# EFECTIVIDAD DEL ENTRENAMIENTO DE RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO EN PACIENTES CON PATOLOGÍAS DE RODILLAS

JOEL DEL CRISTO LÓPEZ SANTANA
*Universidad de Las Palmas de Gran Canaria*

MARLENE DEL CARMEN GARCÍA QUINTANA
*Grupo de Investigación Soc-Dig*
*Universidad de las Palmas de Gran Canaria (ULPGC)*

## 1. ENTRENAMIENTO CON RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO U OCLUSIVO

El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo o también conocido como entrenamiento oclusivo (EO) o (Kaatsu training) patentado y desarrollado por el investigador japonés Yoshiaki Sato durante los años 70 y 80 del pasado siglo. Consiste en la realización de series de ejercicios con cargas muy ligeras (alrededor del 20-40% del 1RM siendo esta la repetición máxima a la resistencia específica que permite realizar únicamente una repetición en esa serie y en un ejercicio concreto) o de ejercicio aeróbico ligero como andar, con una disminución del aporte sanguíneo al músculo mediante la aplicación de una presión entre 100-240 mmHg sobre la musculatura proximal de la extremidad. Dicha presión se aplica mediante un manguito inflado lo suficiente como para ocluir el retorno venoso, pero permitiendo el flujo arterial, como se puede ver en la Figura 1.7. Mediante este método se obtienen beneficios en cuanto a la fuerza y masa muscular similar a los producidos por el entrenamiento con cargas altas (Phd, 2024; Sato, 2005).

Han de tenerse en cuenta numerosos factores para que su uso sea efectivo y exento de riesgos, como el tipo de ejercicio, el material elegido, o factores propios del individuo, como el tamaño de la extremidad o la presión ejercida. Aunque se haya demostrado su seguridad y eficacia,

pueden aparecer contraindicaciones. Dichas contraindicaciones podrían ser: hematomas (13%), parestesia localizada (1%), mareos (0,3%), trombosis venosa profunda (0,06%), embolia pulmonar (0,008%), rabdomiólisis (0,008%) y empeoramiento de la cardiopatía isquémica (0,02%), entre otras (Bowman et al., 2020).

Sin embargo, una revisión llevada a cabo por Scott BR. et al.,2015 intenta llegar a un consenso teniendo en cuenta las variables y contraindicaciones nombradas anteriormente para encontrar la metodología más eficaz y segura a la hora de llevar a cabo el BFR.

Como aspectos clave cabe destacar tres puntos:( Scott et al., 2015)

El estímulo debe ser individualizado, teniendo en cuenta la presión aplicada fundamentalmente en función de las características del sujeto, la circunferencia de la extremidad y del manguito.

El BFR produce sus mayores beneficios en cuanto al desarrollo muscular cuando es combinado con cargas ligeras, también se observan mejorías utilizando solamente la restricción de flujo durante inmovilizaciones o combinado con ejercicio aeróbico de baja intensidad.

En individuos sanos, los efectos del entrenamiento se maximizan si se combina BFR con entrenamiento tradicional con cargas altas.

Este entrenamiento presenta múltiples respuestas en nuestro organismos. Entre las siguientes encontramos:

Mecanismos fisiológicos del entrenamiento con restricción de flujo. (Véase en la tabla 1).

**TABLA 1:** *Efectos fisiológicos del entrenamiento oclusivo. Aplicación del entrenamiento oclusivo como prevención y tratamiento de lesiones (Martínez, 2019)*

| Marcador o parámetro | Efecto del EO (↑,↓) |
|---|---|
| Reclutamiento de fibras musculares | ↑ |
| Actividad electromiográfica | ↑ |
| Estimulación fibras aferentes III y IV | ↑ |
| Aumento del volumen celular | ↑ |
| Acumulación de metabolitos | ↑ |
| Niveles de lactato | ↑ |
| pH sarcoplasmático | ↓ |
| Fosfocreatina | ↓ |
| ATP | ↓ |
| Glucógeno muscular | ↑ |
| IL-6 | ↓ |
| CK | ↓ |
| Tensión arterial | ↑ |
| Ritmo cardiaco | ↑ |
| Compliance arterial | ↑ |
| Angiogénesis | ↑ |
| Sistema nervioso autónomo | ↑ |
| GH | ↑ |
| mTOR | ↑ |
| S6K1 | ↑ |
| HSP-72 | ↑ |
| IGF-1 | ↑ |
| VEGF | ↑ |
| NO | ↑ |
| Cortisol | ↓ |
| Miostatina | ↓ |
| MuRF-1 | ↓ |
| Atrogina-1 | ↓ |

### 1.1. Respuestas neuromusculares del entrenamiento de restricción de flujo

Según el principio del tamaño, en condiciones normales, las fibras musculares lentas o de tipo I son las que primero actúan durante el entrenamiento de baja intensidad, siendo necesarias altas intensidades para el reclutamiento de las fibras rápidas o de tipo II (Martínez, 2019). No obstante, en el entrenamiento con restricción de flujo se observa un aumento en el reclutamiento de estas fibras y una mayor actividad muscular electromiográficas. 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 es gracias a la estimulación de las fibras aferentes del grupo III y IV. Esto conduce 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, 2019; Brandner et al., 2015).

### 1.2. Respuestas metabólicas del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo

El BFR produce un "hinchazón celular" lo que da lugar a una acumulación de metabolitos que crea un gradiente de presión que favorece la perfusión celular, favoreciendo 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 BFR se produce un aumento de los niveles de lactato sanguíneo, plasmático y en la célula muscular. A su vez, se consiguie una acidifcación así como una reducción de los niveles de fosfocreatina y ATP, sin embargo aumenta el glucogeno muscular.

### 1.3. Respuestas hemodinámicas del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo

En cuanto a las 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 cardiaca y la tensión arterial para

intentar normalizar el gasto cardiaco, lo cual provoca un aumento en la demanda de oxígeno del miocardio.. De manera crónica el BFR 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 BFR incrementa la actividad nerviosa tanto simpática como parasimpática a nivel cardiaco. Se produce un incremento del reflejo vasoconstrictor, que conduce a un aumento de las respuestas hemodinámicas, debido a la estimulación de los barorreceptores (Kawada, 2005; Neto et al., 2017).

### 1.4. Respuestas endocrinas del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo

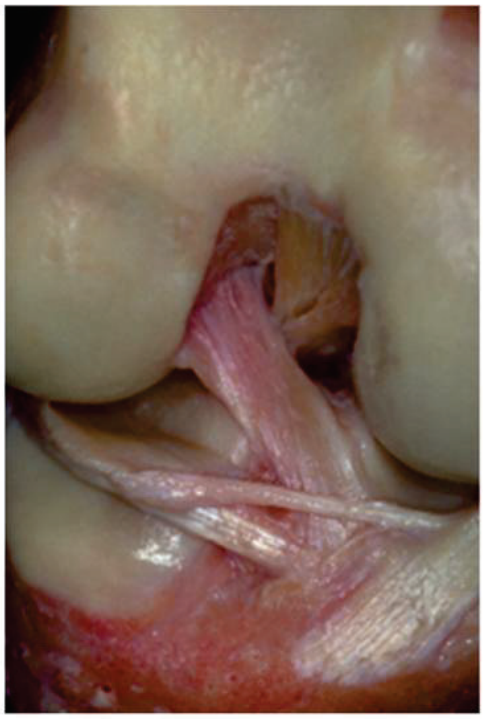
La principal respuesta a nivel hormonal que se produce ante el BFR es el aumento de la hormona del crecimiento (GH), alcanzando valores similares o superiores a los obtenidos en el entrenamiento con altas cargas. Incluso se han observado valores aproximadamente 290 veces mayores que los valores iniciales (Park et al., 2015). Otra de las importantes respuestas que se producen es el aumento de la diana de rapamicina en células de mamífero (mTOR) y de la fosforilación del S6K1, siendo este último hasta tres veces mayor inmediatamente después del EO. También hay una elevación de la activación de la proteína de choque térmico 72 (HSP-72), así como de la norepinefrina (NE). En cuanto a las especies reactivas de oxígeno, se han observado aumentos en el óxido nítrico (NO) mediante marcadores indirectos como la dilatación máxima arterial, la cual es dependiente de su activación, o el aumento de los valores del NOS-1. Esto se ha observado de manera indirecta debido al corto periodo de vida del NO. 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). Sin embargo, este método de entrenamiento se ha visto que es inefectivo en cuanto a la modificación de los niveles de testosterona. Además, en relación con las respuestas negativas, hay una disminución respecto al entrenamiento de alta intensidad de la respuesta del cortisol y de la miostatina, al igual que se han observado disminuciones en marcadores como la Atrogina-1 o la MuRF-1 (Martínez, 2017).

## 2. PATOLOGÍAS MÁS FRECUENTES EN LAS QUE SE UTILIZA LA TÉCNICA.

### 2.1. ROTURA DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

El ligamento cruzado anterior (LCA) es una estructura intraarticular y extrasinovial. Su inserción proximal se sitúa en la porción más posterior de la cara interna del cóndilo femoral externo; se dispone en dirección distal-anterior-interna, abriéndose en abanico hacia su inserción distal en la región antero interna de la meseta tibial entre las espinas tibiales (Figura 1.8) (Fineberg et al., 2000); estructuralmente está compuesto por fibras de colágeno rodeadas de tejido conjuntivo laxo y tejido sinovial (Ayala-Mejías et al., 2014).

*Figura 1.8: Recorrido de inserciones del LCA*



Zona de inserciones del ligamento cruzado anterior (Ayala-Mejías et al., 2014)

La vascularización del LCA es escasa y depende de la arteria geniculada media. Su inervación depende de ramificaciones del nervio tibial y tiene una escasa capacidad de cicatrización. La LCA es una fibrosa estructura dividida en varios fascículos o bandas, distinguidas en

número y función. Se describen dos fascículos: posterolateral (PL) y anteromedial (AM).

*Figura 1.9: Visión de los fascículos anteromedial y posterolateral del LCA*

Inserciones de los fascículos del ligamento cruzado anterior (Ayala-Mejías et al., 2014)

## 2.2. FUNCIÓN DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR

Es preciso considerar tres factores como son: el grosor del ligamento es directamente proporcional a su resistencia e inversamente proporcional a sus posibilidades de alargamiento (Woo et al., 1991). Se trata de un verdadero "reclutamiento" de fibras ligamentosas en el curso mismo del movimiento, lo que hace variar su resistencia y elasticidad (Sanchís & Gomar,1992).

La extensión y dirección de las inserciones. Los movimientos de cajón son movimientos anormales de desplazamiento anteroposterior de la tibia bajo el fémur.

La resistencia media del LCA medida en especímenes jóvenes es de 2,160 N y la rigidez media es de 242 N/mm (Sala & Valentí, 1994).

El LCA soporta cargas dependiendo del tipo de actividad que desarrollemos; éstas son expuestas en la tabla 2.

*Tabla 2: Resistencia del LCA según el tipo de actividad*

| ACTIVIDAD | LCA (N) |
|---|---|
| Deambulación en llano | 169 |
| Subir escaleras | 67 |
| Bajar escaleras | 445 |
| Bajar rampa | 93 |
| Subir rampa | 27 |
| LCA= ligamento cruzado anterior. N= muestra | |

Tipo de actividades frente a la resistencia del ligamento cruzado anterior
( Ayala-Mejías et al., 2014)

Se calcula que aproximadamente, en un 70% de los casos, la lesión del LCA se produce por un mecanismo indirecto, que suele incluir un frenado brusco combinado con un cambio de dirección, pivotaje o apoyo de la rodilla casi en extensión completa tras un salto. Las lesiones por contacto directo implican generalmente una fuerza de traslación sobre la parte anterior de la pierna, que se encuentra fija al suelo.

Se ha descrito que la lesión del LCA se presenta aislada en un 10-30% de los casos, en el 40-45% de los casos está asociada con alguna lesión meniscal y aproximadamente el 30- 35% está asociada con otra lesión ligamentosa (Sánchez-Alepuz et al., 2020).

## 2.3. ARTROSIS U OSTEOARTRITIS

La artrosis u osteoartrosis (OA), también conocida osteoartritis por su traducción del inglés [osteoarthritis] es una enfermedad degenerativa. Se produce un desgaste o deterioro del cartílago articular y la formación de nuevo hueso (Andrés & Npunto, 2023).

Esta enfermedad puede afectar a cualquier articulación del cuerpo, sin embargo, se suele ver afectado principalmente tres articulaciones. En primer lugar, encontramos la cadera, conocida como la más incapacitante. Por otro lado, tenemos la rodilla, también denominada

gonartrosis, la columna cervical, llamada espondiloartrosis y, por último, encontramos las articulaciones de las manos. Suele aparecer con muy poca frecuencia en hombro, tobillos y articulaciones del pie (Cajigas et al., 2011).

La artrosis es la enfermedad reumática más frecuente. Según la organización mundial de la salud (OMS) cerca del 28% de la población mundial mayor de 60 años tiene dicha enfermedad y el 80% tiene limitaciones en el movimiento. Con respecto a nuestro país, es la primera causa de discapacidad. Afecta en torno a unos 7 millones de españoles. La prevalencia está estrechamente relacionada con la edad, de forma que es frecuente presentar un cambió patológico en las articulaciones de carga hacia los 40 años siendo habitualmente asintomáticos. Hay que tener en cuenta que no es una patología exclusiva de la vejez(Mayoral, 2021). Es más frecuente en el sexo femenino (2:1). Después de la menopausia la relación hombre: mujer es 1:1(Cajigas et al., 2011).

El origen de la artrosis es multifactorial, con causas medioambientales y factores genéticos. No se conocen con exactitud las causas que la producen, pero sí existen algunos factores de riesgo asociados: (Véase en la tabla 3) (Argüelles, 2015; Ruiz et al., 2010).

***Tabla 3: Resumen de los factores de riesgo de la artrosis.***

| ARTROSIS PRIMARIA | ARTROSIS SECUNDARIA |
|---|---|
| Edad -> aumenta de forma exponencial a partir de los 50 años. | Traumatismos-> posibles fracturas y lesiones |
| Sexo-> afecta sobre todo a mujeres mayores de 50/55 años. | Enfermedades congénitas |
| Carga genética-> No es hereditaria pero tiene un alto componente genético. Hasta un 65% de los casos tenían antecedentes familiares. | Enfermedades endocrinas |
| Disminución de niveles de estrógenos- > la menopausia es un factor de riesgo. | Enfermedades metabólicas-> por depósitos de cristales |
| Obesidad (IMC>30) -> no es una causa para su desarrollo, pero si la agrava en articulaciones como la rodilla | Enfermedades neurológicas |
| Actividad laboral repetitiva y actividad física elevada -> los deportistas de élite tienen mayor riesgo. | Artritis previas |

Información recogida por Argüelles (2015) y Ruiz et al., (2010)

## 2.4. ARTRITIS REUMATOIDE

La artritis reumatoide es una enfermedad inflamatoria crónica, autoinmune, sistema y multiorgánica. Afecta principalmente a las articulaciones produciendo una sinovitis inflamatoria, que continua con una destrucción del cartílago articular. Los principales signos que podemos observar son el dolor, aumento del volumen y rigidez articular. Además, también pueden verse afectadas estructuras extraarticulares como la piel, vasos sanguíneos, corazón y sangre. En fases posteriores, se puede apreciar una severa limitación física produciendo una reducción en la calidad de vida del paciente (Scott et al., 2010; Robbins et al., 2021).

La artritis reumatoide presenta una prevalencia mundial alrededor del 0.5%-1% con una frecuencia tres veces mayor en mujeres que en hombres. En España, la prevalencia es del 0.5%, de forma que afecta en torno a 200.000 personas, con unos 20.000 casos nuevos cada año. Cada resaltar que aparece entre las edades de 40 y 70 años, aunque puede darse en cualquier momento de la vida (Neira & Ortega, 2006).

Su principal causa es desconocida. Sin embargo, hay estudios que afirman que se produce por reacción inmune del propio cuerpo. Esto se lleva a cabo por la exposición de un antígeno artritógeno de una persona con cierta predisposición genética, la cual va a generar una alteración inmunológica y, por tanto, una reacción inflamatoria (Scott et al., 2010).

La AR es resultado de la activación de células T y B autorreactivas que actúan conjuntamente y producen una inflamación sinovial con infiltración celular junto a un proceso de remodelado y destrucción ósea.

La AR clásica típica suele tener un comienzo insidioso. La inflamación, con el aumento de volumen articular causado por la sinovitis y el derrame constituyen la artritis, también puede existir sinovitis en vainas tendinosas y bursas (Turrión et al., 2017). Esta inflamación ocasiona impotencia funcional, con debilidad y atrofia muscular que se hace evidente en pocas semanas desde el inicio del cuadro, llevando a una deformidad estructural consecuencia del daño óseo y a la presencia de luxaciones y subluxaciones por afectación de los elementos de sujeción de las articulaciones.

Las articulaciones afectadas con más frecuencia en la AR son las de las manos, respetando como norma a las interfalángicas distales. (Ver la figura 4).

**FIGURA 4:** *Radiografía ósea simple de manos*

Observaciones de múltiples erosiones y destrucción articular en pacientes con AR evolucionado (Turrión et al., 2017)

Para poder determinar con certeza que una persona presenta artritis reumatoide la EULAR (European League Against Rheumatism) y ACR (American College of Rheumatology) establecieron una seride de criterios (Gómez, 2011). Estos son:

- Presentar al menos 1 articulación con sinovitis clínica (al menos una articulación inflamada) y que dicha sinovitis no pueda explicarse por el padecimiento de otra enfermedad.
- Tener una puntuación igual o superior a 6 en el sistema de puntuación que se representa en la tabla 4 y que considera la distribución de la afectación articular, serología del factor reumatoide (FR) y/o ACPA, aumento de los reactantes de fase aguda y la duración igual o superior a 6 semanas.

*Tabla 4: Criterios de clasificación de Artritis Reumatoide 2010 ACR/EULAR*

| | |
|---|---|
| **A. Compromiso articular** | |
| **1 articulación grande** | 0 |
| **2-10 articulaciones grandes** | 1 |
| **1-3 articulaciones pequeñas (con o sin compromiso de articulaciones grandes)** | 2 |
| **4-10 articulaciones pequeñas (con o sin compromiso de grandes articulaciones)** | 3 |
| **>10 articulaciones (al menos 1 articulación pequeña)** | 5 |
| **B. Serología (al menos 1 resultado de la prueba es necesario para la clasificación)** | |
| **FR negativo y anti-CCP negativo** | 0 |
| **FR débil positivo o anti-CCP débil positivo** | 2 |
| **FR fuerte positivo o anti-CCP fuerte positivo** | 3 |
| **C. Reactantes de fase aguda (al menos 1 prueba es necesaria para la clasificación)** | |
| **PCR normal y VSG normal** | 0 |
| **PCR elevada o VSG elevada** | 1 |
| **D. Duración de los síntomas** | |
| **<6 semanas** | 0 |
| **≥6 semanas** | 1 |

Datos extraídos del consenso del 2010 ACR/EULAR (Gómez, 2011)

## 3. OBJETIVOS

El objetivo general de este trabajo es evaluar y determinar los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo frente al entrenamiento convencional para optimizar el proceso de recuperación funcional en pacientes con patologías de rodilla, como la artritis reumatoide, la rotura del ligamento cruzado anterior y la artrosis.

Como objetivos específicos:

- Analizar la efectividad del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo frente al entrenamiento convencional
- Analizar los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo en cuanto al dolor
- Analizar los efectos del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo en cuanto a masa muscular, masa ósea, rango articular y función física.

# 4. MATERIAL Y MÉTODOS

## 4.1. CRITERIOS DE BUSQUEDA

Para plantear la búsqueda bibliográfica se empleó la estrategia PICO (patient, intervention, comparison, outcomes). Este formato es el más empleado en la construcción de preguntas de indagación, no sólo en el ámbito de ciencias de la salud, sino además en otras disciplinas no afines.

Este código nemotécnico facilita recordar los componentes de la estructura: (P) paciente o características del paciente; (I) Intervención: intervención principal a considerar (terapéutica, preventiva, diagnóstica, exposición de riesgo, etc.), (C): intervención de comparación: alternativa con la que comparar la intervención principal (hay que tener en cuenta que en ocasiones no se dispone de una intervención con la que comparar) y (O) (outcomes) resultado a valorar: efectos de la intervención, en términos de mejora, efectos secundarios (Martínez et al., 2016).

*Tabla 5: Pregunta PICO.*

| | |
|---|---|
| **Paciente** | Pacientes con patologías de rodilla |
| **Intervención** | Entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo |
| **Comparación** | Entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo vs Fisioterapia convencional |
| ***Outcomes,*** **resultados** | Cuan efectiva es la restricción de flujo sanguíneo en pacientes de rodilla. |

*Elaboración propia*

Por tanto, la pregunta PICO es ¿Cuál es la efectividad de la restricción de flujo sanguíneo en pacientes con patología de rodilla frente al entrenamiento convencional?

## 4.2. ESTRATEGIA DE BUSQUEDA

La búsqueda bibliográfica se efectuó en noviembre de 2023. Se incluyeron artículos en inglés y español de las siguientes bases de datos: Medline (PubMed), Scopus, Web of Science, Cochrane Library y Science Direct.

Las estrategias de búsqueda se basaron en los criterios de elegibilidad descritos anteriormente. Se utilizaron términos Medical Subject Headings (MESH), palabras claves y operadores booleanos para refinar la búsqueda.

Se emplearon como metodología de búsqueda las siguientes palabras clave y términos:

> "blood Flow- restricted", "knee," "physical therapy", "physiotherapy," "rehabilitation", agrupadas en la siguiente ecuación de búsqueda: (Blood Flow – restricted) AND ((Physical therapy) OR (physiotherapy) OR (Rehabilitation)) AND (Knee).

*Tabla 6: Estrategia de búsqueda.*

| **Base de datos** | **Descriptores en cajón de búsqueda** | **Nº de artículos** |
|---|---|---|
| PubMed | • (Blood flow-Restricted [Title]) AND (("Physical Therapy") OR (Physiotherapy) OR (Rehabilitation)) AND (Knee) | 24 |
| Scopus | • (TITLE ( "Blood flow-Restricted" ) AND TITLE-ABS-KEY ( "Physical Therapy" OR physiotherapy OR rehabilitation ) AND ALL ( knee ) ) | 16 |
| Web of Science | • Bases de datos: WOS, CCC, DIIDW, KJD, MEDLINE, RSCI, SCIELO.<br>• (TI= Blood flow-restricted) AND TS= (Physical therapy OR physiotherapy OR Rehabilitation) AND TS= (Knee) | 13 |
| Science Direct | • "Blood flow-restricted" [Title] AND ("physical therapy" OR physiotherapy OR rehabilitation) AND (Knee) | 2 |
| Cochrane library | • ("blood flow restricted"):ti,ab,kw AND (("Physical therapy" OR Physiotherapy OR Rehabilitation)):ti,ab,kw AND (Knee)" | 14 |
| Total: 69 artículos | | |

*Elaboración propia*

## 4.3. CRITERIOS DE SELECCION

Criterios de inclusión:

Para esta revisión bibliográfica, se propusieron los siguientes criterios de inclusión:

- Artículos publicados entre 2016 y 2023
- Artículos que incluyan pacientes con patologías de rodillas
- Idiomas inglés y español
- Artículos que utilicen la técnica de restricción de flujo sanguíneo

Criterios de exclusión:

- - Artículos que incluyan una patología en otro grupo articular
- - Artículos en los que la técnica de restricción de flujo sanguíneo no esté aplicada en el tratamiento
- - Se excluyeron tesis doctorales, comunicaciones de congreso, revisiones sistemáticas y diseños de proyecto de investigación.
- - Artículos no disponibles a texto completo.

## 4.4. EVALUACION DE LA CALIDAD METODOLOGICA

Tras seleccionar los artículos a analizar para evaluar su calidad metodológica se utilizó la escala Critical Review Form - Quantitative Studies, (Letts et al., 2007) que mediante 15 preguntas valoran los siguientes aspectos: el propósito del estudio, la literatura, el diseño del estudio, la muestra, los outcomes (resultados), la intervención, los resultados desde el punto de vista estadístico y las conclusiones y consecuencias. Las preguntas se contestan mediante "sí o no" dependiendo de si se cumple o no lo que indican en sus criterios, aunque para obtener una puntuación numérica se establecerá que el "sí" se corresponda con una puntuación 1 y el "no" con una puntuación cero.

En cuanto a lo que se refiere a la valoración del grado de evidencia y de recomendación, se utilizó la escala Centre for Evidence-Based Medicine (CEBM) de Oxford. Esta escala permite evaluar la evidencia dependiendo del área del tema o de la situación clínica, así como del tipo de investigación que involucra a las preguntas clínicas relevantes. Además, nos garantiza los conocimientos más destacados debido al alto grado de

especialización y aporta una explicación sobre cómo la falta de rigurosidad metodológica se relaciona con el tipo de estudio provocando una evidencia y fuerza de las recomendaciones reducida (Mella et al., 2012).

## 4.5. ANÁLISIS DE DATOS Y SELECCIÓN DE ARTICULOS

La estrategia de la búsqueda electrónica identificó 69 registros en total de los cuales se excluyeron artículos duplicados a través de la utilización del gestor bibliográfico Zotero. Se aplicaron los criterios de elegibilidad expuestos en el apartado de metodología, y se seleccionaron finalmente 9 estudios para el análisis final (véase en la tabla 7).

*Tabla 7: Cuadro resumen de los artículos seleccionados para la revisión.*

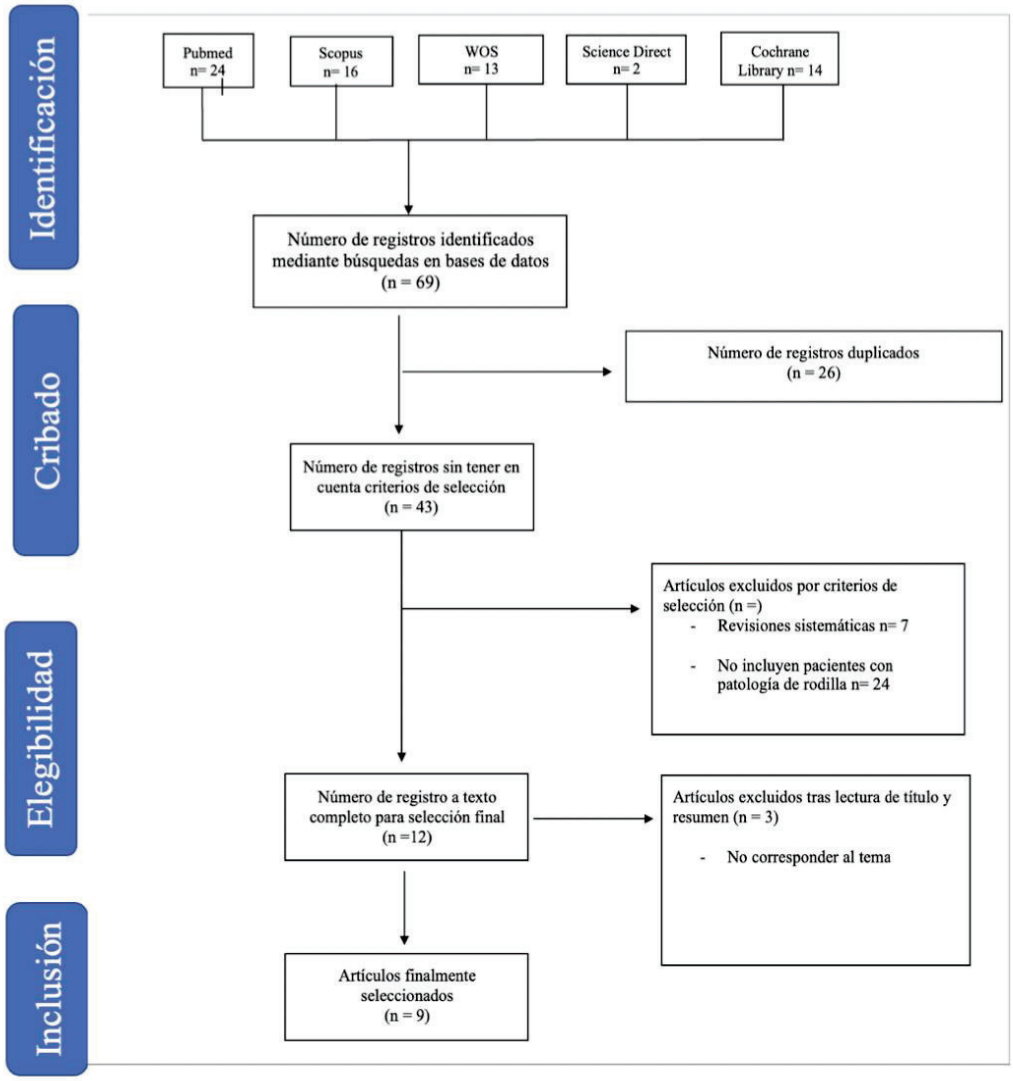
| Referencia | Título | Autor(es) | Año | Tipo de estudio |
|---|---|---|---|---|
| *Segal et al. (2015)* | *"Efficacy of Blood Flow Restricted Low-Load Resistance Training in Women with Risk Factors for Symptomatic Knee Osteoarthritis"* | Neil A. Segal, Glen N. Williams, Maria Davis, Robert B. Wallace, Allan Mikesky | 2016 | Ensayo clínico controlado, aleatorizado y doble ciego |
| *Jønsson et al. (2021)* | *"Feasibility and estimated efficacy of blood flow restricted training in female patients with rheumatoid arthritis: a randomized controlled pilot study "* | AB Jønsson, CV Johansen, N Rolving y M Pfeiffer-Jensen | 2020 | Ensayo piloto controlado aleatorio no ciego |
| *Jørgensen et al. (2020)* | *"Efficacy of low-load blood flow restricted resistance Exercise in patients with Knee osteoarthritis scheduled for total knee replacement (EX Knee): protocol for a multicenter randomized controlled trial"* | Stian Langgård Jørgensen, Marie Bagger-Bohn, Inger Mechlenburg ( | 2020 | Ensayo controlado, multicéntrico (dos sitios), aleatorizado, cegado por el evaluador. |
| *Jørgensen et al. (2021)* | *"Effects of Low-Load Blood-Flow Restricted Resistance Training on Functional Capacity and Patient-Reported Outcome in a* | Stian Langgård Jørgensen, Inger Mechlenburg | 2021 | Estudio de un caso |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| *Jacobs et al. (2024)* | *"Vascular Occlusion for Optimizing Functional Improvement in Patients With Knee Osteoarthritis (VOFIKO)"* | Jan Victor, Erik Witvrouw | 2024 | Ensayo clínico aletorizado |
| *Johannsen, M.D. (2022).* | *"Effects of Blood-flow Restricted Exercise Compared to Standard Rehabilitation in Patients With Knee Osteoarthritis"* | Finn E Johannsen | 2022 | Ensayo clínico aletorizado |

*Pie de tabla: Elaboración propia*

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| | *Young Male Suffering From Reactive Arthritis"* | | | |
| *Curran et al. (2019)* | *"Blood Flow Restriction Training Does Not Improve Quadriceps Strength After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction"* | Michael Curran, Asheesh Bedi, Cristóbal Mendías, Edward M. Wojtys, Megan Kujawa Riann Palmieri- Smith, PhD, ATC | 2019 | Ensayo controlado aleatorio |
| *Petersson et al. (2022)* | *"Blood flow restricted walking in elderly individuals with knee osteoarthritis: a feasibility study"* | Naaja Petersson, Stian Langgård Jorgensen, Troels Kjeldsen, Inger Mechlenburgo, y Aagaard. | 2022 | Estudio de viabilidad |
| *Kacín et al. (2021)* | *"Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL ruptura"* | Alan Kacín, Matej Drobnič, Tomaž Marš, Katarina Miš, Maja Petrič, Daša Weber, Tina Tomc Žargi, David Martinčič, Sergej Pirkmajer | 2021 | Ensayo controlado prospectivo, unicéntrico, simple ciego y cuasialeatorizado |

*Figura 5: Diagrama de flujo de la revisión bibliográfica*




*Elaboración propia.*

# 5. ANÁLISIS

## 5.1. RESULTADOS

## 5.2. EVALUACION DE LA CALIDAD METODOLOGICA

En nuestra revisión bibliográfica se ha aplicado la escala critical review form, la cual ha sido explicada anteriormente y que podemos ver detalla en la tabla 8. Las puntuaciones de los artículos seleccionados oscilan

entre 7 y 12 puntos por lo que se considera que el nivel de evidencia es alto.

| Tabla 8: Critical Review Form — Quantitative Studies. Elaboración propia. | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **ÍTEMS A EVALUAR** / **AUTOR(ES)** | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | Puntuación total |
| Segal et al. (2015) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | Si | Si | Si | No | Si | 12/15 |
| Jønsson et al. (2021) | Si | Si | Si | Si | No | Si | Si | Si | No | No | Si | Si | Si | No | Si | 11/15 |
| Jørgensen et al. (2020) | Si | Si | Si | Si | No | Si | Si | Si | No | No | Si | Si | Si | No | Si | 11/15 |
| Jørgensen et al. (2021) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | No | Si | No | No | Si | 10/15 |
| Curran et al. (2019) | Si | No | Si | Si | No | No | Si | Si | No | No | Si | Si | No | No | No | 7/15 |
| Petersson et al. (2022) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | Si | Si | Si | Si | Si | 13/15 |
| Kacín et al. (2021) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | Si | Si | Si | No | Si | 12/15 |
| Jacobs et al. (2024) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | No | No | No | No | No | 8/15 |
| Johanssen, M.D. (2022) | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | Si | No | No | No | No | No | No | No | 8/15 |

La escala critical review form es un cuestionario de 15 ítems. Por cada criterio cumplido se le otorgará un punto mientras que si la respuesta es negativa corresponderá a cero puntos.

| AUTOR(ES) | AÑO | NIVEL DE EVIDENCIA | GRADO DE RECOMENDACIÓN |
|---|---|---|---|
| Segal et al. (2015) | 2015 | 1b | A |
| Jønsson et al. (2021) | 2021 | 2b | C |
| Jørgensen et al. (2020) | 2020 | 1b | A |
| Jørgensen et al. (2021) | 2021 | 3b | C |
| Curran et al. (2019) | 2019 | 1b | A |
| Petersson et al. (2022) | 2022 | 1b | A |
| Kacín et al. (2021) | 2021 | 2b | C |
| Jacobs et al. (2024) | 2024 | 1b | A |
| Johanssen, M.D. (2022) | 2022 | 1b | A |

Para evaluar la evidencia científica y el grado de recomendación de los artículos incluidos en la revisión se utilizó la escala Centre for Evidence Based Medicine (CEBM) de Oxford. La tabla 9 muestra los resultados obtenidos en la misma.

## 5.3. DESCRIPCION DE LOS ESTUDIOS Y SINTESIS DE LOS RESULTADOS

## 5.4. TIPOS DE ESTUDIOS

Respecto al tipo de estudios encontramos una variabilidad. De los 9 que conforman nuestra revisión bibliográfica, 7 de ellos son ECA, es decir, ensayos clínicos aleatorizados mientras que Petersson et al (Petersson et al., 2022) presentaron un estudio de viabilidad y, por otro lado, Langgård et al (Jørgensen et al., 2021) presentaron un estudio de un caso.

La totalidad de los ensayos clínicos aleatorizados presentaron un grupo control y un grupo experimental, salvo Kacín et al. (Kacín et al., 2021) y Victor et al. (Jacobs et al., 2024) que presentaron tres tipos de grupos experimentales.

## 5.5. CARACTERISTICAS DE LOS PARTICIPANTES

El número de pacientes de cada estudio presentó una gran diversidad. Algunos de ellos presentaron solamente un paciente mientras que otros estudios contenían un mayor número de pacientes (1,14,18,84,90). Cabe destacar que Victor et al (Jacobs et al., 2024) presentaron la muestra más grande con un total de 234 pacientes. Sumando el número de participantes de los estudios analizados obtenemos un total de 540 participantes, resultando una media de 60 participantes en cada estudio. En cuanto al género, los estudios incluían tantos a hombres como mujeres. Atendiendo la edad de los participantes, el rango de edad se situó entre los 17 y 65 años.

En la tabla 10 podemos ver con detalles las características de los estudios analizados y las diferencias entre ello.

**Tabla 10: Cuadro resumen de los articulos pertenecientes a mi revisión**

| Patología | N | Edad | Grupo de intervención | Variables a medir | Tipo de Entrenamiento | Tiempo | Tipos de Ejercicio | Tipo de Manguito | Tiempo con el manguito | Presión del manguito | Arteria utilizada | Cuestionarios | Criterios de inclusión | Criterios de exclusión |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Osteoartritis | 45 | 45 y 65 años | GI: Pacientes con restriccion de flujo sanguineo durante el entrenamiento.<br>Gc: Pacientes sin restriccion de flujo sanguineo durante el entrenamiento. | Fuerza isotónica bilateral de pierna<br>Fuerza isocinética del extensor de rodilla<br>Volumen del cuadriceps (RM) | 30% del 1RM<br>3 veces por semana | 4 semanas | Prensa de piernas bilateral | | 6.5 minutos de los cuales 5 minutos durante el ejercicio y 1.5 de descanso | Aumento gradual de 20 mmhg hasta alcanzar los 140 | Arteria femoral | Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) | IMC mayor o igual a 25 kg/m2<br>Antecedentes de lesión o cirugía en la articulación de la rodilla<br>Síntomas en la rodilla. | Se excluyeron aquellos pacientes que presentaran una condición que les impidiera realizar de manera segura los entrenamientos, diagnósticos neurológicos, antecedentes de cáncer |
| Artritis reumatoide | 18 | 18 y 65 años | GI: Mujeres que realizan el entrenamiento con banda de oclusión(BFR)<br>Gc: Mujeres que realizan el entrenamiento sin banda de oclusión | Fuerza muscular, dolor articular y resistencia muscular | 3 veces por semana(10 sesiones de media)<br>45 minutos<br>20-30 % del 1RM | 4 semanas | Extension de cuadriceps<br>Prensa de pierna horizontal<br>Curl femoral tumbado | Manguito de oclusión de 7cm de ancho con manómetro | | 50% del OAP (sin cambios) | Arteria tibial posterior | EVA<br>DASH28 | Diagnosticado de artritis reumatoide<br>Pacientes mayores de 18 años<br>Tener entre 18 y 65 años<br>Hablar y entender danés | Participar en entrenamiento de fuerza más de dos veces por semana en los últimos 3 meses; antecedentes de enfermedades vasculares como hipertensión no controlada, arteriosclerosis sintomática y fenómeno de Raynaud. |
| Osteoartritis | 84 | >50 años | GI:Grupo que lleva a cabo el entrenamiento con el dispositivo BFR<br>Gc. Grupo que lleva a cabo el entrenamiento con terapia convencional | Fuerza isométrica del extensor y flexor de rodilla<br>Prueba de levantarse de la silla en 30"<br>Caminata rápida de 40 m | 30% del 1RM | 8 semanas | Prensa de piernas<br>extension de rodillas | Manguito rígido neumático (12 cm de ancho) | | 60% del OAP(fija, sin cambios) | Arteria tibial posterior | KOOS<br>EQ-SD-L5<br>NRS | Paciente mayor de 50 años programado para un remplazo total de rodilla debido a la osteoartritis de esta. | Enfermedades cardiovasculares (clase II y III), accidente cerebrovascular previo, incidente de trombosis, lesión nerviosa traumática en la extremidad afectada, hipertensión, lesión de la médula espinal, otra cirugía de miembro inferior planificada dentro de los 12 meses, diagnóstico de cáncer. |
| Artritis reumatoide (RD) | 1 | 17 | GI: Paciente que lleva a cabo el entrenamiento con el dispositivo BFR | | Peso corporal<br>4 series<br>30 repeticones(1 serie) y 15 (3 series restantes)<br>2 veces por semana | 12 semanas | Sentadillas<br>Zancadas | Manguito neumático de forma cónica (11.7 cm de ancho) | | Presion absoluta y no se determina en funcion del OAP<br>Aumento gradual de la presión (10mmhg) hasta alcanzar los 110-150mmHg | | KOOS<br>NRS<br>FJS<br>Circunferencia parte baja del muslo<br>30CST | | |
| Reconstrucción ACL | 36 | | GI: Pacientes con restriccion de flujo sanguineo durante el entrenamiento.<br>Gc: Pacientes sin restriccion de flujo sanguineo durante el entrenamiento. | Fuerza maxima isometrica e isocinética del cuádriceps (dinamómetro) | 70% del 1RM | 8 semanas (post-operación | Prensa isocinética unilateral | | | 80% de presión (sin especificar que tipo) | | | | |

| | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Osteoartritis | 14 | (70,4 ± 6,3 años de edad) | GI: Pacientes que llevaron a cabo la caminata con el dispositivo BFR en la pierna afectada | | 4 veces por semanas (1 semana supervisada y las 3 restantes de forma independiente | 8 -10 semanas | Caminata rapida de 20 minutos al aire libre con una velocidad moderada (4km/h) | Manguito neumatico(11cm de ancho) | | AOP(300mmHg)<br>Presión individualizada al 60% de la AOP<br>Presion media (137±23mmHg) | Arteria tibial | Timed Up and GO<br>30CST<br>Velocidad caminata rápida 40 m<br>Subir escaleras<br>KOOS | Tener al menos 60 años<br>Diagnosticados clínicamente con OA de rodilla y verificado radiológicamente. | Cirugía previa de reemplazo de rodilla (ambas rodillas),<br>Enfermedades o deficiencias musculoesqueléticas o neurológicas que podrían dificultar la ejecución de la caminata al aire libre (4 km/h), eventos de trombosis experimentados previamente, problemas cardiovasculares sin utilizar medicamentos prescritos para la regulación de sus condiciones. |
| Rotura de ACL | 18 | 18 y 45 ( 37.5±9) | GI: Grupo BFR<br>GC: Grupo SHAM-BFR (oclusión simulada)<br>Gb: Grupo biopsia (sin intervención) | Área de sección transversal (RM)<br>Fuerza isocinética de los músculos de la rodilla | 9 sesiones de 4 series al fallo durante 3 veces por semana<br>40% del 1 RM | 3 semanas | Extensión de cuádriceps<br>Curl femoral tumbada | Manguito neumático de doble cámara de 13.5 cm de ancho con presión asimetrica | | 150 mmHg | | | Edad entre 18 y 45 años, rotura unilateral completa del LCA diagnosticada mediante resonancia magnética y confirmada mediante evaluación clínica, sin lesiones previas ni cirugía realizada en la rodilla afectada, sin enfermedad sistémica o déficits neurológicos en miembros inferiores | Cualquier patología intraarticular concomitante que pudiera dificultar la tolerancia o la seguridad del ejercicio |
| Osteoartritis | 234 | | GI: Grupo BFR<br>Grupo SHAM: Grupo SHAM-BFR (oclusión simulada)<br>GC: Grupo que se le realiza fisioterapia convencional | Área de sección transversal (RM) | <50% del 1RM<br>2 veces por semana<br>60 minutos | 12 semanas | Ejercicios de cuádriceps | Smart-cuff pro(torniquete presurizado) | | | | KOOS<br>PCS<br>6MWT<br>40M FPWT<br>Chair stant test<br>Stair Clim test<br>IPAQ<br>KBT<br>Fuerza isométrixa del cuadriceps e isquio<br>salto y aterrizaje con una sola pierna | Diagnosticado de artrosis de rodilla<br>Hablar neerlandés, francés o inglés<br>Ninguna otra patología que restrinja a los pacientes a participar seguro | Trastornos neurológicos<br>Cirugía previa o trastorno de los vasos sanguíneos.<br>Enfermedad cardiaca o vascular (sintomática).<br>Mayor riesgo de TVP<br>Evitar el ejercicio físico debido a afecciones médicas.<br>Artritis reumatoide<br>IMC >30<br>Traumatismo grave reciente o cirugía en la extremidad inferior |
| Osteoartritis | 90( asumiennd un 10% de abandonos) | | GI: Pacientes que llevan a cabo la rehabilitación con el dispositivo BFR<br>Gc: Pacientes que llevan a cabo la rehabilitación convencional | Dolor articular<br>Masa Muscular<br>Función muscular<br>Comparar si 12 semanas de entreno son más eficaces que 8 | 30% del 1RM<br>2 veces por semana | 12 semanas consecutivas | Prensa y extensión de rodillas | Mnaguito neumático | | 60 - 80 % del OAP | | KOOS<br>30CST<br>Stair climb test<br>40M FPWT<br>Oxford Knee Score<br>Umbral de presión del dolor(PPT)<br>Indice de desarrollo de la fuerza(RFP)<br>Contracción Isométrica Voluntaria Máxima(MVIC) | Todos los participantes deben cumplir los criterios de OA 35 del Colegio Americano de Reumatología (ACR).<br>OA visible en las radiografías (Kellgren & Lawrence grado 2-3).<br>Dolor unilateral y limitación funcional durante un mínimo de 3 meses.<br>Ser capaz de realizar voluntariamente (es decir, sin ayuda) una flexión de 90 grados en la rodilla.<br>Ser capaz de realizar el ejercicio en máquina (extensión de rodilla) previsto para el entrenamiento BFR.<br>Hablar danés.<br>No tener previsto viajar durante el periodo de intervención. | Kellgren & Lawrence grado 4.<br>Síntomas de OA bilateral.<br>Aloplastia previa de rodilla o cadera.<br>Inyección de glucocorticosteroides en la rodilla en los últimos 6 meses.<br>Artritis inflamatoria.<br>Enfermedad neurótica conocida como esclerosis múltiple o neuropatía periférica. |

## 6. RESULTADOS

Los hallazgos de los artículos que componen esta revisión bibliográfica tienen una gran semejanza, analizando las características de cada estudio, así como sus pequeñas diferencias en cuanto a los objetivos presentes en cada uno de ellos.

En primer lugar, Segal et al., (2015) obtuvieron resultados significativos tanto en el 1RM isotónico como la fuerza isocinética del extensor de rodilla en aquellos pacientes a los que se les aplicó la restricción de flujo sanguíneo en comparativa con el grupo control. Sin embargo, los cambios en el volumen del cuádriceps, la potencia de prensa de piernas y el dolor relacionado con la rodilla no se diferenciaron significativamente entre los grupos.

Por lo que respecta a Jønsson et al. (2021) consiguieron mediante su protocolo de entrenamiento una mejora significativa en ambos grupos, siendo los resultados mayores en el grupo expuesto a BFR obteniendo un cambio de 11,5 kg de masa muscular mientras que el grupo control tan solo consiguió 8,4 kg.

Por otro lado, Stian Langgård et al. (2020) en su estudio no muestran los resultados que se consiguieron en el estudio a los 3 meses ni en los meses continuos a reevaluar al paciente para contrastar la mejoría o involución de los pacientes seleccionados.

Sin embargo, Stian Langgård et al. (2021) en su otro estudio, un único paciente completó el protocolo de ejercicios planificados, de forma que hubo una mejoría: en el test de 30CST aumentando 7 repeticiones en la extremidad derecha y 5 en la extremidad izquierda. Además, se observó que la circunferencia de la parte baja del muslo se redujo en 1,1 cm en la pierna derecha y 1,0 cm en la pierna izquierda. Se produjo un cambio clínicamente relevante en los síntomas de KOOS, AVD, calidad de vida y FJS, con incrementos de 10, 14 y 23 puntos respectivamente.

Curran et al. (2019) no obtuvieron cambios en su estudio entre ambos grupos. De modo que un período de 8 semanas, una intervención combinada de entrenamiento de resistencia al flujo sanguíneo y ejercicio no dio como resultado en un aumento significativo de la fuerza del

músculo cuádriceps en pacientes que habían pasado por una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA).

Ahora bien, Petersson et al. (2022) presentaron un inconveniente puesto que tan solo 9 participantes pudieron completar su intervención mientras que cinco abandonaron. Aun así, los resultados que se obtuvieron fueron significativos. En los participantes que no completaron el índice de masa corporal (IMC) inicial ($p = 0,05$) y dolor de rodilla ($p = 0,06$) fueron mayores, mientras que el rendimiento de la marcha ($p = 0,04$) fue menor. Considerando los datos de casos completos, la tasa de adherencia al entrenamiento fue del 93%, mientras que el dolor medio de rodilla en la pierna afectada fue de 7 en una escala de calificación numérica de 0 a 10. Por tanto, el ejercicio de caminar con restricción del flujo sanguíneo parecía factible en pacientes con osteoartritis de rodilla, de modo que los participantes que completaron el protocolo de intervención demostraron mejoras en el desempeño funcional.

Kacín et al. (2021) demostraron mediante su estudio que aquellos pacientes sometidos a su protocolo de entrenamiento aplicándoles la restricción de flujo, tuvieron un aumento en la fuerza, un incremento en la resistencia de los extensores de rodillas, pero no en los flexores, así como el índice de fatiga fue menor en comparativa con el grupo control.

Por último, encontramos los estudios de Johannsen (2022), Victor et al. (2023) y Jacobs et al. (2024) los cuales son los dos ensayos clínicos aleatorizados con mayor potencial en la revisión debido a las características del estudio, así como la muestra escogida por ambos. Sin embargo, al ser muy recientes, ambos autores y colaboradores siguen con el ECA en proceso por lo que los resultados y conclusiones aún no han sido publicados.

## 7. DISCUSIÓN

La finalidad de esta revisión bibliográfica fue analizar la documentación disponible respecto a la efectividad de la restricción de flujo sanguíneo en patologías de rodilla. Los resultados hallados se han adecuado tanto para el objetivo principal como para los objetivos específicos o secundarios.

En primer lugar, se estableció una comparativa en la utilización de los grupos de intervención, teniendo en cuenta que la mayoría (Segal et al., 2015; Jønsson et al., 2021; Jørgensen et al., 2020; Jørgensen et al., 2021; Curran et al., 2019; Petersson et al., 2022; Johannsen, 2022) emplearon un grupo en el cual se aplicaba la restricción de flujo sanguíneo mientras que el otro grupo no presentaba dicho dispositivo. Sin embargo, Alan Kacín et al. (2021) incluyen tres grupos de intervención; el primero con una restricción de flujo (grupo BFR), el segundo con un manguito simulando esa oclusión vascular. (grupo SHAM- BFR) y por último, encontramos un grupo biopsia, el cual no lleva a cabo ninguna intervención, mientras que Victor et al. (2024) y Jacobs et al. (2024) incluyen los dos primeros grupos iguales al autor anterior salvo el tercero que solo realizará fisioterapia convencional.

Las variables a medir en los estudios tienen similitudes con algunas excepciones que podemos observar en la tabla anterior (véase en la tabla 10).

Por otro lado, existen diferencias en cuanto al tipo de entrenamiento. Segal et al. (2015) realizarán durante tres veces por semanas dicho programa, mientras que Jørgensen et al.(2020) o llevarán a cabo durante dos veces por semana y, por último, Johannsen. (2022) no presentarán ninguna especificación con respecto al volumen de entreno. Sin embargo, los tres realizarán el entrenamiento a un 30% del 1RM. También cabe destacar que Jønsson et al. (2021) proponen el mismo tipo de entrenamiento, pero preestableciendo un periodo de tiempo de 45 minutos al 20-30% del 1RM.

Jørgensen et al. (2021) en sus estudios emplean una metodología totalmente diferente a su otro trabajo Jørgensen et al. (2020) ya que usarán el peso corporal durante 4 series aplicando diferentes repeticiones.

En comparación a los artículos restantes podemos observar que Curran et al. (2019) establecieron un 1RM mayor alcanzado el 70% del mismo, mientras que los valores de los otros autores oscilarán en torno al 40-50% del 1RM. Cabe destacar que el único que no presenta este tipo de entrenamiento es el estudio propuesto por Petersson et al. (2022) debido a que su programa se establece el uso de BFR mediante una caminata rápida con dicho dispositivo.

Otro aspecto que se aborda en algunos de los resultados de la revisión bibliográfica es la duración del tratamiento, punto importante a destacar. Se puede observar una gran diferencia entre todos ellos.

Segal et al. (2015) y Jønsson et al. (2021) fueron los únicos que aplicaron 4 semanas en su estudio, sin embargo, los autores que menos tiempo aplicaron la técnica fue Kacín et al. (2021) con una duración de tan solo 3 semanas.

Jørgensen et al. (2020) y Curran et al. (2019) presentaron una duración de 8 semanas con un matiz en este último ya que sería en un periodo postoperatorio, mientras que Petersson et al. (2022) aplicaron la misma una duración optando por la posibilidad de alargar a unas 10 semanas si fuese necesario. Para terminar, los estudios con mayor duración fueron los de Jørgensen et al. (2021), Jacobs et al., (2024) y Johanssen (2022) los cuales aplicaron un tiempo de 12 semanas. Un detalle que destacar es que este último autor hizo la intervención de forma consecutiva.

El punto de inflexión que marcará la diferencia son las siguientes variables; tipo de manguito, presión del manguito y tiempo con el manguito. En primer lugar, el manguito más utilizado en los diferentes estudios es el manguito neumático Segal et al. (2015); Jørgensenet al. (2021); Petersson et al. (2022); Kacín et al. (2021); Johannsen (2022). Por otro lado, Jønsson et al. (2021) utilizaron un manguito de oclusión con manómetro mientras que Jacobs et al. (2024) hicieron uso de un Smart-cuff pro.

Puntualizar, que todos aquellos que usaron manguito neumático presentaran diferencias en el ancho. Por lo que, Jørgensen et al. (2020) utilizaron uno de 12 cm de ancho mientras que en su otro estudio Jørgensen et al. (2021) aplicaron uno de 11.7 cm de ancho. Asimismo, Kacín et al. (2021) aplicaron uno de 13.5 cm de ancho de presión asimétrica.

Sin embargo, hubo autores que no especificaron qué tipo de manguito utilizaron. Este fue el caso de Segal et al. (2015) y Curran et al. (2019). No obstante, Segal et al. (2015) fueron los únicos que especificaron el tiempo que se aplicó el manguito en los pacientes de su estudio.

Por ende, la oclusión vascular se llevó a cabo en tres arterias principales (femoral, tibial y tibial posterior). Solo cuatro de los nueve autores especificaron cuáles de éstas intervienen con el BFR. De forma que, Segal et al. (2015) aplicaron la oclusión en la arteria femoral mientras que Jønsson et al. (2021), Jørgensen et al. (2020) y Petersson et al. (2022) aplicaron dicha restricción de flujo en las arterias tibiales posteriores y tibial siendo este orden respectivamente.

Para concluir con dichas variables la presión del manguito fue basada principalmente en el OAP (presión de oclusión total) que es el punto en el que el flujo sanguíneo se ocluye de forma total impidiendo su paso. Sin embargo, algunos autores no se guiaron por esa vía, sino que fueron aumentando gradualmente bajo su criterio hasta llegar a un rango determinado.

El rango medio de la OAP utilizada por los autores Jønsson et al. (2021); Jørgensenet al. (2020); Petersson et al. (2022); Johannsen (2022) se basó en torno a 50- 80%. Por otro lado, Segal et al. (2015) fueron aumentado gradualmente de 20mmHg hasta alcanzar los 140 mientras que, Jørgensen et al. (2021) utilizaron una presión absoluta con un aumento gradual hasta alcanzar los 110-150 mmHg. Esta última presión también fue utilizada por Kacín et al. (2021) en su estudio.

El único que aplico una presión sin especificar qué tipo ni en qué criterios se basaba fue Curran et al. (2019) aplicando 80% de presión mientras que Jacobs et al. (2024) no especificó nada al respecto en su estudio.

En los estudios que forman parte de la revisión bibliográfica, podemos observar fortalezas. En primer lugar, la gran evidencia científica debido a que la mayoría son ensayos clínicos aleatorizados a excepción de dos. En segundo lugar, podemos destacar algunas de ellas, como, por ejemplo, la clara diferenciación en todos los estudios en los grupos de intervención (por un lado, aquellos que se les aplica le BFR mientras que por el otro aquellos a los que se les aplica la terapia convencional). Asimismo, las muestras son significativas salvo en el de Jørgensen et al. (2021) que solo la aplica a un individuo. Por otro lado, observamos como fortaleza la similitud de las variables a medir entre los diferentes individuos, así como entre los estudios permitiendo obtener datos objetivos.

Los principales factores que, desde un punto de vista crítico, condicionan el estudio y suponen limitaciones o puntos débiles para este son los siguientes:

Los ensayos clínicos aleatorizados de Jacobs et al. (2024) y Johanssen (2022), al no haber publicado sus resultados ni conclusiones, no pueden ser incluidos. Ambos nos aportarían mayor evidencia a la efectividad de la restricción de flujo en patologías de rodillas.

Por otro lado, la mayoría de los estudios no especificaron el tiempo que se les aplicaba la oclusión, así como la arteria que ocluían por lo que no podemos obtener conclusiones claras si el tiempo o el vaso que se ocluye intervienen de forma directa en la eficacia de la técnica o no.

También hay que destacar que varios estudios en sus semanas de entrenamientos programados no fueron supervisados por ningún responsable, en este caso, un fisioterapeuta por lo que eso también podría condicionar a los resultados obtenidos en los entrenamientos pautados. Además, en varios estudios, se produjeron abandonos por la mala colocación del manguito en la proximidad del muslo, situación que pudo influir en los resultados de estos.

Por lo tanto, debido a la cantidad de limitaciones que presenta esta revisión bibliográfica, se propone realizar nuevos ensayos clínicos aleatorizados, ya que son los estudios que presentan mayor evidencia científica. Estos estudios deberían llevarse a cabo con un mismo tipo de manguito y presión, especificando el tiempo de aplicación, empleando un mismo protocolo de entrenamiento con una duración similar y, sobre todo, supervisado por un fisioterapeuta cegado con el objetivo de que los resultados que se obtengan sean los más fiables posibles.

## 8. CONCLUSIONES

Tras analizar detenidamente los resultados obtenidos en el entrenamiento con restricción de flujo en patologías de rodillas frente a la terapia convencional podemos concluir que:

1. El entrenamiento de restricción de flujo resulta ser más eficaz en estadios tempranos de operaciones de rodillas que la fisioterapia convencional.
2. El entrenamiento de restricción de flujo nos permite aumentar la masa muscular, la fuerza muscular y la funcionalidad del paciente en mayor rango que la fisioterapia convencional.
3. Con respecto al dolor, el entrenamiento de restricción de flujo permite reducir en la escala EVA el dolor percibido en el paciente, aunque no fue significativo. Sin embargo, sí nos permitió reducir la inflamación de forma significativa.
4. El entrenamiento de restricción de flujo presenta una gran adherencia al tratamiento.
5. El entrenamiento de restricción de flujo se puede aplicar en cualquier rango de edad por lo que englobaría a toda la población buscando una mejoría.
6. La puntación obtenida en el KOOS aumentó en aquellos pacientes a los que se les aplica la restricción de flujo sanguíneo frente a los que llevaban a cabo la terapia convencional.

## 9. BIBLIOGRAFÍA


Almeida, A. K. A., Santana, J. D. de la R., López, L. E. S., Anglin, M. F. P. & Gonzales, D. L. (2020). La articulación de la rodilla: lesión del ligamento cruzado anterior. Revista científica estudiantil 2 de Diciembre, 3(1), 38. Disponible en: https://revdosdic.sld.cu/index.php/revdosdic/article/view/38

Anatomía del Menisco. (2015, junio 30). Dr. Ignacio Dallo. https://drignaciodallo.com.ar/anatomia-del-menisco/

Andrés Fernández, G. & NPunto. (2023). Fisioterapia y artrosis de rodilla. FISIOTERAPIA Y ARTROSIS DE RODILLA, 1(1), 1-1. https://www.npunto.es/revista/64/fisioterapia-y-artrosis-de-rodilla

Argüelles Linares, F. (2015). Papel de NF-?B Y miRNA-34a en la patogénesis de la osteoartritis y como posible diana de las nuevas terapias biológicas[Tesis doctoral]. Universidad de Valencia. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=74185

Articulación de la Rodilla. Paradigmia. (15 de octubre de 2023). Disponible en: https://paradigmia.com/curso/locomotor/modulos/artrologia-de-la-extremidad-inferior/temas/articulacion-de-la-rodilla/

Ayala-Mejías, J. D., García-Estrada, G. A., & Alcocer Pérez-España, L. (2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. Acta ortopédica mexicana, 28(1), 57-67. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2306-41022014000100012&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Bowman, E. N., Elshaar, R., Milligan, H., Jue, G., Mohr, K., Brown, P., Watanabe, D. M., & Limpisvasti, O. (2020). Upper-extremity blood flow restriction: The proximal, distal, and contralateral effects—a randomized controlled trial. Journal of Shoulder and Elbow Surgery, 29(6), 1267-1274. https://doi.org/10.1016/j.jse.2020.02.003

Brandner, C. R., Warmington, S. A., & Kidgell, D. J. (2015). Corticomotor excitability is increased following an acute bout of blood flow restriction resistance exercise. Frontiers in Human Neuroscience, 9. https://doi.org/10.3389/fnhum.2015.00652

Burgos, M. E. (2017). La articulación de la rodilla en la práctica de básquetbol. 12oCongreso Argentino de Educación Física y Ciencias, 13-17. https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/trab_eventos/ev.10185/ev.10185.pdf

Cajigas Melgoza, J. C., Ariza Andraca, R., Espinosa Morales, R., Méndez Medina, C., Mirassou Ortega, M., Robles San Román, M., & Cantú Ruiz, A. T.(2011) Guía de práctica clínica basada en la evidencia para el diagnóstico y tratamiento de la osteoartritis. Medicina Interna de México, 27(6), 552-572. Mex. 2011; 27(6). https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2011/mim116h.pdf

Carson, E. W., Simonian, P. T., Wickiewicz, T. L., & Warren, R. F. (1998). Revision anterior cruciate ligament reconstruction. Instructional Course Lectures, 47, 361-368.

Choy, E. H. S., & Panayi, G. S. (2001). Cytokine pathways and joint inflammation in rheumatoid arthritis. New England Journal of Medicine, 344(12), 907-916. https://doi.org/10.1056/NEJM200103223441207

Cooper, A.D., & Khoury,M.A.(1996). Ligamento Cruzado Anterior - Revista de Artroscopía [Internet]. Vol 3, No 7 Revistaartroscopia.com. [citado el 15 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.revistaartroscopia.com.ar/ediciones-anteriores/index.php?option=com_content&view=article&id=310:ligamento-cruzado- anterior&catid=51:volumen-3-numero-7-

Curran, M., Bedi, A., Mendias, C., Wojtys, E. M., Kujawa, M., & Palmieri-Smith, R. (2019). Blood flow restriction training does not improve quadriceps strength after anterior cruciate ligament reconstruction. Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 7(7_suppl5), 2325967119S00293. https://doi.org/10.1177/2325967119S00293

Entrenamiento oclusivo. Entrenador Personal Rafa. 2015 (21 de octubre de 2023]. Disponible en: https://entrenadorpersonalrafa.com/entrenamiento-oclusivo-2/

Fineberg, M. S., Zarins, B., & Sherman, O. H. (2000). Practical considerations in anterior cruciate ligament replacement surgery. Arthroscopy: The Journal of Arthroscopic & Related Surgery, 16(7), 715-724. https://doi.org/10.1053/jars.2000.8951

García de Veas Silva, J. L. (2016). Eficacia de los marcadores bioquímicos para el diagnóstico y pronóstico de la artritis reumatoide en pacientes que acuden a una consulta de atención especializada [Tesis doctoral] Universidad de Sevilla. https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=48182

García-Porrero, J. A., & Hurlé González, J. M. (2013). Anatomía humana. Aravaca.

Gómez, A. (2011). Nuevos criterios de clasificación de artritis reumatoide. Reumatología Clínica, 6, 33-37. https://doi.org/10.1016/j.reuma.2011.01.002

Góngora García, L., Rosales García, C., González Fuentes, I. & Pujals Victoria, N. (2003). Articulación de la rodilla y su mecánica articular. Medisan. http://bvs.sld.cu/revistas/san/vol7_2_03/san13203.htm

Hernaiz Alzamora, A. (2014). Antropometria de los ligamentos cruzados de la rodilla. Estudio por rmn [Tesis doctoral]. Universidad del País Vasco https://produccioncientifica.ucm.es/documentos/5ecb7f80299952131520433e

Infografia-artrosis.pdf. (14 de octubre de 2023]. Disponible en: https://www.ser.es/wp-content/uploads/2021/11/infografia-artrosis.pdf

Jacobs, E., Stroobant, L., Victor, J., Elewaut, D., Tampere, T., Wallaert, S., Witvrouw, E., Schuermans, J., & Wezenbeek, E. (2024). Vascular occlusion for optimising the functional improvement in patients with knee osteoarthritis: A randomised controlled trial. Annals of the Rheumatic Diseases, ard-2024-226579. https://doi.org/10.1136/ard-2024-226579

Johannsen, M.D. (2022). Effects of Blood-flow Restricted Exercise Compared to Standard Rehabilitation in Patients With Knee Osteoarthritis. ClinicalTrials.gov ID NCT05437770. Institute of Sports Medicine.

Jønsson, A., Johansen, C., Rolving, N., & Pfeiffer-Jensen, M. (2021). Feasibility and estimated efficacy of blood flow restricted training in female patients with rheumatoid arthritis: A randomized controlled pilot study. Scandinavian Journal of Rheumatology, 50(3), 169-177. https://doi.org/10.1080/03009742.2020.1829701

Jørgensen, S. L., & Mechlenburg, I. (2021). Effects of low-load blood-flow restricted resistance training on functional capacity and patient-reported outcome in a young male suffering from reactive arthritis. Frontiers in Sports and Active Living, 3, 798902. https://doi.org/10.3389/fspor.2021.798902

Jørgensen, S. L., Bohn, M. B., Aagaard, P., & Mechlenburg, I. (2020). Efficacy of low-load blood flow restricted resistance EXercise in patients with Knee osteoarthritis scheduled for total knee replacement (Exknee): Protocol for a multicentre randomised controlled trial. BMJ Open, 10(10), e034376. https://doi.org/10.1136/bmjopen-2019-034376

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

Kawada, S. (2005). What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle? International Journal of KAATSU Training Research, 1(2), 37-44. https://doi.org/10.3806/ijktr.1.37

Lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) (Anterior Cruciate Ligament (ACL) Injuries). (15 de octubre de 2023). Disponible en: https://www.orthoinfo.org/es/diseases—conditions/anterior-cruciate-ligament-acl- injuries/

Letts, L., Wilkins, S., Law, M., Stewart, D., Bosch, J., & Westmorland, M. (2007). Guidelines for critical review form—Qualitative studies (Version 2. 0), mcmaster university occupational therapy evidence-based practice research group. https://www.semanticscholar.org/paper/Guidelines-for-critical-review-form-Qualitative-Letts-Wilkins/74513fac0424cd8210f9fc9577d3e9bc721bd06c

Luengas, L., Camargo, E., & Villa, A. C. (2012). Revista tecnura. Tecnura, 16, 207-217. https://doi.org/10.14483/22487638.6824

Márquez Arabia, J. J., & Márquez Arabia, W. H. (2009). Lesiones del ligamento cruzado anterior de la rodilla. Iatreia, 22(3), 256-271. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0121 07932009000300007

Martin Grandes, R. (2016). Estudio anatómico, radiológico y funcional de la articulación de la rodilla. Disponible en: https://repositorio.unican.es/xmlui/bitstream/handle/10902/8753/MartinGrandesR.pdf?s equence=4

Martínez Díaz, J. D., Ortega Chacón, V., & Muñoz Ronda, F. J. (2016). El diseño de preguntas clínicas en la práctica basada en la evidencia: Modelos de formulación. Enfermería Global, 15(43), 431-438. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1695-61412016000300016&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Martínez González, D. (2017). Aplicación del entrenamiento oclusivo como prevención y tratamiento de lesiones. Universidad de Valladolid. https://uvadoc.uva.es/handle/10324/23224

Matute Crespo, M., & Montero Matamala, A. (2021). Revisión del tratamiento farmacológico del dolor secundario a artrosis con paracetamol, antiinflamatorios no esteroideos clásicos (Aine) y los inhibidores selectivos de la ciclooxigenasa tipo 2 (Coxib). Revista de la Sociedad Española del Dolor. https://doi.org/10.20986/resed.2021.3864/2020

Mayoral Rojals, V. (2021). Epidemiología, repercusión clínica y objetivos terapéuticos. Revista de la Sociedad Española del Dolor. https://doi.org/10.20986/resed.2021.3874/2020

McInnes, I. B., & Schett, G. (2011). The pathogenesis of rheumatoid arthritis. New England Journal of Medicine, 365(23), 2205-2219. https://doi.org/10.1056/NEJMra1004965

Mella Sousa, M., Zamora Navas, P., Mella Laborde, M., Ballester Alfaro, J. J., Uceda Carrascosa, P., Mella Sousa, M., Zamora Navas, P., Mella Laborde, M., Ballester Alfaro, J. J., & Uceda Carrascosa, P. (2012). Niveles de evidencia clínica y grados de recomendación. Revista de la Sociedad Andaluza de Traumatología y Ortopedia, 29(1), 59-72. https://produccioncientifica.uca.es/documentos/60ddad210b49eb0e8aebd478

Mulero Mendoza, J. (2004). Tratamiento de la artritis reumatoide. Revista Clínica Española, 204(5), 273-282. https://doi.org/10.1016/S0014-2565(04)71456-3

Músculos de la pierna. Paradigmia. (17 de octubre de 2023). Disponible en: https://paradigmia.com/curso/locomotor/modulos/miologia-de-la-extremidad-inferior/temas/musculos-de-la-pierna

Neira, F., 2 Ortega, J. L. (2006). Tratamiento del dolor en la artritis reumatoide fundamentado en medicina basada en la evidencia. Revista de la Sociedad Española del Dolor, 13(8), 561-566. https://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1134-80462006000800008&lng=es&nrm=iso&tlng=es

Neto, G. R., Novaes, J. S., Dias, I., Brown, A., Vianna, J., & Cirilo-Sousa, M. S. (2017). Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: A systematic review. Clinical Physiology and Functional Imaging, 37(6), 567-574. https://doi.org/10.1111/cpf.12368

Park, S.-Y., Kwak, Y. S., Harveson, A., Weavil, J. C., & Seo, K. E. (2015). Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: Insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. The Korean Journal of Physiology & Pharmacology, 19(3), 191. https://doi.org/10.4196/kjpp.2015.19.3.191

Payo-Rodríguez, J., & Rodríguez-Merchán, E. C. (2008). Anatomía, biomecánica y vascularización de los meniscos. Revista Española de Artroscopia y Cirugía Articular, Vol. 15. Fasc. 1. Núm. 35. 41. https://fondoscience.com/reaca/vol15-fasc1-num35/fs0804006-anatomia-biomecanica

Pereira, V., Escalante de Elguezabal, I., Reyes, I., & Restrepo, C. (2006). Estudio de los tipos de lesiones de meniscos más frecuentes en la Unidad de Cirugía Artroscópica del Hospital Universitario de Caracas. Vitae: Academia Biomédica Digital, 27 (Abril-Junio), 4. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6466591

Pérez-Sánchez, L. (2021). Caracterización del comportamiento mecánico de suturas ultrarresistentes para reconstrucción de raíces meniscales. https://riuma.uma.es/xmlui/handle/10630/23379

Petersson, N., Langgård Jørgensen, S., Kjeldsen, T., Mechlenburg, I., & Aagaard, P. (2022). Blood flow restricted walking in elderly individuals with knee osteoarthritis: A feasibility study. Journal of Rehabilitation Medicine, 54, jrm00282. https://doi.org/10.2340/jrm.v54.2163

PhD, P. G. P. G.-O. (2024, septiembre 23). El entrenamiento oclusivo (Kaatsu) a la palestra—Grupo sobre entrenamiento. https://g-se.com/es/el-entrenamiento-oclusivo-kaatsu-a-la-palestra

Plotkin, D. L., Roberts, M. D., Haun, C. T., & Schoenfeld, B. J. (2021). Muscle fiber type transitions with exercise training: Shifting perspectives. Sports, 9(9), 127. https://doi.org/10.3390/sports9090127

Pope, Z. K., Willardson, J. M., & Schoenfeld, B. J. (2013). Exercise and blood flow restriction. Journal of Strength and Conditioning Research, 27(10), 2914-2926. https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182874721

¿Qué es 1 RM y cómo calcularlo?. (17 de octubre de 2023). Disponible en: https://rfec.com/index.php/es/smartweb/universo_ciclista/articulo/rfec/90-Que-es-1- RM-y-como-calcularlo

Quetglas Mascó, J. (2022). Efectos del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo versus entrenamiento convencional con alta carga en población sana. Universidad de las Islas Baleares. http://dspace.uib.es/xmlui/handle/11201/159666

Ranalletta, A., Ranalletta, M., Rossi, W., Vieta, R., Paoletta, R., & Garcia Hamilton, P. (2011). Ligamento cruzado posterior: Anatomía aplicada a la técnica quirúrgica. Artrosc. (B. Aires), 60-64. https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/%20es/lil-610350

Ratto, D. G., Cascales, M., Fernández-Villacañas, M., Alemán, C. A., & Asensi, D. P. (2013). Anatomía y biomecánica de la articulación de la rodilla. Patología Degenerativa de la Rodilla. 1(1), 1-10. Disponible en: http://www.fisiopataletas.es/site/images/articulos/pdfs/rodilla.pdf

Robbins, S. L., & Cotran, R. S. (with Kumar, V., Abbas, A. K., Aster, J. C., Perkins, J. A., & Turner, J. R.). (2021). Robbins y Cotran, Patología estructural y funcional (10a ed.). Elsevier.

Rodríguez Álvarez, J. P., Ojeda Castellano, J., Medina Macías, S. M., Muratore Moreno, C. G., Chirino Cabrera, A., & Navarro Navarro, R. (2006). Roturas del aparato extensor de la rodilla. Canarias médica y quirúrgica. — Las Palmas de Gran Canaria: Universidad de Las Palmas, Departamento de Ciencias Médicas y Quirúrgicas: Hospital Universitario Insular, 2003- ISSN 1696-6864, n. 09, p. 19. https://accedacris.ulpgc.es/bitstream/10553/6179/1/0514198_00009_0003.pdf

Rodríguez Peraza, Y. (2016). Tratamiento y rehabilitación del ligamento cruzado anterior de la rodilla. https://riull.ull.es/xmlui/handle/915/3647

Rúa-Figueroa Fernández de Larrinoa, I., & Calvo Alén, J. (2014). Manual SER de diagnóstico y tratamiento de las enfermedades reuméticas autoinmunes sistémicas. Elsevier España.

Ruiz, P. B., García, F. J. B., Molina, J. T., Möller, I., Monfort, J., & Gualda, E. B. (2010). Artrosis: Fisiopatología, diagnóstico y tratamiento. Editorial Médica Panamericana. https://dialnet.unirioja.es/servlet/libro?codigo=821240

Sala Cuartero, D., & Valentí Nin, J. R. (1994). Propiedades mecánicas del ligamento cruzado anterior y el tendón rotuliano empleado como autoinjerto y aloinjerto: Estudio en ovejas. Revista española de cirugía osteoarticular, 29(169), 9-13. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5370889

Sánchez-Alepuz, E., Miranda, I., & Miranda, F. J. (2020). Evaluación funcional de los pacientes con rotura del ligamento cruzado anterior. Estudio analítico transversal. Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología, 64(2), 99-107. https://doi.org/10.1016/j.recot.2019.10.004

Sanchis, V., & Gomar Sancho, F. (1992). Anatomía descriptiva y funcional del ligamento cruzado anterior: Implicaciones clínico-quirúrgicas. Revista española de cirugía osteoarticular, 27(157), 33-42. https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5505866

Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU Training. International Journal of KAATSU Training Research, 1(1), 1-5. https://doi.org/10.3806/ijktr.1.1

Scott, B. R., Loenneke, J. P., Slattery, K. M., & Dascombe, B. J. (2015). Exercise with blood flow restriction: An updated evidence-based approach for enhanced muscular development. Sports Medicine, 45(3), 313-325. https://doi.org/10.1007/s40279-014-0288-1

Scott, D. L., Wolfe, F., & Huizinga, T. W. (2010). Rheumatoid arthritis. The Lancet, 376(9746), 1094-1108. https://doi.org/10.1016/S0140-6736(10)60826-4

Segal, N. A., Williams, G. N., Davis, M. C., Wallace, R. B., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of blood flow–restricted, low-load resistance training in women with risk factors for symptomatic knee osteoarthritis. PM&R, 7(4), 376-384. https://doi.org/10.1016/j.pmrj.2014.09.014

Spain VV. (2013). La artrosis se convertirá en la cuarta causa de discapacidad en el mundo en 2020, según la OMS. Disponible en: https://www.vademecum.es/noticia-131011-la+artrosis+se+convertir+aacute++en+la+cuarta+causa+de+discapacidad+en+el+mund o+en+2020%2C+seg+uacute+n+la+oms_7506

Staron, R. S., Malicky, E. S., Leonardi, M. J., Falkel, J. E., Hagerman, F. C., & Dudley, G. A. (1990). Muscle hypertrophy and fast fiber type conversions in heavy resistance-trained women. European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology, 60(1), 71-79. https://doi.org/10.1007/BF00572189

Tornero Molina, J., Sanmartí Sala, R., Rodríguez Valverde, V., Martín Mola, E., Marenco De La Fuente, J. L., González Álvaro, I., Muñoz Fernández, S., Gómez-Reino Carnota, J., Carreño Pérez, L., Batlle Gualda, E., Balsa Criado, A., Andreu, J. L., Álvaro-Gracia, J. M., Martínez López, J. A., & Loza Santamaría, E. (2010). Actualización del Documento de Consenso de la Sociedad Española de Reumatología sobre el uso de terapias biológicas en la artritis reumatoide. Reumatología Clínica, 6(1), 23-36. https://doi.org/10.1016/j.reuma.2009.10.006

Trillos, M. C., Tolosa Guzman, I. A., & Pannesso Natera, M. C. (2008). Biomecánica clínica de la rodilla. Borradores de Investigación: Serie documentos rehabilitación y desarrollo humano. https://pure.urosario.edu.co/es/publications/biomecánica-clınica-de-la-rodilla

Turrión Nieves, A., Martín Holguera, R., Pérez Gómez, A., & Álvarez De Mon-Soto, M. (2017). Artritis reumatoide. Medicine - Programa de Formación Médica Continuada Acreditado, 12(28), 1615-1625. https://doi.org/10.1016/j.med.2017.02.010

Valdeolmillos, I.J. (2021). Anatomía de la rodilla. Posibles patologías y tratamientos. MIVI Alameda. Disponible en: https://www.alameda16.com/anatomia-de-la-rodilla/

Woo, S. L.-Y., Hollis, J. M., Adams, D. J., Lyon, R. M., & Takai, S. (1991). Tensile properties of the human femur-anterior cruciate ligament-tibia complex: The effects of specimen age and orientation. The American Journal of Sports Medicine, 19(3), 217-225. https://doi.org/10.1177/036354659101900303