

TRABAJO DE FIN DE GRADO

GRADO EN FISIOTERAPIA



**UNIVERSIDAD
DE ALMERÍA**

EFICACIA DE LA RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO JUNTO AL EJERCICIO DE FUERZA EN EL TRATAMIENTO DE PATOLOGÍAS MUSCULOESQUELÉTICAS DE RODILLA. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA.

EFFICACY OF BLOOD FLOW RESTRICTION TOGETHER WITH STRENGTH
EXERCISE IN THE TREATMENT OF MUSCULOSKELETAL PATHOLOGIES OF
THE KNEE. LITERATURE REVIEW.

AUTOR

D. Iván Gil Morales

DIRECTOR

Prof. D. Juan José González Gerez.



Facultad de
Ciencias de la Salud
Universidad de Almería

Curso Académico
2020/2021
Convocatoria
Mayo

ÍNDICE

1. Resumen.....	
2. Introducción.....	1
3. Objetivos.....	7
3.1 Objetivo general	7
3.2 Objetivos específicos.....	7
4. Metodología	8
4.1 Diseño	8
4.2 Criterios de inclusión.....	8
4.3 Criterios de exclusión	8
4.4 Estrategia de la búsqueda	9
4.5 Extracción y gestión de datos.....	9
4.6 Evaluación del nivel de evidencia	9
4.7 Clasificación de los artículos	10
5. Resultados.....	12
6. Discusión	20
7. Conclusiones	24
8. Limitaciones del estudio	25
9. Bibliografía	26

1. RESUMEN.

Introducción: Las patologías musculoesqueléticas representa un gran motivo de consulta en el día a día por su gran variedad de signos y síntomas así como por la discapacidad que pueden llegar a provocar en numerosos casos. En cuanto al tratamiento, existe una gran variedad de posibles programas de rehabilitación con el propósito de otorgar una buena calidad de vida a las personas que las padecen. El objetivo principal de esta revisión consiste en comprobar la eficacia de la aplicación de la técnica de restricción del flujo sanguíneo junto a un programa de ejercicios como posible tratamiento alternativo a estas patologías.

Metodología: Se llevó a cabo una revisión de la bibliografía existente en diferentes bases de datos como PubMed, PeDro o Web Of Science. Tras ello, se aplicaron los distintos criterios de inclusión y exclusión y se procedió a analizar los estudios seleccionados.

Resultados: Finalmente, un total de 9 artículos se incluyeron en el estudio, de los cuales 4 pertenecían a estudios relacionados con rotura de ligamento cruzado anterior mientras que otros 5 con la osteoartritis de rodilla, con el fin de observar los beneficios tanto en una patología traumática como degenerativa.

Conclusión: Según el análisis de los resultados de los artículos seleccionados, en esta revisión bibliográfica se puede afirmar que la aplicación de esta opción de tratamiento puede llegar a tener numerosos beneficios relacionados con el dolor y la funcionalidad de los pacientes mejorando así la calidad de vida.

Palabras claves: “Ejercicio”; “Patología musculoesquelética”; “Rehabilitación”; “Restricción flujo sanguíneo”; “Rodilla”.

ABSTRACT.

Introduction: Musculoskeletal pathologies represent a great reason for consultation on a daily basis due to their great variety of signs and symptoms as well as the disability they can cause in many cases. As for treatment, there is a wide variety of possible rehabilitation programs with the purpose of providing a good quality of life to the people who suffer from them. The main objective of this review is to check the efficacy of the application of the blood flow restriction technique together with an exercise program as a possible alternative treatment for these pathologies.

Methodology: A review of the existing literature was carried out in different databases such as PubMed, PeDro or Web Of Science. After this, the different inclusion and exclusion criteria were applied and the selected studies were analyzed.

Results: A total of 9 articles participated in the study, of which 4 belonged to studies related to anterior cruciate ligament rupture while another 5 to knee osteoarthritis, with the aim of observing the benefits in both a traumatic and degenerative pathology.

Conclusion: According to the analysis of the results of the selected articles, this bibliographic review approves that the application of this treatment option can have numerous benefits related to pain and functionality and, consequently, with respect to the quality of life of the patients.

Palabras claves: “Blood-flow restriction”; “Exercise”; “Knee”; “Musculoskeletal disorders”; “Rehabilitation”.

2. INTRODUCCIÓN.

De acuerdo con la Organización Mundial de la Salud (2004), los trastornos musculoesqueléticos (TME) se entienden como “los problemas de salud del aparato locomotor, es decir, de músculos, tendones, huesos, cartílagos, ligamentos y nervios. Lo que significa que incluye todo tipo de dolencias, desde pequeñas molestias leves y pasajeras hasta lesiones irreversibles con cuadros clínicos más graves e inclusive pueden convertirse en lesiones discapacitantes”.¹

El término Trastornos Músculo Esqueléticos o Desórdenes Músculo Esqueléticos, la Guía de Atención Integral Basada en la Evidencia para Desórdenes Músculo esqueléticos (2006), lo define como “entidades comunes y potencialmente discapacitantes, pero aun así prevenibles, que comprenden un amplio número de entidades clínicas específicas que incluyen enfermedades de los músculos, tendones, vainas tendinosas, síndromes de atrapamientos nerviosos, alteraciones articulares y neurovasculares”.²

Los TME se puede observar en cualquier parte del cuerpo, sin embargo, existen algunas zonas con más predominio que otras en cuanto a la aparición de estos trastornos como son el cuello, espalda, hombros, codos, muñeca y rodillas.³

En el marco de los trastornos musculo esqueléticos se pueden diferenciar dos tipos de lesiones⁴:

1. Lesiones Agudas: son consecuencia de la realización de un movimiento brusco, breve e intenso, ocasionando una alteración estructural y funcional de la zona afectada.⁴⁴
2. Lesiones Crónicas: son ese tipo de alteraciones producidas tras un esfuerzo permanente y mantenido en el tiempo que pueden llegar a ocasional dolor y una disfunción progresiva.⁴

Dentro de los signos y síntomas principales de los TME podemos encontrar dolor asociado a inflamación, pérdida de masa muscular así como de fuerza muscular, limitación del rango articular y limitación funcional de la parte del cuerpo afectada, dificultando o impidiendo la realización de algunos movimientos.⁵

En cuanto a los factores de riesgo predisponentes para la formación de un TME se puede afirmar que se trata de un origen multifactorial, con particular importancia de algunas variables individuales como el historial clínico, la edad, sexo (estudios afirman que el sexo femenino tiene mayor prevalencia a la hora de desarrollar patologías degenerativas como la artrosis de rodilla), obesidad (Índice de Masa Corporal >26) y otros hábitos tóxicos como el tabaquismo.⁴

Por otra parte, también existen otro tipo de variables que influyen como puede ser el tipo de oficio desarrollado, deportes a elevado nivel, posturas inadecuadas, movimientos repetitivos, alteraciones biomecánicas como una alineación irregular de la articulación de la rodilla así como lesiones previas.

Los factores de riesgos recientemente mencionados quedan recogidos en la siguiente tabla:

Tabla 1. Variables que contribuyen a la aparición de un TME.

Factores individuales	Factores físicos
• Historial clínico	• Actividad física
• Estado de salud/capacidad física	• Aplicación de fuerzas/cargas
• Edad	• Posturas
• Sexo	• Movimientos repetitivos
• Obesidad	• Alteraciones biomecánicas
• Hábitos tóxicos (tabaquismo)	• Oficio desarrollado

En el ámbito de la fisioterapia musculoesquelética, el dolor y las lesiones en el complejo articular de la rodilla son muy frecuentes ya que esta articulación juega un papel fundamental y básico en la transmisión de la carga de peso del cuerpo. La incidencia de las diferentes patologías musculoesqueléticas difiere según la edad del individuo. Las lesiones en los tejidos blandos predominan en la edad infantil y en la adolescencia. Con el aumento de la edad, la práctica del deporte y la profesión, tienen mayor incidencia las lesiones traumáticas. Dentro de la población que practica deporte, el dolor patelofemoral representa la forma más común de trastorno musculoesquelético. Finalmente, en la población de mayor edad, la incidencia de dolor de rodilla puede

llegar a ser mucho mayor con un predominio creciente de los trastornos degenerativos como la artrosis.⁶

Dentro de las diversas patologías recientemente comentadas, nos centramos principalmente en dos de ellas para evaluar la eficacia del Blow Flood Restriction (BFR) o restricción del flujo sanguíneo junto al ejercicio aeróbico como son la rotura de ligamento cruzado anterior (LCA) y la osteoartritis (OA) de rodilla para así tener la posibilidad de ver los efectos en una patología traumática y otra degenerativa.

LCA.

El ligamento cruzado anterior juega un papel fundamental en la articulación de la rodilla proporcionando tanto estabilidad estática (bipedestación) como dinámica (correr o caminar). La principal función de esta estructura es impedir la traslación anterior de la tibia respecto al fémur en un plano sagital.⁷

La rotura del LCA es una lesión muy común en la articulación de la rodilla que afecta principalmente a personas jóvenes y físicamente activas con una incidencia de 68.6 casos por cada 100.000 al año.⁸

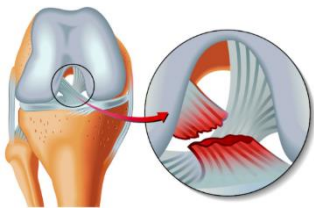


Imagen 1. Ilustración rotura ligamento cruzado anterior en rodilla.

En cuanto a la etiología de la lesión, en torno al 70% de los casos se produce por un mecanismo indirecto, principalmente por un movimiento de desaceleración repentina asociada a un cambio de dirección, giro o aterrizaje con la rodilla en extensión tras un salto. El 30% restante de los casos de afectación o rotura del ligamento cruzado anterior se producen por mecanismo directo (traumático) en la que se aplica una fuerza en la cara anterior de la pierna con la pierna fijada.⁹

En la rotura del LCA la lesión aguda se caracteriza por un dolor intenso en la zona y un sonido en forma de chasquido en el momento en el que se produce la lesión. El paciente puede presentar dolor, hinchazón, hemartrosis (hemorragia en el espacio articular), inestabilidad de la rodilla y una amplitud de movimiento limitada y dolorosa así como

una debilidad muscular en los grupos musculares relacionados con la rodilla, especialmente en cuádriceps o recto anterior.⁷

Por otra parte, en este tipo de lesiones, tan solo en el 10% de los casos se ve afectado únicamente el LCA, mientras que en el resto de casos está asociado a una afectación de otra estructura articular adyacente como pueden ser los meniscos o el cartílago articular.⁹

Finalmente, tras una rotura del LCA se puede optar por dos vías de intervención, un tratamiento conservador (sin intervención quirúrgica) mediante fisioterapia que consiste principalmente en el uso de crioterapia (hielo), cinesiterapia pasiva, empleo de ortesis, electroterapia para estimular la musculatura afectada y ejercicios de fortalecimiento y equilibrio. Sin embargo, en la mayoría de casos se aplica el tratamiento quirúrgico con el que se busca la sutura del ligamento afecto posteriormente seguida de un tratamiento de rehabilitación.⁹

La rehabilitación consta de un programa de tres fases progresivas¹⁰:

- Una fase aguda que comprende el momento inmediatamente después de producirse la lesión o la intervención quirúrgica semanas en la que el objetivo principal es disminuir la inflamación presente y restaurar la amplitud de movimiento
- Una fase de recuperación que es de tres a seis semanas aproximadamente cuyo objetivo es aumentar la fuerza de los miembros inferiores así como la estabilidad.
- Por último, está la fase funcional, de las seis semanas en adelante, en la que se centra en devolver al paciente a la actividad normal que realizaba anterior a la lesión además de disminuir el riesgo de recidiva.

OSTEOARTRITIS.

La osteoartritis se define como un grupo heterogéneo de afecciones que producen un conjunto de síntomas y signos articulares asociados a una defectuosa e irregular integridad del cartílago articular, además de a modificaciones relacionadas con el hueso subyacente y los márgenes articulares.¹¹



Imagen 2. Ilustración osteoartritis de rodilla.

En cuanto a su prevalencia e incidencia de esta enfermedad, la OA es considerada un problema para la salud pública debido a su gran presencia en la población mundial, llegando a padecerla un 15% de la misma mayor de 60 años de edad. Dentro de este porcentaje, algunos estudios han demostrado que la OA en los hombres es más frecuente encontrarla en la rodilla derecha (23%) que en la izquierda (16.3%), mientras que su distribución es más equitativa en el sexo femenino con una presentación del 24,2% en la rodilla derecha y un 24,7% en la izquierda.¹¹

La etiología de la OA se puede dividir en dos grupos diferentes ¹²:

- Primaria: Idiopática, de causa desconocida.
- Secundaria: Esta es debida a diversas causas como un posible traumatismo, malformación congénita, alteración biomecánica (varo/valgo), causa metabólica o alteraciones endocrinas como el hipertiroidismo o la acromegalia.

Los signos y síntomas que se pueden presentar en esta patología son aquellos comunes y aplicables a prácticamente cualquier patología musculoesquelética de la rodilla. Entre ellos encontramos dolor, pérdida/disminución de la funcionalidad y otros síntomas como crepitaciones y aumento sensibilidad al frío y/o calor.¹²

En relación al tratamiento de la OA, actualmente no existe una cura definitiva para ella a pesar de que su fisiopatología es perfectamente conocida.

El objetivo principal del tratamiento será tratar los signos y síntomas de esta patología así como disminuir y frenar su progresión. Dentro de las diferentes posibilidades de tratamiento se encuentran la fisioterapia, farmacología, órtesis y ortopedia y, finalmente la intervención quirúrgica.¹³

Por tanto, en una patología traumática como una lesión de ligamento cruzado anterior como en una lesión degenerativa como la osteoartritis crónica de rodilla, la debilidad y atrofia del cuádriceps y de la musculatura posterior del miembro inferior está presente.¹⁴

El “American College of Sports Medicine “recomienda una mínima carga de entrenamiento de resistencia del 60% al 70% de una repetición máxima (1 RM) con el objetivo de ganar fuerza y del 70% al 85% de 1 RM para conseguir hipertrofia muscular.¹⁵

Sin embargo, entrenar con estas cargas tan altas puede no ser posible muchas veces o incluso puede ser perjudicial en rodillas artrósicas dolorosas. Muchos estudios han demostrado la persistencia de debilidad de la musculatura meses o incluso años después de una reconstrucción de LCA, impidiendo el retorno a una actividad lo más parecida posible a la que se realizaba anteriormente a la lesión.¹⁶

Recientemente, muchos estudios están explorando el empleo de la técnica de restricción de flujo sanguíneo (blood flow-restricted) junto al entrenamiento aeróbico con cargas de resistencia baja (alrededor del 30% del 1 RM) en individuos que no son capaces de tolerar cargas de altas intensidades.¹⁷

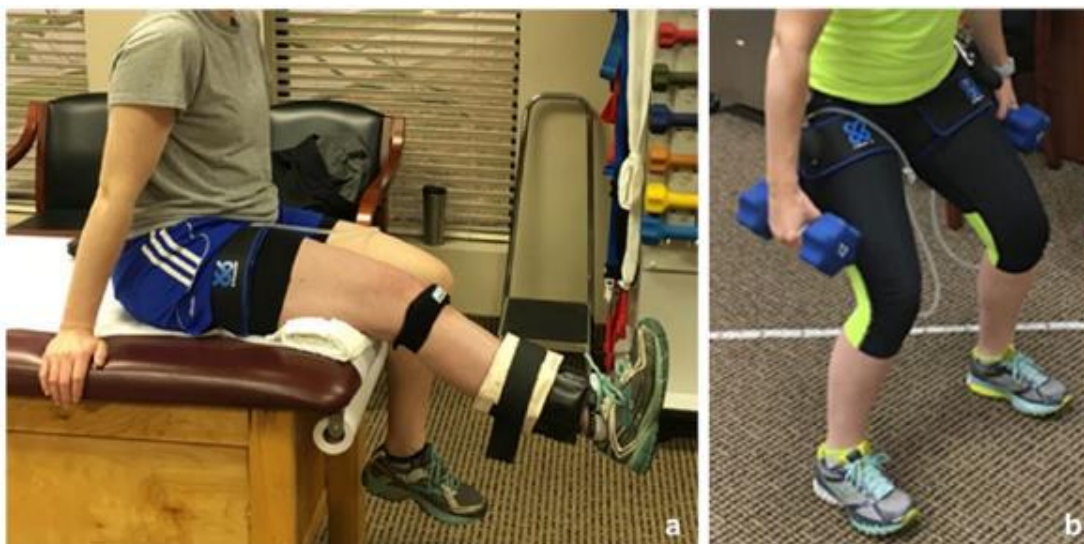


Imagen 3. Ilustración de BFR.

Esta técnica mencionada consiste en una reducción del aporte sanguíneo a un músculo o grupo muscular a través de la aplicación de un dispositivo externo de constricción, que consiste en un manguito de presión arterial, con el objetivo de proporcionar una compresión mecánica de la vascularización subyacente. El fin de la BFR se aplica con

la idea de promover la acumulación de sangre en los lechos capilares de la musculatura distal al torniquete.¹⁸

Fisiológicamente, durante la aplicación de la BFR, se provoca una isquemia e hipoxia muscular que provoca altos niveles de estrés metabólicos que, unida a la tensión mecánica propia de la aplicación de la BFR y al ejercicio aeróbico se han descrito como “factores primarios de hipertrofia”, los cuales activan otros mecanismos para inducir un crecimiento muscular. Estos mecanismos propuestos por diversas teorías son: una elevada producción de hormonas sistémicas, inflamación celular, producción de especies reactivas de oxígeno (ROS), la síntesis anabólica/anticatabólica intramuscular y el aumento del reclutamiento de fibras de contracción rápida.¹⁹

No obstante, en la actualidad todo esto se trata de hipótesis y teorías y su identificación pragmática y específica, así como de la magnitud de la implicación de la BFR en la producción de hipertrofia requiere de una mayor exploración y estudios para demostrar su real evidencia.

Por tanto, ¿qué beneficios puede llegar a tener la aplicación de la BFR combinada con el ejercicio aeróbico en diferentes patologías musculoesqueléticas de rodilla?

3. OBJETIVOS.

3.1 Objetivo general.

Analizar la literatura científica para comprobar la eficacia de la aplicación de la restricción del flujo sanguíneo junto al ejercicio aeróbico de baja intensidad en diferentes patologías musculoesqueléticas del complejo articular de la rodilla.

3.2 Objetivos específicos.

- Identificar los beneficios funcionales de la técnica de restricción del flujo sanguíneo en pacientes con trastornos musculoesqueléticos en la rodilla.
- Investigar acerca de cuál es la intensidad del ejercicio aeróbico que puede llegar a ser más beneficiosa para el paciente combinándolo con la restricción del flujo sanguíneo.
- Verificar si este tratamiento alternativo es más efectivo y beneficioso que otros tratamientos para los trastornos musculoesqueléticos de la rodilla.

- Comprobar que esta forma de tratamiento es aplicable y beneficiosa tanto para patologías traumáticas como degenerativas dentro de las patologías musculoesqueléticas.

4. MATERIAL Y MÉTODOS.

4.1 Diseño.

La metodología escogida es una revisión bibliográfica de la literatura actual existente. Para llevar a cabo esta investigación, se ha realizado una búsqueda sobre los artículos y estudios relacionados con el tratamiento de las patologías musculo esqueléticas de la rodilla mediante la técnica de restricción del flujo sanguíneo y el ejercicio aeróbico, así como los beneficios de ambas técnicas en dichas patologías.

4.2 Criterios de inclusión.

- Tipo de artículo: Los artículos seleccionados debían ser ensayos clínicos controlados y aleatorizados (ECAs). Asimismo, estos estudios debían haber sido publicados desde el año 2010 hasta la actualidad para una mayor especificidad en cuanto a la actualidad del tema a tratar. Por otra parte, también se tuvo en cuenta el idioma en el que estos artículos estaban publicados. Dentro de los idiomas elegibles para la inclusión de los artículos en este estudio encontramos el inglés así como el español.
- Tipo de participantes: Los artículos debían tener como participantes a sujetos mayores de 18 años y que presentasen diagnóstico de rotura de ligamento cruzado anterior y/u osteoartritis.
- Nivel de evidencia de los artículos: Los artículos debían tener una puntuación igual o mayor a 5 sobre 10 en la escala PeDro.
- Tipo de intervención: Los artículos debían aplicar las técnicas de las cuáles se quiere comprobar su eficacia. Por tanto, estos debían aplicar el BFR y ejercicio aeróbico de manera conjunta en la intervención del grupo experimental.

4.3 Criterios de exclusión.

En cuanto a los criterios de exclusión de artículos:

- No se permitieron la inclusión de estudios cuasi-experimentales, descriptivos o de protocolo.

- Artículos en los cuales se le aplica la intervención principal y a estudiar al grupo control.
- Artículos cuyos participantes sean menores de edad y no presenten diagnóstico de rotura de ligamento cruzado anterior y/u osteoartritis.

4.4 Estrategia de la búsqueda.

Se buscó en las diferentes bases de datos ofrecidas por la Biblioteca Nicolás Salmerón de la Universidad de Almería, entre las que se utilizaron: PEDRO, WEB OF SCIENCE Y PUBMED. Las palabras clave utilizadas para el desarrollo de la búsqueda fueron: “Blood Flow Restriction”; “Musculoskeletal disorders” “Rehabilitation; “Physiotherapy”; “Exercise”; “Knee” combinadas con el operador booleano (AND), adaptadas a las características de las diferentes bases de datos utilizadas.

4.5 Extracción y gestión de datos.

Para el análisis de los datos de los diferentes artículos se elaboró una tabla de forma estandarizada en la que se incluía el autor y año de publicación, el número de participantes así como la edad de los mismos, el diagnóstico de cada uno de ellos, el tipo de intervención que se llevó a cabo tanto en el grupo control como en el experimental, el número y duración de las sesiones llevadas a cabo además del seguimiento y finalmente las variables que se medían con sus correspondientes resultados.

4.6 Evaluación del nivel de evidencia.

Utilizamos los criterios de la escala PeDro para evaluar la calidad metodológica de cada uno de los artículos seleccionados. Se analizó cada ítem de la escala mencionada con el fin de constatar si los ensayos elegidos para el análisis de resultados en este estudio eran lo suficientemente válidos como para ello.

Los ítems eran: Criterio de elegibilidad, Asignación aleatoria, Asignación oculta, Comparabilidad de la línea de base, Sujetos ciegos, Terapeutas ciegos, Evaluadores ciegos, Seguimiento adecuado, Análisis por intención de tratar, Comparaciones entre grupos, Estimaciones puntuales y variabilidad.

4.7 Clasificación de artículos.

Siguiendo y aplicando esta estrategia de búsqueda junto a los criterios de inclusión y exclusión, de todos los artículos encontrados en las diferentes bases de datos ya mencionadas, se seleccionaron 9 de ellos para el estudio.

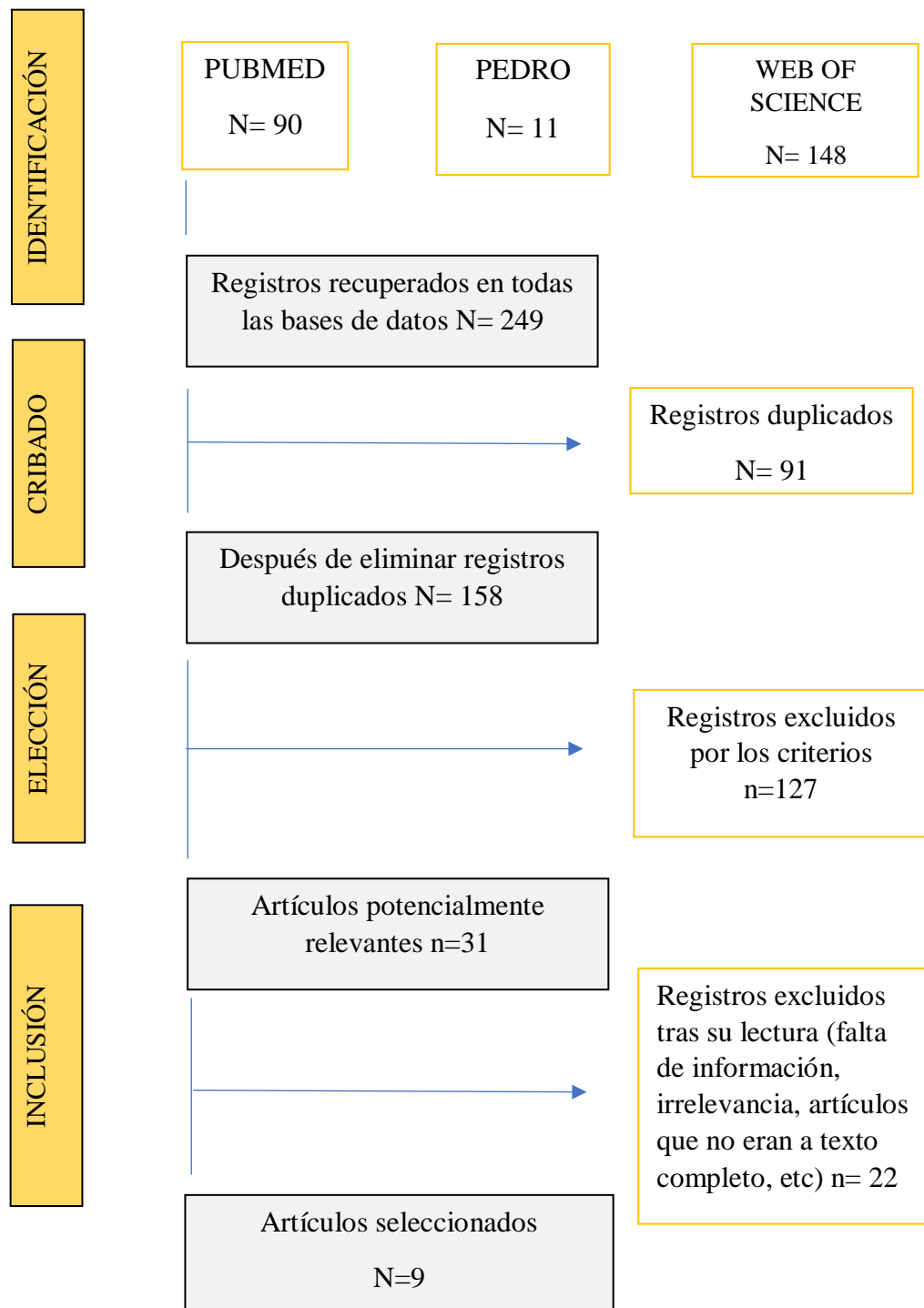


Figura 1. Diagrama de flujos de selección de estudios.

Tabla 2. Escala PeDro de los artículos seleccionados.

Estudio	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Total
Hughes et Al. ²⁰ (2019)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	7/10
Hugues et Al. ²¹ (2019)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	7/10
Lipket et Al. ²² (2019)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	No	No	Si	Si	6/10
Hughes et Al. ²³ (2018)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	7/10
Segal et Al. ²⁴ (2014)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	7/10
Segal et Al. ²⁵ (2015)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	7/10
Harper et Al. ²⁶ (2019)	Si	Si	No	Si	No	No	Si	No	Si	Si	Si	6/10
Bryk et Al. ²⁷ (2016)	Si	Si	Si	Si	No	No	Si	No	No	Si	Si	6/10
Ferráz et Al. ²⁸ (2018)	Si	Si	No	Si	No	No	Si	Si	No	Si	Si	6/10

Índice escala PeDro: 0. Eligibility criterio, 1. Random allocation, 2. Concealed allocation, 3. Baseline comparability 4. Blind subjects, 5. Blind therapists, 6. Blind

assessors, 7. Adequate follow-up, 8. Intention-to-treat análisis, 9. Between-group comparisons, 10. Point estimates and variability.

Nota: El criterio 0 no contribuye al recuento total de la puntuación de un artículo.

5. RESULTADOS.

Una vez obtenidos los artículos en las diferentes bases de datos y tras eliminar todos aquellos que estaban duplicados así como tras tener en consideración los diferentes criterios de inclusión para el presente estudio, hemos obtenido un total de 9 artículos tal y como se observa en la figura número 1.

Hughes et Al.²⁰ llevó a cabo un estudio en el año 2019 en los que citó a un total de 28 pacientes con una media de edad de 29 años y diagnóstico de rotura de ligamento cruzado anterior de la rodilla. Para ello, dividió la muestra en dos grupos, grupo control y grupo experimental, que diferían en el tipo de intervención aplicada. La intervención del grupo control consistía en un calentamiento aeróbico en bicicleta durante 5 minutos seguido de un programa de ejercicios de prensa unilateral a lo largo de un ROM de 0-90° al 70% de 1RM mientras que el grupo experimental siguió un protocolo consistente en un calentamiento de 5 minutos y ejercicios de prensa al igual que el grupo control siendo en este caso al 30% de 1RM junto a la aplicación de BFR al 80% de la presión arterial de las extremidades. Esta intervención se llevó a cabo mediante 2 sesiones semanales durante 8 semanas tras la cual se valoró tanto el dolor de rodilla como el dolor muscular mediante la escala visual analógica (EVA), además de la percepción de esfuerzo que experimentaban los pacientes tras el proceso de intervención con la escala Borg. Los resultados de este estudio fueron una disminución significativa del dolor de rodilla y un aumento del dolor muscular en el grupo experimental mientras que no hubo diferencias en relación a la percepción del esfuerzo.

Por otra parte, en otro estudio realizado por Hughes et Al.²¹ y escrito asimismo en el año 2019, valoró el rango de dolor de rodilla mediante la escala Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Pain Scale con un intervalo de 0-100, el rango de movimiento (ROM) con un goniómetro, la laxitud ligamentosa de rodilla (KT-1000 knee ligament arthrometer) y la funcionalidad la misma escala que con la que midió el dolor. Para ello, cogió una muestra con las mismas características que en el estudio

anterior en cuanto al número de participantes y la edad media de ellos. Además, aplicó la misma intervención descrita en el artículo anterior tanto en el grupo control como en el experimental. Los resultados de este estudio fueron un aumento de la funcionalidad, aumento del ROM, menor laxitud ligamentosa aunque muy poco significativa y menos dolor de rodilla en el grupo experimental. Todo ello evaluado al finalizar las 8 semanas de tratamiento.

Lipker et Al.²² estudió a un grupo de 44 personas con una media de edad de 29 años, todos ellos con atrofia del cuádriceps tras rotura de ligamento cruzado anterior. En ellos valoró el volumen muscular del músculo cuádriceps midiendo la sección transversal del musculo (CSA) con T1 MRI desde un plano axial.

Para ello, dividió la muestra en dos grupos de 22 personas a los que se le aplicaron un tipo de intervención según el grupo al que pertenecían realizando 2 sesiones semanales durante 14 semanas a partir de la 2ª semana post intervención quirúrgica. El grupo control siguió un programa de rehabilitación dirigido a miembros inferiores cuyos ejercicios consistían en elevaciones de piernas, abducción de la articulación de la cadera, aducción de la articulación de la cadera, medias sentadillas, escalones, flexión resistida de la rodilla con tubo elástico y ejercicios de marcha con flexión de rodilla. Se pidió a los sujetos que realizaran 20 repeticiones de cada ejercicio, 2-3×/día. El grupo experimental realizó el mismo programa de ejercicios junto a la aplicación de BFR a una presión de 180 mmHg.

Al finalizar las 14 semanas de seguimiento se demostró un aumento significativo de la sección transversal del musculo en el grupo experimental.

Hughes et Al.²³ en el año 2018, analizó a un grupo de 30 personas divididas en 3 grupos de 10 personas cada uno. Un grupo formado por pacientes sin rotura de ligamento cruzado anterior (Non Injured NI) sometidos a un programa de ejercicios de baja intensidad con la aplicación de BFR (NI-BFR). Otro grupo con rotura de ligamento cruzado anterior (Anterior Cruciate Ligament Rupture ACLR) siguiendo un programa de ejercicios de baja intensidad junto a aplicación de BFR (ACLR-BFR) y otro con rotura de ligamento cruzado anterior (Anterior Cruciate Ligament Rupture ACLR) sometidos a un programa de ejercicios de alta carga e intensidad (High Load HL) sin la aplicación de BFR (ACLR-HL). En este estudio, todos los participantes presentaban una media de edad de 29 años

Los 3 grupos fueron sometidos a 3 sesiones semanales durante 10 semanas. Los grupos NI-BFR y ACLR-BFR realizaron un programa de ejercicios de miembros inferiores que consistían en 4 series (30, 15, 15, 15 repeticiones, total 75 repeticiones, 30s de descanso entre series) de ejercicio de prensa de pierna unilateral al 30% 1RM con BFR continuo al 80% de la presión oclusiva de la extremidad. El grupo ACLR-HL realizó 3x10 repeticiones (Total 30 repeticiones, 30s de descanso entre series) de ejercicio de ejercicio de prensa de pierna unilateral al 70% 1RM sin aplicación de BFR.

En todos los grupos se midió el esfuerzo percibido mediante la escala Borg con un intervalo de 6-20, el dolor muscular y de rodilla también con la escala Borg pero con un intervalo de 1-11. Además, se midió la presión arterial sistólica y diastólica (mmHg) en la arteria braquial antes del ejercicio y 5 minutos después del mismo utilizando un tensiómetro ambulatorio Mobil-O-Graph

En cuanto a los resultados, la sensación de esfuerzo fue mayor en el grupo ACLR-BFR en comparación con la NI-BFR. El dolor muscular fue mayor en NI-BFR y ACLR-BFR en comparación con ACLR-HL. El dolor de rodilla fue menor en la ACLR-BFR en comparación con la ACLR-HL. No hubo diferencias en la presión arterial.

Segal et Al.²⁴ propuso averiguar la eficacia del BFR junto al ejercicio de baja intensidad en pacientes con síntomas de padecer osteoartritis de rodilla. Para ello, estudió a un grupo de 40 mujeres con un rango de edad desde los 45 a los 65 años que fueron divididas en dos grupos de 21 personas cada uno a los que se le aplicó un tipo de intervención durante 4 semanas con 3 sesiones semanales. El grupo control siguió un programa de ejercicios de pierna a baja intensidad que consistía en 4 series de prensa de piernas bilateral al 30% de su 1RM. El grupo experimental realizó el mismo programa de ejercicios añadiendo la aplicación de BFR aumentando la presión del mismo progresivamente desde 30 mmHg en la primera sesión hasta 180 mmHg.

En ambos grupos, el autor quiso valorar la fuerza y potencia isotónica en prensa bilateral de piernas mediante un instrumento de prensa neumática de piernas (Keiser A420), el volumen muscular del cuádriceps con Resonancia Magnética (MRI), la fuerza isocinética máxima con un dinamómetro Biodex System 3 198 y el dolor de rodilla con Knee Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). En cuanto a los resultados de este estudio, se detectó un aumento en la fuerza muscular de los extensores de rodilla así como una disminución del dolor en grupo experimental.

Por otra parte, Segal et Al.²⁵ desarrolló otro estudio en el que tomó como muestra a un grupo de 42 hombres con un rango de edad entre 45-90 años que presentaban síntomas de osteoartritis de rodilla. Para llevarlo a cabo, dividió a los participantes en dos grupos de 21 personas a los que se le aplicó el mismo tipo de intervención descrita en el artículo anterior por el mismo autor dependiendo del grupo al que pertenecían, grupo control o experimental. Además, los parámetros sometidos a estudios fueron los mismos mencionados en el anterior estudio así como el tiempo de seguimiento de la intervención.

Sin embargo, los resultados del estudio difirieron. En este caso no se apreció un aumento significativo en la fuerza de prensa de la rodilla y de los extensores de rodilla pero si una disminución importante del dolor con la aplicación de BFR así como un aumento del volumen muscular con la aplicación del mismo.

Harper et Al.²⁶ elaboró un artículo en el año 2019 en el que pretendió valorar la eficacia del BFR en pacientes con osteoartritis de rodilla. Para ello, seleccionó a un grupo de 35 adultos mayores de 60 años de los cuales 19 pertenecían al grupo control mientras que 16 lo hacían al grupo experimental.

Para valorar la eficacia de este método se siguió un plan de intervención que consistía en 3 sesiones semanales durante 12 semanas. Las sesiones destinadas al grupo control comprendían cuatro ejercicios para las extremidades inferiores (prensa de piernas, extensión de piernas, flexión de piernas y flexión de pantorrillas) al 60 % de la 1RM, siguiendo las directrices de ejercicios para personas mayores con OA. Sin embargo, el grupo experimental, es decir, el grupo de entrenamiento de resistencia de baja carga y BFR, realizó los mismos cuatro ejercicios de las extremidades inferiores al 20% de 1RM con la adición de BFR con una presión de 180 mmHg.

En ambos grupos se midieron la fuerza isocinética unilateral de los extensores de la rodilla en el miembro con OA de rodilla, mediante un dinamómetro (Biodex Medical Systems); la velocidad de la marcha, que se evaluó pidiendo a los participantes que caminaran a su ritmo habitual durante 10 vueltas a una pista de 40 metros; el dolor de rodilla a través de la escala visual analógica (EVA) y la función de las extremidades inferiores se midió mediante la Batería Breve de Rendimiento Físico (SPPB).

Los resultados del estudio fueron un aumento de la fuerza de la musculatura extensora en el grupo BFR así como de la funcionalidad a partir de la 12 sesión. También

disminución del dolor articular. No se apreciaron cambios significativos en la velocidad de marcha.

En ambos grupos se midieron la fuerza isocinética unilateral de los extensores de la rodilla en el miembro con OA de rodilla, que se evaluó mediante un dinamómetro (Biodex Medical Systems). La velocidad de la marcha, que se registró pidiendo a los participantes que caminaran a su ritmo habitual durante 10 vueltas a una pista de 40 m. El dolor de rodilla se valoró con una escala visual (EVA). La función de las extremidades inferiores se evaluó mediante la Batería Breve de Rendimiento Físico (SPPB).

El grupo experimental experimentó un aumento de la fuerza de la musculatura extensora, aumento de la funcionalidad a partir de la 12ª sesión y una disminución del dolor articular. No se apreciaron cambios significativos en la velocidad de marcha.

Fernandes Bryk et Al.²⁷ citó a un grupo de 34 personas, todas ellas mujeres, de las cuales 17 pertenecían a un grupo control y otras 17 a un grupo experimental, con una edad media de 61 años y con diagnóstico de osteoartritis de rodilla.

Ambos grupos realizaron 3 sesiones semanales durante 6 semanas. El tipo de intervención que se llevó a cabo para el grupo control fue un programa de fortalecimiento y estiramiento de los cuádriceps de 6 semanas de duración utilizando una carga de alrededor del 70 % del máximo de 1 repetición (RM). El grupo experimental realizó el mismo programa, sin embargo, sólo utilizando una carga en torno al 30 % de la 1-RM, mientras se inducía el BFR. La BFR se consiguió mediante un manguito de presión aplicado en el tercio superior del muslo e inflado a 200 mmHg durante el ejercicio de cuádriceps.

En ambos grupos se midió el dolor, justo después de cada sesión, para lo que se utilizó la Numeric Pain Rating Scale (NPRS) de 11 puntos, en la que 0 correspondía a ningún dolor y 10 al peor dolor imaginable. También se utilizó la prueba Timed-Up and Go (TUG) para evaluar la movilidad física y el equilibrio de los participantes. La contracción voluntaria isométrica máxima del cuádriceps (fuerza muscular), que se evaluó con un dinamómetro de mano (Lafayette Instrument Co) y las molestias en la rodilla durante los ejercicios con NPRS.

En cuanto a los resultados del estudio, al inicio los datos demográficos de fuerza de dolor y de evaluación funcional fueron similares entre los grupos. Los pacientes de los grupos convencional y de oclusión tenían un mayor nivel de función (TUG), menos dolor (NPRS) y mayor fuerza en el cuádriceps en la evaluación de las 6 semanas en comparación con el inicio. Sin embargo, el análisis entre grupos no mostró diferencias para todas las variables de resultados en el postratamiento. Los pacientes del grupo de oclusión experimentaron menos molestias en la parte anterior de la rodilla durante las sesiones de tratamiento que los del grupo de ejercicios de alta carga.

Un programa de rehabilitación que combinó la BFR con ejercicios de baja carga produjo beneficios similares en el dolor, la función y la fuerza del cuádriceps que un programa que utilizó ejercicios convencionales de alta carga en pacientes con osteoartritis de rodilla. Sin embargo, el uso de la BFR combinada con ejercicios de baja carga dio lugar a menos dolor en la parte anterior de la rodilla durante las sesiones de entrenamiento.

Branco Ferráz et Al.²⁸ seleccionó a un grupo de 48 adultos diagnosticados de osteoartritis de rodilla y con una edad comprendida entre 50-65 años para valorar los efectos del BFR junto al ejercicio en este tipo de pacientes durante 12 semanas.

Para ello, dividió la muestra en dos grupos de 24 personas cada uno. Ambos grupos realizaron 2 sesiones semanales que consistía en un programa de ejercicios de alta intensidad dirigido miembros inferiores (80% de 1RM) para el grupo control mientras que el grupo experimental, realizó los mismos ejercicios de las extremidades inferiores al 30% de 1RM con la adición de BFR con una presión de 180 mmHg.

En ambos grupos se analizó la función física, que se midió con el TST (Timed-stand test); el diámetro muscular CSA (Cross sectional área) mediante Imágenes por tomografía computarizada; el dolor y la rigidez, ambas mediante la escala WOMAC (0-4)

Los resultados del estudio concluyeron que el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo y el HI-RT fueron igualmente eficaces para aumentar la fuerza muscular, la masa muscular del cuádriceps y la funcionalidad en pacientes con OA de rodilla. Es importante destacar que el BFRT también fue capaz de mejorar el dolor a la vez que indujo un menor estrés articular.

A continuación, en la tabla 3, se muestra una tabla a modo de resumen de los datos más significativos de cada uno de los artículos descritos anteriormente.

Tabla 3. Cuadro resumen de los artículos científicos seleccionados.

Autor y año	Tamaño y muestra	Edad media	Diagnóstico	Tipo de intervención (GE)	Medidas de resultado	Resultados
Hughes et Al. ²⁰ (2019)	N= 28 GC= 14 GE=14	29 años	Rotura de ligamento cruzado anterior de la rodilla.	Calentamiento aeróbico, 4 series (30, 15, 15 y 15 repeticiones respectivamente) de ejercicios de prensa de pierna a lo largo de un ROM de 0-90° al 30% de 1RM junto a aplicación de BFR al 80% de la presión arterial de las extremidades.	Percepción del esfuerzo dolor de rodilla y dolor muscular.	Disminución significativa del dolor de rodilla GE. Aumento del dolor muscular en GE. No diferencias en cuanto a percepción del esfuerzo.
Hughes et Al. ²¹ (2019)	N= 28 GC= 14 GE= 14	29 años	Rotura de ligamento cruzado anterior de la rodilla	Calentamiento aeróbico, 4 series (30, 15, 15 y 15 repeticiones respectivamente) de ejercicios de prensa de pierna a lo largo de un ROM de 0-90° al 30% de 1RM junto a aplicación de BFR al 80% de la presión arterial de las extremidades.	Dolor de rodilla, el ROM, laxitud ligamentosa de rodilla y funcionalidad.	Aumento de la funcionalidad, aumento del ROM, menor laxitud ligamentosa muy poco significativa y disminución del dolor. Todo en GE.
Lipker et Al. ²² (2019)	N= 44 GC= 22 GE= 22	29 años	Atrofia muscular en el cuádriceps tras rotura de	Programa de ejercicios de pierna y ejercicios de marcha junto a aplicación de	Hipertrofia del músculo cuádriceps.	Aumento significativo de la sección transversal del musculo en el grupo

			ligamento cruzado anterior.	BFR a 180 mmHg.		BFR a partir de la 14 ^o semana.
Hughes et Al. ²³ (2018)	N= 30 GC= 10 (ACLR-HL) GE= 20 * NI-BFR= 10 * ACLR-BFR=10	29 años	Rotura de ligamento cruzado anterior de rodilla.	Programa de ejercicios de piernas 4 series (30, 15, 15, 15 repeticiones, 30s de descanso entre series) al 30% 1RM con BFR continuo al 80% de la presión oclusiva de la extremidad.	Esfuerzo percibido dolor muscular y de rodilla y presión arterial (mmHg).	Aumento sensación de esfuerzo grupo ACLR-BFR. Mayor dolor muscular en NI-BFR y ACLR-BFR. Menor dolor rodilla en ACLR-BFR. No diferencias presión sistólica.
Segal et Al. ²⁴ (2014)	N=40 GC=20 GE=20	45-65 años	Factores de riesgo de osteoartritis de rodilla.	Programa de ejercicios de 4 series de prensa bilateral (30% del 1RM) con adición de BFR desde 30 mmHg hasta 180 mmHg.	Fuerza muscular y dolor de rodilla.	Aumento en la fuerza muscular de los extensores de rodilla y disminución del dolor en grupo experimental.
Segal et Al. ²⁵ (2015)	N=42 GC=21 GE=21	45-90 años	Factores de riesgo de osteoartritis de rodilla.	Programa de ejercicios de 4 series de prensa bilateral (30% del 1RM) con adición de BFR desde 30 mmHg hasta 180 mmHg.	Fuerza muscular y dolor de rodilla.	No aumento significativo en la fuerza muscular de los extensores de rodilla. Sí disminución del dolor en grupo experimental.
Harper et Al. ²⁶ (2019)	N= 35 GC= 19 GE=16	>60 años	Osteoartritis de rodilla.	4 ejercicios para miembros inferiores (prensa de pierna, extensión de pierna, flexión de pierna y flexión de pantorillas) a una intensidad	Fuerza isocinética extensores de rodilla, velocidad de la marcha, dolor de rodilla y funcionalidad	Aumento en la fuerza de la musculatura extensora de rodilla y de la funcionalidad a partir de la 12 ^a sesión en el grupo con BFR.

				del 20% del 1RM con adición de BFR a 180 mmHg.	miembros inferiores.	Disminución del dolor en el grupo BFR. No cambios en la velocidad de la marcha.
Fernandes Bryk et Al. ²⁷ (2016)	N=34 GC=17 GE=17	61 años	Osteoartritis de rodilla.	Programa de ejercicios de fortalecimiento y estiramiento de cuádriceps al 30% del 1RM con aplicación de BFR a 200 mmHg.	Dolor, movilidad física y equilibrio, fuerza muscular del cuádriceps y molestias en la rodilla.	No cambios significativos ni en la funcionalidad ni en la fuerza del cuádriceps entre ambos grupos. Sí disminución significativa del dolor de rodilla en grupo BFR.
Branco Ferraz et Al. ²⁸ (2018)	N=48 GC= 24 GE=24	50-65 años	Osteoartritis de rodilla.	Programa de ejercicios para miembros inferiores al 30% del 1RM junto a BFR a 180 mmHg.	Función física, volumen muscular, dolor y rigidez.	No cambios significativos en cuanto a funcionalidad, volumen muscular y fuerza muscular entre ambos grupos. Menos dolor de rodilla en grupo BFR.

6. DISCUSIÓN.

El abordaje de las patologías musculoesqueléticas de la articulación de la rodilla debe llevarse a cabo mediante un tratamiento multidisciplinar, en la que la fisioterapia juega un papel de gran importancia. La fisioterapia es la base del tratamiento rehabilitador de cualquier lesión de rodilla, haya habido o no cirugía previa. Los masajes, la cinesiterapia pasiva y activa o la electroestimulación son algunas de las técnicas que se utilizan para recuperar los diferentes signos y síntomas que se pueden presentar en este

tipo de patologías durante un periodo que, dependiendo del tipo de lesión y de las características de cada paciente, puede llevar semanas o meses.

No obstante, el tipo de tratamiento fisioterápico así como las pautas establecidas como norma general para el tratamiento de las patologías musculoesqueléticas de la rodilla y, concretamente de la rotura de ligamento cruzado anterior o la osteoartritis, pueden llegar a no tener los resultados deseados. En estos casos, puede llegar a ser necesario aplicar algún tipo de tratamiento alternativo en busca de conseguir esos objetivos que se proponen previamente al inicio del tratamiento.

Por ello, esta investigación tiene como propósito intervenir y ayudar en el proceso de estudio acerca de la eficacia de la aplicación de BFR junto al ejercicio aeróbico o de fuerza en pacientes con problemática en la articulación de la rodilla.

En el caso de rotura de ligamento cruzado anterior, esta patología puede presentar numerosos signos y síntomas característicos, siendo uno de los más importantes el dolor. El dolor constituye una gran preocupación para los pacientes ya que produce una gran limitación en el desarrollo de las actividades de la vida cotidiana.²⁹

Hugues et Al.^{20,21,23} en sus 3 estudios diferentes en pacientes diagnosticados de rotura de LCA ha demostrado que en todos los participantes de la muestra incluidos en el grupo experimental se verificó una disminución del dolor de la propia articulación de la rodilla inmediatamente post intervención y tras completar el tiempo de seguimiento. Sin embargo, esta disminución de dolor articular se vio contrarrestada por el aumento de dolor a nivel muscular en los pacientes sometidos a la aplicación de BFR. No obstante, esta medición del dolor fue llevada a cabo en 3 estudios diferentes realizados por el mismo autor, con el mismo tamaño de muestra y con el mismo tipo de intervención aplicada por lo que estos resultados podrían estar fuertemente influenciados por las características de los participantes así como por la propia intervención. En este sentido, sería necesario completar esta investigación del dolor en roturas de LCA con otros estudios que impliquen una muestra de diferentes características para así verificar esta teoría.

Referente a la sensación de esfuerzo que experimentaban los pacientes a los que se le aplicaba BFR fue estudiada por Hugues et Al. en dos de estudios^{20,23}. En este sentido, se experimentaron diferencias en cuanto a los resultados ya que en uno de sus artículos²⁰ los pacientes no percibieron un aumento de la percepción de esfuerzo mientras que en

otro sí²³. Esto puede ser debido a que en el estudio en el que los pacientes si experimentaron esta sensación, el número de sesiones era de 3 a la semana mientras que en el otro grupo eran 2 sesiones semanales por lo que los pacientes tenían menor tiempo de recuperación entre las sesiones, lo que podría provocar una mayor dificultad a la hora de desarrollar la siguiente sesión y consecuentemente una sensación de esfuerzo mayor ya que el tipo de intervención a la que fue sometida la muestra en los dos estudios fue exactamente la misma en cuanto a tipo de ejercicios y número de series y repeticiones.

El ROM fue otro de los parámetros estudiados por los artículos que participan en la investigación por Hughes et Al.²¹. A pesar de la limitación del estudio de esta medida de resultado ya que no fue evaluada en otro estudio en pacientes con rotura de LCA y por tanto no pudo ser comprobada con otro grupo de participantes con las mismas características, el aumento del ROM en los pacientes del grupo experimental fue muy significativo tras finalizar las 14 semanas de seguimiento en comparación con los grados de movilidad que presentaban estos pacientes en la primera valoración a la que fueron sometidos previo al inicio del tratamiento.

En el caso de rotura de LCA, la hiperlaxitud ligamentosa que puede persistir tras la lesión es otro de los objetivos a tratar en el proceso de rehabilitación.³⁰ Sin embargo, los cambios experimentados entre ambos grupos de estudio estudiados por Hughes et Al.²¹ fueron muy poco significativos.

Finalmente, en la línea de los signos y síntomas que se pueden experimentar tras una rotura de ligamento cruzado anterior, Lipker et Al.²² defiende el empleo de la técnica de BFR como un método muy eficaz para un mayor reclutamiento de fibras musculares y de este modo conseguir una hipertrofia muscular a nivel del cuádriceps. Los resultados defienden un aumento significativo de la sección transversal del músculo en un 86% de los pacientes tras finalizar las 14 semanas de seguimiento en comparación con el pretratamiento, lo que se traduce en una mayor fuerza del músculo. La explicación de este hecho puede ser el efecto que tiene a nivel fisiológico la aplicación del BFR ya que mediante la aplicación de esta técnica se reduce de manera parcial la cantidad de sangre que llega a los tejidos por un tiempo determinado, generando un fenómeno de hipoxia, el cual se asemeja a realizar ejercicio en condiciones anaeróbicas, con las consiguientes respuestas fisiológicas y metabólicas.³¹ Esta ganancia de fuerza está íntimamente asociada a un aumento de la funcionalidad de las personas que sufren esta patología.

En relación a lo mencionado, Hugues et Al.²¹ demuestra un aumento considerable de la funcionalidad en aquellos pacientes a los que se le aplicó el BFR junto al ejercicio aeróbico

Tal y como hemos mencionado anteriormente, el BFR no solo se puede aplicar en roturas de ligamento cruzado anterior ya que puede ser aplicado en muchas otras patologías musculoesqueléticas como es la osteoartritis de rodilla. En este caso, no se trata de una patología traumática sino que es de carácter degenerativo por lo que demuestra las diferentes opciones de aplicación de esta técnica.

En esta línea, Segal et Al.^{24,25} se propuso identificar cuáles eran los beneficios reales que puede llegar a tener esta técnica combinada con la realización de un programa de ejercicios de fuerza para miembros inferiores. En sus dos estudios, el autor llegó a la conclusión de que se producía una disminución significativa del dolor casi en el 100% de sus pacientes al finalizar las semanas de seguimiento. Además, estos resultados se observaron tanto en una muestra en la que solo participan mujeres como en una en la que solo lo hacían hombres, hecho que refuerza considerablemente estas observaciones en cuanto al dolor.

Sin embargo, esta investigación acerca del dolor no solo fue llevada a cabo por Segal et al.^{24,25}, Harper et al.²⁶, Fernandes Bryk et al.²⁷ y Branco Férraz et al.²⁸, en sus respectivos estudios, coincidieron con lo descrito anteriormente en cuanto a las diferencias que experimentaban los participantes de la muestra en relación al dolor. Estos autores volvieron a reafirmar los efectos positivos del BFR junto a un programa de ejercicios experimentando en todos ellos una disminución significativa, siendo aún mayor en el estudio de Harper et al. Esto puede ser debido a que el número de sesiones semanales era de 3 además de realizar un seguimiento de 12 semanas, por lo que fue el estudio que mayor número de sesiones realizó en total.

Al igual que en el caso de la rotura de LCA, la fuerza muscular de los grupos extensores de la rodilla es un aspecto importante a tener en cuenta a la hora de llevar a cabo la rehabilitación. Por una parte, Segal et Al.²⁴ y Harper et Al.²⁶ defendieron el uso a favor de esta técnica en cuanto al aumento de la fuerza muscular ya que tras la evaluación post intervención los integrantes de la muestra obtuvieron una mayor puntuación en la medición de la fuerza muscular. Por el contrario, en otro estudio realizado por Segal et Al.²⁵ en el que en este caso tan solo participaban hombres, además de los estudios de

Branco Ferraz et Al.²⁸ y Fernandes Bryk et Al.²⁷ no se demostró un cambio positivo. En este caso, estos resultados podrían estar influenciados por el sexo de los integrantes de la muestra así como de la edad pues esta era muy heterogénea en comparación de un estudio con otro, comprendidas en un rango de edad desde los 45-50 años hasta incluso los 90 en algunos participantes. En cuanto al tipo de intervención que se llevó a cabo así como tiempo de seguimiento, fue prácticamente idéntico en todos los estudios a pesar de presentar resultados distintos en el dolor. Por tanto, esta variable no influyó en las mediciones obtenidas. En cualquier caso, en ninguno de los estudios se obtuvieron resultados negativos ni disminución de la fuerza en comparación a las mediciones basales que se realizaron previamente al comiendo del tratamiento.

Finalmente, Harper et Al.²⁶ es el único autor que defiende y demuestra una mejora bastante significativa en cuanto a la funcionalidad de sus pacientes. Este hecho, que no se apreció en el resto de estudios, se basa en que el autor aplicó un programa de ejercicios de piernas muy variado, lo realizó a una intensidad mayor que la mayoría de autores y además, llevó a cabo un seguimiento de mayor duración, siendo este factor muy importante para justificar este cambio tan considerable.

7. CONCLUSIÓN.

La aplicación de la técnica de restricción de flujo sanguíneo unida al ejercicio de baja intensidad es una de las diversas opciones de tratamiento a tener en cuenta en el tratamiento de las patologías musculo esqueléticas de la rodilla demostrando su eficacia en la recuperación de los signos y síntomas de este tipo de patologías.

Entre todos los beneficios que puede presentar esta técnica, el más significativo es la disminución del dolor tanto a corto plazo tras su aplicación como a largo plazo.

Además, brinda una mayor fuerza muscular en miembros inferiores proporcionando un mayor nivel de funcionalidad a los pacientes que lo padecen.

Por otra parte, es importante saber que la intensidad que se recomienda llevar a cabo durante la realización de los ejercicios cuando se aplica la BFR deber ser baja, en torno al 30% del 1RM de cada paciente y no realizarlos a una elevada intensidad.

Esta técnica no se puede llegar a considerar más o menos beneficiosa que otro tipo de tratamiento sino que se debe contemplar como otra de las tantas opciones de tratamiento

en caso de que con otro no se obtengan los objetivos propuestos siendo aplicable independientemente del carácter degenerativo o traumático de la patología.

Indiscutiblemente, la BFR unida al ejercicio proporciona múltiples mejoras, lo que se traduce en una mayor calidad de vida para los pacientes, siendo uno de los principales objetivos que se deben perseguir con la fisioterapia. Aun así, la evidencia existente es muy reducida por lo que se insta a seguir indagando en esta línea de la fisioterapia deportiva con el objetivo de afianzar la aplicación de esta técnica tan novedosa.

8. LIMITACIONES DEL ESTUDIO.

Las limitaciones de este estudio se han basado primordialmente en la reducida bibliografía y evidencia científica que existe actualmente en relación al uso del BFR:

- Existe un reducido número de investigaciones que estudien la aplicación de esta técnica en patologías musculoesqueléticas de la rodilla.
- Los tamaños muestrales de los diferentes estudios son reducidos en cuanto a número y heterogéneos en cuanto a la edad.
- No se aclara la duración de las sesiones ni el tiempo de aplicación del BFR recomendado en ninguno de los estudios.
- Los resultados eran evaluados con diferentes escalas dependiendo del estudio, lo que no proporciona una gran especificidad.

9. BIBLIOGRAFÍA.

1. Organización Mundial de la Salud. Trastornos musculoesqueléticos. [Musculosqueletique SP.qxp \(who.int\)](#)
2. Guía de Atención Integral de Salud Ocupacional Basada en la Evidencia para Desórdenes Músculo Esqueléticos (DME). 2006. [Microsoft Word - GATIBE DMEVdef 201206.doc \(epssura.com\)](#)
3. Heintjes EM, Berger MY, Koes BW and Bierma MS. Knee disorders in primary care: design and patient selection of the honeur knee cohort. BMC Musculoskeletal Disorders. 2005; 6(45). DOI: [10.1186/1471-2474-6-45](#)
4. Joven Valenzuela NA. Pontificia Universidad Javeriana. Facultad de enfermería. Bogotá. Revisión Documental: Trastornos Músculo Esqueléticos De Rodilla: Osteoartritis, Tendinitis Y Bursitis De Origen Laboral. 2017. [Tesis.pdf \(javeriana.edu.co\)](#)
5. Romo Cardoso P, Del Campo Balsa T. París. Trastornos musculoesqueléticos en trabajadores sanitarios y su valoración mediante cuestionarios de discapacidad y dolor. Medicina del Trabajo. 2011. [Trastornos musculoesqueléticos en trabajadores sanitarios y su valoración mediante cuestionarios de discapacidad y dolor – SID \(usal.es\)](#)
6. Richardson B. R., Truter P, Blumke R, Russell T. G. Physiotherapy assessment and diagnosis of musculoskeletal disorders of the knee via telerehabilitation. Journal of Telemedicine and Telecare. 2016; 0(0): 1–8. DOI: [10.1177/1357633X15627237](#)
7. Jambo T, Lopes A, Simic M, Gregory D, Ford K, Hewett T et al. The Effects of Injury Prevention Programs on the Biomechanics of Landing Tasks A Systematic Review with Meta-analysis. The American Journal of Sports Medicine. 2018. 46(6): 1492–1499. DOI: [10.1177/0363546517716930](#)
8. Mehl J, Otto A, Baldino J, Achtnich A, Akoto R, Andreas B et al. The ACL-deficient knee and the prevalence of meniscus and cartilage lesions: a systematic review and meta-analysis. Archives of Orthopaedic and Trauma Surgery volumen. 2019; 139(6): 819-841. <https://doi.org/10.1007/s00402-019-03128-4>

9. Van Melick N, Van Cingel E, Brooijmans F, Neeter C, van Tienen T, Hullegie W et al. Evidence-based clinical practice update: practice guidelines for anterior cruciate ligament rehabilitation based on a systematic review and multidisciplinary consensus. *Br J Sports Med* 2016; 50(5): 1506–1515. doi:10.1136/bjsports-2015-095898
10. Monk A.P, Davies L.J, Hopewell S, Harris K, Beard D.J, Price A.J. Surgical versus conservative interventions for treating anterior cruciate ligament injuries (Review). *The Cochrane Library* 2016; 4(4). <https://doi.org/10.1002/14651858.CD011166>
11. Altman R, Asch E, Bloch D, Bole G, Borenstein D, Brandt K et al. Development of criteria for the classification and reporting of osteoarthritis classification of osteoarthritis of the knee. *Arthritis and Rheumatism*. 1986; 29(8): 1039-1049. DOI: [10.1002/art.1780290816](https://doi.org/10.1002/art.1780290816)
12. Michael. J, Schlüter-Brust. K.U, Eysel. P. The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Dtsch Arztebl Int* 2010; 107(9): 152–62. doi:10.3238/arztebl.2010.0152
13. Pollard H, Ward G, Hoskins W, Hardy K: The effect of a manual therapy knee protocol on osteoarthritis knee pain: a randomised controlled trial. *J Can Chiropr Assoc* 2008; 52(4): 229-242. PMID: [19066697](https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/19066697/)
14. Barber-Westin F and Noyes F. Blood Flow–Restricted Training for Lower Extremity Muscle Weakness due to Knee Pathology: A Systematic Review. *Sports Health*. 2019; 11(1): 69-83 <https://doi.org/10.1177/1941738118811337>
15. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc*. 2009; 41(3): 697-708. DOI: [10.1249/MSS.0b013e3181915670](https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e3181915670)
16. Ingersoll C.D, Grindstaff T.L, Pietrosimone B.G, Hart J.M. Neuromuscular consequences of anterior cruciate ligament injury. *Clin Sports Med*. 2008; 27(3): 383-404. DOI: [10.1016/j.csm.2008.03.004](https://doi.org/10.1016/j.csm.2008.03.004)

17. Lixandrão M.E, Ugrinowitsch C, Berton R, et al. Magnitude of muscle strength and mass adaptations between high-load resistance training versus low-load resistance training associated with blood-flow restriction: a systematic review and meta-analysis. *Sports Med.* 2018; 48(2): 361-378. DOI: [10.1007/s40279-017-0795-y](https://doi.org/10.1007/s40279-017-0795-y)
18. Slys J, Stultz J, Burr J.F. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review and meta-analysis. *Journal of Medicine and Medicine in Sport.* 2016; 19(8): 669-675. DOI: [10.1016/j.jsams.2015.09.005](https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005)
19. Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson S.D. Blood Flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *British Journal Sports Medicine.* 2017; 51(13): 1003-1011. DOI: [10.1136/bjsports-2016-097071](https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071)
20. Hughes L, Patterson S.D, 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 [with consumer summary]. *Physical Therapy in Sport.* 2019; (39): 90-98. DOI: [10.1016/j.ptsp.2019.06.014](https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.014)
21. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke 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 [with consumer summary]. *Sports Medicine.* 2019; (49): 1787–1805. DOI: [10.1007/s40279-019-01137-2](https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2)
22. Lipker L.A, Persinger C.A, Michalko B.S, and Durall C. Blood flow restriction therapy versus standard care for reducing quadriceps atrophy after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sport Rehabilitation,* 2019; (28): 897-901. DOI: [10.1123/jsr.2018-0062](https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0062)
23. Hughes L, Rosenblatt B, Haddad F, Gissane C, McCarthy D, Clarke T et al. 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. *Physical Therapy in Sport.* 2018; (33): 54-61. DOI: [10.1016/j.ptsp.2018.07.002](https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.07.002)

24. Neil A. Segal, Glenn N. Williams, Maria C. Davis, Robert B. Wallace, Alan E. Mikesky. Efficacy of Blood Flow–Restricted, Low-Load Resistance Training in Women with Risk Factors for Symptomatic Knee Osteoarthritis. 2014; 7(4): 376–384. DOI: [10.1016/j.pmrj.2014.09.014](https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.09.014)
25. Neil A. Segal, Glenn N. Williams, Maria C. Davis, Robert B. Wallace, Alan E. Mikesky. Efficacy of Blood Flow–Restricted, Low-Load Resistance Training in Men with Risk Factors for Symptomatic Knee Osteoarthritis. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*. 2015;6(3): 160-167. DOI: [10.1177/2151458515583088](https://doi.org/10.1177/2151458515583088)
26. Harper S.A, Roberts L.M, Layne A.S, Jaeger B.C, Gardner A.K, Sibille K.T 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. DOI: [10.3390/jcm8020265](https://doi.org/10.3390/jcm8020265)
27. Fernandes-Bryk F, Curcio dos Reis A, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M et al. Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc*. 2016; (24): 1580–1586. DOI: [10.1007/s00167-016-4064-7](https://doi.org/10.1007/s00167-016-4064-7)
28. Branco Ferraz R, Gualano B, Rodrigues R, Obara Kurimori C, Fuller R, Rodrigues Lima F et al. Physical examination of the knee: a review of the original Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Arthritis Care & Search*. 2018; 55(5): 690-699. <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
29. Malanga G, Andrus S, Nadler S.F, McLean J. Test description and scientific validity of common orthopedic tests. *Archives of Physical Medicine and Rehabilitation*. 2003; 84(4): 592–603. DOI: [10.1053/apmr.2003.50026](https://doi.org/10.1053/apmr.2003.50026)
30. Kruse L.M, Gray B, Wright R.W. Rehabilitation after anterior cruciate ligament reconstruction: a systematic review. *J Bone Joint Surg Am*. 2012; (94): 1737-1748. DOI: [10.2106/JBJS.K.01246](https://doi.org/10.2106/JBJS.K.01246)
31. González Pérez D, Castillo Retamal M, Villena Pereira J. Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre el tejido muscular y

óseo: un estudio piloto. Arch Med Deporte 2020; 37(2): 92-98.
[or03_Gonzales_Perez.pdf \(archivosdemedicinadeldeporte.com\)](#)