



**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA TERAPIA FISICA Y DEPORTIVA**

**“EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESTRICCIÓN DEL FLUJO
SANGUÍNEO EN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO
ANTERIOR”**

Trabajo de Titulación para optar al título de
Licenciadas en Ciencias de la Salud en Terapia Física y Deportiva

Autoras:

Cunalema Cunalema Mónica Estefania
Galarza Chicaiza Vilma Narciza

Tutor:

Dr. Jorge Ricardo Rodríguez Espinosa

Riobamba, Ecuador 2022

DERECHOS DE AUTORÍA

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros **Cunalema Cunalema Mónica Estefania** con CI: 180531291-3 y **Galarza Chicaiza Vilma Narciza** con CI: 180541043-6, autoras del trabajo de investigación titulado: **“EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO EN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 11 de Julio del 2022.



Cunalema Cunalema Mónica Estefania
C.I: 180531291-3



Galarza Chicaiza Vilma Narciza
C.I: 180541043-6

CERTIFICADO DEL TUTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA

CERTIFICADO DEL TUTOR

Yo **Dr. JORGE RICARDO RODRÍGUEZ ESPINOSA**, docente de la carrera de Terapia Física y Deportiva de la Universidad Nacional de Chimborazo, en mi calidad de tutor del proyecto de investigación denominado **EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO EN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR** de las estudiantes **Cunalema Cunalema Mónica Estefanía** y **Galarza Chicaiza Vilma Narciza**, certifico que, una vez realizadas la totalidad de las correcciones el documento se encuentra apto para su presentación y sustentación.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad facultando la interesada hacer uso del presente para los trámites correspondientes.

Atentamente,

Dr. Jorge Ricardo Rodríguez Espinosa

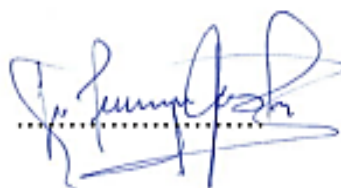
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación "EFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO EN LESIONES DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR" por **Cunalema Cunalema Mónica Estefania** con CI: **180531291-3** y **Galarza Chicaiza Vilma Narciza** con CI: **180541043-6**, bajo la tutoría de Dr. Jorge Ricardo Rodríguez Espinosa; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 06 de julio del 2022

Miembro del Tribunal

Dr. Vinicio Caiza Ruiz



Miembro del Tribunal

Msc. Laura Verónica Guaña Tarco



TUTOR

Dr. Jorge Ricardo Rodríguez Espinosa



CERTIFICADO ANTIPLAGIO



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
COMISIÓN DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO CID
Ext. 1133

Riobamba 03 de junio del 2022
Oficio N° 045-URKUND-CU-CID-TELETRABAJO-2022

Dr. Marcos Vinicio Caiza Ruiz
DIRECTOR CARRERA DE TERAPIA FÍSICA Y DEPORTIVA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
UNACH
Presente.-

Estimado Profesor:

Luego de expresarle un cordial saludo, en atención al pedido realizado por el **Dr. Jorge Ricardo Rodríguez Espinoza**, docente tutor de la carrera que dignamente usted dirige, para que en correspondencia con lo indicado por el señor Decano mediante Oficio N° 1898-D-FCS-TELETRABAJO-2020, realice validación del porcentaje de similitud de coincidencias presentes en el trabajo de investigación con fines de titulación que se detalla a continuación; tengo a bien remitir el resultado obtenido a través del empleo del programa URKUND, lo cual comunico para la continuidad al trámite correspondiente.

| No | Documento número | Título del trabajo | Nombres y apellidos del estudiante | % URKUND verificado | Validación | |
|----|------------------|---|--|---------------------|------------|----|
| | | | | | Si | No |
| 1 | D- 129770641 | Efectos del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo en lesiones del ligamento cruzado anterior | Cunalema Cunalema Mónica Estefanía Galarza Chicaiza Vilma Narciza | 7 | x | |

Atentamente,

CARLOS
GAFAS
GONZALEZ
Firmado digitalmente por CARLOS GAFAS GONZALEZ
Fecha: 2022.06.03
11:01:46 -05'00'

Dr. Carlos Gafas González
Delegado Programa URKUND
FCS / UNACH
C/c Dr. Gonzalo E. Bonilla Pulgar – Decano FCS

Debido a que la respuesta del análisis de validación del porcentaje de similitud se realiza mediante el empleo de la modalidad de Teletrabajo, una vez que concluya la Emergencia Sanitaria por COVID-19 e inicie el trabajo de forma presencial, se procederá a recoger las firmas de recepción del documento en las Secretarías de Carreras y de Decanato.

DEDICATORIA

Dedico la presente investigación a Dios por ser quien me ha bendecido e iluminado cada día y por permitirme cumplir una meta más de mi vida.

A mi madre María que a pesar de la distancia ha sido mi motor principal para luchar y no desfallecer hasta alcanzar mis objetivos.

A mi hermano Medardo quien ha cumplido con el rol de padre y me ha sabido corregir y hacer de mí una persona con un pensamiento maduro.

A mis hermanas Xiomara y Ximena quienes han estado siempre a mi lado y me han brindado su apoyo incondicional.

Finalmente, con todo mi cariño y amor a mis amigos y amigas Eddy, Vilma, Santiago y María que siempre han estado en cada momento de mi vida universitaria motivándome para juntos obtener nuestro título profesional.

MONICA CUNALEMA

Dedico este trabajo principalmente a mis amados padres Víctor Galarza y Aida Chicaiza por su sacrificio y esfuerzo, por darme la herencia más valiosa en mi vida, un título profesional y creer en mi capacidad que a pesar de la distancia siempre han estado brindándome su comprensión, cariño y amor.

A mi hermana Lucia Galarza que con sus palabras de aliento no me dejó decaer para que siga adelante con perseverancia y cumpla con mis ideales y con su cariño infinito.

A mis amigos Mónica, María, Santiago, Eddy y Anderson quienes sin esperar nada a cambio me compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas a lo largo de cada semestre de mi carrera universitaria.

VILMA GALARZA

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, a Dios por haberme dado la oportunidad de culminar una etapa más en vida por la sabiduría, la paciencia y perseverancia para superar obstáculos hasta conseguir mis metas y objetivos.

A mi mamá María, por haberme dado la vida por ser una mujer luchadora que me llena de orgullo por su amor incondicional y enseñanza del verdadero valor de la vida.

A mi hermano Medardo y cuñada Magaly quienes han sido mi modelo a seguir y superar, por ser quienes me han proporcionado todo y cada una de las cosas que he necesitado, por forjar mi carácter, por confiar en mí y estar siempre conmigo a pesar de todo.

Mi más sincera gratitud a mi tutor por su apoyo por la humildad que presentó durante el desarrollo del proyecto, un agradecimiento a la Universidad Nacional de Chimborazo a la carrera de Terapia Física y Deportiva, a mis docentes quienes me han guiado he impartido todos sus conocimientos y experiencias preparándome para ejercer de mejor manera la profesión.

MONICA CUNALEMA

Primero agradezco a Dios por bendecirme con salud y vida, por guiarme por el camino correcto lo que me permitió llegar a mi meta.

Agradezco a mis padres por su apoyo incondicional que me brindaron en el transcurso de la carrera, ya que ellos son el pilar fundamental para cumplir mis objetivos

A mis docentes, los cuales he cosechado las mejores enseñanzas para mi formación personal y profesional, y mi agradecimiento por quien nos guiaron en el desarrollo de este proyecto investigativo con su paciencia y dedicación.

VILMA GALARZA

INDICE GENERAL

| | |
|---|----|
| DERECHOS DE AUTORÍA..... | |
| CERTIFICADO DEL TUTOR..... | |
| CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL..... | |
| CERTIFICADO ANTIPLAGIO..... | |
| DEDICATORIA..... | |
| AGRADECIMIENTO..... | |
| INDICE GENERAL..... | |
| ÍNDICE DE TABLAS..... | |
| RESUMEN..... | |
| ABSTRACT..... | |
| CAPÍTULO I. INTRODUCCION..... | 12 |
| CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO..... | 16 |
| Anatomía del miembro inferior..... | 16 |
| Anatomía del Ligamento Cruzado Anterior..... | 16 |
| Fisiología..... | 17 |
| Evaluación Funcional..... | 17 |
| Mecanismo de Acción..... | 19 |
| Práctica Deportiva..... | 19 |
| Rehabilitación..... | 20 |
| ¡Error! Referencia de hipervínculo no válida. Restricción del flujo sanguíneo..... | 21 |
| Historia..... | 21 |
| Concepto..... | 21 |
| Materiales para la aplicación de BFR..... | 22 |
| Beneficios del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo..... | 26 |
| Indicaciones y contraindicaciones..... | 28 |
| CAPÍTULO III. METODOLOGIA..... | 29 |

| | |
|---|----|
| CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN | 32 |
| RESULTADOS | 32 |
| DISCUSIÓN | 71 |
| CAPÍTULO V..... | 78 |
| CONCLUSIONES..... | 78 |
| RECOMENDACIONES | 78 |
| PROPUESTA | 79 |
| BIBLIOGRAFÍA | 79 |
| ANEXOS | 87 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Parámetros de refuerzo recomendados..... | 22 |
| Tabla 2: Parámetros recomendados de preacondicionamiento isquémico (IPC) | 23 |
| Tabla 3: Artículos Recolectados | 32 |
| Tabla 4: Artículos relevantes en base a los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo aplicados en reconstrucción de ligamento cruzado anterior..... | 42 |
| Tabla 5: Autores que aplicaron la técnica de restricción de flujo sanguíneo en adultos mayores, dolor y patología de rodilla. | 63 |
| Tabla 6: Autores con criterio en común sobre la aplicación de la técnica de restricción de flujo sanguíneo en lesiones pre y post reconstrucción de ligamento cruzado anterior..... | 68 |

ÍNDICE DE DIAGRAMA

| | |
|---|----|
| Gráfico 1: Diagrama de flujo | 31 |
|---|----|

RESUMEN

La investigación fue desarrollada en la modalidad de revisión bibliográfica, el cual tuvo como objetivo analizar los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en pacientes con lesiones del ligamento cruzado anterior. El entrenamiento oclusivo o terapia de restricción de flujo sanguíneo es un método con el que se ocluye parcialmente el flujo arterial y se restringe completamente el flujo venoso basándose en la utilización de un torniquete neumático, el cual es aplicado en la región más proximal de las extremidades superiores o inferiores.

Por otra parte, las lesiones de rodilla han representado el 50% de las lesiones más comunes desarrolladas en la práctica deportiva principalmente en los cambios bruscos que realiza el individuo al intentar cambiar, saltar o detenerse de forma repentina.

La aplicación de la técnica de restricción de flujo sanguíneo en el Ecuador ha sido escasa primordialmente por el desconocimiento de su aplicación, efectos y beneficios en pacientes con lesiones de ligamento cruzado anterior, por lo cual se recolectaron 100 artículos científicos, 35 artículos fueron seleccionados y posteriormente analizados con la escala de Physiotherapy Evidence Database (PEDro), tomando en consideración aquellos que cumplieran una valoración igual o mayor a 6, los artículos de mayor relevancia fueron encontrados en el idioma español, inglés y afrikáans. Los artículos recolectados fueron a partir del año 2011, sin embargo, se optó por seleccionar los más actuales. Terminada la investigación mediante la recolección de información bibliográfica y su respectiva discusión se alcanza el objetivo planteado evidenciando los efectos del entrenamiento en restricción de flujo sanguíneo y su acción en la recuperación en lesiones de ligamento cruzado anterior.

Palabras clave: Entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo, ligamento cruzado anterior, efectos, baja carga.

ABSTRACT

The research was developed in the literature review modality, which aimed to analyze the effects of training with blood flow restriction in patients with anterior cruciate ligament injuries. Occlusive training or blood flow restriction therapy is a method that partially occludes arterial flow and completely restricts venous flow based on the use of a pneumatic tourniquet, which is applied to the most proximal region of the high and low extremities.

On the other hand, knee injuries have represented 50% of the most common injuries developed in sports practice, mainly due to sudden changes made by the individual when trying to change, jump or stop suddenly.

The application of the blood flow restriction technique in Ecuador has been scarce primarily due to the lack of knowledge of its application, effects and benefits in patients with anterior cruciate ligament injuries, for which 100 scientific articles were collected, 35 articles were selected and subsequently analyzed with the Physiotherapy Evidence Database (PEDro) scale, taking into consideration those that met a score equal to or greater than 6, the most relevant articles were found in English and Afrikaans. The articles collected were from the year 2011, however, it was decided to select the most current. After completing the investigation through the collection of bibliographic information and its respective discussion, the stated objective is achieved, evidencing the effects of training on blood flow restriction and its action on recovery anterior cruciate ligament injuries.

Keywords: Blood flow restriction training, anterior cruciate ligament, effects, low load.



REVISOR AUTORIZADO POR
GABRIELA MARIA DE
LA CRUZ FERNANDEZ

Reviewed by:
Gabriela de la Cruz F. Msc
ENGLISH PROFESSOR
C.C. 0603467929

CAPÍTULO I. INTRODUCCION.

La investigación realizada fue de tipo documental, en el cual se ha recopilado y analizado artículos científicos acerca del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo en lesiones de ligamento cruzado anterior. La información fue recolectada de estudios con rigor académico permitiendo obtener datos específicos sobre la lesión de LCA, la técnica y su efecto ante su aplicación dado que el entrenimiento de restricción de flujo sanguíneo ha dado indicios potentes e innovadores como parte del tratamiento en lesiones del ligamento cruzado anterior elevando así las expectativas del deportista, aportando una mayor evidencia sobre su validez.

Los ligamentos son bandas de tejido conectivo fibroso que unen superficies articulares óseas, son flexibles y resistentes. En las áreas centrales de la porción inferior de ligamento cruzado anterior se han observado abundantes fibras elásticas. A su vez se encuentran dos tipos predominantes de mecanorreceptores (corpúsculos de Ruffini y Pacini) y en menor grado nociceptores (fibras nerviosas libres amielínicas). El ligamento cruzado anterior es una de los cuatro ligamentos principales de la rodilla que otorga gran estabilidad y que es completamente intracapsular. (Valderrama, 2017, pág. 161)

El Ligamento Cruzado Anterior (LCA) desempeña un papel importante en la estabilidad de la articulación de la rodilla, su función radica en impedir el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur y en menor medida en controlar la laxitud en varo, valgo y rotación. Según Vaquero Martín J, et al, las lesiones del LCA tienen una prevalencia de alrededor de 0, 30/ 10 000 habitantes en la población general. Esta incidencia es más elevada en pacientes que practican algún deporte de contacto como: fútbol, deportes de combate y baloncesto. Los pacientes con una lesión del LCA acuden a los servicios de urgencia con dolor e impotencia funcional total de la rodilla afectada. (Álvarez A, 2015)

Las lesiones ligamentarias en la rodilla son frecuentes en la población. Cada año se ha calculado de cuatro a 10 casos por cada mil habitantes. La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) es común, no sólo en atletas profesionales sino también en personas que practican deporte regularmente; abarca 64% de las lesiones de rodilla en actividades deportivas de corte y pivote; por lo tanto, el LCA es el ligamento que con más frecuencia se lesiona en los deportistas, siendo un problema de salud en ortopedia, ya que ocupan las principales demandas de atención en los servicios de urgencia. (Garín et al., 2016, págs. 89-90)

Estas lesiones ocasionan problemas emocionales, físicos, sociales y económicos. Las lesiones de rodilla están entre las lesiones graves más comunes, y representan 60% de las cirugías relacionadas con el deporte en pacientes jóvenes. La relación entre el volumen y el área transversal del LCA, índice de masa corporal (IMC), estatura, edad y género son los principales factores de riesgo en este tipo de lesiones. En mujeres, por ejemplo, el LCA es inferior en fuerza y de menor longitud; esto sugiere que el LCA es más estrecho y puede ser factor de riesgo para presentar lesiones sin contacto. (Garín et al., 2016, págs. 89-90)

La tasa de lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA) varía en función del género, del deporte y según los programas de prevención. Ésta es mayor en las mujeres respecto a los hombres, y se observa una mayor incidencia en deportes como el fútbol y el baloncesto. La lesión del LCA es la segunda lesión deportiva más frecuente tras el esguince de tobillo, por lo que es importante determinar los factores de riesgo, prestando atención a aquellos que son modificables, ya que en ellos es donde se centran los programas de prevención. Los síntomas más frecuentes tras la lesión del LCA son dolor, hinchazón articular leve y sensación de fallo-inestabilidad de rodilla, fundamentalmente en actividades de torsión-recorte-desaceleración. (Lluna Á, 2017)

En los Estados Unidos la incidencia de la lesión de ligamento cruzado anterior ha oscilado por los 80,000 y 250,000 casos por año, de los cuales aproximadamente 100,000 han sido sometidos a una cirugía reconstructiva de rodilla y se estima que genera un gasto de 1,000 millones de dólares al año. Se presenta en diferentes grupos de edad de entre ocho y 63 años, de los cuales 70.68% son pacientes masculinos y 29.32% femeninos, 14.05% atletas de alto rendimiento. Con respecto al mecanismo de trauma en la ruptura de ligamento cruzado anterior alrededor de 35.82% de los casos han sido lesiones de rodilla en valgo seguidas de 11.21% provocadas por lesión de rodilla en varo, la causa principal de ruptura de esta se ha manifestado en las lesiones deportivas. (Valderrama, 2017, pág. 161)

En el Ecuador el Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, ha expuesto que la ruptura de ligamento cruzado anterior ha sido calificada en un 50% de las lesiones de rodilla causadas en un 75% durante actividades deportivas. Siendo las roturas totales 100% quirúrgicas, mediante plastias o sustitución del ligamento. (Martínez I, 2017, pág. 16)

Ninguna persona se encuentra ajena ante este tipo de lesiones, sin embargo, los deportistas han sido categorizados como uno de los pioneros y frecuentes en sufrir lesiones de ligamento cruzado anterior en el cual intervienen múltiples factores de riesgo que se rigen por la actividad que desarrollan diariamente, la mayoría de pacientes han sido sometidos a reconstrucción de LCA y esto conlleva a que los pacientes no puedan reintegrarse

tempranamente a sus actividades normales acarreando mayores gastos médicos. Por eso, es importante debido a la falta de conocimiento, informar sobre los beneficios que el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo promueve para de esa manera plantear un tratamiento rehabilitador potente y adecuado para que las personas que padecen de este tipo de lesión se recuperen de manera completa, puesto que, al ser sometidos a reconstrucción de ligamento cruzado anterior pierden fuerza y masa muscular y este es el principal factor al cual la técnica de restricción de flujo sanguíneo se proyecta permitiéndole al paciente su pronta y beneficiosa recuperación. Este estudio fue realizado con el propósito de impulsar la aplicación de la técnica de restricción de flujo sanguíneo como un complemento competente dentro de la fisioterapia.

Respecto a la terapia de restricción del flujo sanguíneo, (DePhillipo N, 2018) indica que, en los últimos años, la BFR se ha adoptado como complemento de la terapia tradicional para las lesiones musculo esqueléticas y los traumatismos relacionados con la ortopedia. Ha sido utilizada con mayor frecuencia en el posoperatorio después de una cirugía de rodilla en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior por lo que busca reducir la tasa de atrofia muscular y estimular la hipertrofia muscular para que los pacientes reduzcan el tiempo de recuperación y promuevan un regreso más temprano a las actividades. Además, Bowman (2019) en su estudio indica los efectos fisiológicos del flujo sanguíneo restringido se han observado en múltiples niveles. Sistemáticamente, que se ha observado mejoras en la resistencia en el ejercicio aeróbico, identificadas por un aumento en el volumen sistólico y el VO máx con una disminución en la frecuencia cardíaca. A nivel celular se ha observado hipertrofia del músculo esquelético de tipo 1 y 2 y aumento de las reservas de glucógeno. Además, existe evidencia de que BFR puede afectar positivamente el metabolismo óseo.

Los períodos de actividad reducida son comunes después de una cirugía o lesión. La inactividad física conduce a la atrofia muscular, y la inactividad causada por una descarga de peso corporal se asocia con numerosas consecuencias para la salud, incluidos cambios en la calidad y cantidad de músculo y hueso y una capacidad reducida para el ejercicio de rehabilitación. Se ha demostrado que una cantidad cada vez mayor de evidencia respalda el uso de la restricción del flujo sanguíneo (BFR) en combinación con la rehabilitación de resistencia de baja carga (20–40% 1RM) para aumentar las respuestas morfológicas y de fuerza. Los estudios también han demostrado que la aplicación de BFR sin ejercicio de rehabilitación después de la cirugía de las extremidades inferiores o después de la inmovilización de las extremidades disminuye eficazmente la atrofia muscular debida al desuso y la pérdida de fuerza muscular asociada. (McEwen J, 2018).

Objetivo:

Analizar los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo como parte del tratamiento en lesiones del ligamento cruzado anterior mediante la compilación de información de fuentes bibliográficas para brindar una nueva perspectiva de entrenamiento en aquellos pacientes que han padecido aquella lesión.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO.

Anatomía del miembro inferior

La parte inferior de la pierna está compuesta por 2 huesos largos que van en paralelo, el peroné y la tibia. El peroné es delgado y largo, y proporciona la inserción a muchos de los músculos de la pierna. La tibia es un hueso largo y grueso responsable de más del 80% de la capacidad de soportar peso de la pierna inferior. La tibia y el peroné están conectados en todo su largo por una membrana interósea fibrosa. Estas 3 estructuras juntas dividen a la pierna en un compartimento anterior y posterior (Parrett & Pribaz, 2010).

El compartimento anterior está a su vez dividido en compartimentos anterior y lateral por una fascia intermuscular. El compartimento anterior tiene 4 músculos: el extensor digitorum longus, extensor hallucis longus, el peroneus tertius y el tibial anterior. Estos músculos están vascularizados por vasos de la tibia anterior e inervados por el nervio peroneo profundo.

El compartimento lateral tiene 2 músculos, el peroneo lateral corto y el peroneo lateral largo. Su flujo sanguíneo está abastecido por la arteria peronea y están inervados por el nervio peroneo superficial (Parrett & Pribaz, 2010).

El compartimento posterior está dividido en compartimentos superficiales y profundos por una fascia intermuscular. El compartimento superficial contiene los músculos gastrocnemios, sóleo, y plantar. El gastrocnemio y el sóleo se unen para formar el tendón de Aquiles que se inserta en el hueso calcáneo. Están vascularizados por la arteria poplítea e inervados por el nervio de la tibia (Parrett & Pribaz, 2010).

El compartimento profundo tiene cuatro músculos: el poplíteo, el flexor digitorum longus, el flexor hallucis halucio longus largo, y el tibial posterior. El flujo sanguíneo está suministrado por dos arterias, la tibial posterior y la peronea. El nervio tibial inerva el compartimento (Parrett & Pribaz, 2010).

Anatomía del Ligamento Cruzado Anterior

El ligamento cruzado anterior es una estructura colágena intraarticular, pero extra sinovial con capacidad de cicatrización limitada que se origina en la cara posteromedial del cóndilo femoral lateral y cruza anteromedialmente para insertarse anterior a la eminencia intercondílea de la superficie articular tibial. Está constituido por dos haces funcionales: el antero medial apretado en flexión, 60-90 grados y el posterolateral apretado en plena extensión. Recibe inervación del nervio articular posterior, una rama del nervio tibial, que suministra mecanorreceptores que desempeñan un papel vital en la propiocepción. Por lo

tanto, una lesión del LCA altera el control motor espinal y supraespinal, afectando así la propiocepción (Sepúlveda, Sánchez, Amy, & Micheo, 2017).

La longitud media del LCA, tomada desde su tercio medio, oscila entre 31 y 38 mm y su anchura media es de 11 mm. El ligamento cruzado anterior es una estructura fibrosa que se divide en varios fascículos o bandas. Fascículo posterolateral (PL) se refiere al más posterior y externo en la tibia y al más posterior y distal en el fémur y el fascículo antero medial es el más anterior e interno en la tibia y el más proximal y anterior en el fémur (Mejías, Estrada, & España, 2014).

Fisiología

La rotura del ligamento cruzado anterior es una lesión dolorosa que lleva, a quien la sufre, a un tiempo prolongado de recuperación que puede afectar la calidad de vida de los pacientes. El ligamento cruzado anterior conecta el fémur a la tibia, es un limitante en la hiperextensión de rodilla, favorece a la estabilidad de la rodilla, limita la rotación interna especialmente en extensión, así también ayuda en la realización en la deambulación, en subir y bajar escaleras. Puede darse un traumatismo directo de alta energía, pero más comúnmente se puede producir en un movimiento de baja energía donde se produce un máximo estiramiento del tendón, este mecanismo está relacionado con cambios de dirección, saltos o freno brusco y generalmente se presentan en la práctica de deporte, aquí se destacan: fútbol, esquí, baloncesto, tenis, rugby entre otros (Orozco & Flores, 2019).

Evaluación Funcional

Hay signos directos para evaluar la integridad de los ligamentos, los conocidos como “cajones anterior y posterior” o test de Slocum, que se practican con el sujeto en decúbito supino, con la cadera en flexión de 45° y la rodilla en 90°, las plantas de los pies sobre la camilla y el explorador sentado junto al pie para sujetarlo. Se colocan las manos alrededor de la rodilla con los pulgares sobre la línea articular medial y lateral, y los índices en las inserciones medial y lateral de los músculos femorales posteriores, y se tira de la tibia hacia delante y hacia atrás, respectivamente, lo que origina un desplazamiento hacia delante (rotura del LCA) o hacia atrás (rotura del LCP), con la consiguiente deformación visible y palpable de la rodilla. (Hernández, Moreno, & Alcalá, 2014).

Para la valoración de la inestabilidad combinada anteroposterior y externa, se basa en provocar o reducir la subluxación anterior de la meseta externa cuando la rodilla está cerca de la extensión. Se realiza la prueba de marcha pivot shift o prueba del desplazamiento lateral del pivote, que es una maniobra la cual se realiza en decúbito supino, flexoextensión de

rodilla total a 45° una mano sostiene y la otra se coloca el pulgar justo por debajo de la cabeza del peroné, el examinador aplica una rotación interna forzada de la tibia rotando a nivel de rodilla y tobillo. Mantiene la rotación interna aplica una fuerza en valgo sobre la rodilla mientras aplica una flexión leve. Test positivo cuando el examinador percibe resalte al reducirse la subluxación de la tibia en relación al fémur. En los pacientes con lesión del LCA se observa cómo la rodilla se subluxa en extensión y se reduce en flexión. (Hernández, Moreno, & Alcalá, 2014).

Prueba de marcha cinemática combina la información cinética obtenida de las plataformas de fuerza y la información cinemática proporcionada por el sistema de fotogrametría para caracterizar el patrón de marcha. En esta prueba se miden las fuerzas internas y los momentos articulares del miembro inferior (rodilla y tobillo). El análisis cinético de la marcha se realiza sobre una pasarela instrumentada mediante una plataforma dinamométrica de tipo extensométrico DINASCAN-IBV, que registra la fuerza que ejerce un sujeto contra el suelo al caminar sobre ella. Mediante el software NedAMH/IBV es posible obtener información sobre las características de la fuerza, duración de las pisadas, simetría entre ambas extremidades y repetitividad del gesto analizado. Las morfologías se expresan en porcentaje respecto del patrón de normalidad (considerando 100 el patrón de normalidad). En LCA las fuerzas de frenado, propulsión, despegue y oscilación es menor, en sujetos sanos es mayor. (Sánchez, Miranda, & Miranda, 2020).

Diagnóstico por imágenes

La radiología es el procedimiento de imagen empleado generalmente como primera elección, deben hacerse proyecciones anteroposterior y lateral, generalmente con flexión de 30° y axial de la rótula cuando se sospeche patología de esta, y proyecciones especiales oblicuas o laterales, proyecciones forzadas de varo o valgo, proyección de Rosemberg y anteroposterior en 45°, para valorar mejor la interlínea (Hernández, Moreno, & Alcalá, 2014).

La TC está indicada para completar el estudio de fracturas, valorar estructuras calcificadas o de densidad extraña (cuerpos libres articulares o lesiones blásticas), y como guía para punciones diagnósticas. Su utilización está influenciada por diversos factores: disponibilidad, resolución de imagen, coste-efectividad y radiación (Hernández, Moreno, & Alcalá, 2014).

La ecografía es un método diagnóstico barato, rápido, accesible e inocuo (no requiere el uso de radiaciones ionizantes). Sus indicaciones en la exploración de la rodilla son el estudio de la patología muscular, tendinosa y ligamentaria superficiales, las lesiones quísticas

periarticulares, la valoración del derrame articular, las masas superficiales y la patología vascular (Hernández, Moreno, & Alcalá, 2014).

La RM es la prueba no invasiva de elección para valorar las lesiones internas de la rodilla. Se emplea para estudiar y valorar las lesiones de los meniscos, de los ligamentos y del cartílago articular, y es el método de elección en las lesiones osteocondrales. Es una técnica no invasiva que facilita una excelente visualización anatomopatológica. Sin embargo, entre sus inconvenientes pueden citarse que requiere cierto tiempo para su realización y la posible falta de disponibilidad de ella, aunque de todos modos puede concluirse que tiene buena relación coste efectividad (Hernández, Moreno, & Alcalá, 2014).

Mecanismo de Acción

Las lesiones pueden ocurrir tanto por mecanismos de contacto. Aproximadamente del 70% al 80% de las lesiones son el resultado de mecanismos sin contacto asociados al aterrizaje desde un salto, cambio de dirección o desaceleración repentina. Uno de los mecanismos más comunes que afecta a las mujeres es la llamada "posición de no retorno", en la que el atleta aterriza con una cadera y rodilla extendidas, rodilla en valgo, tibia rotada internamente y un pie pronado. Algunos de los factores modificables más comunes son el control neuromuscular y la biomecánica de aterrizaje. La falta de corrección de estos factores aumenta el riesgo de lesión y recurrencia (Sepúlveda, Sánchez, Amy, & Micheo, 2017). Las personas que corren mayor riesgo son los deportistas y principalmente en los deportes de contacto debido a las malas posturas, al realizar las actividades, personas que han sufrido accidentes vehiculares y personas que no han recibido atención adecuada después de un impacto.

Práctica Deportiva

La práctica deportiva tiene indudables efectos beneficiosos sobre la salud y el bienestar de las personas, pero también puede tener efectos negativos, entre los que se encuentran los accidentes y las lesiones. Cada vez se practica deporte con más intensidad y ello aumenta el riesgo de sufrir lesiones de diversa consideración, tanto en los deportistas profesionales como en los aficionados y practicantes de actividad física (Valle, y otros, 2018).

Se asocia con un determinado riesgo de lesión, el incremento en la energía musculoesquelética en los deportes de alto rendimiento tiene mayor probabilidad para que se presenten lesiones agudas y crónicas. Las lesiones deportivas han sido definidas como el hecho que ocurre durante una sesión de entrenamiento, programa o partido causando ausencia para la próxima sesión de entrenamiento. (Villaquirán, Dorado, & Pinzón, 2016)

Las lesiones deportivas afectan la funcionalidad del deportista llevándolo a alterar sus actividades de la vida diaria, las lesiones pueden producirse en cualquier momento del día y tienen diferentes factores etiológicos como sexo, nivel de competición, tipo de deporte, factores intrínsecos y extrínsecos. Las lesiones pueden darse en diferentes deportes como fútbol, judo, balonmano, baloncesto y voleibol reportándose en mayor medida lesiones en la rodilla como la ruptura de ligamento cruzado anterior y posterior. (Matilla, 2017)

Rehabilitación

En todos los pacientes que presentan una lesión aguda del LCA debe iniciarse un tratamiento con un programa de rehabilitación encaminado a disminuir el edema, a recuperar el arco de movimiento completo de la rodilla ya restaurar la fuerza del músculo cuádriceps antes de la decisión respecto al tratamiento definitivo de la lesión. (Márquez, Márquez, & Gómez, 2017)

La decisión acerca del tratamiento que debe realizarse en un paciente con una lesión del LCA debe tomarse de común acuerdo con el paciente y con su entorno de trabajo, bien sea laboral y/o deportivo, y depende de varios factores: grado de lesión del LCA, existencia de lesiones asociadas, edad del paciente, nivel de actividad, ocupación, participación deportiva (expectativas del paciente), frecuencia y gravedad de los episodios de inestabilidad., compromiso en rehabilitación postoperatoria (Márquez, Márquez, & Gómez, 2017).

Muchos de los pacientes con lesiones del LCA funcionan adecuadamente sin episodios de inestabilidad en su actividad normal, mientras que otros deciden modificar su estilo de vida para reducir o disminuir la carga o la actividad deportiva y así prevenir que su rodilla presente esos episodios (Márquez, Márquez, & Gómez, 2017).

Tratamiento no quirúrgico

Un programa de rehabilitación para la rodilla con insuficiencia del LCA debe ser diseñado para compensar por el déficit en propiocepción y en fuerza. La pérdida de la propiocepción que es causada por una rotura del LCA altera la respuesta neuromuscular a la translación tibial anterior y afecta a la musculatura periarticular. La disminución en la respuesta neuromuscular debido a la pérdida de los impulsos neurales aferentes intraligamentosos se ha reportado en varios estudios. Se ha informado que en los pacientes que tienen insuficiencia crónica del LCA se encuentra una atrofia significativa del cuádriceps (especialmente del vasto medial oblicuo), con una atrofia menor de los flexores de la rodilla (Márquez, Márquez, & Gómez, 2017).

Tratamiento quirúrgico

Una gran variedad de técnicas quirúrgicas ha sido descrita para estabilizar la rodilla con insuficiencia del LCA. Han sido usados procedimientos extraarticulares, intraarticulares y una combinación de ambos. La revisión de la bibliografía publicada indica que los resultados son más favorables, predecibles y reproducibles con las reconstrucciones intraarticulares (Márquez, Márquez, & Gómez, 2017).

Restricción del flujo sanguíneo

La terapia de restricción de flujo sanguíneo dentro de la rehabilitación ganó notoriedad por su uso en militares heridos con escenarios de pérdida muscular volumétrica y salvamento de extremidades, pero se ha expandido a una serie de aplicaciones, incluido el entrenamiento de fuerza regular, la rehabilitación posoperatoria y prevención de la atrofia. (Cognetti D, 2022)

Historia

La idea del BFR surge en 1966 en Japón cuando Yoshiaki Sato, un estudiante y practicante de culturismo, comenzó a experimentar con su cuerpo y con la restricción de flujo sanguíneo. En 2005 Johnny Owens empezó a usar de manera asidua esta técnica en su clínica con militares estadounidenses. En 2012 comenzó a implementarlo en la población general, obteniendo resultados similarmente esperanzadores. En 2018 fue reconocida por la APTA (Asociación Americana de Fisioterapia) como parte de la práctica profesional del fisioterapeuta. (Bleda J, 2020, pág. 106) La técnica de BFR da un realce al dar buenos resultados, esto fue constatado por el creador de la técnica al haber sufrido una fractura de tobillo y lesión de distintos ligamentos de la rodilla, puesto que fue enyesado por lo cual comenzó su auto rehabilitación aplicando presión con unas bandas elásticas mientras hacía ejercicios isométricos.

Concepto

El Blood Flow Restriction (BFR), entrenamiento oclusivo o terapia de restricción de flujo sanguíneo. Consiste en un método de entrenamiento que ocluye parcialmente el flujo arterial y restringe de manera total el flujo de sangre venosa. La técnica consiste en el uso de un sistema de manguitos neumáticos que aplican una presión externa y se sitúan en la parte más proximal de los miembros, tanto superior como inferior. (Bleda J, 2020, pág. 106) Constituye una herramienta novedosa en fisioterapia en la cual se realiza una serie de ejercicios a

intensidades bajas con la utilización de manguitos neumáticos que provocan una oclusión parcial del aporte sanguíneo a la musculatura.

Materiales para la aplicación de BFR

Bleda (2020) indica que, un punto importante lo constituyen el material, ya que no actúa de la misma forma un material no elástico que uno que sí lo es. Por otro lado, está la anchura del manguito, ya que, a mayor anchura, menor será la presión necesaria para restringir el flujo sanguíneo. Lo contrario ocurre con el diámetro del miembro, ya que, a mayor diámetro, mayor es la presión necesaria para ocluir el riego. Por último, se debe considerar la forma del manguito puesto que, con un manguito de forma cónica, la presión necesaria para llevar a cabo la oclusión es menor que en aquellos manguitos que son rectos. Todos estos factores son muy importantes para una aplicación eficaz y correcta además de conocer que cada uno de ellos tienen gamas distintas que presentan ventajas e inconvenientes a la hora de su utilización.

Aplicaciones

En sus primeras aplicaciones, BFR se utilizó para estimular el crecimiento muscular, pero a medida que se difundió la noticia de su potencial, también se han difundido las aplicaciones e indicaciones para su uso. Las formas actuales incluyen BFR con entrenamiento de resistencia de baja carga, ejercicio aeróbico, BFR pasivo y estimulación neuromuscular. Estas diversas modalidades se han estudiado en una variedad de subgrupos demográficos que incluyen atletas y no atletas, sanos y lesionados, preoperatorios y posoperatorios, jóvenes y mayores. (Cognetti D, 2022)

Parámetros de aplicación

Tabla 1: Parámetros de refuerzo recomendados

| Recomendaciones clínicas para el fortalecimiento. Extremidad Inferior | |
|---|---------------------------------------|
| Presión oclusiva | 80% LOP |
| Resistencia/intensidad | 20%-30% 1RM, MVC (7-8 RPE) |
| Repeticiones/series | 30/15/15/15, descansos de 30 segundos |
| Frecuencia | 2-3×/semana |
| Duración | 8-12 semanas |
| 1RM, máximo de 1 repetición; LOP: presión de oclusión del miembro; MVC, contracción voluntaria máxima; RPE, índice de esfuerzo percibido. | |

Obtenido de: La restricción del flujo sanguíneo mejora la rehabilitación y el regreso al deporte: la paradoja del rendimiento proximal (Hedt C, 2022)

Tabla 2: Parámetros recomendados de precondicionamiento isquémico (IPC)

| Recomendaciones clínicas para IPC | |
|-----------------------------------|--|
| Presión oclusiva | 100% |
| Ejercicio | Ninguno, estático |
| Duración de tiempo | 5 min de oclusión 5 min de descanso |
| Conjuntos | 3 a 4 |
| Frecuencia | 3-5×/semana |
| Duración | 6-8 semanas |

Obtenido de: La restricción del flujo sanguíneo mejora la rehabilitación y el regreso al deporte: la paradoja del rendimiento proximal (Hedt C, 2022)

Un régimen más agresivo, que incluya entrenamiento BFR dos veces al día, puede ser una opción razonable para acelerar la recuperación en el período de rehabilitación inicial después de una lesión o cirugía. (Cognetti D, 2022)

Fundamento fisioterapéutico

Se muestra como una técnica complementaria en el área de fisioterapia, dado sus múltiples beneficios.

El principal objetivo de la técnica de restricción de flujo sanguíneo dentro de la fisioterapia ha sido atenuar la atrofia muscular y de esa manera recuperar la musculatura que se viene afectar al ser sometido quirúrgicamente a una reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Radica su importancia dentro de la fisioterapia puesto que por el tiempo de inmovilización hace que los tratamientos tradicionales duren por varios meses entonces es aquí donde la técnica de restricción de flujo sanguíneo se proyecta como un tratamiento complementario dentro de la fisioterapia buscando reducir el tiempo de recuperación. Debido a que la técnica de restricción de flujo sanguíneo no solo ha sido utilizada en una etapa post quirúrgica sino también perioperatoria lo cual favorece a su pronta reintegración a sus actividades diarias. Dado que la técnica de restricción de flujo sanguíneo se basa en la utilización de bajas cargas su aplicación ha resultado beneficiosa en pacientes con lesiones de ligamento cruzado anterior puesto que estudios previos han demostrado que incluso sin realizar ningún tipo de ejercicio se puede disminuir la pérdida de masa muscular, además que en una etapa tan temprana los pacientes no pueden tolerar altas cargas por lo tanto se afirma que la aplicación del entrenamiento oclusivo resulta efectiva para atenuar la masa muscular y fuerza que se producen tras una intervención de reconstrucción de LCA. Se recalca que la lesión de ligamento cruzado anterior es una de las más frecuentes y que trae consigo una alta demanda médica, por ende, es de vital importancia un tratamiento completo y que permita mejorar la calidad de vida del paciente.

Fisiología/Mecanismo de acción

Actualmente se cree que el estrés metabólico de la oclusión vascular y la tensión mecánica del entrenamiento de resistencia o el ejercicio conducen a aumentos sinérgicos en la hipertrofia muscular y la fuerza. A nivel celular, se han implicado metabolitos, diferencias hormonales, señalización de célula a célula, inflamación celular y vías de señalización intracelular. Los metabolitos, que se acumulan durante el ejercicio y son conocidos mediadores de la hipertrofia muscular, son amplificados por las condiciones isquémicas e hipóxicas relativas de BFR. Se cree que inducen una fatiga más temprana mediada por la periferia, lo que resulta en un mayor reclutamiento de unidades motoras, como lo sugiere el hecho de que el BFR bajo cargas bajas tiene un reclutamiento similar al del entrenamiento de fuerza con cargas altas. (Cognetti D, 2022)

Además, las fibras musculares de contracción rápida de tipo II, que normalmente solo se reclutan preferentemente a mayor intensidad, se activan con cargas más bajas en condiciones de BFR, lo que justifica el aumento de la hipertrofia muscular en BFR de baja carga en comparación con ejercicio similar de baja carga solo. En BFR de las extremidades superiores e inferiores, se ha demostrado que los grupos musculares más proximales (glúteo mayor, hombro [deltoides/manguito rotador] y pectoral mayor) tienen mayores niveles de reclutamiento en comparación con los controles. (Cognetti D, 2022)

Los beneficios suprafisiológicos del ejercicio con BFR también pueden explicarse parcialmente por la proliferación de células satélite, células multipotentes dentro del tejido conectivo muscular responsables del crecimiento y la regeneración muscular. Aunque inicialmente se pensaba que las células satélites solo se activaban en el contexto del entrenamiento de alta resistencia, su proliferación aumenta incluso bajo cargas bajas con BFR, con aumentos asociados en la síntesis de proteínas musculares, el contenido de mionúcleos, el tamaño de las miofibras y la fuerza muscular. Se ha demostrado que el crecimiento y promotor de la fibrosis muscular está regulado a la baja después de BFR. (Cognetti D, 2022)

Respuestas cardiovasculares y hematológicas: Un factor que resulta clave para la seguridad de esta novedosa metodología de entrenamiento es la respuesta aguda que desencadena en el sistema cardiovascular y sobre las condiciones hematológicas. Con el objetivo de observar las respuestas del sistema de coagulación, recientemente se han analizado los factores de coagulación (protrombina y complejo III trombina-antitrombina) tras una intervención aguda de restricción de flujo sanguíneo consistente en 4 series (1 serie por 30 repeticiones y 3 series por 15 repeticiones) realizadas al 30% de 1RM con una

oclusión de 150-160 mm Hg. Lo que ha permitido concluir que, en sujetos sanos, la aplicación de la oclusión no activa el sistema de coagulación y, con ello, no existe riesgo de trombos asociados. Por último, resultan destacables los resultados de estudios que observaron un incremento del factor de crecimiento vascular endotelial tras la intervención con oclusión. Así pues, resulta como una alternativa de ejercicio de gran interés para personas con enfermedades cardíacas o con bajo estado de forma física. (Medrano CH, 2011)

Respuestas óseas: El entrenamiento basado en caminar con OCPS (160 y 230 mm Hg) durante 3 semanas incremento la fosfatasa alcalina específica del hueso, considerada un reflejo de la actividad osteoblástica y, por tanto, un marcador de formación ósea. En un trabajo posterior, se comprobó que el estímulo provocado por la combinación de ejercicio de fuerza con oclusión genera un evidente efecto sobre el metabolismo óseo disminuyendo la resorción ósea. (Medrano CH, 2011)

Respuestas Neuromusculares: En el entrenamiento con restricción de flujo se observa un aumento en el reclutamiento de fibras tipo II y una mayor actividad muscular electromiográfica. Este reclutamiento es similar al producido en el entrenamiento con altas cargas y mucho mayor que el que se produce con cargas ligeras sin oclusión. Dicho aumento del reclutamiento de fibras se produce debido a la estimulación de las fibras aferentes del grupo III y IV. Esto lleva a una hiperexcitabilidad corticomotora que produce unas adaptaciones neuronales similares a las del entrenamiento de alta intensidad si es realizado de forma programada a lo largo del tiempo. (Martínez D, 2017)

Respuestas Metabólicas: En el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo produce una hinchazón celular, se produce una acumulación de metabolitos que crea un gradiente de presión que favorece la perfusión celular, produciendo un aumento de su volumen. Este aumento del espacio intracelular inducido de forma crónica amenaza la estructura de la membrana, lo que inicia las respuestas anabólicas de adaptación de la célula para reforzar dicha estructura. Con el entrenamiento oclusivo se produce un aumento de los niveles de lactato sanguíneo, plasmático y en la célula muscular. (Martínez D, 2017)

Respuestas Hemodinámicas: la imposibilidad de retorno de una parte de la sangre venosa hace que el volumen sistólico disminuya y que se aumente la frecuencia cardíaca y la tensión arterial para intentar normalizar el gasto cardíaco, lo cual provoca un aumento en la demanda de oxígeno del miocardio. De manera crónica el entrenamiento oclusivo produce adaptaciones a nivel vascular, observándose efectos positivos en la complianza de la arteria carótida y en la función endotelial de las arterias braquiales, a la vez que estimula la

angiogénesis. El entrenamiento oclusivo incrementa la actividad nerviosa tanto simpática como parasimpática a nivel cardiaco. (Martínez D, 2017)

Respuestas Endocrinas: La principal respuesta a nivel hormonal que se produce ante el entrenamiento oclusivo es el aumento de la hormona del crecimiento (GH), alcanzando valores similares o superiores a los obtenidos en el entrenamiento con altas cargas. Respecto a los factores de crecimiento, se observan incrementos en los niveles del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) y el factor de crecimiento endotelial (VEGF). El sistema endocrino responde ante el entrenamiento oclusivo principalmente mediante el aumento de los niveles de GH. La GH induce el crecimiento muscular tanto directa como indirectamente a través del IGF-1, incrementando la síntesis proteica y la activación de células satélite que provocan la hipertrofia de las miofibrillas. (Martínez D, 2017)

Beneficios del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo

El objetivo primordial de la terapia de restricción de flujo sanguíneo ha sido prevenir la atrofia muscular, recuperar la resistencia y restablecer el rango de movimiento en pacientes que se recuperan de reconstrucciones de LCA. Ya sea en atletas o individuos que realizan su ocupación. (Humes B, 2020) El BFR resulta como una ventaja desde el punto de vista práctico, ha sido recomendado por el colegio Americano de Medicina Deportiva para fortalecer los músculos y mantener la fuerza muscular misma que debe completarse para cumplir con ciertas actividades requeridas por el individuo. El interés clínico de este fenómeno se relaciona con la capacidad de proporcionar un estímulo de ejercicio suficiente con una carga mecánica reducida que puede realizarse en las primeras etapas después de la lesión o en el postoperatorio temprano después de la cirugía. Ha sido utilizada por fisioterapeutas para mitigar la atrofia posquirúrgica observada en pacientes con lesión del LCA recientemente se han visto mejoras significativas en las primeras fases de rehabilitación con el uso de BFR. (Hedt C, 2022)

Rehabilitación posoperatoria

Los beneficios de BFR con carga baja (o sin carga) son perfectamente adecuados para esta población debido a un mejor mantenimiento del músculo esquelético, menos daño muscular asociado después del ejercicio, hipoalgesia, y disminución de la tensión mecánica en las articulaciones. El BFR de baja carga aplicado dentro de las primeras semanas después de la cirugía es efectivo para mejorar el tamaño y la fuerza muscular después de 9 sesiones de BFR en comparación con la rehabilitación estándar. Además, un estudio encontró que los pacientes con un promedio de 5 años fuera de ACLR con déficit leve persistente del

cuádriceps pudieron beneficiarse de BFR. Aunque se considera que los beneficios de BFR y el ejercicio son más beneficiosos en conjunto, se ha demostrado que el efecto positivo de BFR también está presente en ausencia de ejercicio. Para las personas en el período postoperatorio, inmovilizadas, enyesadas u hospitalizadas, la BFR por sí sola representa una solución potencial para prevenir la atrofia por desuso. (Cognetti D, 2022)

Además de los impactos locales y sistémicos en el músculo, los datos piloto recientes indicaron que BFR puede tener un impacto positivo en el hueso y posiblemente en el tejido conectivo. Recientemente se observó que durante 12 semanas de rehabilitación de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA), la incorporación de BFR produjo reducciones significativas en la pérdida ósea específica del sitio y de toda la extremidad en comparación con la rehabilitación estándar sola. En relación con esto, se sabe que las mioquinas secretadas por los músculos durante el ejercicio de una manera dependiente de la intensidad/estrés actúan sobre el metabolismo óseo en las capacidades de proformación o reabsorción. Se ha observado previamente que BFR inhibe la expresión de miostatina (un regulador negativo del anabolismo muscular y óseo). Es importante destacar que se ha observado que la inhibición de la acción y/o expresión de la miostatina mejora la curación de músculos y fracturas después de un traumatismo. (Hedt C, 2022)

Beneficios en la musculatura distal: El cuádriceps es un grupo muscular particular popular para la investigación debido a su tamaño y dominio en las actividades funcionales de las extremidades inferiores. Descubrieron que el entrenamiento con flujo sanguíneo restringido induce "un aumento en la proporción del área transversal del músculo ", lo que indica el potencial de cambios inducidos isquémicamente en las características metabólicas del músculo. El potencial de ganancias significativas de fuerza muscular (o al menos la mitigación de la atrofia) incita una atención significativa por parte de los fisioterapeutas, ya que los protocolos de rehabilitación generalmente se diseñan en torno a estas facetas. (Hedt C, 2022)

Consideraciones aeróbicas: Se ha demostrado que mayores grados de condición física aeróbica mejoran el rendimiento deportivo, aumentan el potencial de rehabilitación y mejoran la salud en general. Curiosamente, BFR parece haber llegado al entorno aeróbico, estableciendo efectos positivos similares a los observados en el entrenamiento anaeróbico, destacaron mejoras positivas en el VO₂ máx o el VO₂ pico. Se han realizado varios ensayos con BFR y ejercicio aeróbico, lo que generalmente indica que esta combinación produce mejoras en el rendimiento aeróbico y la condición física en varias poblaciones, independientemente de la intensidad del entrenamiento. (Hedt C, 2022)

Modulación del dolor: El dolor es un factor limitante significativo para los pacientes de todos los antecedentes y patologías cuando están en rehabilitación. Encontraron reducciones clínicamente significativas en el dolor anterior de la rodilla en una muestra de pacientes después de un ejercicio de bajo nivel con BFR. Descubrieron que la reducción del dolor también fue relativamente duradera (>45 minutos), el ejercicio con BFR sirve como un método efectivo de control del dolor para aquellos que no pueden entrenar con cargas más altas. (Hedt C, 2022)

Se concluyó que BFR con ejercicio se tiene un "efecto preventivo (de retención) sobre la disminución de la fuerza muscular de las piernas relacionada con la enfermedad, lo que puede ayudar a la preservación a largo plazo de la función física y posponer la necesidad de asistencia médica". Además, encontraron resultados favorables en calidad de vida, fuerza y función muscular mediante el uso de BFR y ejercicio en pacientes diagnosticados de polimiositis y dermatomiositis. Incluso estudiaron BFR con ejercicio en un individuo con enfermedad de Parkinson con resultados positivos para las mejoras en la fuerza y la función, así como las medidas de resultado relacionadas con el Parkinson para la calidad de vida. Efectos beneficiosos del IPC (preacondicionamiento isquémico) probablemente sea la mejora del metabolismo mitocondrial en el músculo esquelético. (Hedt C, 2022)

Indicaciones y contraindicaciones

Indicaciones: Dolor articular crónico, tendinopatías, rotura del tendón de Aquiles, lesiones ligamentosas, cartilaginosas, articulares o meniscales, fracturas óseas, lesiones en ligamentos cruzados, artritis reumatoide y síndrome de dolor patelofemoral.

Contraindicaciones absolutas: Lupus eritematoso sistémico, hemofilia, hipertensión no regulada, antecedentes de tromboembolismo pulmonar, antecedente de accidente cerebrovascular.

Contraindicaciones relativas: Trastornos de alteración de la coagulación sanguínea, tabaquismo, fármacos anticonceptivos, lesiones radicales espinales, antecedentes de síndrome compartimental, antecedentes de sinovitis y cirugías previas relacionadas con el sistema circulatorio. (Bleda J, 2020, pág. 106)

CAPÍTULO III. METODOLOGIA.

La investigación fue de tipo documental, se basó en la valoración e interpretación de los resultados encontrados en documentos físicos y digitales; se realizó el proceso investigativo teniendo presente la relación entre variables.

El método de investigación utilizado fue inductivo dado que el estudio partió de hechos particulares a generales, ya que se obtuvieron conclusiones posteriores al proceso del análisis e interpretación de la información específica sobre los efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en pacientes con lesiones del ligamento cruzado anterior.

El enfoque aplicado en la investigación fue cualitativo lo que permitió conocer indirectamente los argumentos, conclusiones y resultados de varios estudios realizados por diferentes autores sobre los efectos de este tipo de entrenamiento.

El nivel de investigación fue exploratorio, teniendo en cuenta que a través de la recolección de información se conoció los efectos del entrenamiento aplicado en aquellas personas que han padecido una lesión de ligamento cruzado anterior. Además, presento un nivel explicativo debido a que la información que se obtuvo de las fuentes bibliográficas nos dio a conocer que el entrenamiento resulta beneficioso.

Por tanto, el diseño a utilizar fue bibliográfico mismo que permitió el análisis de artículos científicos encontrados en diferentes buscadores relacionados al tema de investigación que cuentan con gran calidad y variedad de información a nivel internacional.

Con respecto al tiempo el estudio fue retrospectivo debido a que se indagaron hechos ocurridos en el pasado, que mostraban información confiable y de calidad sobre la práctica, efectos y beneficios de dicho entrenamiento.

La técnica de investigación que se utilizó fue observación indirecta, puesto que mediante la recolección artículos y la lectura comprensiva de los mismos se observó y permitió la selección correcta de los documentos corroborando datos importantes que apoyan el estudio.

El instrumento de investigación fue fichas bibliográficas que permitieron conocer características específicas de cada uno de los artículos que apoyaban a las variables de investigación.

Técnica de recolección de datos: estrategia de búsqueda

En cuanto a la estrategia de búsqueda se determinaron palabras claves como “lesión de ligamento cruzado anterior”, “manguito”, “entrenamiento oclusivo”, “restricción de flujo sanguíneo”, lo cual permitió obtener una información adecuada. La recolección de información fue basada en evidencia científica sobre la técnica de restricción de flujo

sanguíneo en lesiones del ligamento cruzado anterior, variables fueron recolectadas de diferentes bases de datos electrónicas como British Journal of Sports Medicine, Scielo, The Orthopedic Journal of Sports Medicine, Elsevier, Frontiers in Psychology, PubMed y The American Journal of Sports Medicine.

Todas estas bases de datos mencionadas anteriormente contaban con información relevante brindando un alto nivel de veracidad ya que registraban gran cantidad de artículos e investigaciones publicadas por distintos profesionales, además de ello, han sido publicadas en revistas médicas de prestigio que han aportado un alto rigor científico a toda la población del ámbito de salud y general.

Métodos de análisis de datos

Los artículos han sido evaluados con la escala de PEDro “Physiotherapy Evidence Database (PEDro)”, se incluyeron 35 artículos científicos extraídos de diferentes bases de datos electrónicas, mismos que obtuvieron una puntuación igual o superior a 6/10, valorados dentro de los últimos 5 últimos años. Se recalca que la escala de PEDro permitió identificar estudios con calidad metodológica que le dieron un carácter de validez científica a los artículos seleccionados mismos que han facilitado la información para la elaboración de esta revisión bibliográfica.

Población de estudio y tamaño de muestra

En la población de estudio, mediante la búsqueda de bibliografías necesarias se pudo constatar 100 bibliografías que contribuyeron con información sobre las variables del tema de investigación.

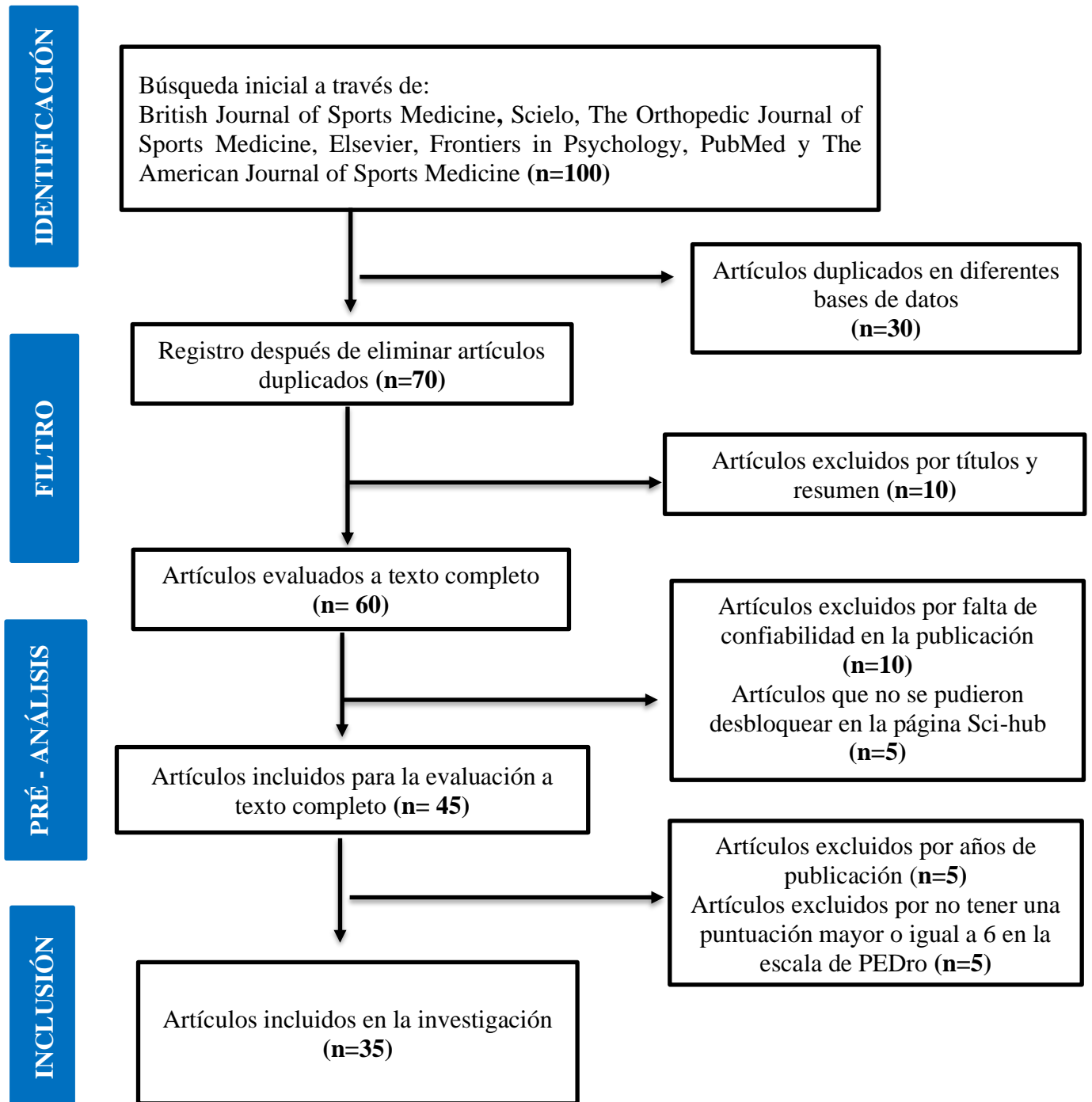
La muestra fue de 35 artículos científicos en los cuales se realizó el análisis metodológico manual aplicando la escala de PEDro permitiendo identificar la veracidad de la información recolectada en cada uno de los documentos científicos.

Métodos de análisis y procesamiento de datos

Dentro de los criterios de selección se tomaron en cuenta artículos y documentos a partir del año 2011, pese a ello se optó por seleccionar los más actuales. El diagrama de flujo nos ha facilitado representar visualmente el número total de artículos utilizados, por medio del cual se ha realizado un análisis de los procedimientos requeridos para alcanzar el objetivo, considerando cuatro aspectos fundamentales: identificación, filtrado, elegibilidad y la inclusión. La información recolectada fue encontrada en idiomas como el inglés, afrikáans y español, los artículos se analizaron mediante la escala de PEDro para corroborar su validez científica.

Apoyándonos en los criterios de exclusión e inclusión que se describen a continuación.

Gráfico 1: Diagrama de flujo .



Fuente: Obtenido de: Una propuesta metodológica para la conducta de revisiones sistemáticas de la literatura en la investigación biomédica (Ramírez R, 2013).

CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

RESULTADOS

Tabla 3: Artículos Recolectados

| Nº | Autores | Año | Título Original del artículo | Título traducido al español | Base de datos | Escala de PEDro |
|----|--|------|---|--|---|-----------------|
| 1. | (Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M, 2021) | 2021 | The Effects of Blood Flow Restriction in Patients Undergoing Knee Surgery | Los efectos de la restricción del flujo sanguíneo en pacientes sometidos a cirugía de rodilla. | The American Journal of Sports Medicine | 9/10 |
| 2. | (Przkora R, Sibille K, Victor S, Meroney M, Leeuwenburgh Ch, Gardner A, Vasilopoulos T, Parvataneni H, 2021) | 2021 | Blood flow restriction exercise to attenuate postoperative loss of function after total knee replacement: a randomized pilot study | Ejercicio de restricción del flujo sanguíneo para atenuar la pérdida de función posoperatoria después del reemplazo total de rodilla: un estudio piloto aleatorizado | PubMed | 8/10 |
| 3. | (Ellefsen S, Hammarström D, Strand T, Zacharoff E, Whist J, Rauk I, Nygaard H, Vegge G, Hanestadhaugen M, Wernbom M, Cumming | 2015 | Blood flow-restricted strength training displays high functional and biological efficacy in women: a within-subject comparison with high-load strength training | El entrenamiento de fuerza con flujo sanguíneo restringido muestra una alta eficacia funcional y biológica en mujeres: una comparación dentro del sujeto con el entrenamiento de fuerza de alta carga. | Frontiers in Psychology | 7/10 |

| | | | | | | |
|-----------|--|------|---|---|-------------------------|------|
| | K, Ronning R, Raastad T, Rønnestad B., 2015) | | | | | |
| 4. | (Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson S, Hughes L, 2018) | 2018 | 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. | Comparación de la respuesta aguda perceptiva y de la presión arterial al ejercicio de resistencia de restricción del flujo sanguíneo con cargas pesadas y cargas livianas en pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior y poblaciones no lesionadas. | Elsevier | 8/10 |
| 5. | (Zargi T, Drobic M, Strazar K, Kacin A, 2018) | 2018 | Short-Term Preconditioning With Blood Flow Restricted Exercise Preserves Quadriceps Muscle Endurance in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction | El preacondicionamiento a corto plazo con ejercicio con flujo sanguíneo restringido preserva la resistencia del músculo cuádriceps en pacientes después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior | Frontiers in Psychology | 8/10 |
| 6. | (Tennent D, Hylden Ch, Johnson A, Burns T, Wilken J, Owens J, 2017) | 2017 | Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study | Entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo después de la artroscopia de rodilla: un estudio piloto controlado aleatorio | PubMed | 8/10 |

| | | | | | | |
|----|--|------|--|---|----------|------|
| 7. | (Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Ferris J, Paton B, Hughes L, Patterson S, 2019) | 2019 | 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 | Examen de la comodidad y el dolor experimentados con el entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo durante la rehabilitación posquirúrgica de pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior: un ensayo del Servicio Nacional de Salud del Reino Unido | Elsevier | 7/10 |
| 8. | (Hughes L, Rosenblatt B, Haddad T, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B, Patterson S, 2019) | 2019 | Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients: A UK National Health Service Randomized Controlled Trial. | Comparación de la eficacia de la restricción del flujo sanguíneo y el entrenamiento tradicional de resistencia a cargas pesadas en la rehabilitación posquirúrgica de pacientes con reconstrucción del ligamento cruzado anterior: un ensayo controlado aleatorio del Servicio Nacional de Salud del Reino Unido. | PubMed | 7/10 |
| 9. | (Jessee M, Buckner S, Mouser J, Mattocks K, Dankel S, Abe T, Bell Z, Bentley J, Loenneke J., 2018) | 2018 | Muscle Adaptations to High-Load Training and Very Low-Load Training With and Without Blood Flow Restriction | Adaptaciones musculares al entrenamiento de alta y muy baja carga con y sin restricción del flujo sanguíneo | PubMed | 6/10 |

| | | | | | | |
|-----|---|------|---|--|---|------|
| 10. | (Yining L, Patel B, Kym C, Nwachukwu B, Beletksy A, Forsythe B, Chahla J, 2020) | 2020 | Perioperative Blood Flow Restriction Rehabilitation in Patients Undergoing ACL Reconstruction | Rehabilitación perioperatoria de la restricción del flujo sanguíneo en pacientes sometidos a reconstrucción del LCA | The Orthopedic Journal of Sports Medicine | 6/10 |
| 11. | (Pignanelli CH, Petrick H, Keyvani F, Heigenhauser G, Quadrilatero J, Holloway G, Burr J, 2020) | 2020 | Low-load resistance training to task failure with and without blood flow restriction: muscular functional and structural adaptations | Entrenamiento de fuerza de baja carga al fallo de la tarea con y sin restricción del flujo sanguíneo: adaptaciones funcionales y estructurales musculares | Frontiers in Psychology | 7/10 |
| 12. | (Franz A, Schwiete C, Roth Ch, Behringer M, 2021) | 2021 | Effects of Resting vs. Continuous Blood-Flow Restriction-Training on Strength, Fatigue Resistance, Muscle Thickness, and Perceived Discomfort | Efectos del entrenamiento en reposo frente a la restricción continua del flujo sanguíneo sobre la fuerza, la resistencia a la fatiga, el grosor muscular y la incomodidad percibida. | PubMed | 7/10 |
| 13. | (Kilgas M, Lytle L, Drum S, Elmer S, 2019) | 2019 | Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long After ACL Reconstruction | Ejercicio con restricción del flujo sanguíneo para mejorar la función del cuádriceps mucho tiempo después de la reconstrucción del LCA | PubMed | 6/10 |

| | | | | | | |
|-----|---|------|---|---|------------------------------------|------|
| 14. | (Bahamondes C, Lagos J, Bustos L, Álvarez J, Berral F, Salazar L, 2018) | 2018 | Effects of Lower Limb Training with Partial Restriction of Blood Flow on Muscle Strength and Systemic Biomarkers of Muscle Damage and Inflammation | Efectos de un Entrenamiento de Miembro Inferior con Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo en la Fuerza Muscular y Biomarcadores Sistémicos de Daño Muscular e Inflamación | Scielo | 6/10 |
| 15. | (Giles L, Webster K, McClelland J, Cook J, 2018) | 2018 | Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomized trial. | Fortalecimiento del cuádriceps con y sin restricción del flujo sanguíneo en el tratamiento del dolor patelofemoral: un ensayo aleatorizado doble ciego | British Journal of Sports Medicine | 7/10 |
| 16. | (Ladlow, Peter; Coppack, Russell J.; Dharm-Datta, Shreshth; Conway, Dean; Sellon, Edward; Patterson, Stephen; Bennett, Alexander, 2018) | 2018 | Low-load resistance training with blood flow restriction improves clinical outcomes in musculoskeletal rehabilitation: a single-blind, randomized, controlled trial | El entrenamiento de resistencia con carga baja con restricción del flujo sanguíneo mejora los resultados clínicos en la rehabilitación musculoesquelética: un ensayo controlado, a ciego simple, aleatorizado | PubMed | 7/10 |
| 17. | (Bowman, Eric N.; Elshaar, Rami; Milligan, 2019) | 2019 | Proximal, distal, and contralateral effects of | Efectos proximales, distales y contralaterales del entrenamiento | PubMed | 7/10 |

| | | | | | | |
|------------|---|------|--|--|----------|------|
| | Heather; Jue, Gregory; Mohr, Karen; Brown, Patty; Watanabe, Drew; Limpisvasti, Orr, 2019) | | lower extremity blood flow restriction training: a randomized controlled trial. | de restricción del flujo sanguíneo en las extremidades inferiores: un ensayo controlado aleatorio | | |
| 18. | (Setuain, Igor; Izquierdo, Mikel; Idoate, Fernando; Bikandi, Eder; Gorostiaga, Esteban M.; Aagaard, Per; Cadore, Eduardo L.; Alfaro-Adrián, Jesús, 2017) | 2017 | Differential effects of two rehabilitation programs following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction | Efectos diferenciales de dos programas de rehabilitación después Reconstrucción del ligamento cruzado anterior | PubMed | 7/10 |
| 19. | (Jacqueline M. Bordessa; Mason C. Hearn; Alexander E. Reinfeldt; Tyler A. Smith; Harsimran S. Baweja; Susan S. Levy; Michael D. Rosenthal, 2021) | 2021 | Comparison of blood flow restriction devices and their effect on quadriceps muscle activation | Comparación de dispositivos de restricción del flujo sanguíneo y su efecto en la activación del músculo cuádriceps | Elsevier | 7/10 |
| 20. | (Gabriel Rodríguez Neto; Julio César Gómez da Silva; Lucas Freitas; Hidayane Gonçalves da Silva; Danillo Caldas; Jefferson da Silva; María Sousa, 2018) | 2018 | Effects of strength training with continuous or intermittent blood flow restriction on the hypertrophy, muscular strength and endurance of men | Efectos del entrenamiento de fuerza con restricción continua o intermitente del flujo sanguíneo sobre la hipertrofia, la fuerza muscular y la resistencia de los hombres | PubMed | 7/10 |

| | | | | | | |
|-----|--|------|---|--|--------|------|
| 21. | (Ryan M. Miller; Bianca Galletti; Karolina Koziol; Eduardo Freitas; Aaron D. Heishman; Christopher Black; Daniel Larson; Debra Bemben; Michael Bembena, 2020) | 2020 | Perceptual responses: Clinical versus practical blood flow restriction resistance exercise | Respuestas perceptivas: Restricción del flujo sanguíneo clínica versus práctica ejercicio de resistencia | PubMed | 7/10 |
| 22. | (Erickson, Lauren N.; Hickey, Kathryn C.; Davis, Kylie; Jacobs, Cale; Thompson, Katherine; Hardy, Peter; Andersen, Anders; Fry, Christopher; Noehren, Brian, 2018) | 2018 | Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial | Efecto del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo en la fuerza, morfología, fisiología y biomecánica de la rodilla del músculo cuádriceps antes y después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: protocolo para un ensayo clínico aleatorizado | PubMed | 6/10 |
| 23. | (Summer B. Cook, Dain P. LaRoche, Michelle R. Villa, Hannah Barile, Todd M. Manini, 2017) | 2017 | Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations | Entrenamiento de resistencia con flujo sanguíneo restringido en adultos mayores con riesgo de limitaciones de movilidad | PubMed | 6/10 |
| 24. | (Mateo John Clarkson; Luisa Conway; Stuart Anthony Warmington, 2017) | 2017 | Blood flow restriction walking and physical function in older adults: a randomized control trial | Restricción del flujo sanguíneo al caminar y función física en adultos mayores: un ensayo de control aleatorizado | PubMed | 6/10 |

| | | | | | | |
|-----|--|------|--|---|----------|------|
| 25. | (Schwiete, Carsten; Franz, Alexander; Roth, Christian; Behringer, Michael, 2021) | 2021 | Effects of Resting vs. Continuous Blood-Flow Restriction-Training on Strength, Fatigue Resistance, Muscle Thickness, and Perceived Discomfort | Efectos de Reposo vs. Continuo. Restricción del flujo sanguíneo-Entrenamiento en Fuerza, Resistencia a la Fatiga, Músculo Espesor y malestar percibido | PubMed | 6/10 |
| 26. | (Eduardo D.S. Freitas; Ryan M. Miller; Aaron D. Heishman; Rodrigo R. Aniceto; Julio G.C. Silva; Michael G. Bemben, 2019) | 2019 | Perceptual responses to continuous versus intermittent blood flow restriction exercise: a randomized controlled trial | Respuestas perceptivas al ejercicio de restricción del flujo sanguíneo continuo versus intermitente: un ensayo controlado aleatorizado | PubMed | 6/10 |
| 27. | (Florian Husmann; Thomas Mittlmeier; Sven Bruhn; Volker Zschorlich; Martin Behrens, 2017) | 2021 | Impact of Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Fatigue Development and Recovery | Impacto del ejercicio de restricción del flujo sanguíneo en desarrollo y recuperación de la fatiga muscular | PubMed | 6/10 |
| 28. | (Lixandrão, Manoel E.; Roschel, Hamilton; Ugrinowitsch, Carlos; Miquelini, Maira; Alvarez, Ieda F.; Libardi, Cleiton A., 2018) | 2018 | Blood-flow Restriction Resistance Exercise Promotes Lower Pain and Ratings of Perceived Exertion as Compared to Either High or Low-Intensity Resistance Exercise Performed to Muscular Failure | El ejercicio de resistencia a la restricción del flujo sanguíneo promueve un menor dolor y calificaciones del esfuerzo percibido en comparación con el ejercicio de resistencia de alta o baja intensidad. Realizado a Fallo Muscular | Elsevier | 6/10 |

| | | | | | | |
|-----|--|------|--|---|--------|------|
| 29. | (Emerson L. Teixeira; Renato Barroso; Carla Silva-Batista; Gilberto C. Laurentino; Jeremy P. Loenneke; Hamilton Roschel; Carlos Ugrinowitsch; Valmor Tricoli, 2018) | 2018 | Blood Flow Restriction Increases Metabolic Stress But Decreases Muscle Activation During High-Load Resistance Exercise | La restricción del flujo sanguíneo aumenta el estrés metabólico, pero disminuye la activación muscular durante la resistencia de alta carga ejercicio | PubMed | 6/10 |
| 30. | (Scott Telfer, John Calhoun, Joseph J. Bigham, Simran Mand, Joshua M. Gellert; Mia S. Hagen; Christopher Y. Kweon; Albert O. Gee, 2020) | 2020 | Biomechanical Effects of Blood Flow Restriction Training after ACL Reconstruction | Efectos biomecánicos del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo después de la reconstrucción del LCA | PubMed | 6/10 |
| 31. | (Hidayane Gonçalves da Silva; Gabriel Rodríguez Neto; Wanessa Kelly Vieira Vasconcelos; Elísio Alves Pereira-Neto; Julio César Gomes da Silva; Simoni Teixeira Bittar; María Socorro Cirilo-Sousa, 2019) | 2019 | Effect of exercise with continuous and intermittent blood flow restriction on hemodynamics | Efecto del ejercicio con restricción del flujo sanguíneo continuo e intermitente sobre la hemodinámica | Scielo | 6/10 |

| | | | | | | |
|-----|---|------|--|---|--------|------|
| 32. | (Michael Behringer ; Daniel Behlau; Johannes C K Montag; Molly L McCourt; Joachim Mester, 2017) | 2017 | Low-Intensity Sprint Training with Blood Flow Restriction Improves 100-m Dash | El entrenamiento de velocidad de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo mejora la carrera de 100 m | PubMed | 6/10 |
| 33. | (Eduardo DS Freitas; Ryan miller; Aaron D Heishman; João B Ferreira-Júnior; Joamira P Araújo; Michael G Bembén, 2020) | 2020 | Acute Physiological Responses to Resistance Exercise with Continuous Versus Intermittent Blood Flow Restriction: A Randomized Controlled Trial | Respuestas fisiológicas agudas al ejercicio de resistencia con restricción del flujo sanguíneo continua versus intermitente: un ensayo controlado aleatorio | PubMed | 6/10 |
| 34. | (Daniel Gonzáles; Marcelo Catillo; Jorge Villena, 2019) | 2019 | Effects of training with blood flow restriction on muscle and bone tissue: a pilot study | Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre el tejido muscular y óseo: un estudio piloto | Scielo | 6/10 |
| 35. | (Sánches Alepuz; I Miranda, F J Miranda, 2019) | 2019 | Functional evaluation of patients with anterior cruciate ligament rupture. cross-sectional analytical study | Evaluación funcional de los pacientes con rotura del ligamento cruzado anterior. Estudio analítico transversal | PubMed | 6/10 |

Interpretación de la tabla: En la tabla N°3 se realizó la recolección de 35 artículos que apoyan al tema de investigación, fueron extraídas de diferentes bases de datos, cada uno de ellos han sido analizados con la escala de PEDro que ha sido utilizada en ensayos para identificar su calidad

metodológica por tanto se han incorporado aquellos que puntuaron una calificación mayor o igual a 6/10 mismos que exponen información con un alto rigor científico.

Tabla 4: Artículos relevantes en base a los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo aplicados en reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

| Autor | Tipo de estudio | Población | Intervención | Resultados |
|--|-----------------|--------------|--|---|
| (Hughes L, Rosenblatt B, Haddad T, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B, Patterson S, 2019) | Ensayo clínico | 28 pacientes | Cada intervención incluyo 8 semanas de entrenamiento de prensa de piernas unilateral 2x por semana, totalizando 16 sesiones cada una separada por un mínimo de 48 h. Todas las sesiones de capacitación fueron supervisadas por un miembro capacitado del equipo de investigación. Ambos grupos completaron una entrada en calor que consistió en 5 min de ciclismo sin carga a cadencia libre seguido de diez repeticiones de ejercicio de prensa de piernas unilateral con un peso autoseleccionado, con un descanso posterior de 5 min. | Se perdieron cuatro participantes, con 24 participantes completando el estudio (12 por grupo). No hubo eventos adversos ni diferencias entre los grupos para ninguna variable antropométrica inicial o cambio antes o después de la cirugía en ninguna medida de resultado. La fuerza de 10RM escalada aumentó significativamente en la extremidad lesionada (104±30% y 106±43%) y la extremidad no lesionada (33±13% y 39±17%) con BFR-RT y HL-RT, respectivamente, sin grupo diferencias Se observaron aumentos significativos en el par máximo de extensión y flexión de la rodilla a todas las velocidades en la extremidad no lesionada sin diferencias entre los grupos. Con BFR-RT se observó una atenuación |

| | | | | |
|--|--|--|--|---|
| | | | | <p>significativamente mayor de la pérdida de torsión máxima del extensor de la rodilla a 150°/s y 300°/s y de la pérdida de torsión del flexor de la rodilla a todas las velocidades. No se encontraron diferencias entre los grupos en la pérdida máxima de torsión de los extensores de la rodilla a 60°/s. Se observaron aumentos significativos y comparables en el grosor muscular ($5,8 \pm 0,2$ % y $6,7 \pm 0,3$ %) y el ángulo de penetración ($4,1 \pm 0,3$ % y $3,4 \pm 0,1$ %) con BFR-RT y HL-RT, respectivamente, sin diferencias de grupo. No se observaron cambios significativos en la longitud del fascículo. Aumentos significativamente mayores y clínicamente importantes en varias medidas de función autoinformada ($50-218 \pm 48$ % frente a $35-152 \pm 56$ %), rendimiento del equilibrio Y ($18-59 \pm 22$ % frente a $18-33 \pm 19$ %), ROM (78 ± 22 % frente a 48 ± 13 %) y reducciones en el dolor articular de rodilla (67 ± 15 % frente a 39 ± 12 %) y derrame (6 ± 2 % frente a 2 ± 2 %) se observaron con BFR-RT en comparación con HL-RT, respectivamente.</p> |
|--|--|--|--|---|

| | | | | |
|--|------------------------------------|---------------------|--|--|
| <p>(Zargi T, Drobnic M, Strazar K, Kacin A, 2018)</p> | <p>Ensayo cuasialeatorio</p> | <p>20 pacientes</p> | <p>Los pacientes realizaron 5 sesiones de ejercicio extensión de unilateral de rodilla con resistencia en cadena cinética abierta en una máquina de extensión de piernas, distribuidas equitativamente durante los últimos 8 días antes de la cirugía. Se inflaron torniquetes a 150 mmHg y después de 30s de oclusión en reposo.</p> | <p>La mejora de la resistencia del músculo QF se desencadenó mediante la combinación de un mayor reclutamiento de fibras musculares y una mayor perfusión muscular. Este último alude a un efecto preservador del preacondicionamiento con ejercicio BFR sobre la densidad y función de la microcirculación muscular QF dentro de las primeras 4 semanas después de la reconstrucción del LCA.</p> |
| <p>(Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Ferris J, Paton B, Hughes L, Patterson S, 2019)</p> | <p>Ensayo controlado aleatorio</p> | <p>28 pacientes</p> | <p>Los participantes completaron 8 semanas de entrenamiento de prensas unilateral quincenal, un total de 16 sesiones cada una separada por un mínimo de 48h. Calentamiento de 5 min, BFR aplicado al 80% de la presión de oclusión arterial total de la extremidad. Entrenamiento bilateral con aumento de carga de entrenamiento.</p> | <p>No hubo eventos adversos. El dolor de rodilla fue menor con BFR-RT durante ($p < 0,05$) y 24 h después del entrenamiento ($p < 0,05$) con BFR-RT para todas las sesiones. El dolor muscular fue mayor ($p < 0,05$) con BFR-RT en comparación con HL-RT durante todas las sesiones. El RPE se mantuvo sin cambios ($p > 0,05$) tanto para BFR-RT como para HL-RT. Conclusión: Los pacientes con ACLR experimentaron menos dolor en las articulaciones de la rodilla e informaron calificaciones similares de esfuerzo percibido durante y después del ejercicio de prensa de piernas con BFR-RT en</p> |

| | | | | |
|---|---|--|---|---|
| | | | | comparación con HL-RT tradicional. BFR-RT puede ser más ventajoso durante las primeras etapas de la rehabilitación de ACLR posterior a la cirugía. |
| (Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson S, Hughes L, 2018) | Ensayo entre sujetos parcialmente aleatorizados | 30 participantes | Todos los participantes realizaron una entrada en calor de 5 min de ciclismo sin carga de cadencia libre seguido de 10 repeticiones de ejercicios de prensa de piernas unilateral con un peso seleccionado por ellos mismos, con un periodo de descanso posterior de 5 min. | RPE fue mayor en ACLR-BFR en comparación con NI-BFR (pag < 0,05). El dolor muscular fue mayor en NI-BFR y ACLR-BFR en comparación con ACLR-HL (pag < 0,05). El dolor de rodilla fue menor en ACLR-BFR en comparación con ACLR-HL (pag < 0,01). No hubo diferencias en la presión arterial. |
| (Ladlow, Peter; Coppack, Russell J.; Dharm-Datta, Shreshth; Conway, Dean; Sellon, Edward; Patterson, Stephen; Bennett, Alexander, 2018) | Ensayo controlado aleatorio ciego | 28 adultos con lesiones en las extremidades inferiores | Flujo sanguíneo restringido fue de 4 minutos por ejercicio y 8 minutos por sesión de entrenamiento. El entrenamiento se realizó dos veces al día por la mañana y por la tarde (siempre separados por interludios de ≥ 5 horas), de lunes a jueves y una vez el viernes por la mañana. El entrenamiento de resistencia convencional realizó 4 series de 3 ejercicios (peso muerto, sentadilla trasera y estocadas) 3 veces por semana. El instructor de rehabilitación de ejercicios determinó una progresión | Un ANOVA bidireccional de medidas repetidas no reveló diferencias significativas entre los grupos para ninguna medida de resultado posterior a la intervención ($p > 0,05$). Ambos grupos mostraron mejoras significativas en las puntuaciones medias de CSA/volumen muscular, prensa de piernas de 5RM y extensión de rodilla de 5RM ($p < 0,01$) después del tratamiento. Los participantes del grupo LL-BFR también demostraron mejoras significativas en las puntuaciones MSLT y Y-balance ($p < 0,01$). Las puntuaciones de dolor durante el |

| | | | | |
|--|-----------------------------|--|--|---|
| | | | gradual del ejercicio. Las repeticiones por serie eran típicamente de 6 a 8 con intervalos de descanso de 3 minutos entre cada serie. | entrenamiento redujeron significativamente el tiempo extra en el grupo LL-BFR ($p = 0,024$), y no se informaron eventos adversos durante el estudio. |
| (Bowman, Eric N.; Elshaar, Rami; Milligan, Heather; Jue, Gregory; Mohr, Karen; Brown, Patty; Watanabe, Drew; Limpisvasti, Orr, 2019) | Ensayo controlado aleatorio | El protocolo fue completado por 26 pacientes | Todos los participantes completaron los siguientes ejercicios en cada sesión de entrenamiento: (1) flexión de cadera con elevación de pierna estirada, (2) abducción de cadera de lado, (3) extensión de cuádriceps de arco largo y (4) curl de isquiotibiales de pie. Los ejercicios de fuerza se realizaron en ambas extremidades usando un peso predeterminado, calculado como el 30 % de 1 repetición (repetición) máxima determinada 1 semana antes del inicio del entrenamiento. ⁵ Los ejercicios se realizaron en series de la siguiente manera: serie 1, 30 repeticiones seguidas de un descanso de 30 segundos; serie 2, 15 repeticiones y 30 segundos de descanso; serie 3, 15 repeticiones y 30 segundos de descanso; y serie 4, 15 repeticiones. En | El protocolo fue completado por 26 pacientes, proporcionando 16 BFR y 10 pacientes de control (edad media del paciente, 27 años; 62% mujeres). Se observó un aumento estadísticamente mayor en la fuerza proximal y distal al torniquete BFR en comparación con la extremidad sin torniquete y el grupo de control (PAGS < 0,05). Aproximadamente el doble de la mejora se observó en el grupo BFR en comparación con los controles. Las pruebas isocinéticas mostraron mayores aumentos en el torque máximo de extensión de rodilla (3 % frente a 11 %), el trabajo total (6 % frente a 15 %) y la potencia promedio (4 % frente a 12 %) para el grupo BFR (PAGS < 0,04). La circunferencia de la extremidad aumentó significativamente tanto en el muslo (0,8 % frente al 3,5 %) como en la pierna (0,4 |

| | | | | |
|--|---|--|---|--|
| | | | el grupo BFR, 1 miembro realizó los ejercicios con BFR continuo durante la sesión y el otro miembro sin BFR. El grupo control realizó ejercicios en ambas extremidades. | % frente al 2,8 %) en comparación con el grupo de control (PAGS < 0,01). Además, se produjo un aumento significativo en la circunferencia del muslo (0,8 % frente a 2,3 %) y la fuerza de extensión de la rodilla (3 % frente a 8 %) en la extremidad BFR sin torniquete en comparación con el grupo de control (PAGS < 0,05). No se informaron eventos adversos. |
| (Erickson, Lauren N.; Hickey, Kathryn C.; Davis, Kylie; Jacobs, Cale; Thompson, Katherine; Hardy, Peter; Andersen, Anders; Fry, Christopher; Noehren, Brian, 2018) | Ensayo clínico aleatorizado, doble ciego, controlado con placebo. | 70 participantes entre las edades de 15 a 40 años con un desgarro de LCA | Los participantes serán asignados aleatoriamente a: (1) fisioterapia más terapia activa BFRT (grupo BFRT) o (2) fisioterapia más BFRT de placebo (estándar de atención grupo). La BFRT prequirúrgica implicará sesiones 3 veces por semana durante 4 semanas, y postquirúrgicas. BFRT quirúrgico implicará sesiones 3 veces por semana durante 4 a 5 meses. | Medida de resultado primaria: fuerza del cuádriceps (máximo cuádriceps par, tasa de desarrollo del par). Medidas de resultado secundarias: biomecánica de la rodilla (momento extensor de rodilla, excursión de flexión de rodilla, ángulo de flexión de rodilla), músculo cuádriceps morfología (área transversal fisiológica, fibrosis) y músculo cuádriceps fisiología (tipo de fibra muscular, tamaño de la fibra muscular, ángulo de pennación muscular, célula satélite proliferación, células progenitoras fibrogénicas/adipogénicas, composición de la matriz extracelular). |
| (Setuain, Igor; Izquierdo, Mikel; Idoate, Fernando; | Ensayo clínico longitudinal | 40 atletas recreativos, 30 | Ambos grupos realizaron procedimientos de rehabilitación diferenciados después de ACLR. Los | Se observó una reducción de la CSA muscular en ambos grupos de tratamiento para Semitendinosas y Gracilis un año |

| | | | | |
|---|--|----------------------------|--|--|
| <p>Bikandi, Eder; Gorostiaga, Esteban M.; Aagaard, Per; Cadore, Eduardo L.; Alfaro-Adrián, Jesús, 2017)</p> | <p>doble ciego aleatorizado controlado</p> | <p>hombres, 10 mujeres</p> | <p>pertenecientes al grupo OCBR fueron guiados en su recuperación según los principios actuales basados en la evidencia. El grupo de la UCR siguió el enfoque convencional nacional para la rehabilitación del LCA.</p> | <p>después de ACLR. Al año de seguimiento, los sujetos asignados al OCBR demostraron mayores valores de torque máximo de flexores y extensores de la rodilla en sus extremidades reconstruidas en comparación con los pacientes tratados con UCR.</p> |
| <p>(Jacqueline M. Bordessa; Mason C. Hearn; Alexander E. Reinfeldt; Tyler A. Smith; Harsimran S. Baweja; Susan S. Levy; Michael D. Rosenthal, 2021)</p> | <p>Estudio cruzado aleatorizado.</p> | <p>34 sujetos sanos</p> | <p>Tres sesiones aleatorias de extensiones de rodilla usando el Sistema de Torniquete Personalizado (R) de Delfi al 30% de 1 repetición máxima (1RM), el B-Strong dispositivo (S) al 30 % de 1 RM y ejercicio de resistencia de alta carga (HL) al 80 % de 1 RM</p> | <p>La EMG media y máxima fue mayor en las sesiones de HL que en S y R ($p < 0,001$). NPRS fue mayor en las sesiones R en comparación con S ($p < 0,02$) y HL ($p < 0,001$). No se encontraron diferencias ($p > .05$) en la activación EMG promedio o máxima entre las sesiones S y R.</p> |
| <p>(Gabriel Rodríguez Neto; Julio Cesar Gomes da Silva; Lucas Freitas; Hidayane Gonçalves da Silva; Danilo Caldas; Jefferson da Silva; María Sousa, 2018)</p> | <p>Ensayo de control aleatorizado</p> | <p>25 hombres</p> | <p>Se dividieron aleatoriamente en 3 grupos experimentales: a) 4 ejercicios de baja carga al 20 % del máximo de una repetición (1RM) combinados con BFR continuo (LL + CBFR), b) 4 ejercicios de baja carga ejercicios de carga al 20% de 1RM combinados con BFR intermitente (LL + IBFR); y c) 4 ejercicios de baja carga al 20% de 1RM sin BFR (LL).</p> | <p>Se realizaron doce sesiones de ST (dos veces por semana durante 6 semanas). No hubo diferencias entre grupos para todas las variables ($p > 0,05$). Sin embargo, hubo diferencias significativas en el tiempo para el LME en la polea de tríceps solo en el grupo LL + CBFR ($p < 0,001$) y en la polea de bíceps en los grupos LL + CBFR, LL + IBFR y LL ($p < 0,001$, , $p = 0,002$, $p = 0.032$), respectivamente, con</p> |

| | | | | |
|--|--------------------------------|--------------------|--|---|
| | | | | magnitudes grandes solo para las dos formas del BFR. Se puede concluir que el BFR continuo o intermitente parece ser una buena alternativa para el aumento del LME de los miembros superiores en ejercicios mono articulares |
| (Schwiete, Carsten; Franz, Alexander; Roth, Christian; Behringer, Michael, 2021) | Ensayo de control aleatorizado | 19 participantes | Realizaron cuatro series (30-15-15-15 repeticiones) con 20% 1RM en prensa de piernas a 45° dos veces por semana durante 6 semanas (BFRc, n = 10; rBFR, n = 9). Fuerza máxima, resistencia a la fatiga, espesor muscular, y la circunferencia se evaluaron en tres puntos de tiempo (antes, a la mitad y después). | Fuerza máxima (p < 0,001), resistencia a la fatiga (p < 0,001), espesor muscular (p < 0,001), y la circunferencia (p = 0,008) aumentó en ambos grupos a lo largo del tiempo sin diferencias entre grupos (p > 0,05). Durante la intervención, el grupo rBFR expuso significativamente valores de dolor y esfuerzo percibidos más bajos en comparación con cBFR (p < 0,05). |
| (Eduardo D.S. Freitas; Ryan M. Miller; Aaron D. Heishman; Rodrigo R. Aniceto; Julio G.C. Silva; Michael G. Bembem, 2019) | Ensayo de control aleatorio | 14 jóvenes varones | Participantes completaron 4 series de 30-15-15-15 repeticiones de prensa de piernas bilateral y ejercicios de extensión de rodilla durante las condiciones de carga baja, al 20% del máximo de una repetición (1-RM), un 1.5-seg. ritmo controlado por metrónomo, con un intervalo de descanso de 1 min entre series; HI constaba de 4 juegos de 10 repeticiones de los mismos ejercicios, | Calificaciones del esfuerzo percibido (RPE) y el malestar se evaluaron mediante escalas psicométricas antes ejercicio y después de cada serie. RPE no mostró diferencias significativas (p>0,05) entre el BFR condiciones para cualquiera de los dos ejercicios. Además, ambas condiciones de BFR provocaron significativamente (p<0.05) mayor RPE que LI y significativamente (p<0.05) |

| | | | | |
|--|-----------------------------|------------------|--|---|
| | | | al 70% de 1RM, con el mismo ritmo e intervalo de descanso. | menor RPE que HI durante ambos ejercicios. |
| (Ryan M. Miller; Bianca Galletti; Karolina Koziol; Eduardo Freitas; Aaron D. Heishman; Christopher Black; Daniel Larson; Debra Bembena; Michael Bembena, 2020) | Ensayo cruzado aleatorio | 29 participantes | Las condiciones de carga baja consistieron en 30-15-15-15 repeticiones de ejercicios de prensa de dos piernas (LP) y extensión de rodilla (KE) con 30% de una repetición máxima (1-RM) y HL-RE consistieron en 3 series de 10 repeticiones en 80% 1-RM, todo con intervalos de descanso de 60 s. | El esfuerzo percibido (RPE) y la incomodidad se evaluaron antes del ejercicio e inmediatamente después de cada serie. RPE fue significativamente mayor en HL-RE en comparación con todas las condiciones de carga baja para ambos ejercicios después de cada serie (todas $p < 0,05$). cBFR-RE resultó en un RPE significativamente mayor que pBFR-RE y LL-RE para ambos ejercicios para las series 1-4 para LP y conjuntos 2-3 para KE (todos $p < 0,05$). |
| (Florian Husmann; Thomas Mittlmeier; Sven Bruhn; Volker Zschorlich; Martin Behrens, 2017) | Procedimiento experimental. | 17 hombres | Completaron cuatro series de ejercicio de resistencia isotónica de baja intensidad en dos condiciones experimentales: ejercicio de extensión de rodilla (i) con BFR y (ii) sin BFR (CON). Se realizaron pruebas neuromusculares antes, durante (inmediatamente después de cada serie de ejercicios de extensión de rodilla), y 1, 2, 4 y 8 min después de cada condición experimental. Torque voluntario máximo, torque de | Después de la primera serie de ejercicios, BFR indujo reducciones significativamente mayores en el par máximo voluntario, PS100 y PS10/PS100 ratio en comparación con CON. Estos parámetros disminuyeron progresivamente a lo largo del protocolo BFR, pero se recuperaron sustancialmente en 2 min. después del ejercicio cuando se restauró el flujo sanguíneo. Ni una disminución progresiva en el curso del protocolo de |

| | | | | |
|---|---------------------------------------|-------------------------|---|--|
| | | | <p>contracción del cuádriceps en respuesta a pares estímulos eléctricos a 10 Hz (PS10) y 100 Hz (PS100), relación PS10/PS100j1 como índice de fatiga de baja frecuencia y voluntaria la activación se midió en condiciones isométricas. Los datos de percepción y EMG se registraron durante cada condición de ejercicio.</p> | <p>ejercicio ni una recuperación sustancial de estos parámetros ocurrieron durante y después de CON. Solo al finalizar el ejercicio, la activación voluntaria difirió significativamente entre BFR y CON con mayores reducciones durante BFR</p> |
| <p>(Lixandrão, Manuel E.; Roschel, Hamilton; Ugrinowitsch, Carlos; Miquelini, Maira; Álvarez, Ieda F.; Libardi, Cleiton A., 2018)</p> | <p>Experimental aleatorio cruzado</p> | <p>12 hombres</p> | <p>Cuatro series de pierna a 45° ejercicio de press en tres condiciones diferentes: i) BFR-RE (15 repeticiones; 30% 1-RM); ii) ALQUILER (80% 1-RM al fallo muscular) y; iii) LI-RE (30% 1-RM al fallo muscular).</p> | <p>RPE y los niveles de dolor aumentaron a lo largo de las series de ejercicios para todos los protocolos de RE (todos, $P < 0,05$). Los protocolos HI- y LI-RE mostraron resultados similares. Aumento en RPE y niveles de dolor durante todas las series de ejercicios ($P < 0.05$); sin embargo, ambos protocolos demostraron una mayor RPE y una respuesta al dolor en comparación con BFR-RE después de cada una de las cuatro series (todas $P < 0,05$ comparaciones entre grupos)</p> |
| <p>(Emerson L. Teixeira; Renato Barroso; Carla Silva-Batista; Gilberto C.</p> | <p>Ensayo de controlado aleatorio</p> | <p>12 participantes</p> | <p>Los participantes realizaron HL con BFR durante los intervalos (BFR I), durante la serie (BFR-S) y sin BFR. Cada condición consistió en 3 series de 8 repeticiones con extensión de rodilla</p> | <p>El lactato aumentó en todos los protocolos, pero fue mayor con BFR-I que con BFR-S y HL. RMS disminuyó en todas las condiciones, con un tamaño de</p> |

| | | | | |
|--|---|-------------------------|---|--|
| <p>Laurentino; Jeremy P. Loenneke; Hamilton Roschel; Carlos Ugrinowitsch; Valmor Tricoli, 2018)</p> | | | <p>al 70% de 1 repetición como máximo. Lactato y raíz cuadrada media (RMS) a partir de la superficie EMG del vastus lateralis se calcularon.</p> | <p>efecto mayor en BFR-I (1.47) que en BFR-S (0,66) y HL (0,59).</p> |
| <p>(Scott Telfer, John Calhoun, Joseph J. Bigham, Simran Mand, Joshua M. Gellert; Mia S. Hagen; Christopher Y. Kweon; Albert O. Gee, 2020)</p> | <p>Análisis de movimiento transversal</p> | <p>20 participantes</p> | <p>Se habían sometido recientemente a una reconstrucción del ligamento cruzado anterior y 20 controles (11 mujeres/9 hombres, edad media 28,0 años) realizaron un protocolo de ejercicio escalonado con y sin BFR. Miembro inferior la cinemática y la cinética se midieron y compararon entre grupos y condiciones. Las pruebas se completaron en junio de 2019.</p> | <p>Los participantes de ambos grupos experimentaron un aumento de la rotación externa de la tibia de 2° (P < 0,001) y reducciones en los pares de flexión y rotación de la rodilla alrededor de la articulación de alrededor del 50% (P < 0,001) cuando se usa BFR en comparación con el ejercicio de step no restringido. Se encontró que la intervención aumentaba la dificultad del ejercicio e inducir niveles moderados de malestar (P < 0,001).</p> |
| <p>(Hidayane Gonçalves da Silva; Gabriel Rodríguez Neto; Wanessa Kelly Vieira Vasconcelos; Elísio Alves Pereira-Neto;</p> | <p>Ensayo cruzado, aleatorizado</p> | <p>13 mujeres</p> | <p>Cuatro sesiones de ejercicios para el miembro superior derecho (flexión de codo) y cuatro para el miembro inferior derecho (extensión de rodilla). La presión arterial sistólica (PAS), Se midió la presión arterial diastólica (PAD) y la frecuencia cardíaca (FC)</p> | <p>No hubo interacciones significativas entre los protocolos vs. segmentos contra tiempo, protocolos vs. segmentos, protocolos vs. tiempo, segmentos vs. tiempo, protocolo, segmento y tiempo, sobre las variables PAS, PAD y FC durante y después de la RE (p> 0,05).</p> |

| | | | | |
|---|----------------------|------------------|--|--|
| Julio César Gomes da Silva; Simoni Teixeira Bittar; María Socorro Cirilo-Sousa, 2019) | | | antes, durante, inmediatamente después y 15, 30, 45 y 60 minutos después de los ejercicios | Aunque todos estos protocolos tenían PAS, PAD y FC significativamente elevados, los valores se mantuvieron dentro del rango normal. Los protocolos de este estudio no causaron efecto hipotensor |
| (Michael Behringer ; Daniel Behlau; Johannes C K Montag; Molly L McCourt; Joachim Mester, 2017) | Diseño experimental | 25 participantes | Los participantes realizaron Sprint de 6 × 100 m al 60-70 % de su velocidad máxima de sprint de 100 m dos veces por semana durante 6 semanas, ya sea con (grupo de intervención [GI]; n = 12) o sin pBFR (grupo de control [GC] ; n = 12). El tiempo de carrera de 100 m disminuyó significativamente más en el GI (-0,38 ± 0,24 segundos) que en el GC (-0,16 ± 0,17 segundos). | El marcador de daño muscular h-FABP aumentó significativamente más en el GC que en el GI. El pBFR mejoró el tiempo de carrera de 100 m significativamente más que el entrenamiento de intervalos de sprint de baja intensidad solo. Otros beneficios observados del entrenamiento con pBFR fueron una disminución del nivel de daño muscular, un mayor aumento del grosor del músculo recto femoral y una mayor tasa de desarrollo de la fuerza. |
| (Eduardo DS Freitas; Ryan Miller; Aaron D Heishman; João B Ferreira-Júnior; Joamira P Araújo; Michael G Bembén, 2020) | Cruzado aleatorizado | 14 hombres | (1) RE de carga baja con BFR continuo (cBFR), (2) RE de carga baja con BFR intermitente (iBFR), (3) RE de carga baja sin BFR (LI), y (4) RE convencional de alta carga sin BFR (HI). Para las pruebas de ejercicio cBFR, iBFR y LI, los participantes realizaron cuatro series de 30-15-15- | RE combinado con cBFR o iBFR induce las mismas respuestas fisiológicas agudas. Sin embargo, las mayores respuestas fisiológicas se observan con HI, probablemente debido a los volúmenes de ejercicio significativamente mayores. Por lo tanto, liberar la presión de los manguitos |

| | | | | |
|---|--------------------|------------------|--|---|
| | | | 15 repeticiones de los ejercicios de prensa de piernas bilateral (LP) y extensión de rodilla (KE), a una intensidad del 20% de su uno-repetición máxima (1-RM), a una velocidad de contracción de 1,5 s, y con un período de descanso de 1 min entre series. | restrictivos durante los períodos de descanso entre series no obstaculizará las respuestas fisiológicas agudas de BFR RE. |
| (Daniel González; Marcelo Catillo; Jorge Villena, 2019) | Cuasi experimental | 16 participantes | G1: Electroestimulación Neuromuscular (EENM) + RFS; G2: Caminata en treadmill + RFS; G3: Sentadilla 90° + RFS; G4: Solo RFS. Se utilizó medición directa de la FDM, Antropometría y Densitometría Radiológica Dual para medir las variables. Las mediciones fueron realizadas al inicio y al final de las 11 semanas | En la variable HM los tratamientos de caminata + RFS y EENM + RFS registraron las principales mejoras frente al resto de las intervenciones. La FDM se ve afectada y mejorada por la EENM, la caminata y las sentadillas asociadas a RFS, de similar manera a solo la aplicación de RFS. Se observaron modificaciones en la MO, DMO y CMO. La EENM + RFS lidero los resultados, mejorando la DMO y CMO. La caminata + RFS mostro mejorar la MO y la DMO al mismo tiempo. La RFS sumado a los estímulos, EENM, caminata y sentadilla genera efectos positivos sobre la HM, la FDM y tejido óseo del miembro inferior. La RFS también genera cambios sin la asociación a otro estímulo, pero en menor |

| | | | | |
|--|-------------------------------------|---|--|---|
| | | | | medida. No se logró establecer una diferencia estadísticamente significativa ($p>0,05$) entre los grupos. |
| (Sánchez Alepuz; I Miranda, F J Miranda, 2019) | Estudio analítico transversal | 64 sujetos | A todos los sujetos se les realizó un análisis biomecánico de la marcha mediante 4 pruebas: 1) prueba cinemática de la marcha, para caracterizar el patrón de marcha; 2) prueba de análisis cinético de la marcha, para analizar las características de las fuerzas ejercidas contra el suelo, la duración de las pisadas, la simetría entre ambas extremidades y la repetitividad del gesto analizado; 3) prueba de la marcha con pivot, para valorar la estabilidad rotacional de la rodilla alrededor del eje sagital; y 4) prueba de equilibrio. | Se han encontrado alteraciones en el análisis cinemático y cinético tanto en la rodilla lesionada como en la sana respecto al grupo control. En la prueba de la marcha con pivot hay una tendencia al aumento de las fuerzas en los 3 ejes, tanto en la pierna de apoyo como en la pierna de salida en los pacientes con rotura de LCA, en comparación con los sujetos sanos. |
| (Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M, 2021) | Revisión sistemática y metaanálisis | Once estudios Reconstrucción del ligamento cruzado | Esta revisión sistemática y metaanálisis de la literatura revisada por pares se realizó utilizando las bases de datos PubMed, Embase y Cochrane desde 1980 hasta el presente. Los resultados de la búsqueda se limitaron a aquellos que evaluaron el | Dos estudios evaluaron específicamente el uso de BFR en el marco de tiempo preoperatorio. Para el metaanálisis, que incluye 4 estudios, las variables de resultado primarias incluyeron el área transversal del grupo muscular cuadrado femoral evaluado con imágenes de |

| | | | | |
|---|------------------------------------|--|---|--|
| | | <p>anterior (n = 10).</p> <p>Artroscopia de rodilla (n = 1).</p> | <p>entrenamiento BFR en pacientes sometidos a cirugía de rodilla publicados en una revista científica revisada por pares en inglés. Posteriormente, los estudios seleccionados se sometieron a la extracción de datos, la evaluación de la calidad metodológica y el análisis de datos.</p> | <p>resonancia magnética o ultrasonografía, y las puntuaciones de las medidas de resultado informadas por el paciente. Los resultados demostraron que el uso de BFR en el período de tiempo postoperatorio puede conducir a una mejora significativa en el área transversal al cuantificar la atrofia muscular. Sin embargo, no se encontraron diferencias significativas para las medidas de resultado informadas por los pacientes entre los estudios incluidos. Cabe señalar que 4 de los artículos incluidos en esta revisión informaron aumentos en la fuerza clínica cuando se usa BFR en el entorno posoperatorio. Por último, el entrenamiento BFR preoperatorio no mostró ningún beneficio clínico significativo entre los 2 estudios.</p> |
| <p>(Przkora R, Sibille K, Victor S, Meroney M, Leeuwenburgh Ch, Gardner A, Vasilopoulos T, Parvataneni H, 2021)</p> | <p>Estudio piloto aleatorizado</p> | <p>10 pacientes</p> | <p>Reclutaron pacientes que se sometieron a una ATR y aleatorizaron seis al ejercicio BFR durante 4 semanas antes de la cirugía y cuatro al tratamiento estándar (sin ejercicio). Medición de la función física utilizando la batería de rendimiento</p> | <p>No se observaron complicaciones. Los hallazgos demuestran la viabilidad y aceptabilidad de la intervención BFR. Aunque preliminar y sin poder estadístico para la comparación, el grupo BFR demostró una disminución menor en SPPB después de la cirugía (-2,2, IC del</p> |

| | | | | |
|--|--|---------------------|--|--|
| | | | <p>físico corto (SPPB), la prueba de caminata de 6 minutos (6MWT), la fuerza de las piernas (torque máximo) y el dolor (puntuación numérica del dolor) 4 a 5 semanas antes de la operación y 2 semanas después de la operación.</p> | <p>95 %: -4,4, 0,1) en comparación con el grupo sin ejercicio (-4,8, IC del 95 %: -7,8, -1,7). No se observaron diferencias en las mediciones de la 6MWT, la fuerza de las piernas y el dolor. Llegamos a la conclusión de que el ejercicio preoperatorio de baja resistencia utilizando el BFR es factible y aceptable, y esta prueba justifica la investigación como una intervención para atenuar potencialmente la pérdida postoperatoria de la función física después de la ATR.</p> |
| <p>(Tennent D, Hylden Ch, Johnson A, Burns T, Wilken J, Owens J, 2017)</p> | <p>Estudio piloto controlado aleatorio</p> | <p>17 pacientes</p> | <p>Se realizó un estudio piloto controlado aleatorio que comparó la fisioterapia con y sin BFR después de la artroscopia de rodilla. Los pacientes se sometieron a 12 sesiones de fisioterapia supervisada. Los sujetos siguieron el mismo protocolo postoperatorio con la adición de 3 ejercicios BFR adicionales. Las medidas de resultado incluyeron la circunferencia del muslo, medidas de función física, Puntaje de resultado de osteoartritis de rodilla (KOOS), Encuesta de salud de 12 elementos</p> | <p>Se observaron aumentos significativos en la circunferencia del muslo en el grupo BFR a 6 cm y 16 cm proximal a la rótula (PAG =0,0111 y 0,0001). Todas las medidas de resultados físicos mejoraron significativamente en el grupo BFR, y las mejoras en el tiempo de ascenso de escaleras fueron mayores que con la terapia convencional (PAG =0,0281). Las subescalas VR-12 y KOOS mejoraron significativamente en el grupo BFR, y se observó una mayor mejora en la puntuación del componente mental VR-12 (PAG =0,0149). El grupo BFR mostró</p> |

| | | | | |
|---|---------------------|------------------|---|---|
| | | | RAND para veteranos (VR12) y pruebas de fuerza. Se utilizó ecografía dúplex bilateral para evaluar la trombosis venosa profunda antes y después de la intervención. | mejoras aproximadamente dos veces mayores en la fuerza de extensión y flexión en comparación con la terapia convencional (74,59 % frente a 33,5 %, PAG=0,034). No se observaron eventos adversos durante el estudio. |
| (Jessee M, Buckner S, Mouser J, Mattocks K, Dankel S, Abe T, Bell Z, Bentley J, Loenneke J, 2018) | Diseño experimental | 46 participantes | El protocolo de entrenamiento de 8 semanas requería 2 sesiones de entrenamiento supervisadas por semana, que consistían en 4 series de extensiones de rodilla unilaterales hasta el fallo voluntario bajo la condición asignada. Ambas piernas entrenaban cada día con el entrenamiento de piernas primero alternado entre días. A los participantes se les dio un período de descanso autodeterminado entre el entrenamiento de cada pierna. Las condiciones de carga muy baja (15/0, 15/40 y 15/80) entrenaron con una carga igual al 15% de 1RM y tuvieron períodos de descanso entre series de 30 s. La condición de carga alta (70/0) entrenó con una carga igual al 70% de 1RM con períodos de descanso entre | Se observó un aumento en la fuerza en el test de 1RM luego del entrenamiento de alta carga únicamente y no hubo diferencias en las condiciones para las medidas isométricas o isocinéticas, lo que sugiere que los aumentos en la fuerza isotónica dependen de la carga. El aumento en una prueba no practicada o de "fuerza general" no difirió debido a la carga, lo que sugiere que el efecto de la carga es específico de la tarea y puede no traducirse bien en otras tareas; sin embargo, esto puede requerir más investigación para confirmarlo. Los datos actuales también sugieren que la aplicación de una presión BFR más alta crea un estímulo único en comparación con las condiciones sin restricción para aumentar la resistencia. El tamaño muscular no dependió de la carga, ni se |

| | | | | |
|--|-----------------------------|-------------------------------------|---|---|
| | | | <p>series de 90 s. La presión aplicada durante las condiciones BFR [15/40 (40 % AOP) y 15/80 (80 % AOP)] se estableció como un porcentaje de AOP previo al ejercicio medido en cada sesión mientras los participantes estaban sentados erguidos. Un manguito inelástico de 10 cm de ancho se aplicó en la porción más proximal de la pierna, se infló antes del ejercicio y se mantuvo inflado hasta el cese de la última serie, luego de lo cual se desinfló y remoto.</p> | <p>vio afectado por las diferencias de volúmenes o presiones de restricción. Dado que los aumentos de tamaño muscular no difirieron entre las condiciones, a pesar de las diferencias en el volumen de ejercicio, sugiere una falta de una relación dosis-respuesta. Además, la falta de aumento de la fuerza en condiciones de carga muy baja, mientras que se encontraron aumentos similares en el tamaño del músculo, sugiere una disociación entre los dos.</p> |
| <p>(Yining L, Patel B, Kym C, Nwachukwu B, Beletksy A, Forsythe B, Chahla J, 2020)</p> | <p>Revisión sistemática</p> | <p>6 estudios 154 pacientes</p> | <p>Realizó una revisión sistemática de las 3 bases de datos de literatura médica para identificar todos los ensayos clínicos de nivel 1 y 2 publicados desde 1990 sobre BFR en pacientes sometidos a ACLR. Se agruparon los datos demográficos de los pacientes de los estudios incluidos. Se documentaron los datos de los resultados, incluidos la fuerza y el tamaño de los músculos, y el dolor y el esfuerzo percibidos. Se realizó un</p> | <p>Un total de 6 estudios (154 pacientes; 66,2% hombres; media± SD edad, 24,2± 3,68 años) fueron incluidos. De estos, 2 estudios examinaron BFR de baja carga como una intervención preoperatoria, 1 de los cuales observó un aumento significativo en la resistencia isométrica muscular (PAGS¼ .014), electromiografía de superficie del vasto medial (P <.001) y el flujo sanguíneo muscular al vasto lateral en el seguimiento final (P <.001) en comparación con pacientes sometidos a</p> |

| | | | | |
|--|-------------------------------------|------------------|---|--|
| | | | análisis descriptivo de los resultados de las intervenciones BFR y no BFR. | BFR simulado. Cuatro estudios investigaron la BFR de carga baja como una intervención posoperatoria y observaron beneficios significativos en la hipertrofia muscular, medida por el área transversal; fuerza, medida por el par extensor; y resultados subjetivos, medidos por el dolor de rodilla subjetivo durante la sesión, sobre el entrenamiento tradicional de fuerza de baja carga (todos $P < .05$). Los períodos de oclusión de BFR variaron de 3 a 5 minutos, con períodos de descanso que oscilaron entre 45 segundos y 3 minutos. Si bien algunos autores han demostrado los beneficios potenciales de fuerza e hipertrofia de la BFR perioperatoria, se requieren investigaciones futuras con resultados estandarizados, seguimiento a largo plazo y tamaños de muestra más sólidos para sacar conclusiones más definitivas. |
| Pignanelli CH, Petrick H, Keyvani F, Heigenhauser G, Quadrilatero J, | Modelo unilateral dentro del sujeto | 10 participantes | Con cada pierna, los participantes realizaron tres series de sentadillas con una sola pierna en una máquina Smith con resistencia robótica con una carga correspondiente al 30% de 1-RM hasta | Los resultados de fuerza y tamaño muscular fueron similares para ambos tipos de entrenamiento, a pesar de que el volumen total de ejercicio (carga \times repetición) fue ~33 % menor con LL-BFR |

| | | | | |
|----------------------------------|--|--|---|--|
| <p>Holloway G, Burr J, 2020)</p> | | | <p>el fallo de la tarea, con períodos de descanso establecidos en 100 s, durante 6 semanas. Los participantes descansaron de 5 a 10 minutos entre series de entrenamiento en cada pierna. Las repeticiones se realizaron en un ciclo de trabajo de 3,5 s (contracción excéntrica de 1,75 s y contracción concéntrica de 1,75 s, con el ritmo ajustado a una señal audible), y si cualquiera de las piernas realizaba >30 repetición en serie 1, la carga se incrementó en 2 kg para el siguiente día de entrenamiento solo en esa pierna. Se colocó un torniquete de 11 cm de ancho lo más alto posible (por encima de los sitios de biopsia) en la parte superior del muslo de la pierna LL-BFR, y se fijó la presión correspondiente al 60-70 % de la presión oclusiva efectiva (LOP) más baja en la posición sentada.</p> | <p>que con LL-RE ($28\,544 \pm 1\,771$ vs. $18\,949 \pm 1\,541$ kg, $P= 0,004$). Después del entrenamiento, solo LL-BFR mejoró la producción de potencia promedio durante la parte media de una tarea de resistencia muscular voluntaria. Específicamente, el entrenamiento LL-BFR mantuvo una producción de potencia 18 % mayor desde el inicio y resultó en un mayor cambio desde el inicio que LL-RE (19 ± 3 vs. 3 ± 4 W, $P= 0.008$). La presente investigación proporciona evidencia de adaptaciones musculares funcionales potencialmente diferentes después del entrenamiento con LL-BFR, en particular con la resistencia muscular después de solo 6 semanas de entrenamiento, que no pueden explicarse por cambios en la fuerza muscular, el tamaño y las adaptaciones mitocondriales o microvasculares del músculo esquelético. Estos hallazgos pueden ser de gran interés para los atletas en términos de rendimiento deportivo o rehabilitación de lesiones.</p> |
|----------------------------------|--|--|---|--|

| | | | | |
|--|-----------------------------------|-------------------------|--|---|
| <p>(Kilgas M, Lytle L, Drum S, Elmer S, 2019)</p> | <p>Ensayo clínico</p> | <p>18 pacientes</p> | <p>Los participantes de ACLR se ejercitaron en casa durante 25 minutos, 5 veces por semana durante 4 semanas (extensión de rodilla con una sola pierna, media sentadilla con el peso corporal, caminar). El flujo de sangre solo en la pierna afectada se restringió usando un manguito de muslo inflado al 50% de la presión de oclusión de la extremidad. Se midió el grosor del recto femoral y del vasto lateral y la fuerza extensora de la rodilla antes y después del entrenamiento. Se compararon los índices de simetría de referencia y posteriores al entrenamiento (pierna afectada/pierna no afectada) con controles no lesionados.</p> | <p>El grosor del recto femoral y del vasto externo y la fuerza extensora de la rodilla en la pierna afectada aumentaron en un $11 \pm 5 \%$, $10 \pm 6 \%$ y $20 \pm 14 \%$, respectivamente (todos $P < 0,01$). En comparación con el valor inicial, la simetría de la fuerza de los extensores de la rodilla después del entrenamiento aumentó de 88 ± 4 a $99 \pm 5 \%$ ($P < 0,01$) y no difirió de los controles no lesionados ($99 \pm 5 \%$, $P = 0,95$). La implementación del ejercicio BFR en el hogar fue factible, segura y efectiva. Los resultados se extienden a la aplicación postoperatoria temprana del ejercicio BFR para la recuperación de ACLR y demuestran que BFR puede mejorar la función del cuádriceps mucho después de ACLR.</p> |
| <p>(Bahamondes C, Lagos J, Bustos L, Álvarez J, Berral F, Salazar L, 2018)</p> | <p>Ensayo aleatorizado simple</p> | <p>35 participantes</p> | <p>Todos los participantes ejecutaron un entrenamiento de media sentadilla en prensa Smith y curl de femorales bilateral durante 12 sesiones en 4 semanas, distribuidos en 3 días alternos, en horario de 17:00 y 20:00 horas. El calentamiento consistió en 8</p> | <p>En los tres tipos de entrenamiento se produjeron aumentos equivalentes en la fuerza máxima, a excepción de la FM-Q del entrenamiento con baja intensidad sin RPFS. Solo en el entrenamiento con RPFS la CK y PCRus se modifican al finalizar la intervención, y aun cuando el estrés miocelular parece ser más alto que</p> |

| | | | | |
|--|--|--|--|--|
| | | | minutos de trote (8-11 km/h) y 3 minutos de elongación de tipo estática. | en los otros tipos de entrenamiento, no indicaría daño muscular. |
|--|--|--|--|--|

Interpretación de la tabla: En la tabla N°4 se recolectan aquellos artículos más relevantes que aportan información importante sobre los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo, en pacientes post reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Cada uno de estos artículos contribuyen con resultados significativos y alentadores para su aplicación.

Tabla 5: Autores que aplicaron la técnica de restricción de flujo sanguíneo en adultos mayores, dolor y patología de rodilla.

| | | | | |
|--|---------------------------------|------------------|--|--|
| (Giles L, Webster K, McClelland J, Cook J, 2018) | Ensayo aleatorizado doble ciego | 79 participantes | Fueron asignados aleatoriamente a un fortalecimiento de cuádriceps estandarizado (estándar) o BFR de carga baja. Ambos grupos realizaron 8 semanas de press de piernas y extensión de piernas, el grupo estándar al 70% de 1 repetición máxima (1RM) y el grupo BFR al 30% de 1RM. Las intervenciones se compararon mediante análisis de varianza de medidas repetidas para la puntuación femorrotuliana de Kujala, la escala analógica visual para el "peor dolor" y el "dolor con la actividad diaria", el par isométrico del extensor de la rodilla | Sesenta y nueve participantes (87 %) completaron el estudio (estándar, n=34; BFR, n=35). El grupo BFR tuvo un 93 % más de reducción del dolor con las actividades de la vida diaria (p = 0,02) que el grupo estándar. Los participantes con extensión de rodilla con resistencia dolorosa (n=39) tuvieron mayores aumentos en el torque extensor de rodilla con BFR que con el estándar (p<0.01). No se encontraron diferencias entre los grupos para el cambio en la puntuación femorrotuliana de Kujala (p = 0,31), peor dolor (p =0,24), torsión extensora de la rodilla (p = 0,07) o |
|--|---------------------------------|------------------|--|--|

| | | | | |
|---|---|------------------|---|--|
| | | | (Newton metro) y el grosor del músculo cuádriceps (cm). Se realizaron análisis de subgrupos en aquellos participantes con extensión de rodilla dolorosa resistida a 60°. | grosor del cuádriceps ($p = 0,2$). No se encontraron diferencias entre las intervenciones a los 6 meses. En comparación con el fortalecimiento del cuádriceps estándar, la carga baja con BFR produjo una mayor reducción del dolor con la vida diaria a las 8 semanas en personas con PFP. Las mejoras fueron similares entre los grupos en el peor dolor y la puntuación de Kujala. El subgrupo con extensión de rodilla dolorosa resistida tuvo mayores mejoras en la fuerza del cuádriceps de BFR. |
| (Franz A, Schwiete C, Roth Ch, Behringer M, 2021) | Diseño de investigación paralela de 6 semanas | 19 participantes | Diecinueve participantes recreativamente entrenados realizaron cuatro series (30-15-15-15 repeticiones) con 20% 1RM en una prensa de piernas de 45° dos veces por semana durante 6 semanas (cBFR, $n = 10$; rBFR, $n = 9$). La fuerza máxima, la resistencia a la fatiga, el grosor muscular y la circunferencia se evaluaron en tres puntos de tiempo (antes, a la mitad y después). El dolor subjetivo y el | La fuerza máxima ($p < 0,001$), la resistencia a la fatiga ($p < 0,001$), el grosor muscular ($p < 0,001$) y la circunferencia ($p = 0,008$) aumentaron en ambos grupos con el tiempo sin diferencias entre los grupos ($p > 0,05$). Durante la intervención, el grupo rBFR expuso valores percibidos de dolor y esfuerzo significativamente más bajos en comparación con cBFR ($p < 0,05$). El entrenamiento de |

| | | | | |
|--|-----------------------------|---------------------|--|---|
| | | | <p>esfuerzo percibido se determinaron inmediatamente después del entrenamiento en dos momentos (medio y post).</p> | <p>restricción del flujo sanguíneo en reposo condujo a ganancias similares en fuerza, resistencia a la fatiga e hipertrofia muscular como el entrenamiento cBFR mientras provocaba menos molestias y esfuerzo percibido en los participantes. En resumen, el entrenamiento con rBFR proporciona una alternativa significativa a cBFR ya que este estudio mostró cambios funcionales y estructurales similares, así como menos molestias.</p> |
| <p>(Ellefsen S, Hammarström D, Strand T, Zacharoff E, Whist J, Rauk I, Nygaard H, Vegge G, Hanestadhaugen M, Wernbom M, Cumming K, Ronning R, Raastad T, Rønnestad B., 2015)</p> | <p>Diseño experimental.</p> | <p>15 pacientes</p> | <p>El protocolo de entrenamiento consistió en 12 semanas de dos ejercicios de extensión de rodilla unilateral por pierna por semana. De manera aleatoria, BFR se asignó a una pierna, mientras que HST se asignó a la otra pierna. cada sujeto realizó el entrenamiento cuatro días a la semana, dos por cada modo de entrenamiento. Antes del inicio del programa de entrenamiento de 12 semanas, cada sujeto recibió sesiones de familiarización</p> | <p>Aquí, mostramos que 12 semanas de BFR unilateral dos veces por semana [30% de una repetición máxima (1RM) hasta el agotamiento] y HST (6-10RM) de extensores de rodilla proporcionan aumentos similares en 1RM de extensión de rodilla y área transversal de las partes distales del músculo cuádriceps femoral en nueve mujeres no entrenadas (edad 22 ± 1 año). Los dos protocolos dieron como resultado aumentos agudos similares en los niveles</p> |

| | | | | |
|---|---------------------------------------|--|--|---|
| | | | <p>supervisadas para garantizar la técnica de levantamiento y los procedimientos de prueba adecuados.</p> | <p>séricos de hormona de crecimiento humana. A nivel celular, 12 semanas de BFR y HST dieron como resultado cambios similares en la composición de la fibra muscular en los músculos vastos laterales, evidentes como mayores proporciones de MyHC2A y menores proporciones de MyHC2X. De particular interés, las adaptaciones brutas a BFR y HST fueron mayores en individuos con proporciones más altas de fibras tipo 2, tanto BFR como HST dieron como resultado aumentos de aproximadamente cuatro veces en la expresión del nuevo gen de respuesta al ejercicio Syndecan-4, y 3. BFR y HST de extensores de rodilla resultaron en adaptaciones similares en parámetros biológicos celulares, fisiológicos y funcionales en mujeres no entrenadas.</p> |
| <p>(Mateo John Clarkson; Luisa Conway; Stuart Anthony Warmington, 2017)</p> | <p>Ensayo de control aleatorizado</p> | <p>Diecinueve hombres (n = 11) y mujeres (n = 8)</p> | <p>Los hombres y mujeres mayores sedentarios se asignaron al azar a un análisis de sangre de baja intensidad grupo de caminata con restricción</p> | <p>BFRW generalmente dio como resultado una mejora de 2,5 a 4,5 veces mayor en el rendimiento en todas las medidas de función física en</p> |

| | | | | |
|---|------------------|----------------------------------|---|--|
| | | | de flujo (BFRW; n = 10), o un grupo de control de caminata sin restricción de flujo sanguíneo (CON; n = 9). Los participantes fueron evaluados al inicio del estudio, a las tres y seis semanas para la sesión de 30 segundos. para pararse, prueba de caminata de seis minutos, cronometrado y marcha, y una prueba de paso modificada de Queen's College. mientras que un índice de esfuerzo percibido (RPE) para sesiones de entrenamiento al inicio, tres semanas y seis semanas. | comparación con CON entre estos adultos mayores. Sin embargo, el RPE fue mayor para BFRW en todos los puntos de tiempo (para la línea de base, tres semanas, seis semanas: 14 ± 0 ; 11 ± 0 ; 11 ± 0) en comparación con CON (8 ± 0 ; 7 ± 0 ; 8 ± 0), a pesar de la disminución a lo largo del estudio para BFRW. |
| (Summer B. Cook, Dain P. LaRoche, Michelle R. Villa, Hannah Barile, Todd M. Manini, 2017) | Ensayo aleatorio | Treinta y seis hombres y mujeres | Los participantes se sometieron a un entrenamiento de resistencia supervisado de 12 semanas o dos veces por semana utilizando una máquina de extensión de piernas sentado y curl de piernas (LC) y una máquina de prensa de piernas horizontal La sesión de ejercicios consistió en un calentamiento de 10 repeticiones con un peso muy ligero y progresó en tres series de cada ejercicio realizado hasta el fallo | Dentro de las 6 semanas de entrenamiento HL, los aumentos en todas las medidas de fuerza y CSA fueron evidentes y las ganancias fueron significativamente mayores que en el grupo CON (pag 0.05). El grupo BFR tuvo aumentos de fuerza en las pruebas de 1 RM de extensión de piernas y prensa de piernas, pero fueron significativamente más bajos en la contracción voluntaria máxima isométrica de extensión de piernas y |

| | | | | |
|--|--|--|---|--|
| | | | voluntario con 60 s de descanso entre series y tres minutos entre ejercicios. | 1 RM de extensión de piernas que el grupo HL. A las 12 semanas, el entrenamiento HL y BFR no difirió. La velocidad de marcha aumentó un 4% entre todos los grupos de entrenamiento |
|--|--|--|---|--|

Interpretación de la tabla N°5: Se tomó en consideración investigaciones que han mostrado datos significativos ante la aplicación de restricción de flujo sanguíneo principalmente se ha obtenido resultados importantes como la preservación de la función física, además de ello se constata la aplicación de restricción de flujo sanguíneo en pacientes quienes han presentado dolores y patologías en la rodilla demostrando así que es segura y efectiva para mejorar la fuerza muscular.

Tabla 6: Autores con criterio en común sobre la aplicación de la técnica de restricción de flujo sanguíneo en lesiones pre y post reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

| Autores N°1 | Año | Criterios en común | Autores N°2 | Año |
|---|------|--|---|------|
| (Yining L, Patel B, Kym C, Nwachukwu B, Beletsky A, Forsythe B, Chahla J, 2020) | 2020 | Ambos artículos científicos investigaron sobre la rehabilitación perioperatoria con restricción del flujo sanguíneo en pacientes sometidos a reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Examinaron una intervención preoperatoria, en los dos estudios informan sobre el aumento significativo en la resistencia isométrica muscular, además de ello indican que la rehabilitación pre o la intervención postoperatoria es beneficiosa para el volumen muscular y la fuerza/resistencia. | (Zargi T, Drobic M, Strazar K, Kacin A, 2018) | 2018 |
| | 2021 | Los siguientes estudios indican que el uso del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo en aquellos pacientes que han | | 2021 |

| | | | | |
|---|-------------|--|---|-------------|
| <p>(Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M, 2021)</p> | | <p>sido sometidos a cirugía de rodilla. En el período de tiempo postoperatorio puede conducir a una mejora y aumentos significativos en la circunferencia del cuádriceps. Además de ello destacan que tras su aplicación se ha demostrado un aumento de la hipertrofia muscular y la función, el uso de BFR como entrenamiento durante la rehabilitación de las extremidades inferiores ha mostrado efectos significativos.</p> | <p>(Przkora R, Sibille K, Víctor S, Meroney M, Leeuwenburgh Ch, Gardner A, Vasilopoulos T, Parvataneni H, 2021)</p> | |
| <p>(Franz A, Schwiete C, Roth Ch, Behringer M, 2021)</p> | <p>2021</p> | <p>Los presentes estudios investigaron sobre los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo sobre la atrofia del musculo cuádriceps y la circunferencia después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior mismos que comparten ciertos criterios en común ya que indican que tras programas basado BFR es posible inducir la hipertrofia dado que la atrofia es sumamente evidente después de una intervención quirúrgica. Aportan resultados comprometedores puesto que el entrenamiento de BFR si aumentó el grosor del músculo cuádriceps, es decir conduce a un aumento del área transversal del músculo femoral y la fuerza extensora de la rodilla además de reducir la asimetría. Incluso indican que el entrenamiento de flujo sanguíneo en reposo conduce a ganancias similares en fuerza, resistencia a la fatiga e hipertrofia muscular, muestran cambios funcionales y estructurales similares, así como menos molestias.</p> | <p>(Kilgas M, Lytle L, Drum S, Elmer S, 2019)</p> | <p>2019</p> |
| <p>(Daniel Gonzáles; Marcelo Castillo; Jorge Villena, 2019)</p> | <p>2019</p> | <p>Estos artículos están relacionados en la mejora del paciente tras la aplicación de BFR con la cualidad de realizarlo, pero con una carga baja; en estas investigaciones pudimos determinar que</p> | <p>(Bowman, Eric N.; Elshaar, Rami; Milligan, Heather; Jue, Gregory; Mohr, Karen; Brown,</p> | <p>2019</p> |

| | | | | |
|---|------|---|--|------|
| | | obtuvieron un aumento significativo en la fuerza de cada participante al cual se aplicó dicho tratamiento; así mismo hacen referencia a las dificultades que se pueden presentar como son dolor he incomodidad lo que va mejorando con la aplicación del tratamiento. | Patty; Watanabe, Drew; Limpisvasti, Orr, 2019) | |
| (Summer B. Cook, Dain P. LaRoche, Michelle R. Villa, Hannah Barile, Todd M. Manini, 2017) | 2017 | Las investigaciones se basaron en la aplicación del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo en personas adultas mayores que dio como resultado la mejora en la función física ya que puede aumentar la calidad del ejercicio en la caminata simple; para población limitada para el entrenamiento de fuerza con cargas pesadas. | (Mateo John Clarkson; Luisa Conway; Stuart Anthony Warmington, 2017) | 2017 |

Interpretación de la tabla N°6:

En la tabla N°4, se tomó en consideración las investigaciones que comparten criterios en común, cada uno de ellos presentan múltiples puntos sobre los efectos de la aplicación de restricción de flujo sanguíneo, BFR fue aplicado en pacientes con osteoartritis, dolor patelofemoral, pacientes sometidos a reconstrucción quirúrgica del ligamento cruzado anterior y su aplicación fue tanto en pre y post quirúrgico exponiendo indicios beneficiosos en la preservación de la musculatura, fuerza y resistencia.

DISCUSIÓN

Ante la presente investigación se ha permitido recabar información específica sobre los efectos que el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo brinda a pacientes con lesiones de ligamento cruzado anterior. En cuanto a (Sepúlveda, Sánchez, Amy, & Micheo, 2017) indica que las lesiones de ligamento cruzado anterior son lesiones de rodilla más comunes y significativas evaluadas por los profesionales de la medicina deportiva. Más de 120.000 personas con desgarró del LCA se someten a reconstrucción anualmente en los Estados Unidos. La incidencia de reconstrucción de LCA ha aumentado dramáticamente en las últimas dos décadas. ACLR parece ser el tratamiento preferido para reducir los costos sociales secundarios al desarrollo a largo plazo de complicaciones, particularmente osteoartritis.

Según (Humes B, 2020), la terapia de restricción de flujo sanguíneo se ha convertido en un método cada vez más popular de rehabilitación posoperatoria. En particular, este método terapéutico se está volviendo más prolífico, particularmente después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). La terapia de BFR permite que los médicos y los pacientes trabajen en un entorno de baja carga y al mismo tiempo puedan lograr el fortalecimiento musculoesquelético necesario, evitando la atrofia muscular tradicional que a menudo prevalece después de las cirugías reconstructivas de rodilla.

Estudio que comparten ciertos criterios sobre el entrenamiento con BFR pre y posoperatorio en pacientes sometidos a ACLR fueron realizados por (Yining L, Patel B, Kym C, Nwachukwu B, Beletksy A, Forsythe B, Chahla J, 2020) y (Zargi T, Drobic M, Strazar K, Kacin A, 2018) investigaciones que evidenciaron efectos preventivos con el ejercicio BFR de carga baja sobre la resistencia del musculo esquelético después de la reconstrucción del LCA, demostrando así que el preacondicionamiento mejora la función microvascular muscular además de preservarla hasta 4 semanas después de la cirugía, por tanto BFR de baja carga tiene un efecto positivo significativamente más fuerte en la resistencia muscular QF, su activación y perfusión después de la reconstrucción del LCA. Resultados con respecto a la BFR posoperatoria señala aumentos significativamente mayores de los grupos musculares flexores y cuádriceps.

Resulta claro que (Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson S, Hughes L, 2018) el primer estudio que compararon las respuestas perceptivas y hemodinámicas agudas a RE de carga pesada y BFR-RE de carga ligera en poblaciones clínicas. En el estudio, el grupo ACLR-BFR experimentó menos dolor en la rodilla durante el RE, probablemente debido a las cargas bajas (30% frente al 70% de 1RM) y las menores fuerzas articulares de la rodilla durante el RE. Curiosamente, el grupo ACLR-BFR también informó menos dolor de rodilla en las 24 horas posteriores al ejercicio. Se han observado adaptaciones en la fuerza y la masa muscular en períodos cortos de tiempo, como dos semanas e incluso una semana, por lo tanto, los hallazgos del estudio tienen implicaciones importantes para el uso de BFR en la rehabilitación temprana de ACLR. El estudio no encontró diferencias en la presión arterial post-ejercicio entre los grupos. Por lo tanto, la BFR-RE de carga ligera no proporciona mayor riesgo hemodinámico que la RE de carga pesada.

Asimismo, (Bahamondes C, Lagos J, Bustos L, Alvarez J, Berral F, Salazar L, 2018) en su investigación demostró que los ejercicios con restricción de flujo sanguíneo no propician un mayor daño muscular inducido por el ejercicio e inflamación. Los tres tipos de entrenamiento incluidos en el estudio con restricción de flujo sanguíneo, entrenamiento de alta intensidad y baja carga produjeron aumentos equivalentes en la fuerza máxima, también evidencia una mayor señalización anabólica y síntesis proteica en una sola sesión de ejercicios en tal sentido explica que aun cuando el estrés miocelular fuese más alto que en los otros tipos de entrenamiento, no indica daño muscular.

En opinión de (Kilgas M, Lytle L, Drum S, Elmer S, 2019) y (Franz A, Schwiete C, Roth Ch, Behringer M, 2021) quienes estudiaron la recuperación de la función del cuádriceps después de la reconstrucción de LCA en efecto aseguran que la aplicación de un maguito de oclusión y un entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo combinado con un entrenamiento de fuerza de baja intensidad tiene un efecto positivo para remediar la pérdida del área transversal del musculo femoral después de una reconstrucción del LCA. Determina incluso mediante su estudio que la implementación del ejercicio BFR en el hogar también resulta eficaz y bajo un protocolo controlado y estrictamente definido se puede aumentar la fuerza extensora de la rodilla, por tanto, es factible, seguro y económico. Debido a datos estadísticos exponen que después de 4 semanas de ejercicio BFR, el grosor del recto femoral y del vasto lateral en la pierna afectada aumenta en un 11 y un 10%, respectivamente.

Dos estudios comparativos que guardan estrecha relación fueron ejecutados por parte de (Hughes L, Rosenblatt B, Haddad T, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B, Patterson S, 2019) y (Pignanelli CH, Petrick H, Keyvani F, Heigenhauser G,

Quadrilatero J, Holloway G, Burr J, 2020) los dos estudios compararon el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo con un entrenamiento tradicional o no oclusivo con baja carga en pacientes con reconstrucción del LCA y osteoartritis de rodilla destacan mejoras en la función física y mayor reducción del dolor con BFR-RT esto atribuido por la carga ligera utilizada (30% frente a 70% 1RM) en comparación con HL-RT. Obtiene como resultado principal el aumento de la fuerza muscular con BFR, esto debido al ambiente hipóxico al cual se somete el músculo lo que conduce a una serie de cambios a nivel neuromuscular, hemodinámico, endocrino y metabólico conducen a la hipertrofia muscular. El dolor de rodilla mejoro con BFR con carga baja en ambos grupos de estudio, además. Los dos estudios señalan que BFR resulta ser una alternativa adecuada durante las primeras fases de rehabilitación tras reconstrucción del LCA, además de ello BFR no se asoció con un empeoramiento de dolor de rodilla en ninguno de los casos. La valoración de la calidad de vida fue mayor en los grupos BFR. Sugieren que el entrenamiento BFR resulta beneficioso para la fuerza muscular de manera similar al entrenamiento de alta intensidad.

Asimismo, (Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M, 2021) y (Przkora R, Sibille K, Victor S, Meroney M, Leeuwenburgh Ch, Gardner A, Vasilopoulos T, Parvataneni H, 2021) autores que han realizado investigaciones basadas en la aplicación de restricción de flujo sanguíneo en pacientes quienes han sido sometidos a cirugía de rodilla demostrando que independientemente del tipo de paciente, el BFR ha ayudado significativamente a reducir la cantidad de atrofia del musculo cuádriceps y mejor la fuerza muscular después de la cirugía. Además, indican que el ejercicio BFR prequirúrgico en pacientes con OA de rodilla que se someten a una ATR es factible y aceptable. La utilidad potencial del BFR para preservar el músculo y la función es alentadora y justifica una mayor investigación. También señalan un efecto secundario conocido como el dolor sordo en las extremidades inferiores durante la aplicación de BFR.

Por otro lado (Tennent D, Hylden Ch, Johnson A, Burns T, Wilken J, Owens J, 2017), fue el primer estudio que demostró el beneficio de BFR como terapia complementaria en fisioterapia posoperatoria después de la artroscopia de rodilla, obteniendo resultados comprometedores en los grupos de BFR mostrando mejoras significativas en la circunferencia del cuádriceps, también señala efectos protectores vasculares potenciales del entrenamiento con BFR al mejorar la función circulatoria del endotelio vascular y de la sangre periférica. Este estudio demuestra que la adición de intervenciones BFR a un programa de terapia posoperatoria puede inducir mejoras en la fuerza, la hipertrofia muscular, la función y las medidas informadas por el paciente de manera segura después de

la artroscopia de rodilla. A diferencia de estudios previos no se mostraron complicaciones importantes durante el entrenamiento con BFR.

Por parte de (Jessee M, Buckner S, Mouser J, Mattocks K, Dankel S, Abe T, Bell Z, Bentley J, Loenneke J, 2018) quien estudio las adaptaciones musculares al entrenamiento de alta y muy baja carga con y sin restricción del flujo sanguíneo. Observó un aumento en la fuerza, sugirió que la aplicación de una presión BFR más alta crea un estímulo único en comparación con las condiciones sin restricción de flujo sanguíneo para aumentar la resistencia. Muestra resultados alentadores y positivos que brindan más evidencia de la seguridad y eficacia de este entrenamiento para mejorar los protocolos de rehabilitación tradicional.

Por otro lado (Giles L, Webster K, McClelland J, Cook J, 2018) quien se enfocó en investigar sobre el fortalecimiento del cuádriceps con y sin restricción del flujo sanguíneo en el tratamiento del dolor patelofemoral identifico una reducción significativa mayor del dolor con las actividades diarias. Apunta que BFR es más efectivo que el fortalecimiento estandarizado del cuádriceps ya que resulto en ganancias de fuerza submáximas, ha resultado útil en pacientes con dolor patelofemoral quienes han tenido poca tolerancia al entrenamiento de resistencia intenso debido al dolor.

Mientras tanto (Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Ferris J, Paton B, Hughes L, Patterson S, 2019) fue el primero en examinar y comparar la viabilidad de BFR-RT y HL-RT durante la rehabilitación postoperatoria de ACLR y el efecto sobre el dolor de rodilla. Encontró que con BFR se pudo aumentar cualquier efecto hipoalgésico, disminuyendo el dolor muscular en sesiones de entrenamiento consecutivas. Se demostró que BFR-RT es tan eficaz para mejorar la fuerza y más eficaz para mejorar la función, el dolor y la hinchazón en comparación con HL-RT en pacientes con ACLR. Por otra parte, señalo que, HL-RT puede mejorar en un grado similar o mayor pero no es suficiente para estimular las adaptaciones en la fuerza y la función. Argumentando, así que BFR-RT resulta más cómoda y menos doloroso lo que lo convierte en una herramienta de rehabilitación ventajosa para las primeras fases de rehabilitación posteriores a la cirugía.

Mientras tanto (Ellefsen S, Hammarström D, Strand T, Zacharoff E, Whist J, Rauk I, Nygaard H, Vegge G, Hanestadhaugen M, Wernbom M, Cumming K, Ronning R, Raastad T, Rønnestad B., 2015) fue el primer estudio que mostro que BFR y HST dieron como resultados cambios similares en la composición de la fibra muscular y la expresión génica en humanos, y fue el primero en comparar las respuestas generales de los dos modos de entrenamiento en mujeres. Observaron cambios tanto funcionales y biológicos. Esta investigación represento a BFR como un enfoque práctico que puede ser implementado en

cualquier programa de entrenamiento y rehabilitación. Radica interés en personas con poca tolerancia al entrenamiento con cargas elevadas, como las que padecen enfermedades reumatoides o similares.

Después de realizar un análisis obtuvimos que (Ladlow, Peter; Coppack, Russell J.; Dharm-Datta, Shreshth; Conway, Dean; Sellon, Edward; Patterson, Stephen; Bennett, Alexander, 2018), (Bowman, Eric N.; Elshaar, Rami; Milligan, Heather; Jue, Gregory; Mohr, Karen; Brown, Patty; Watanabe, Drew; Limpisvasti, Orr, 2019) y (Daniel Gonzáles; Marcelo Castillo; Jorge Villena, 2019) comparten resultados ya que manifiestan los beneficios de la aplicación del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo con carga baja, estos autores concuerdan en que los sujetos que participaron en las investigación presentan una mejora en la hipertrofia muscular, se observó también que tuvieron un aumento de la fuerza, así mismo lograron una mejora en la función de los músculos de las extremidades inferiores, en estos estudios participaron un total de 56 personas a los que se aplicó dicho tratamiento.

Nos encontramos con (Summer B. Cook, Dain P. LaRoche, Michelle R. Villa, Hannah Barile, Todd M. Manini, 2017) y (Clarkson, Mateo John; Conway, Luisa; Warmington, Stuart Anthony, 2017) autores que comparten el entrenamiento en adultos mayores con carga baja y tiene un resultado positivo en relación con la función física y fuerza muscular; nos dicen que la realización de la caminata juntamente con el ejercicio es beneficioso para las personas que tengan una disminución física o sujetos sedentarios.

El siguiente artículo de (Miller, Ryan M.; Galletti, Bianca; Koziol, Karolina; Freitas, Eduardo; Heishman, Aaron D.; Black, Christopher; Larson, Daniel; Bembena, Debra; Bembena, Michael, 2020) este realiza una investigación sobre el ejercicio de resistencia de restricción del flujo sanguíneo de manera clínica o práctica. Se obtuvo que la mayor calificación de esfuerzo fue con la carga alta al realizar ejercicios en prensa y extensión de rodilla, así mismo la clínica fue de mayor esfuerzo que la práctica, y la carga baja mayor esfuerzo en la realización de los dos ejercicios; finalmente los malestares coincidieron entre clínica y carga alta lo que significa que fue mayor que la práctica y carga baja.

Se ha encontrado un artículo sobre una comparación de dispositivos para la activación del musculo cuádriceps (Bordessa, Jacqueline M.; Hearn, Mason C.; Reinfeldt, Alexander E.; Smith, Tyler A.; Baweja, Harsimran S.; Levy, Susan S.; Rosenthal, Michael D., 2021) en este estudio se evaluó la actividad electromiografía del musculo, escala del dolor y esfuerzo percibido aplicando resistencia de baja carga y alta carga con ayuda de dispositivos estandarizados y regulados; además de ejercicios de fuerza sin restricción de flujo sanguíneo; los resultados fueron que la mayor actividad electromiografía del musculo se

presentó en ejercicios de carga alta, la escala de dolor fue mayor al aplicar restricción de flujo con baja carga a diferencia de carga alta sin restricción, finalmente el mayor esfuerzo se obtuvo al realizar la restricción de flujo de carga baja en comparación con ejercicio de fuerza de alta carga sin restricción de flujo.

(Emerson L. Teixeira; Renato Barroso; Carla Silva-Batista; Gilberto C. Laurentino; Jeremy P. Loenneke; Hamilton Roschel; Carlos Ugrinowitsch; Valmor Tricoli, 2018) realizó un estudio sobre la activación muscular, pero su resultado nos dijo que el músculo tuvo un aumento de estrés metabólico al hacer ejercicios de alta carga con restricción de flujo lo cual beneficia a la hipertrofia muscular; en relación con la activación muscular se vio un aumento al ejecutar ejercicios de fuerza con carga baja y por el contrario al aplicar carga alta no hubo (Freitas, Eduardo DS; miller, Ryan; Heishman, Aaron D; Ferreira-Júnior, João B; Araújo, Joamira P; Bembén, Michael G, 2020) y (Freitas, Eduardo DS; miller, Ryan; Heishman, Aaron D; Ferreira-Júnior, João B; Araújo, Joamira P; Bembén, Michael G, 2020) tratan sobre el flujo sanguíneo aumento y se presentó una disminución.

Los siguientes autores (Neto, Gabriel Rodriguez; Silva, Julio César Gómez da; Freitas, Lucas; Silva, Hidayane Gonçalves da; Caldas, Danillo; Silva, Jefferson da; Sousa, María, 2018), (Hidayane Gonçalves da Silva; Gabriel Rodríguez Neto; Wanessa Kelly Vieira Vasconcelos; Elísio Alves Pereira-Neto; Julio César Gomes da Silva; Simoni Teixeira Bittar; María Socorro Cirilo-Sousa, 2019) han realizado una comparación de los efectos del entrenamiento de fuerza con restricción de flujo continua o intermitente evaluando la hipertrofia, fuerza y resistencia, obtuvimos que no hubo mayor diferencia entre continuo o intermitente, se vio un aumento en el grupo de carga baja con restricción continuo y la resistencia muscular aumento solo en los grupos de carga baja. Además, la incomodidad en la aplicación de la restricción de flujo continua con baja carga es mayor que la intermitente, cualquiera de las dos formas de entrenamiento tiene resultados similares ya que los dos intervienen mejorando la fuerza, hipertrofia y funcionalidad de las personas que participaron en estos estudios. Tenemos a (Schwiete, Carsten; Franz, Alexander; Roth, Christian; Behringer, Michael, 2021) que realiza una investigación sobre la restricción de flujo basada en los efectos aplicada en los intervalos de descanso versus restricción continua; nos muestra que no hubo diferencia significativa ya que los dos tuvieron beneficios en fuerza, resistencia, espesor y circunferencia muscular y mejora funcional. Por otro lado (Michael Behringer ; Daniel Behlau; Johannes C K Montag; Molly L McCourt; Joachim Mester, 2017) aplico este entrenamiento de baja intensidad para mejorar la carrera de 100 metros donde se obtuvo

beneficios ya que ayudo en el tiempo de carrera, se optó por rodilleras elásticas para el entrenamiento y mejoro el espesor muscular de los participantes.

(Husmann, Florian; Mittlmeier, Thomas; Bruhn, Sven; Zschorlich, Volker; Behrens, Martin, 2017) habla sobre el ejercicio de restricción del flujo sanguíneo en relación con la fatiga muscular se realizó ejercicios de resistencia de baja intensidad donde se procedía hacer una extensión de rodilla con restricción y sin restricción. La fatiga fue más evidente en la ejecución de los ejercicios con la restricción de flujo por el contrario sin restricción no existe diferencia de fatiga.

El autor (Lixandrão, Manoel E.; Roschel, Hamilton; Ugrinowitsch, Carlos; Miquelini, Maira; Alvarez, Ieda F.; Libardi, Cleiton A., 2018) investigó sobre el dolor y esfuerzo sobre dicho entrenamiento de resistencia en comparación a los ejercicios con alta o baja intensidad; el dolor va a depender de la intensidad de cada ejercicio en este caso fue alto ya que se ejecutó la actividad hasta el fallo muscular, al final de cada ejercicio se obtuvo un esfuerzo mayor con ambas cargas a pesar de que al inicio no se veía un cambio significativo.

Con esta investigación bibliográfica sobre los ejercicios de restricción de flujo sanguíneo en lesiones del ligamento cruzado anterior; se resumió que este tratamiento se está popularizando y al aplicarlo con bajas cargas esto permite ir ganando fuerza muscular, al aplicarse al 20 o 30 % los pacientes después de la cirugía disminuyó la presencia de dolor, así mismo en la investigación se pudo ver que aumentó el volumen muscular de miembros inferiores como el cuádriceps; al realizarlo como preoperatorio no se encontró cambio significativo por lo contrario en el postoperatorio ayudo a la recuperación. Se conoció que si se aplica correctamente los efectos adversos relacionados con BFR son mínimos.

Como instancia final las principales limitaciones presentes en esta revisión, se excluyeron artículos que contaban con las dos variables de investigación, pero no contaban con el texto completo para sus respectivos análisis y al ser ensayos sistemáticos no cumplían con la valoración de la escala de PEDro tomando como mínimo 6.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES

En base a los datos obtenidos durante la investigación bibliográfica por medio de artículos científicos, libros, tesis y sitios web, se analizó los efectos de restricción de flujo sanguíneo en pacientes con lesiones de ligamento cruzado anterior. Así pues, se obtuvo que al aplicar el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo tiene efectos positivos tanto en la estructura ósea, en la masa muscular reclutando fibras musculares de contracción rápida (encargadas de la hipertrofia), en la capacidad aeróbica e incluso en la modulación del dolor ha mostrado efectos preventivos sobre la pérdida de fuerza de miembro inferior relacionada con la lesión o enfermedades además de ello contribuye en la preservación a largo plazo de la función física. También se tiene efectos a nivel sanguíneo ya que activa proteínas involucradas en la descomposición de coágulos de sangre. Por tanto, la literatura actual indica que la implementación de BFR es segura no presenta mayor riesgo.

La perspectiva que se tiene con el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo es que aporte y se integre al tratamiento de rehabilitación en pacientes con lesiones de ligamento cruzado anterior y de esa manera permitir que tenga una óptima y completa recuperación ya que resulta útil en caso de atrofia luego de un periodo de inmovilización, además de ello ha permitido mantener y recuperar la función de la articulación lesionada su implementación es comprometedor ha ganado popularidad en los últimos años en el campo del entrenamiento y la rehabilitación.

RECOMENDACIONES

Como tal no se encuentra suficiente evidencia sobre efectos negativos ante su aplicación, sin embargo, cabe recalcar que para su implementación es netamente importante que todos los pacientes sean evaluados previamente antes de la aplicación de BFR. Además de ello es importante poseer los materiales adecuados ya que estos son la parte fundamental de los resultados que el paciente proyecte ante su aplicación.

Se recomienda que, para la aplicación, se debe tener un conocimiento apropiado sobre la técnica de restricción de flujo sanguíneo para de esa manera evitar respuestas nocivas con el paciente, de ser el caso, actuar de la mejor manera para no causarle daño, tomar en cuenta las cargas bajas ya que se ha obtenido beneficios físicos utilizando esta técnica.

PROPUESTA

Los docentes incentiven a los estudiantes de la carrera de fisioterapia direccionándolos a la excelencia dentro del campo investigativo de modo que permita el conocimiento de nuevas técnicas fisioterapéuticas como lo es la técnica de restricción de flujo sanguíneo que se ha convertido en una herramienta ventajosa dentro del campo de la rehabilitación.

Los estudiantes socialicen sobre los efectos y beneficios que la técnica permite obtener ante su aplicación. La población beneficiaria serán los estudiantes de fisioterapia, personas encargadas del área de la salud en el campo de la rehabilitación e investigación y como eje primordial el paciente que haya padecido una lesión de LCA, cirugía de rodilla o reconstrucción de ligamentos, permitiéndole a los estudiantes lucrar de los convenios consiguiendo impulsar la técnica que se plantea como un tratamiento rehabilitador en áreas principalmente traumatológicas y deportivas.

BIBLIOGRAFÍA

Álvarez A. (2015). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *SCIELO*. Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=s1025-02552015000100014

Bahamondes C, Lagos J, Bustos L, Alvarez J, Berral F, Salazar L. (2018). Efectos de un Entrenamiento de Miembro Inferior con Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo en la Fuerza Muscular y Biomarcadores Sistémicos de Daño Muscular e Inflamación. *Scielo*. doi://dx.doi.org/10.4067/S0717-95022018000401210

Bordessa, Jacqueline M.; Hearn, Mason C.; Reinfeldt, Alexander E.; Smith, Tyler A.; Baweja, Harsimran S.; Levy, Susan S.; Rosenthal, Michael D. (2021). Comparación de dispositivos de restricción del flujo sanguíneo y su efecto en la activación del músculo cuádriceps. *ELSEVER*, 90-97. doi:https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.02.005

Bowman, Eric N.; Elshaar, Rami; Milligan, Heather; Jue, Gregory; Mohr, Karen; Brown, Patty; Watanabe, Drew; Limpisvasti, Orr. (2019). Efectos proximales, distales y contralaterales del entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo en las extremidades inferiores: un ensayo controlado aleatorio. *PUBMED*. doi:doi:https://doi.org/10.1177/1941738118821929

Clarkson, Mateo John; Conway, Luisa; Warmington, Stuart Anthony. (2017). Restricción del flujo sanguíneo al caminar y función física en adultos mayores: un control aleatorizado. *PUBMED*. doi:http://dx.doi.org/doi:10.1016/j.jsams.2017.04.012

Cognetti D, S. A. (2022). Blood Flow Restriction Therapy and Its Use for Rehabilitation and Return to Sport: Physiology, Application, and Guidelines for Implementation. *ELSEVIER*. doi:10.1016/j.asmr.2021.09.025

Daniel Gonzáles; Marcelo Castillo; Jorge Villena. (2019). Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre el tejido muscular y óseo: un estudio piloto. *Scielo*. Obtenido de https://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/or03_Gonzales_Perez.pdf

DePhillipo N, K. M. (2018). EThe Role of Blood Flow Restriction Therapy Following Knee Surgery: Expert Opinion. *PUBMED*. Obtenido de <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30077275/>

Eduardo D.S. Freitas; Ryan M. Miller; Aaron D. Heishman; Rodrigo R. Aniceto; Julio G.C. Silva; Michael G. Bemben. (2019). Respuestas perceptivas al ejercicio de restricción del flujo sanguíneo continuo versus intermitente: un ensayo controlado aleatorizado. *PUBMED*. doi:https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2019.112717

Ellefsen S, Hammarström D, Strand T, Zacharoff E, Whist J, Rauk I, Nygaard H, Vegge G, Hanestadhaugen M, Wernbom M, Cumming K, Ronning R, Raastad T, Rønnestad B. (2015). El entrenamiento de fuerza con flujo sanguíneo restringido muestra una alta eficacia funcional y biológica en mujeres: una comparación dentro del sujeto con el

entrenamiento de fuerza de alta carga. *American Journal Of physiology*. doi:10.1152/ajpregu.00497.2014

Emerson L. Teixeira; Renato Barroso; Carla Silva-Batista; Gilberto C. Laurentino; Jeremy P. Loenneke; Hamilton Roschel; Carlos Ugrinowitsch; Valmor Tricoli. (2018). BLOOD FLOW RESTRICTION INCREASES METABOLIC STRESS BUT DECREASES MUSCLE ACTIVATION DURING HIGH-LOAD RESISTANCE EXERCISE. *PUBMED*. doi:10.1002/mus.25616

Erickson, Lauren N.; Hickey, Kathryn C.; Davis, Kylie; Jacobs, Cale; Thompson, Katherine; Hardy, Peter; Andersen, Anders; Fry, Christopher; Noehren, Brian. (2018). Erickson, Lauren N.; Hickey, Kathryn C.; Davis, Kylie; Jacobs, Cale; Thompson, Katherine; Hardy, Peter; Andersen, Anders; Fry, Christopher; Noehren, Brian. *PUBMED*. doi:https://doi.org/10.1093/ptj/pzz062

Franz A, Schwiete C, Roth Ch, Behringer M. (2021). Effects of Resting vs. Continuous Blood-Flow Restriction-Training on Strength, Fatigue Resistance, Muscle Thickness, and Perceived Discomfort. *PubMed*. doi:10.3389/fphys.2021.663665

Freitas, Eduardo DS; miller, Ryan; Heishman, Aaron D; Ferreira-Júnior, João B; Araújo, Joamira P; Bembén, Michael G. (2020). Respuestas fisiológicas agudas al ejercicio de resistencia con restricción del flujo sanguíneo continua versus intermitente: un ensayo controlado aleatorio. *PubMed*. doi:https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00132

Garín et al., R. P. (2016). Lesión del ligamento cruzado anterior. Opciones actuales de tratamiento en el deportista. *Medigraphic*, 12, 89-90. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2016/ot162c.pdf>

Giles L, Webster K, McClelland J, Cook J. (2018). Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *British Journal of Sports Medicine*. doi:10.1136/bjsports-2016-096329

Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Ferris J, Paton B, Hughes L, Patterson S. (2019). 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. *Elsevier*. doi:https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.014

Hedt C, M. P. (2022). La restricción del flujo sanguíneo mejora la rehabilitación y el regreso al deporte: la paradoja del rendimiento proximal. *ELSERVIER*. doi:10.1016/j.asmr.2021.09.024

Hernández, A., Moreno, J. H., & Alcalá, L. L. (2014). Guía para la valoración médico-forense. *Scielo*, 107-114:110. Obtenido de <https://scielo.isciii.es/pdf/cmfv20n2-3/06guia.pdf>

Hidayane Gonçalves da Silva; Gabriel Rodríguez Neto; Wanessa Kelly Vieira Vasconcelos; Elísio Alves Pereira-Neto; Julio César Gomes da Silva; Simoni Teixeira Bittar; María Socorro Cirilo-Sousa. (2019). EFECTO DEL EJERCICIO CON RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO CONTINUO E INTERMITENTE SOBRE LA HEMODINÁMICA. *Scielo*, 26, 542-546. doi: <http://dx.doi.org/10.1590/1517-869220202606222490>

Hughes L, Rosenblatt B, Haddad T, Gissane C, McCarthy D, Clarke T, Ferris G, Dawes J, Paton B, Patterson S. (2019). Comparing the Effectiveness of Blood Flow Restriction and Traditional Heavy Load Resistance Training in the Post-Surgery Rehabilitation of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Patients. *PubMed*. doi:10.1007/s40279-019-01137-2

Humes B, A. P. (2020). Restricción del Flujo Sanguíneo y su Función en la Reconstrucción Post-Operatoria del Ligamento Cruzado Anterior. *ABJS*, 8(5). doi: 10.22038/abjs.2020.42068.2145

Husmann, Florian; Mittlmeier, Thomas; Bruhn, Sven; Zschorlich, Volker; Behrens, Martin. (2017). Impact of Blood Flow Restriction Exercise on Muscle Fatigue Development and Recovery. *PUBMED*. doi:10.1249/MSS.0000000000001475

Jessee M, Buckner S, Mouser J, Mattocks K, Dankel S, Abe T, Bell Z, Bentley J, Loenneke J,. (2018). Muscle Adaptations to High-Load Training and Very Low-Load Training With and Without Blood Flow Restriction. *PuBMed*. doi:10.3389/fphys.2018.01448

Kilgas M, Lytle L, Drum S, Elmer S. (2019). Exercise with Blood Flow Restriction to Improve Quadriceps Function Long After ACL Reconstruction. *The American Journal of Sports Medicine*. doi:<https://doi.org/10.1055/a-0961-1434>

Ladlow, Peter; Coppack, Russell J.; Dharm-Datta, Shreshth; Conway, Dean; Sellon, Edward; Patterson, Stephen; Bennett, Alexander. (2018). EL ENTRENAMIENTO DE RESISTENCIA CON CARGA BAJA CON RESTRICCIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO MEJORA LOS RESULTADOS CLÍNICOS EN LA REHABILITACIÓN MUSCULOESQUELÉTICA: UN ENSAYO CONTROLADO ALEATORIO A CIEGO SIMPLE. *PUBMED*. doi: doi:10.3389 / phys.2018.01269

Lixandrão, Manoel E.; Roschel, Hamilton; Ugrinowitsch, Carlos; Miquelini, Maira; Alvarez, Ieda F.; Libardi, Cleiton A. (2018). Blood-flow Restriction Resistance Exercise Promotes Lower Pain and Ratings of Perceived Exertion as Compared to Either High or Low-Intensity Resistance Exercise performed to Muscular Failure. *ELSEVIER*. doi:<https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0030>

Lluna Á, S. B. (2017). Rotura del ligamento cruzado anterior en la mujer deportista: factores de riesgo y programas de prevención. *Arch Med Deporte*. Obtenido de http://archivosdemedicinadeldeporte.com/articulos/upload/rev1_lluna.pdf

Luebbers, Paul E.; Witte, Emily; Oshel, Johnathan. (2017). The Effects of Practical Blood Flow Restriction Training on Adolescent Lower Body Strength. *PUBMED*. doi: 10.1519/JSC.0000000000002302

Márquez, W. H., Márquez, J. J., & Gómez, J. C. (2017). ¿Qué ocurre con las lesiones del ligamento cruzado anterior, su tratamiento, la recuperación de la función y el desarrollo de osteoartritis a largo plazo? ¿Hay espacio para el tratamiento conservador? Revisión de conceptos actuales. *Elsevier*. doi:10.1016/j.rccot.2017.03.007

Martínez D. (3 de Marzo de 2017). *APLICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO OCLUSIVO COMO PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LESIONES*. Obtenido de Repositorio. Trabajo fin de grado. : <https://core.ac.uk/download/pdf/211106387.pdf>

Martínez I, V. F. (2017). *RESULTADOS DEL TRATAMIENTO DE LA LESIÓN DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR (LCA), MEDIANTE CIRUGÍA ARTROSCÓPICA CON LAS TÉCNICAS DE ISQUIOTIBIALES VS HUESO TENDÓN- HUESO, REALIZADAS EN EL SERVICIO DE TRAUMATOLOGÍA DEL HOSPITAL PABLO ARTURO SUÁREZ (HPAS), QUITO*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/13951/TESIS%20IRENE%20MARTINEZ%20Y%20FREDDY%20VILLO.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Matilla, J. I. (2017). Fisioterapia y su rol en el alto rendimiento: una revisión sistemática de la literatura. *Revista Iberoamericana de Ciencias de la Actividad física y el deporte*. Obtenido de https://scholar.google.es/citations?view_op=view_citation&hl=es&user=8CjhELEAAAJ&citation_for_view=8CjhELEAAAJ:IjCSPb-OG4C

McEwen J, O. J. (2018). ¿Por qué es crucial usar presiones de oclusión personalizadas en la rehabilitación de la restricción del flujo sanguíneo (BFR)? *SpringerLink*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s40846-018-0397-7>

Medrano CH. (2011). Entrenamiento de fuerza combinado con oclusión parcial superimpuesta. *ELSEVIER*. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/3233/323327667006.pdf>

Mejías, A., Estrada, G., & España, A. P. (Enero de 2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Medigraphic*, 57-67. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/ortope/or-2014/or1411.pdf>

Michael Behringer ; Daniel Behlau; Johannes C K Montag; Molly L McCourt; Joachim Mester. (2017). Low-Intensity Sprint Training With Blood Flow Restriction Improves 100-m Dash. *Pubmed*. doi:<https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001746>

Miller, Ryan M.; Galletti, Bianca; Koziol, Karolina; Freitas, Eduardo; Heishman, Aaron D.; Black, Christopher; Larson, Daniel; Bembena, Debra; Bembena, Michael. (2020). Respuestas perceptivas: Restricción del flujo sanguíneo clínica versus práctica. *PUBMED*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.physbeh.2020.113137>

Neto, Gabriel Rodriguez; Silva, Julio César Gómez da; Freitas, Lucas; Silva, Hidayane Gonçalves da; Caldas, Danillo; Silva, Jefferson da; Sousa, María. (2018). Efectos del entrenamiento de fuerza con restricción continua o intermitente del flujo sanguíneo sobre la hipertrofia, la fuerza muscular y la resistencia de los hombres. *PUBMED*. doi:[10.4025 / actascihealthsci.v41i1.42273](https://doi.org/10.4025/actascihealthsci.v41i1.42273)

Orozco, D. C., & Flores, S. F. (2019). Tratamiento funcional de la lesión de ligamento cruzado anterior de la rodilla : una revisión. *Scielo*.

Parrett, B., & Pribaz, J. (2010). Reconstrucción de extremidad inferior. *Elsevier*, 21(1). doi:[10.1016/S0716-8640\(10\)70509-5](https://doi.org/10.1016/S0716-8640(10)70509-5)

Paton B, Haddad F, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson S, Hughes L. (2018). 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. *Elsevier*. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.07.002>

Pignanelli CH, Petrick H, Keyvani F, Heigenhauser G, Quadrilatero J, Holloway G, Burr J. (2020). Low-load resistance training to task failure with and without blood flow restriction: muscular functional and structural adaptations. *American Journal Of Physiology*. doi:[10.1152/ajpregu.00243.2019](https://doi.org/10.1152/ajpregu.00243.2019)

Przkora R, Sibille K, Victor S, Meroney M, Leeuwenburgh Ch, Gardner A, Vasilopoulos T, Parvataneni H. (2021). Blood flow restriction exercise to attenuate postoperative loss of function after total knee replacement: a randomized pilot study. *PubMed*. doi:[10.4081/ejtm.2021.9932](https://doi.org/10.4081/ejtm.2021.9932)

Ramírez R, M. J. (2013). Una propuesta metodológica para la conducción de revisiones sistemáticas de la literatura en la investigación biomédica. *CES Movimiento y Salud*. Obtenido de <https://studylib.es/doc/7553584/una-propuesta-metodol%C3%B3gica-para-la-conducci%C3%B3n-de-revisiones>

Sánchez Alepuz; I Miranda, F J Miranda. (2019). Evaluación funcional de los pacientes con rotura del ligamento cruzado anterior. Estudio analítico transversal. *PudMed*. doi:10.1016/j.recot.2019.10.004

Sánchez, E., Miranda, I., & Miranda, F. (2020). Evaluación funcional de pacientes con lesión del ligamento cuadrado anterior. *Elsevier - Revista Española Cirugía Ortopédica y Traumatología*, 64, 99-107: 101. doi:<https://doi.org/10.1016/j.recote.2020.02.005>

Schwiete, Carsten; Franz, Alexander; Roth, Christian; Behringer, Michael. (2021). Efectos de Reposo vs. Continuo restricción de flujo sanguíneo entrenamiento en fuerza, resistencia a la fatiga, musculo espesor y malestar percibido. *PUBMED*. doi:doi:10.3389/fphys.2021.663665

Scott Telfer, John Calhoun, Joseph J. Bigham, Simran Mand, Joshua M. Gellert; Hagen, Mia S.; Kweon, Christopher Y.; Gee, Albert O. (2020). Biomechanical Effects of Blood Flow Restriction Training after ACL Reconstruction. *PUBMED*. doi:10.1249/MSS.0000000000002437

Sepúlveda, F., Sánchez, L., Amy, E., & Micheo, W. (2017). Lesión del ligamento cruzado anterior: regreso al juego, función y consideraciones a largo plazo. *Current Sport Medicine Reports*, 16(3), 172-178;172. doi:10.1249/JSR.0000000000000356

Setuain, I., Izquierdo, M., Idoate, F., Bikandi, E., Gorostiaga, E. M., Aagaard, P., . . . Alfaro-Adrián, J. (2017). Differential Effects of Two Rehabilitation Programs Following Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *PUBMED*. doi:<https://doi.org/10.1123/jsr.2016-0065>

Summer B. Cook, Dain P. LaRoche, Michelle R. Villa, Hannah Barile, Todd M. Manini. (2017). Entrenamiento de resistencia con flujo sanguíneo restringido en adultos mayores con riesgo de limitaciones de movilidad. *PUBMED*, 138-145. doi:<http://dx.doi.org/10.1016/j.exger.2017.10.004>

Tennent D, Hylden Ch, Johnson A, Burns T, Wilken J, Owens J. (2017). Blood Flow Restriction Training After Knee Arthroscopy: A Randomized Controlled Pilot Study. doi:10.1097/JSM.0000000000000377

Treviño, A. I., Romero, J. J., Rodríguez, C. A., Mera, B. B., Flores, E. H., Ruíz, K. U., & Peña, G. A. (2017). Lesión del ligamento cruzado anterior. *Medigraphic*, 13(4), 160-168; 162. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2017/ot174b.pdf>

Valderrama, G. A. (2017). Lesión del ligamento cruzado anterior. *Medigraphic*, 13, 161. Obtenido de <https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2017/ot174b.pdf>

Valle, M. d., Manonelles, P., Tárrega, L., Manuz, B., González, Á., Franco, L., . . . Orizaola, J. (2018). Lesiones deportivas versus accidentes deportivos. Documento de consensi.Grupo de prevención en el deporte de la SEMED-FEMEDE. *Google Academic*, 1-11;3. Obtenido de <https://smdrm.es/wp-content/uploads/2019/01/suplemento-1-lesiones-deportivas.pdf>

Villaquirán, A. F., Dorado, E. P., & Pinzón, P. V. (2016). Carectarización de la lesión deportiva en atletas caucanos con preyección a Juegos Deportivos Nacionales. *Scielo*. doi:<http://dx.doi.org/10.22267/rus.161803.59>

Wengle L, Migliorini F, Leroux T, Chahal J, Theodoropoulos J, Betsch M. (2021). The Effects of Blood Flow Restriction in Patients Undergoing Knee Surgery. *The American Journal of Sports Medicine*. doi:10.1177/03635465211027296

Yining L, Patel B, Kym C, Nwachukwu B, Beletksy A, Forsythe B, Chahla J. (2020). Perioperative Blood Flow Restriction Rehabilitation in Patients Undergoing ACL Reconstruction. *The Orthopaedic Journal of Sports Medicine*. doi:10.1177/2325967120906822

Zargi T, Drobic M, Strazar K, Kacin A. (2018). Short–Term Preconditioning With Blood Flow Restricted Exercise Preserves Quadriceps Muscle Endurance in Patients After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Frontiers in Psychology*. doi:doi.org/10.3389/fphys.2018.01150

ANEXOS

Escala PEDro-Español

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

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

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

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