios y posibles riesgos del estudio, así como las molestias que puedan surgir durante la investigación, y el Consentimiento Informado (ANEXO 3).

Confidencialidad y anonimato

Los datos personales serían tratados siguiendo el Reglamento (UE) 2016/679 de Protección de Datos (RGPD) y la Ley Orgánica 3/2018 del 5 de diciembre (LOPDGDD). Las participantes serán identificadas mediante códigos alfanuméricos, garantizando el anonimato y la confidencialidad de la información. Los datos del cuestionario serán completamente anónimos y no permitirán la identificación de las participantes.

Riesgos y beneficios

El uso de Restricción del Flujo Sanguíneo (BFR) se realizaría con presiones a 80% de la AOP, siguiendo las recomendaciones de seguridad del consenso internacional. Los riesgos asociados son mínimos y reversibles (molestia, hormigueo), y serán supervisados por fisioterapeutas cualificados. Los beneficios podrían incluir una recuperación más eficiente de la fuerza y prevención de la atrofia muscular.

Plan de trabajo:

El presente proyecto de investigación tiene prevista una duración total de 22 meses, abarcando desde la fase de planificación hasta la redacción final del manuscrito científico. Se prevé, por lo tanto, que el estudio se lleve a cabo entre el 1 de octubre de 2025 y 30 de agosto de 2027. Esto se puede ver en la tabla que figura más adelante (figura 1).

En primer lugar, se desarrolló una fase de revisión bibliográfica, comprendida entre el día 1 de octubre y el 31 de diciembre de 2025. Durante este tiempo se realizó una búsqueda exhaustiva de literatura científica actualizada sobre la rehabilitación tras intervención quirúrgica de reconstrucción de LCA, entrenamiento de fuerza en etapas tempranas y la aplicación del método BFR. La base de datos utilizada para la búsqueda fue PUBMED.

La etapa de planificación del estudio comenzó al final de la rigurosa búsqueda bibliográfica. Este periodo se comprendió entre enero y junio de 2026. Esta fase comprende la planificación

y organización de los recursos materiales, humanos y temporales requeridos para el desarrollo del estudio. Se planificaron todos los pasos a seguir, se redactó la versión definitiva del protocolo clínico, se revisaron los documentos informativos dirigidos a las participantes y se prepararon los materiales necesarios para la recogida de datos. Posteriormente se ultimaron detalles más técnicos como el diseño de plantillas de registro y la validación de los instrumentos utilizados posteriormente en el estudio. Por último, todo el proceso de información de objetivos y procedimiento del estudio fue documentado y fue puesto a disposición del IDIVAL para su posterior aprobación y poder ir al siguiente paso. Se estima que el plazo de aprobación puede transcurrir durante el mes de julio y agosto de 2026.

Durante el mes de julio y agosto de 2026 se prevé la fase de aprobación ética y preparación logística del estudio. Después de este periodo, durante el mes de septiembre, se organizarán los aspectos logísticos necesarios para el inicio del estudio. Se revisará la estandarización de las mediciones y se preparará el material clínico.

Una vez obtenida la autorización ética y los aspectos logísticos organizados, se iniciará la fase de reclutamiento de participantes, prevista entre el 1 de octubre y el 30 de enero de 2027. Durante este periodo se contactará con clubes de fútbol femenino regionales, consultas médicas, clínicas de fisioterapia deportiva y con la RFCF. Las potenciales participantes recibirán información detallada sobre el estudio y serán incluidas tras firmar el consentimiento informado y cumplir los criterios de selección.

A su vez, se llevará a cabo la fase central del estudio, correspondiente a la aplicación de la intervención clínica, que comenzará en la misma fecha y terminará el 30 de marzo de 2027. Durante este periodo se aplicará el programa de rehabilitación de seis semanas de duración descrito en el protocolo. Se realizarán las evaluaciones iniciales y finales, así como el seguimiento de posibles incidencias o efectos adversos que tengan lugar durante esta fase.

Tras finalizar las intervenciones, se llevará a cabo la fase de recogida final de datos, su procesamiento y análisis estadístico entre el 1 de abril y el 15 de junio de 2027. Durante este periodo se revisará la base de datos clínica, se comprobará la calidad de los registros y se enviará el cuestionario online a las participantes para recoger información adicional sobre su experiencia rehabilitadora.

Se utilizará software especializado para analizar las diferencias entre grupos, la evolución de las variables y los tamaños del efecto. A su vez, los datos cualitativos del cuestionario serán analizados mediante un enfoque descriptivo y temático.

Finalmente, entre el 16 de junio y el 30 de agosto de 2027, se realizará la redacción del manuscrito final y la preparación del trabajo para su defensa y posible publicación científica en The Lancet, Journal of Sports Sciences y Reahbilitation Journal.

Etapa	Duración	Descripción
Revisión bibliográfica	Octubre 2025 – diciembre 2025	Análisis de estudios previos sobre BFR para fundamentar teóricamente el estudio.
Planificación del estudio	Diciembre 2025 – junio 2026	Definición del diseño, variables, criterios de inclusión/exclusión y preparación del material.
Aprobación ética	Julio 2026 – agosto 2026	Tramitación con el comité ético y cumplimiento de aspectos legales.
Preparación logística	Septiembre 2026	Organización de recursos, materiales y planificación de participantes.
Ejecución del estudio	Octubre 2026 – marzo 2027	Aplicación de la intervención terapéutica según protocolo.
Recogida y análisis de datos	abril 2027 – junio 2027	Registro de variables clínicas y resultados. Tratamiento estadístico e interpretación de resultados.
Redacción final	Mayo 2027 – junio 2027	Elaboración del manuscrito y preparación para defensa/publicación.

Figura 1: Tabla de las fechas del proyecto

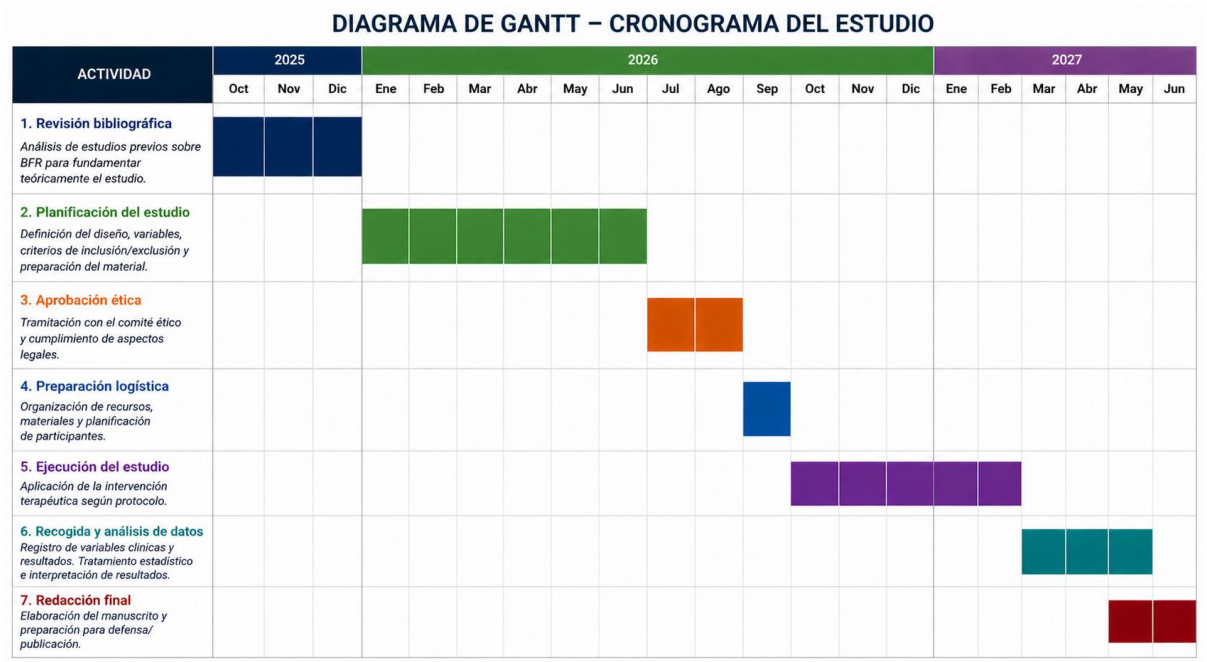


Figura 2. Diagrama de Gantt.

Discusión:

La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) es una de las lesiones de rodilla más complicadas y lenta de recuperar. Volver a practicar deporte después de una patología de este tipo supone un verdadero reto, ya que existe un alto riesgo de nuevas complicaciones o recaídas (1). Por eso, es fundamental realizar una rehabilitación completa, bien planificada y adaptada a cada fase del proceso de recuperación para acompañar al paciente de la mejor manera posible.

Además, en los últimos años, el entrenamiento con BFR ha demostrado ser una herramienta con un gran potencial en la rehabilitación del LCA. Sin embargo, todavía faltan protocolos específicos (19), sobre todo dirigidos a mujeres, lo que limita la creación de estrategias de tratamiento basadas en la evidencia. Este aspecto, que se intenta mejorar con este estudio, es especialmente relevante, ya que las mujeres presentan una mayor predisposición a sufrir lesiones de este tipo.

Con este protocolo se espera un aumento de la fuerza del cuádriceps y de los isquiotibiales, una disminución de la atrofia de la pierna y una disminución del dolor (37). Coincidirá con los resultados de la revisión sistemática sobre la utilización del BFR en personas sanas (38) y en personas que tienen reconstrucción de LCA (39). Asimismo, se espera un mejor control de la rodilla operada, con una disminución, una vez vuelto al deporte, del riesgo de lesión secundaria.

Estos hallazgos no concuerdan con lo reportado por Devana SK en su estudio sobre el entrenamiento con y sin restricción del flujo sanguíneo (BFR) en atletas tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA), en el que se señala que, a largo plazo, el tratamiento convencional en deportistas presenta mejores resultados en comparación con el uso de BFR (40).

Como fortalezas, este estudio se trata de un trabajo innovador, al centrarse en una población femenina, tradicionalmente infrarrepresentada en la literatura científica, a pesar de evidenciar un mayor riesgo de lesión del LCA debido a factores biomecánicos y neuromusculares específicos (41). También se evalúan múltiples variables (fuerza funcional, del cuádriceps, de los isquiotibiales, dolor, ROM, atrofia muscular), lo que proporciona una información amplia a la hora de conocer los resultados de esta técnica. Asimismo, el cegamiento del evaluador permite evitar la influencia sus expectativas, contribuyendo a la reducción los sesgos de medición, al aumento la objetividad y, por consiguiente, a la mejora la validez del estudio.

En cuanto a las debilidades del estudio, cabe destacar la ausencia de cegamiento de las participantes, lo que puede influir en los resultados, dado que las pacientes son conscientes a todo momento del tipo de tratamiento que les están dando. Además, la edad de las pacientes y el número de entrenamiento semanal que hacían, pueden también influir en la recuperación de la lesión y entonces falsear los resultados. También la manera de obtener la RM de la pierna lesionada no sería totalmente exacta ya que podría haber diferencias de fuerzas entre la pierna sana y la lesionada. Por último, los resultados del estudio se miden solo a corto plazo y no se podrá saber si esta intervencion habrá mejorado o no la recuperación a largo plazo, una vez la vuelta al deporte.

Si la hipótesis se confirmarse, este estudio permitiría aportar un buen complemento a la literatura existente sobre este tema a la vez que le incorporará un enfoque novedoso. También el uso del BFR para la reeducación de una lesión de LCA permitiría complementar el tratamiento clásico limitando la perdida de fuerza y trofismo de la pierna durante las fases tempranas tras la operación. Asimismo, el protocolo del estudio presentaría una aplicabilidad práctica de fácil implementación, incorporando ejercicios y parámetros específicos que optimizan y facilitan la utilización del BFR por parte de los profesionales de la salud, con un material accesible y poco caro (42).

De cara a futuras líneas de investigación, sería relevante ampliar el seguimiento temporal de las participantes con el fin de evaluar los efectos del entrenamiento con restricción del flujo

sanguíneo (BFR) a medio y largo plazo, especialmente en relación con el retorno al deporte y la prevención de recaídas. Asimismo, resultaría de interés evaluar si el uso del BFR en fases más avanzadas de la rehabilitación podría favorecer la mejora del rendimiento y el retorno al deporte de las deportistas.

Por otro lado, futuros estudios deberían incluir muestras más amplias y heterogéneas, incorporando diferentes niveles competitivos y comparando poblaciones masculinas y femeninas, con el objetivo de mejorar la generalización de los resultados. También sería pertinente investigar la aplicación del BFR en combinación con otros enfoques terapéuticos, como el entrenamiento neuromuscular o programas de prevención de lesiones.

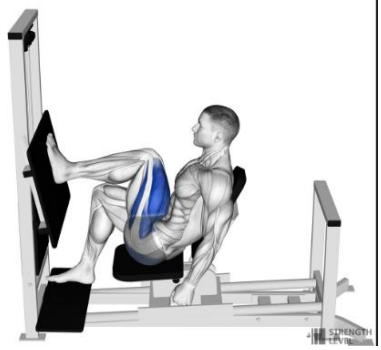
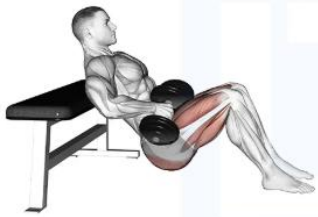
Además, se recomienda profundizar en la estandarización de los parámetros de aplicación del BFR, como la presión de oclusión, la duración de las sesiones o la progresión de cargas, con el fin de establecer protocolos clínicos más precisos y basados en la evidencia (43). Finalmente, la inclusión de variables relacionadas con la percepción del paciente, la adherencia al tratamiento y la calidad de vida permitiría obtener una visión más completa del impacto de esta intervención en el proceso de rehabilitación.

Conclusión

En conclusión, este estudio pretende evaluar la eficacia del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR) como complemento al tratamiento convencional en la rehabilitación tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en mujeres futbolistas, con el objetivo de mejorar la recuperación de la fuerza muscular y reducir la atrofia en fases tempranas sin aumentar el dolor. Se espera que los resultados contribuyan a optimizar los protocolos de fisioterapia y respalden la incorporación de esta técnica en la práctica clínica, aportando evidencia específica en una población aún poco estudiada y favoreciendo intervenciones más eficaces, seguras e individualizadas.

Anexos

ANEXO 1.

Prensa unilateral	Hip trust	Extensión de rodilla
		
Flexión de rodilla	**Step up**	**Step down**
		

ANEXO 2.

HOJA DE INFORMACION AL PACIENTE

TÍTULO DEL ESTUDIO: Protocolo de estudio de comparación entre Tratamiento Convencional y Tratamiento con Restricción del Flujo Sanguíneo (BFR) en la Rehabilitación Tras Reconstrucción del LCA en Mujeres Futbolistas.

INVESTIGADORA RESPONSABLE DEL ESTUDIO: Vanhoute Antoine Jesús Roiz Piñera

INTRODUCCIÓN

Nos dirigimos a usted para informarle sobre un estudio de investigación en el que se le invita a participar. El estudio ha sido aprobado por el Comité Ético de Investigación Clínica correspondiente y respeta la normativa vigente.

Nuestra intención es proporcionarle información adecuada y suficiente para que pueda evaluar y juzgar si quiere o no participar en el estudio. Para ello lea con atención esta hoja informativa y luego podrá preguntar cualquier duda que le surja relativa al estudio. Además, puede consultar con cualquier persona que considere oportuno.

PARTICIPACIÓN VOLUNTARIA

Debe saber que su participación en este estudio es voluntaria y puede decidir no participar. En caso de que decida participar en el estudio puede cambiar su decisión y retirar su consentimiento en cualquier momento, sin que por ello se altere la relación con su médico y sin que se produzca perjuicio alguno en su tratamiento.

DESCRIPCIÓN GENERAL DEL ESTUDIO

Se realizará un ensayo clínico aleatorizado controlado con dos grupos: un grupo de intervención que recibirá BFR y ejercicio terapéutico, y un grupo control que recibirá solo ejercicio terapéutico. Se evaluará a los participantes en cuanto al dolor, la atrofia muscular, la fuerza muscular del cuádriceps, la activación muscular y el rango de movimiento: antes del tratamiento, a las 3 semanas y al final del tratamiento (6 semanas).

BENEFICIOS Y RIESGOS DERIVADOS DE SU PARTICIPACIÓN EN EL ESTUDIO

Beneficios de la participación en el estudio.

Se espera mejorar el conocimiento científico relativo a el tratamiento de la rehabilitación del ligamento cruzado anterior post reconstrucción y puede que otros pacientes se beneficien en el futuro.

Es posible que se beneficie del nuevo tratamiento experimental si se demuestra que es más eficiente que el habitual.

Riesgos de la participación en el estudio.

Si el ensayo es aleatorizado quiere decir que se decide al azar el tratamiento por lo que cabe la posibilidad de no recibir el tratamiento experimental. Sin embargo, puede ocurrir que, tras recibir la intervención, tanto experimental como habitual, presente alguno de los siguientes efectos adversos:

- TVP
- Dolor
- Perdida del pulso distal
- Hematomas
- Parestesias
- Infección

En caso de presentar cualquier efecto adverso, por favor comuníquelo a su médico del estudio.

Tendrá que acudir a las visitas previstas en el estudio y someterse a las pruebas complementarias previstas en el protocolo del estudio.

Si se considera que seguir participando puede suponer un riesgo para su salud puede retirarle del mismo aún sin su consentimiento.

CONFIDENCIALIDAD

El procesamiento de los datos personales se realizará según el Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos, y las correspondientes leyes locales.

Los datos recogidos para el estudio estarán identificados mediante un código de forma que no sea posible la identificación del paciente. Sólo el investigador y personas autorizadas relacionadas con el estudio tendrán acceso a dicho código y se comprometen a usar esta información exclusivamente para los fines planteados en el estudio. Los miembros del Comité Ético de Investigación Clínica o Autoridades Sanitarias pueden tener acceso a esta información en cumplimiento de requisitos legales. Se preservará la confidencialidad de estos datos y no podrán ser relacionados con usted, incluso aunque los resultados del estudio sean publicados.

Fecha y Firma:

ANEXO 3.

CONSENTIMIENTO INFORMADO

TÍTULO DEL ESTUDIO: Protocolo de estudio de comparación entre Tratamiento Convencional y Tratamiento con Restricción del Flujo Sanguíneo (BFR) en la Rehabilitación Tras Reconstrucción del LCA en Mujeres Futbolistas.

INVESTIGADOR PRINCIPAL: Vanhoute Antoine y Jesús Roiz Piñera

D./Dña._____
(Nombre y apellidos del paciente en MAYÚSCULAS)

He leído y comprendido la hoja de información que se me ha entregado sobre el estudio arriba indicado.

He recibido suficiente información sobre el estudio.

He realizado todas las preguntas que he precisado sobre el estudio.

He hablado con el Dr./Dra.

…… con quien he clarificado las posibles dudas.

Comprendo que mi participación es voluntaria.

Comprendo que puedo retirarme del estudio:

- Cuando quiera
- Sin dar explicaciones
- Sin que repercuta en mis cuidados médicos

Comprendo que la información personal que aporto será confidencial y no se mostrará a nadie sin mi consentimiento.

Comprendo que mi participación en el estudio implica autorizar al fisioterapeuta a realizar las técnicas indicadas en la hoja de información.

Y presto libremente mi conformidad para participar en el estudio.

Firma del investigador firma del paciente

Fecha _____ (la fecha debe estar cumplimentada de puño y letra por el paciente)

----------REVOCACIÓN DEL CONSENTIMIENTO:

Yo, D./Dña. _____ retiro el consentimiento otorgado para mi participación en el estudio arriba citado.

Fecha y firma:

Bibliografía

1. Ortiz-Sánchez D, Bravo-Sánchez A, Ramírez-delaCruz M, Abián P, García-Sánchez C, Abián-Vicén J. Epidemiology of Anterior Cruciate Ligament Injuries in the Top 5 European Football (Soccer) Leagues. Orthop J Sports Med. 1 de enero de 2026;14(1). doi:10.1177/23259671251400766
2. Pulici L, Certa D, Zago M, Volpi P, Esposito F. Injury Burden in Professional European Football (Soccer): Systematic Review, Meta-Analysis, and Economic Considerations. Clinical Journal of Sport Medicine. Lippincott Williams and Wilkins; 2023. p. 450-7. doi:10.1097/JSM.0000000000001107 PubMed PMID: 36730365.
3. Ferré-Aniorte A, Bolibar I, Cugat R, Alentorn-Geli E. Anterior cruciate ligament injury incidence in male and female soccer players: A longitudinal study over six consecutive seasons. Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy. 1 de diciembre de 2025;33(12):4426-34. doi:10.1002/ksa.70046 PubMed PMID: 40977611.
4. Pereira Mateu A. Return to sport following anterior cruciate ligament injury in female athletes: A Systematic review. Vol. 2025. 2025(2):13-26.
5. Lin CY, Casey E, Herman DC, Katz N, Tenforde AS. Sex Differences in Common Sports Injuries. PM and R. Elsevier Inc.; 2018. p. 1073-82. doi:10.1016/j.pmrj.2018.03.008 PubMed PMID: 29550413.
6. Connan P, Ravelojaona M, Grémeaux V, Rossi J, Edouard P. Sex differences in thigh muscles characteristics: A systematic review. Swiss Sports and Exercise Medicine. 2019;67(1):49-59. doi:10.34045/ssem/2019/7
7. Ptasinski AM, Dunleavy M, Adebayo T, Gallo RA. Returning Athletes to Sports Following Anterior Cruciate Ligament Tears. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. Springer; 2022. p. 616-28. doi:10.1007/s12178-022-09782-3
8. Noh SG, Ahn A, Davi SM, Lepley LK, Kwon OS. Quadriceps muscle atrophy after non-invasive anterior cruciate ligament injury: evidence linking to autophagy and mitophagy. Front Physiol. 2024;15. doi:10.3389/fphys.2024.1341723
9. Failla MJ, Arundale AJH, Logerstedt DS, Snyder-Mackler L. Controversies in knee rehabilitation. Anterior cruciate ligament injury. Clinics in Sports Medicine. W.B. Saunders; 2015. p. 301-12. doi:10.1016/j.csm.2014.12.008 PubMed PMID: 25818715.
10. Foley A, Confino J, Halvorson R, Petrie K, Torres A, Feeley B. Return To Sport Following ACL Reconstruction. Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. Springer; 2025. p. 599-610. doi:10.1007/s12178-025-09989-0
11. Grindem H, Snyder-Mackler L, Moksnes H, Engebretsen L, Risberg MA. Simple decision rules can reduce reinjury risk by 84% after ACL reconstruction: The Delaware-Oslo ACL cohort study. Br J Sports Med. 1 de julio de 2016;50(13):804-8. doi:10.1136/bjsports-2016-096031 PubMed PMID: 27162233.

12. Hong IS, Pierpoint LA, Hellwinkel JE, Berk AN, Salandra JM, Meade JD, et al. Clinical Outcomes After ACL Reconstruction in Soccer (Football, Futbol) Players: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Health. 1 de noviembre de 2023;15(6):788-804. doi:10.1177/19417381231160167 PubMed PMID: 36988238.
13. Wu J, Kator JL, Zarro M, Leong NL. Rehabilitation Principles to Consider for Anterior Cruciate Ligament Repair. Sports Health. SAGE Publications Inc.; 2022. p. 424-32. doi:10.1177/19417381211032949 PubMed PMID: 34344237.
14. Noailles T, Behr J, Bouguennec N, Geffroy L, Tourtoulou C, Meyer A. Postoperative Weight-Bearing, Range-of-Motion Protocols and Knee Biomechanics After Concomitant Posterolateral Meniscal Root Repair with ACL Reconstruction: A Systematic Review. J Clin Med. 9 de enero de 2026;15(2):542. doi:10.3390/jcm15020542
15. Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood flow restriction exercise position stand: Considerations of methodology, application, and safety. Frontiers in Physiology. Frontiers Media S.A.; 2019. doi:10.3389/fphys.2019.00533
16. Miller BC, Tirko AW, Shipe JM, Sumeriski OR, Moran K. The systemic effects of blood flow restriction training: A systematic review. International Journal of Sports Physical Therapy. North American Sports Medicine Institute; 2021. p. 978-90. doi:10.26603/001c.25791
17. Davids CJ, Næss TC, Moen M, Cumming KT, Horwath O, Psilander N, et al. Acute cellular and molecular responses and chronic adaptations to low-load blood flow restriction and high-load resistance exercise in trained individuals. J Appl Physiol. 1 de diciembre de 2021;131(6):1731-49. doi:10.1152/japplphysiol.00464.2021 PubMed PMID: 34554017.
18. He C, Zhu D, Hu Y. Physiological adaptations and practical efficacy of different blood flow restriction resistance training modes in athletic populations. Frontiers in Physiology. Frontiers Media SA; 2025. doi:10.3389/fphys.2025.1683442
19. Butt J, Ahmed Z. Blood Flow Restriction Training and Its Use in Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review and Meta-Analysis. Journal of Clinical Medicine. Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI); 2024. doi:10.3390/jcm13206265
20. Erickson LN, Owen MK, Casadonte KR, Janatova T, Lucas K, Spencer K, et al. The Efficacy of Blood Flow Restriction Training to Improve Quadriceps Muscle Function after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. Med Sci Sports Exerc. 1 de febrero de 2025;57(2):227-37. doi:10.1249/MSS.0000000000003573 PubMed PMID: 39350350.
21. Ellison TM, Flagstaff I, Johnson AE. Sexual Dimorphisms in Anterior Cruciate Ligament Injury: A Current Concepts Review. Orthopaedic Journal of Sports Medicine. SAGE Publications Ltd; 2021. doi:10.1177/23259671211025304

22. Tennent DJ, Hylden CM, Johnson AE, Burns TC, Wilken JM, Owens JG. Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study [Internet]. 2016. Disponible en: www.cjsportmed.com
23. Lin CY, Casey E, Herman DC, Katz N, Tenforde AS. Sex Differences in Common Sports Injuries. PM and R. Elsevier Inc.; 2018. p. 1073-82. doi:10.1016/j.pmrj.2018.03.008 PubMed PMID: 29550413.
24. Lim CY, In J. Randomization in clinical studies. Korean J Anesthesiol. 1 de junio de 2019;72(3):221-32. doi:10.4097/kja.19049 PubMed PMID: 30929415.
25. Garcia D, de Sousa Neto IV, de Souza Monteiro Y, Magalhães DP, Ferreira GML, Grisa R, et al. Reliability and Validity of a Portable Traction Dynamometer in Knee-Strength Extension Tests: An Isometric Strength Assessment in Recreationally Active Men. Healthcare (Switzerland). 1 de mayo de 2023;11(10). doi:10.3390/healthcare11101466
26. KNAPIK JJ, STAAB JS, HARMAN EA. Validity of an anthropometric estimate of thigh muscle cross-sectional area. Medicine &amp Science in Sports &amp Exercise. diciembre de 1996;28(12):1523-30. doi:10.1097/00005768-199612000-00013
27. Rios-Escalante C, Albán-Fernández S, Espinoza-Rojas R, Saavedra-Garcia L, Barengo NC, Guerra Valencia J. Diagnostic Performance of the Measurement of Skinfold Thickness for Abdominal and Overall Obesity in the Peruvian Population: A 5-Year Cohort Analysis. Int J Environ Res Public Health. 1 de diciembre de 2023;20(23). doi:10.3390/ijerph20237089 PubMed PMID: 38063518.
28. anthropometric_estimation_of_muscle_mass_in_men.27.
29. Sung YT, Wu JS. The Visual Analogue Scale for Rating, Ranking and Paired-Comparison (VAS-RRP): A new technique for psychological measurement. Behav Res Methods. 1 de agosto de 2018;50(4):1694-715. doi:10.3758/s13428-018-1041-8 PubMed PMID: 29667082.
30. Gajdosik RL, Bohannon RW. USA). Mr. Bohannon is Associate Professor, Program in Physical Therapy, Univer-sity of Connecticut, School of Allied Health Professions, PO Box U-101, 358 Mansfield Rd. Vol. 67. 2000.
31. Kocaman H, Alkan H, Yetiş M, Canli M, Kuzu Ş, Özüdoğru A. Five-times sit-to-stand test following anterior cruciate ligament surgery: a cross-sectional reliability study. Malawi Medical Journal. 11 de octubre de 2023;35(3):177-82. doi:10.4314/mmj.v35i3.7 PubMed PMID: 38362290.
32. Haddock B, Hansen SK, Lindberg U, Nielsen JL, Frandsen U, Aaagard P, et al. Physiological responses of human skeletal muscle to acute blood flow restricted exercise assessed by multimodal MRI. J Appl Physiol. 1 de octubre de 2020;129(4):748-59. doi:10.1152/japplphysiol.00171.2020 PubMed PMID: 32853108.
33. Jack RA, Lambert BS, Hedt CA, Delgado D, Goble H, McCulloch PC. Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL

Reconstruction. Sports Health. 1 de mayo de 2023;15(3):361-71. doi:10.1177/19417381221101006 PubMed PMID: 35762124.
34. Distasio TJ. Validation of the Brzycki and Epley Equations for the 1 Repetition Maximum Back Squat Test in Division I College Football Players [Internet]. Disponible en: http://opensiuc.lib.siu.edu/gs_rp
35. Li X, Li J, Qing L, Wang H, Ma H, Huang P. Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. BMC Musculoskelet Disord. 1 de diciembre de 2023;24(1). doi:10.1186/s12891-023-06483-x PubMed PMID: 37158913.
36. Cavanaugh JT, Powers M. ACL Rehabilitation Progression: Where Are We Now? Current Reviews in Musculoskeletal Medicine. Humana Press Inc.; 2017. p. 289-96. doi:10.1007/s12178-017-9426-3 PubMed PMID: 28791612.
37. Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakamura S. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate liga-ment reconstruction. Acta Orthop Scand. 2003.
38. Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. Journal of Science and Medicine in Sport. Elsevier Ltd; 2016. p. 669-75. doi:10.1016/j.jsams.2015.09.005 PubMed PMID: 26463594.
39. García-Rodríguez P, Pecci J, Vázquez-González S, Pareja-Galeano H. Acute and Chronic Effects of Blood Flow Restriction Training in Physically Active Patients With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: A Systematic Review. Sports Health. SAGE Publications Inc.; 2024. p. 820-8. doi:10.1177/19417381231208636 PubMed PMID: 37946502.
40. Devana SK, Solorzano CA, Vail J, Jackson N, Pham D, Jones KJ. Outcomes of Blood Flow Restriction Training After ACL Reconstruction in NCAA Division I Athletes. Orthop J Sports Med. 1 de mayo de 2024;12(5). doi:10.1177/23259671241248589
41. Hewett TE, Myer GD, Ford KR, Heidt RS, Colosimo AJ, McLean SG, et al. Biomechanical measures of neuromuscular control and valgus loading of the knee predict anterior cruciate ligament injury risk in female athletes: A prospective study. American Journal of Sports Medicine. abril de 2005;33(4):492-501. doi:10.1177/0363546504269591 PubMed PMID: 15722287.
42. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. Sports Medicine. Springer International Publishing; 2018. p. 361-78. doi:10.1007/s40279-017-0795-y PubMed PMID: 29043659.

43. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. Journal of Science and Medicine in Sport. Elsevier Ltd; 2016. p. 360-7. doi:10.1016/j.jsams.2015.04.014 PubMed PMID: 26118847.