

## Abordaje fisioterapéutico del ejercicio con restricción parcial del flujo sanguíneo. Revisión narrativa

### Physiotherapeutic approach to exercise with partial restriction of blood flow. Narrative review

\*Carlos Bahamondes-Avila, \*\*Cristian Curilem Gatica, \*\*\*Luis Bustos Medina, \*\*\*\*Francisco José Berral de la Rosa, \*\*\*Luis A. Salazar

\* Universidad Mayor (Chile), \*\*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (Chile), \*\*\*Universidad de La Frontera (Chile), \*\*\*\*Universidad Pablo de Olavide (España)

**Resumen.** Objetivo: Describir los aspectos relevantes de esta metodología para su aplicación práctica, integrando las particularidades específicas que inciden en la prescripción del ejercicio y en los factores que implican las respuestas del ser humano, finalizando con recomendaciones para un abordaje práctico a partir de modelos de ejercicios utilizados en el campo de la ortopedia. Método: Revisión narrativa en base a la pregunta ¿Cómo aplicar adecuadamente el entrenamiento de fuerza junto a restricción parcial del flujo sanguíneo (BFR, del inglés Blood Flow Restriction) en la cotidianidad de un contexto clínico-ortopédico para potenciar los beneficios conocidos y disminuir los potenciales riesgos? Resultados: Se contrastaron aspectos metodológicos de la aplicación de la técnica, de prescripción del ejercicio, de los diversos factores que influyen en su aplicación y del abordaje que debe considerar un fisioterapeuta en el campo de la ortopedia. Se analizaron los protocolos BFR utilizados en ensayos clínicos de 15 revisiones de la literatura aplicados a población con lesiones musculoesqueléticas. Conclusión: Los resultados clínicos de BFR son promisorios, pero todavía escasos en cantidad, condición que ha sido facilitada por la amplia variedad de factores que afectan en la aplicación metodológica. La evidencia existente permite resumir los principales aspectos metodológicos encontrados en la aplicación ortopédica e incluir sugerencias para la aplicación de BFR en la cotidianidad de un contexto clínico-ortopédico.

**Palabras claves:** fuerza muscular, rehabilitación, entrenamiento de fuerza, terapia de restricción del flujo sanguíneo.

**Abstract.** Objective: To describe the relevant aspects of this methodology for its practical application, integrating the specific characteristics that affect the prescription of the exercise and the factors that imply the responses of the human being, ending with recommendations for a practical approach based on exercise models used in the field of orthopedics.

Method: Narrative review based on the question: How to adequately apply strength training together with partial restriction of blood flow (BFR) in the daily life of a clinical-orthopedic context to enhance the known benefits and reduce potential risks? Results: Methodological aspects of the application of the technique, the prescription of the exercise, the various factors that influence its application and the approach that a physiotherapist in the field of orthopedics should consider were contrasted. The BFR protocols used in clinical trials of 15 reviews of the literature applied to the population with musculoskeletal injuries were analyzed. Conclusion: The clinical results of BFR are promising, but still scarce in quantity, a condition that has been facilitated by the wide variety of factors that affect the methodological application. The existing evidence allows us to summarize the main methodological aspects found in the orthopedic application and include suggestions for the application of BFR in the daily life of a clinical-orthopedic context.

**Keywords:** muscle strength, rehabilitation, resistance training, blood flow restriction therapy.

---

Fecha recepción: 16-05-24. Fecha de aceptación: 22-06-24

Luis Bustos Medina

[luis.bustos@ufrontera.cl](mailto:luis.bustos@ufrontera.cl)

## Introducción

El entrenamiento de fuerza (EF) ha demostrado incrementar la fuerza explosiva y máxima, y la masa muscular (Campos et al., 2019). Su prescripción está relacionada a optimizar el estado de salud y la aptitud física. Una modalidad de EF, que utiliza cargas de baja intensidad (20-30% de una Repetición Máxima (1RM)) y se ejecuta junto a restricción parcial del flujo sanguíneo ((BFR), del inglés *Blood Flow Restriction*) en los miembros apendiculares ha resultado ser una metodología que permite obtener efectos positivos en el rendimiento físico del tipo fuerza (Grønfeldt et al., 2020) y cardiorrespiratorio (Paton et al., 2017) que no había sido observado anteriormente con esta intensidad de carga. Esta modalidad ha permitido que el músculo esquelético mejore en diversas manifestaciones de la fuerza (Behringer et al., 2017; Cook et al., 2013; Nielsen et al., 2017a; Ramis et al., 2020) e hipertrofia muscular (Scott et al., 2015; Slys et al., 2016), en contrasentido a las recomendaciones y dosificación de carga indicadas tradicionalmente, que sugiere intensidades >65% 1RM (Garber et al., 2011). El EF con BFR ha demostrado producir adaptaciones en el tamaño

muscular equivalentes al EF de alta intensidad (Lixandrao et al., 2018) o mayores, comparado con el ejercicio de baja intensidad sin BFR (Slysz et al., 2016).

Los mecanismos que explican las adaptaciones producidas con la aplicación de BFR no están plenamente definidos, aunque se sugiere que la acción sinérgica de la tensión mecánica y el estrés metabólico serían los mecanismos primarios de estimulación, y donde el estrés metabólico desempeñaría un papel dominante para inducir respuestas secundarias (Pearson & Hussain, 2014) como la acumulación de metabolitos en los miocitos, el reclutamiento de motoneuronas de alto umbral, la inflamación celular, actividad en las células satélites y la biosíntesis proteica; y junto a la menor tensión del oxígeno miocelular induciría angiogénesis, aumento en la producción de especies reactivas de oxígeno, biogénesis mitocondrial y de la expresión de los transportadores de glucosa (GLUT 4) (Hwang & Willoughby, 2019; Saatmann et al., 2021). Dado los promisorios efectos en el sistema músculo esquelético y en la función física relacionadas a las actividades de la vida diaria (Clarkson et al., 2019), el entrenamiento con BFR ha ampliado su aplicación desde poblaciones activas a diversos grupos con factores de riesgo

y comorbilidades. Aun cuando los resultados en diversas patologías crónicas han sido prometedores (Reina-Ruiz et al., 2022; Huang & Park, 2024; Peng et al., 2024), su aplicación práctica en un entorno clínico es insuficiente, ya sea por desconocimiento del método, o por las barreras percibidas por los profesionales de la salud para su implementación (Rolnick et al., 2021).

Por ello, esta revisión narrativa surge en base a la pregunta de: ¿Cómo aplicar adecuadamente el EF junto a BFR en la cotidianidad de un contexto clínico-ortopédico para potenciar los beneficios conocidos y disminuir los potenciales riesgos? Para ello, nos hemos planteado como objetivo describir los aspectos relevantes de esta metodología para

su aplicación práctica, integrando las particularidades específicas que inciden en la prescripción del ejercicio y en los factores que implican las respuestas del ser humano, finalizando con recomendaciones para un abordaje práctico a partir de modelos de ejercicios utilizados en el campo de la ortopedia.

## Desarrollo

### *Factores que inciden en la aplicación del EF con BFR*

Entre ellos se consideran los propios de la técnica de aplicación y los relacionados al ser humano. La figura 1 resume y organiza cada uno de estos factores.

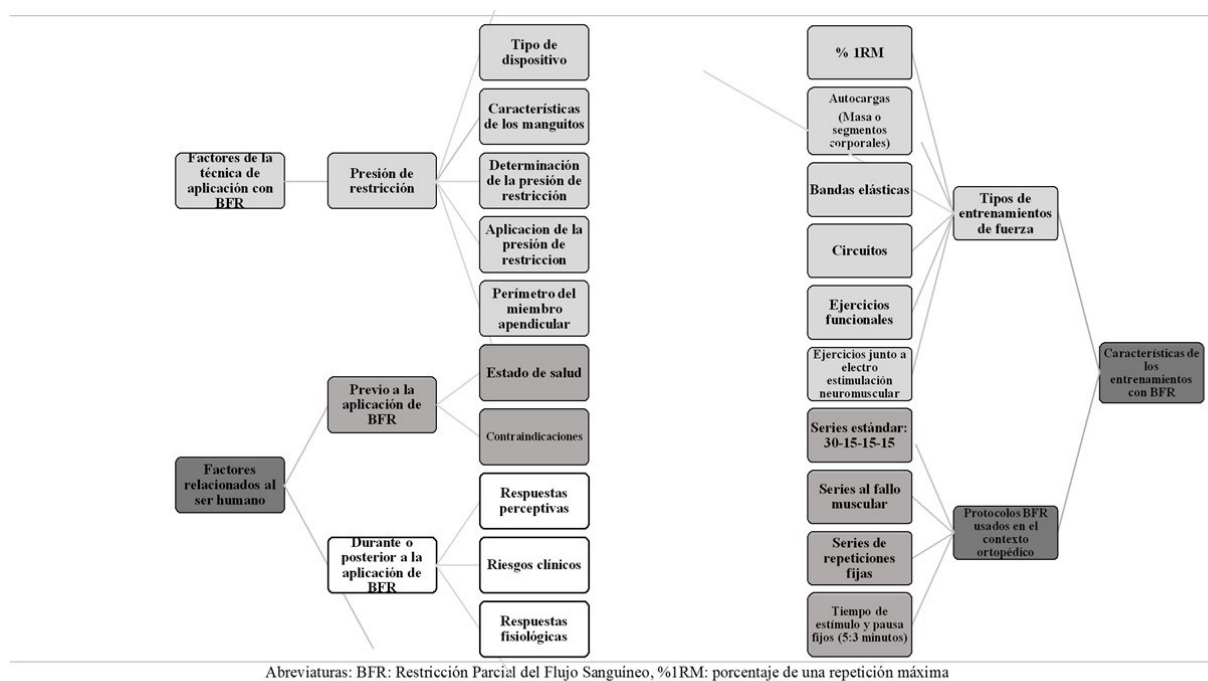


Figura 1. Resumen de factores que inciden en la aplicación del Entrenamiento de Fuerza con Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo. Esquema de creación propia

### *Factores relacionados a la técnica de aplicación*

La aplicación de BFR consiste en instalar un manguito tipo torniquete en los miembros apendiculares y presurizarlo con un dispositivo que restringe parcialmente el flujo de sangre arterial, donde la presión de restricción (PR) debe ser lo suficientemente alta para ocluir el retorno venoso desde los músculos, y a su vez lo suficientemente baja como para mantener el flujo arterial (Loenneke et al., 2013; Scott et al., 2015).

La técnica para aplicar la BFR debe considerar el tipo de dispositivo que se use, las características del manguito, la PR y el perímetro del miembro apendicular a entrenar.

### *Tipos de dispositivos*

Se pueden distinguir los dispositivos automáticos, esfigmomanómetros neumáticos o manuales (aneroides) y bandas elásticas. Los dispositivos automáticos poseen mayor tecnología y tienen la ventaja de ser precisos y homogéneos en la generación de las presiones para alcanzar el nivel de

restricción deseado. Dos de las principales marcas existentes en el mercado (*Kaatsu®* y *Delfy®*) se diferencian en el tamaño del ancho del manguito de restricción y en la forma de obtener la PR (Weatherholt et al., 2019). El acceso a ellos es limitado principalmente por los costos asociados.

Otro tipo de dispositivos son los esfigmomanómetros neumáticos (Stanton et al., 2015), que, al permitir objetivar la PR con un manómetro de inflado manual o aneroides, son una alternativa viable y más económica que los dispositivos automáticos.

Una tercera alternativa son las bandas elásticas, donde la PR se determina en base a criterios clínicos como el dolor o el entumecimiento en los miembros apendiculares, condición que ha generado cuestionamientos, pero que a su vez ha permitido el desarrollo de líneas de investigación relacionadas al establecimiento de una PR de forma más objetiva (Abe et al., 2018); su principal ventaja es el menor costo de implementación.

### **Características de los manguitos de restricción: tipo de material, ancho y posición de la porción inflable del brazalete**

Los manguitos o brazaletes se ubican en la porción proximal de los miembros superior e inferior (MS, MI) y es mediante ellos que el dispositivo aplica la PR a nivel muscular. Existen de diversos materiales y anchuras, y deben adosarse a la piel del segmento permitiendo la movilidad durante el ejercicio programado con una percepción de comodidad. El material del brazalete no parece ser relevante, pues independiente del tipo, si se aplican con la misma PR los efectos que inducirían serían los mismos, pero no es así cuando el ancho de los manguitos es distinto, ya que se producirían diferencias en los efectos perseguidos con la aplicación de BFR (Scott et al., 2015).

El ancho de los manguitos es variado en el tamaño, y se reconoce que los manguitos anchos restringen el flujo sanguíneo a menor PR que los más angostos (Jessee et al., 2016; Loenneke et al., 2012a). Aun cuando los manguitos más anchos parecen ser una mejor opción de utilizar durante el EF con BFR, su aplicación podría afectar el proceso de hipertrofia muscular bajo el lugar de aplicación (Kacin & Strazar, 2011), y causaría una mayor compresión en los tejidos subyacentes (Loenneke et al., 2012a), producirían un mayor grado de molestia y percepción del esfuerzo, así como un incremento en la respuesta cardiovascular (Rossow et al., 2012), por lo que usar brazaletes angostos podría resultar más práctico (Scott et al., 2015).

La ubicación de la porción inflable del manguito también puede influir en una mayor PR, dado que al ser ubicada en la posición más lateral del segmento se requeriría una mayor presión que al estar en la posición medial (Spitz et al., 2020).

### **Determinación de la presión de restricción**

Esta ha sido una variable del entrenamiento con BFR en constante evolución, que sigue constituyendo un desafío en alcanzar un consenso. Se han aplicado PR mediante presiones fijas (ej. 100 mm Hg en MS) (Takarada et al., 2000a), a un porcentaje superior de la presión sistólica (PS) (Takano et al., 2005) o presión diastólica (PD) (Downs et al., 2014), o usando estimaciones de la PS para MI basados en PS de MS (Kim et al., 2012). Luego de conocida la relación entre la PR, ancho del brazalete y perímetro del segmento (Jessee et al., 2016; Loenneke et al., 2012a), se han propuesto ecuaciones para estimar la PR en función a múltiples variables (Buford et al., 2015; Cirilo-Sousa et al., 2019; Hunt et al., 2016; Loenneke et al., 2015). La PR también se ha aplicado con bandas elásticas y una escala que mide las respuestas perceptivas (0 a 10), no obstante, el grado de subjetividad en esta aplicación dificulta confiar en esta modalidad de restricción (Scott et al., 2015), especialmente en el contexto clínico. Estas metodologías han utilizado PR arbitrarias, potencialmente excesivas o subestimadas y dejan de lado las diferencias individuales.

Esto ha derivado en implementar una PR personalizada como un porcentaje individual de la presión de oclusión del

miembro (LOP, del inglés *limb occlusion pressure*), la que se define como la presión mínima requerida para detener el flujo de sangre arterial del miembro, distal a la ubicación del brazalete (McEwen et al., 2019), así durante el EF se han utilizado PR entre el 40-80% de la LOP (Brandner et al., 2018). Con esta modalidad se han conseguido similares adaptaciones en la fuerza o masa muscular aplicando diferentes anchos de manguito, pero con la misma PR (80% LOP) (Laurentino et al., 2016). La PR a partir de la LOP también ha evolucionado para mejorar su precisión, y de usar un protocolo de determinación donde la persona se ubicaba en decúbito supino se ha migrado a ubicar a la persona en la misma posición en la que se realizará la sesión de ejercicios (sedente o bípedo) (Centner et al., 2019; Hughes et al., 2018a; Sijlacks et al., 2018), por ejemplo en MI se ha demostrado que el 40% de la LOP sentado corresponde aproximadamente al 50% de la LOP en decúbito supino (Sijlacks et al., 2018).

Finalmente, para facilitar la obtención objetiva de la PR de forma simplificada y a menor costo, se ha abordado la validez del uso del oxímetro de pulso para medir la LOP, comparándolo con los valores del Doppler manual o ultrasónico (estándar de oro) (Lima-Soares et al., 2020; Zhen et al., 2019), y aunque los resultados son satisfactorios, todavía falta más investigación por desarrollar.

### **Aplicación de la presión de restricción**

Esta puede ser aplicada de forma continua o intermitente durante el ciclo ejercicio-pausa. La tendencia en la mayoría de las investigaciones es mantenerla de forma continua durante las series de ejercicios y las pausas de recuperación, condición que favorecería el reclutamiento de fibras musculares de contracción rápida y el stress metabólico (Fahs et al., 2012). La opción de intermitencia, liberando la PR entre series permitiría algún grado de reperfusión muscular (Brandner, 2012), que justificaría una aplicación cauta en poblaciones de mayor riesgo cardiovascular. Una alternativa más reciente ha sido la aplicación de la PR solo durante el período de pausa, logrando ganancias equivalentes en fuerza, resistencia a la fatiga e hipertrofia muscular, así como menos incomodidad y esfuerzo percibido comparado con la aplicación continua (Schwiete et al., 2021).

### **Perímetro del miembro**

Esta variable morfológica se incluye dentro de la aplicación técnica dado su estrecha dependencia con la PR, pues se ha observado una relación directa entre la magnitud del perímetro del brazo o muslo y la PR (Jessee et al., 2016; Loenneke et al., 2012a). Esta relación también debe considerar el ancho de los manguitos a utilizar, pues un manguito angosto en una extremidad más grande utilizaría una mayor PR en relación con los manguitos más anchos; en cambio un manguito ancho restringiría el flujo sanguíneo a menor PR.

### **Factores relacionados al ser humano**

*Estado de salud previo y contraindicaciones relacionadas a la aplicación de BFR*

Previo a prescribir ejercicio se debe indagar en diversos

factores que condicionan el estado de salud del participante, y que deben indagarse en la anamnesis, historia clínica y examen físico, y estén relacionados con la edad, estilo de vida, tamaño de los vasos sanguíneos, tamaño y perímetro del miembro(s) a entrenar, grosor del tejido muscular y adiposo y capacidad actual para generar fuerza muscular (Sato, 2005). Dado que el uso de manguitos de restricción posee riesgos inherentes (DePhillipo, 2018), se ha reportado que entre las principales contraindicaciones para el uso de la BFR estarían los antecedentes de trombosis, enfermedad cardiovascular e hipertensión arterial (de Queiros et al., 2021); y dado que la información en torno al riesgo clínico todavía es insuficiente, se ha sugerido prestar mayor atención a la población con alto riesgo cardiovascular (Cristina-Oliveira et al., 2020). En esa dirección, Brandner et al. (2018), han agrupado por áreas las potenciales contraindicaciones al EF con BFR (tabla 1), e investigadores ligados a *Kaatsu Training*, con amplia experiencia en la metodología,

han propuesto un sistema de puntuación para determinar la presencia de factores de riesgo en el uso de BFR, recomendando que con un puntaje mayor o igual a cinco debería evitarse el uso de BFR. (Nakajima et al., 2011). Otra reciente estratificación de riesgo para el uso de BFR sugiere el uso de un cuestionario que optimice la seguridad y mitigue el riesgo a partir de una revisión del historial médico y signos y síntomas que sugieran una patología subyacente, con el fin de tener una estrategia de manejo individual para cada condición de salud. Su preocupación se ha centrado en pacientes con diabetes mellitus, enfermedad cardiovascular e hipertensión, artritis reumatoide, enfermedad renal crónica, infección por COVID-19, post cirugías, uso de esteroides anabólicos o sustancias ergogénicas, embarazadas/postparto y personas aparentemente sanas. En el contexto ortopédico-quirúrgico la principal preocupación es con la trombosis venosa profunda. (Nascimento et al., 2022).

Tabla 1

Posibles contraindicaciones del ser humano para usar protocolos con restricción parcial del flujo sanguíneo (Brandner et al., 2018)

Enfermedad cardiovascular	
Enfermedad coronaria	Vasos ateroscleróticos que causan mala circulación sanguínea.
Hipertensión inestable	Isquemia miocárdica silenciosa
Enfermedad vascular periférica	Disfunción ventricular izquierda
Tromboembolismo venoso	Hemofilia
Trastornos de la coagulación sanguínea (hipercoagulabilidad)	Disfunción endotelial vascular
Condiciones cardiopulmonares	Induración / Síndrome de Marfan
Venas varicosas	
Estilo de vida	Historial médico familiar
Años	
Hábito tabáquico	Trastornos de la coagulación
Masa corporal (Ej. Obesidad)	Anemia falciforme
Embarazo	Fibrilación auricular o insuficiencia cardíaca
Diabetes mellitus no controlada	Cáncer
Dislipidemia	
Deshidratación	
Lesión musculoesquelética	Medicamentos
Traumatismo muscular reciente o lesiones por aplastamiento	
Edema excesivo postquirúrgico	Aquellos que se sabe que aumentan el riesgo de coagulación sanguínea
Fracturas abiertas	
Lesiones abiertas de tejidos blandos	
Injerto de piel	

*Respuestas perceptivas, riesgos clínicos y respuestas fisiológicas a considerar durante o posterior a la aplicación de BFR*

El análisis de este tipo de respuestas debe enmarcarse de acuerdo con el tipo de población de referencia (sana vs clínica) y el tipo de estudio (ensayo clínico vs situaciones reales en centro rehabilitación, de fitness o clases personalizadas), dado que el contexto puede influir en la aparición respuestas fisiológicas exacerbadas o efectos secundarios no deseados.

Brandner et al. (2018), agruparon los efectos secundarios de la aplicación de BFR en respuestas de tipo perceptivo y potenciales riesgos. En las primeras consideró a los desmayos; entumecimiento; esfuerzo percibido, dolor o incomodidad; dolor muscular de aparición tardía y daño muscular. En los potenciales riesgos, ha puesto preocupación por la hemodinamia, vascularización o eventos trombolíticos. Finalmente, indicaron que, en el caso de presentarse respuestas elevadas, estas se relacionarían con la práctica del ejercicio y no con la aplicación de BFR; y que, en los potenciales riesgos, aun cuando puedan aparecer, hasta ahora no

se han informado en ensayos controlados en poblaciones clínicas. Esta información es coherente con los resultados de dos encuestas aplicadas con diez años de diferencia a instructores de cerca de 26000 personas que residen en Japón relacionadas a la seguridad y uso del ejercicio con BFR (*Kaatsu training*) (T Nakajima et al., 2006; Yasuda et al., 2017), donde ambas concluyeron que el método es seguro para entrenar a deportistas, personas sanas, y además, la evolución del tiempo ha demostrado que es posible de aplicar en individuos con diversas comorbilidades o condiciones clínicas, pues los efectos y beneficios se expresan independientemente de la edad, el sexo o la condición física del sujeto (Yasuda et al., 2017). Aun así, vale la pena prestar atención a este tipo de resultados, pues aunque la mayoría de las investigaciones reportan una baja magnitud de riesgo y eventos adversos graves durante la práctica de sesiones únicas o periodos de entrenamiento con BFR, existen reportes aislados de casos de rhabdomiolisis (Iversen & Røstad, 2010), de oclusión central de la vena de retina (Ozawa et al., 2015) o

de un presíncope neurocirculatorio por hipotensión en condiciones simuladas de microgravedad (Nakajima et al., 2008) o presíncope/síncope en etapas de preparación de la aplicación de BFR junto a estimulación eléctrica neuromuscular (Martín-Hernández et al., 2018).

Una mayor magnitud de respuestas fisiológicas también pueden presentarse durante la aplicación de BFR, tales como en la presión arterial, frecuencia cardíaca, doble producto y resistencia periférica total (Takano et al., 2005), flujo sanguíneo local (Evans et al., 2010), rigidez vascular periférica, alteraciones en la coagulación y velocidad de conducción nerviosa (Clark et al., 2011), daño muscular y estrés oxidativo (Neto et al., 2017), e inflamación (Clark et al., 2011; Nielsen et al., 2017b). Cuando estas respuestas se han comparado entre los ejercicios de fuerza con y sin BFR en su gran mayoría se han obtenido valores menores o iguales entre ambos tipos de entrenamientos; y aun cuando puedan presentarse en mayor magnitud comparado con el EF tradicional, éstos estarían dentro un rango de normalidad mientras se realiza ejercicio físico (Bahamondes-Avila et al., 2018).

La presencia de efectos adversos y el riesgo asociado al uso de BFR sigue siendo un desafío, y para disminuirlas o evitarlas se sugiere revisar los detalles metodológicos de estudios que hayan informado efectos secundarios, así como ejecutar correctamente la técnica de aplicación y ser cauto en la prescripción del ejercicio. Sobre ésta, y en especial en el contexto clínico, se debería prestar atención a la combinación de la modalidad de ejercicio y el nivel de actividad/inactividad física de las personas, pues un ejercicio muy extenuante, puede inducir signos y síntomas de daño muscular e incluso rabdomiolisis en sujetos sanos no acostumbrados al ejercicio con BFR (Wernbom et al., 2021).

#### Características del método de entrenamiento de fuerza con BFR

Existen diferentes tipos de ejercicios aplicados durante el EF con BFR, como utilizando un porcentaje de 1RM, con bandas elásticas (Yasuda et al., 2016), en circuito (Yokokawa et al., 2008), con modalidad funcional (Bigdeli et al., 2020), o ejercicios junto a estimulación eléctrica neuromuscular (Slysz et al., 2020) (ver figura 1). Todos buscan inducir la fatiga muscular, pero pueden variar en el número

de repeticiones, pausa, tiempo total de trabajo y formas de aplicar la PR. La prescripción del ejercicio considera realizar dos a tres sesiones semanales, compuestas por tres a cuatro series de 30 repeticiones, tres a cuatro series “al fallo muscular”, o una serie de 30 repeticiones, más tres series de 15 repeticiones; ritmos de ejecución de dos segundos concéntrico y dos segundos excéntrico; pausas entre series de 30-90 segundos y una duración de la restricción en torno a los 15 minutos (Fahs et al., 2012; Slysz et al., 2016). También se ha aplicado, mediante una modalidad conocida como acondicionamiento isquémico, donde, previo al ejercicio, se realizan períodos cíclicos y alternos de cinco minutos de isquemia y reperfusión, repetidos entre tres y cuatro veces, para luego desarrollar un entrenamiento de fuerza tradicional (da Silva Telles et al., 2023; Surkar et al., 2020).

Cuando el EF se aplica un %1RM con BFR, se emplean usualmente cargas del 20-50% (J. Slysz et al., 2016) con ejercicios mono o multiarticulares (Fahs et al., 2012; Hernandez et al., 2020; Slysz et al., 2016). La compresión de los manguitos durante la sesión suele ser continua, aunque existe la posibilidad de reducir o eliminar la restricción durante el descanso entre series (Fahs et al., 2012; Freitas et al., 2020; Slysz et al., 2016).

Últimamente han surgido variantes en la prescripción del ejercicio, tales como realizar series de ejercicios sin fallo muscular (Sieljacks et al., 2019), aplicar la PR de forma unilateral (Bowman et al., 2019; Mendonca et al., 2021), utilizar la restricción durante la pausa y liberar durante el ejercicio (Schwierte et al., 2021), o aplicar acondicionamiento isquémico para estimular músculos remotos (Surkar et al., 2020).

#### Aplicaciones ortopédicas de la BFR

Luego de analizadas 14 revisiones sistemáticas con y sin metaanálisis y una revisión de alcance, observamos que las principales aplicaciones ortopédicas están orientadas al aumento de la fuerza, trofismo muscular o función física, a disminuir el dolor, o evitar la atrofia y la disminución de la fuerza muscular, y observar la seguridad del método. Los protocolos extraídos de estas revisiones se describen en la tabla 2.

Tabla 2

Protocolos con con restricción parcial del flujo sanguíneo extraídos de ensayos clínicos aplicados a población ortopédica utilizados en revisiones de la literatura

Características del protocolo con BFR	Población objetivo	Ejercicios realizados	Características de la prescripción	Presión de restricción
			D: 4 sem F: 3 v/sem I: 30% 1RM P: 30"	Protocolo de presurización Kaatsu: 1° sem: 160, 2° sem: 180, 3°-4° sem: 200 mm Hg, respectivamente. Aplicación continua
Series de 30, 15, 15, 15 y 15 repeticiones	OA de rodilla en riesgo (Segal et al., 2015a, 2015b)	Press Piernas		
	Reconstrucción de LCA (Lambert et al., 2019)	Contracciones de cuádriceps Press piernas bilateral Press piernas excéntricas Curl isquiotibiales Curl excéntrico de isquiotibiales	D: 12 sem F: 2 v/sem I: 20% 1RM P: 30" CE: 1RM medido en la extremidad contralateral	80% LOP. Aplicación NR
	Lesiones de extremidad inferior (Ladlow et al., 2018)	Press Piernas Ext de rodilla	D: 3 sem F: 9 v/sem I: 30% 1RM	60% LOP. Aplicación en ejercicio

			P: 30"
Artroscopia de rodilla (Tennent et al., 2017)	Press Piernas Ext de rodilla Press reversa de piernas	F: 12 sesiones, luego de 2 sem post operatorias I: 30% 1RM P: 30" entre series 60" entre ejercicios	D: NR 80% LOP. Aplicación continua (máximo 5')
Reconstrucción de LCA (Hughes et al., 2019a, 2019b)	Press Pierna unilateral	D: 8 sem F: 2 v/sem I: 30% 1RM P: 30" CE: 1RM medido en la extremidad contralateral	80% LOP. Aplicación NR
Dolor patelo femoral (Giles et al., 2017)	Press Piernas Ext de rodilla	D: 8 sem F: 3 v/sem I: 30% 1RM P: 30" CE: la primera serie fue de 30 rep o al fallo muscular	60% LOP. Aplicación continua
Reconstrucción de LCA (Hughes et al., 2018b)	Press Pierna unilateral	D: NR F: NR I: 30% 1RM P: 30" CE: solo una sesión que evaluó las respuestas perceptivas y de PA	80% LOP. Aplicación continua
Dolor anterior de rodilla (Korakakis et al., 2018a, 2018b)	Ext de rodilla	D: NR F: NR I: tobilleras de 0 – 5 kg P: 30" CE: la elección de las tobilleras fue para un máximo de 4/10 de dolor (EVA) en una sesión de familiarización	80% LOP. Aplicación continua
AR (Jönsson et al., 2021)	Ext de rodilla Flex de rodilla Press piernas	D: 4 sem F: 3 v/sem I: 30-50% 1RM P: 45" CE: 3 series al FM	50% LOP. Aplicación en ejercicio
OA de rodilla (Harper et al., 2019)	Press piernas Ext de rodilla Flex de rodilla	D: 12 sem F: 3 v/sem I: 20% 1RM P: NR CE: se indica que cada ejercicio fue al FM	PR según ecuación de Buford et al. (2015) Aplicación en ejercicio
Series al fallo muscular			
Reconstrucción de LCA preoperatorio (Grapar et al., 2016, 2018)	Ext de rodilla unilateral	D: 5 sesiones de ejercicio en los últimos 10 días antes de la cirugía F: 3 v/sem I: 0,5 kg P: 1°, 3° y 5° serie: 45" sin reperusión sanguínea. 2° y 4° serie, se permitió reperusión sanguínea por 90". CE: 6 series al FM, con tope de 40 rep	150 mm Hg. Aplicación continua, considerando las observaciones en la prescripción del ejercicio
AR (Rodrigues et al., 2020)	Press piernas Ext de rodilla	D: 12 sem (22 sesiones) F: 2 v/sem I: 20-30% 1RM P: 1' CE: 1° sem: 20% 1RM, 2°-4° sem: 30% 1RM, desde 5° sem se agregó una serie	70% LOP. Aplicación continua
4 series de 15 repeticiones			
Polimiositis y dermatomiositis (Mattar et al., 2014)	Press piernas Ext de rodilla	D: 12 sem (22 sesiones) F: 2 v/sem I: 30% 1RM P: 1' CE: 1° sem: 20% 1RM, 2°-4° sem: 30% 1RM, desde 5° sem se agregó una serie	70% LOP. Aplicación continua
OA de rodilla (Ferraz et al., 2018)	Press piernas Ext de rodilla	D: 12 sem (22 sesiones) F: 2 v/sem I: 20-30% 1RM P: 1' CE: 1° sem: 20% 1RM, 2°-4° sem: 30% 1RM, desde 5° sem se agregó una serie	50% LOP durante 1° sem 70% LOP desde 2° semana. Aplicación continua
OA de rodilla (Bryk et al., 2016)	Ext de rodilla	D: 6 sem F: 3 v/sem I: 30% 1RM P: NR CE: 3 series de 30 rep	200 mm Hg. Aplicación NR
Series fijas			
Reconstrucción de LCA (Ohta et al., 2003)	EPR y ABD de cadera, ADD aducción de cadera contra un balón y Ext final de rodilla Media sentadilla	D: 16 sem F: 2 veces al día, 6 v/sem I: SC P: NR	~180 mm Hg. Aplicación NR

			CE: EPR, ABD, ADD, Ext de rodilla: 20 rep x 5". En Media sentadilla: 20 rep x 6". Inicio de la BFR desde 2º sem. Se progresó sumando kg y ejercicios en diferentes semanas	
			D: 8 sem F: 2 v/sem I: 70% 1RM en fase concéntrica o excéntrica P: 2'	
Reconstrucción de LCA (Curran et al., 2020)	Press piernas con la pierna lesionada en equipo isocinético		CE: inicio en la 10ª sem postcirugía. 2 grupos BFR, uno concéntrico y otro excéntrico. Todos realizaron: 4 series x 10 rep. Grupo concéntrico empujó al 70% 1RM, y retornó al 20% 1RM. Grupo excéntrico empujó al 20% 1RM, y retornó al 70% 1RM	80% LOP Aplicación en ejercicio
			D: 4 sem F: 5 v/sem I: Banda de resistencia (Ext de rodilla) y el PC en el resto P: 1' entre series. 2' entre ejercicios: CE: ejercicios domiciliarios, incluyendo una sesión supervisada. Ext de rodilla y media sentadilla: 3 series x 30 rep. Caminata: 3 intervalos de 2 minutos a la velocidad preferida.	50% LOP Aplicación durante el ejercicio y la pausa de cada ejercicio y liberada entre ejercicios
Reconstrucción de LCA en post-operatorio tardío (5 ± 2 años después de la cirugía) (Kilgas et al., 2019)	Ext de rodilla con una sola pierna Media sentadilla Caminata			
			D: 2 sem (22 sesiones) F: 2 veces al día I: SE P: 3'	200 – 260 mm Hg. Aplicación solo en el tiempo de estímulo
Reconstrucción de LCA (Takarada et al., 2000b)	Sin ejercicio			
5' de estímulo con PR, 3' sin PR, 5 repeticiones			D: 2 sem (día 2 al 14 después de la cirugía) F: 2 veces al día I: SC P: 3'	130 – 180 mm Hg. Aplicación solo en el tiempo de estímulo
			CE: 20 rep en cada período con PR (100 rep por sesión)	

Abreviaturas en orden alfabético: 1RM: una repetición máxima; ABD: abducción; ADD: Aducción; AR: artritis reumatoide; BFR: blood flow restriction (restricción del flujo sanguíneo); CE: condición especial; D: duración de la intervención; EPR: Elevación de pierna recta; EVA: escala visual análoga; Ext: extensiones; F: frecuencia; Flex: flexión; FM: fallo muscular; I: intensidad; kg: kilogramos; LCA: ligamento cruzado anterior; LOP: limb occlusion pressure (presión de oclusión del miembro); mm Hg: milímetros de Mercurio; NR: no reportado; OA: osteoartritis; P: pausa; PA: presión arterial; PC: peso corporal; PR: presión de restricción; Press: prensa; Rep: repeticiones; SC: segmento corporal; SE: sin ejercicio; Sem: semanas y V/sem: veces/semana.

### Principales resultados de la aplicación de la restricción parcial del flujo sanguíneo en población ortopédica

Estos protocolos han permitido que las conclusiones de las revisiones analizadas hasta ahora sean prometedoras, pero no concluyentes. Los resultados más consistentes se observaron en lesiones degenerativas de rodilla (Barber-Westin & Noyes, 2018; Minniti et al., 2019).

En cuanto a la intensidad de carga aplicada; a excepción de una revisión (Grantham et al., 2021), el EF de baja intensidad con BFR fue considerado una herramienta potencial para el uso en rehabilitación clínica, pues sería más efectivo y tolerable que el EF de baja intensidad solo (Hughes et al., 2017), en especial para aumentar la fuerza y masa muscular, la funcionalidad y la reducción del dolor en personas con artritis reumatoide y osteoartritis (Dos Santos et al., 2021; Ferlito et al., 2020; Nitzsche et al., 2021; Pitsillides et al., 2021). En el caso de las cirugías de rodilla, la evidencia fue menos clara; por un lado, se demostró que pudo aumentar la masa muscular del cuádriceps durante la fase post-operatoria (Wengle et al., 2021) o contrarrestó su atrofia durante la recuperación de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior (Charles et al., 2020); pero por otro, dos revisiones indicaron que la información con que se contaba

no era suficiente para sacar conclusiones definitivas (Caetano et al., 2021; Lu et al., 2020).

En comparación al EF de alta intensidad (EF-AI), las revisiones disponibles también difieren en sus resultados, Wang et al. (2021) concluyeron que el EF con BFR puede no tener mayor eficacia en el tratamiento de la osteoartritis de rodilla, y aun cuando todavía falte información para otorgar una mayor seguridad al método, si observaron una menor probabilidad en el riesgo de eventos adversos. Otra revisión concluyó que el EF con BFR si pudo aumentar la fuerza muscular y el área de sección transversa de manera similar al EF-AI en personas con reconstrucción de ligamento cruzado anterior u osteoartritis de rodilla (Bobes et al., 2021). Aunque se mantenga la controversia, donde parece ser que el EF de baja intensidad con BFR todavía no es más efectivo que el EF-AI (Mirando et al., 2019), a nuestro juicio si ofrecería una ventaja clínica, pues, al ser correctamente aplicado, provoca un menor estrés mecánico, se toleraría mejor, no aumentaría el dolor de las personas y permitiría la continuidad temporal del tratamiento, especialmente en quienes no pueden soportar el EF-AI.

También hubo una revisión sistemática que consideró la aplicación de BFR sin ejercicio en personas con inmovilización de MI, y aunque los autores la consideraron potencialmente útil en evitar la reducción de la fuerza y la atrofia,

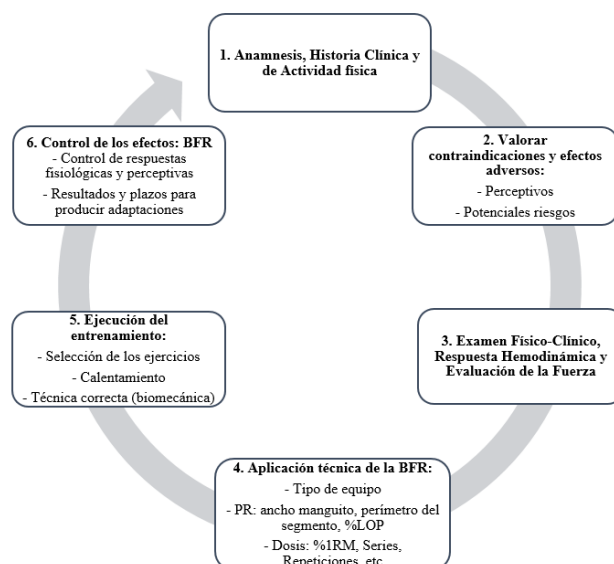
asumieron un alto riesgo de sesgo en los estudios analizados (Cerqueira et al., 2020).

Con más o menos énfasis todas las revisiones aluden un horizonte interesante en la aplicación del método, pero invitan a la profundización de éste en el campo clínico. Un elemento común de los estudios incluidos es la variedad metodológica en la aplicación de BFR y en los resultados obtenidos. Dado que el EF es probablemente el elemento más relevante de un programa de rehabilitación para cualquier lesión (Lorenz et al., 2010), creemos necesario ser más precisos en los parámetros de prescripción, de tal forma que permita contar con un solo indicador estándar de dosis y que pueda ser usado en rehabilitación, considerando la cantidad de ejercicios por grupo muscular, duración de la intervención (número de semanas), frecuencia semanal de entrenamiento para el grupo muscular, series de ejercicios por sesión, cantidad de repeticiones por serie e intensidad del ejercicio utilizado (% 1RM), tal como se ha propuesto en un modelo para cuantificar el efecto del ejercicio en las artroplastias de rodilla (Husted et al., 2020). Entendemos que esto permitiría evaluar de mejor forma la eficiencia clínica, la estandarización y progresión de la dosis de ejercicios a prescribir.

### *Sugerencias para la aplicación práctica en el campo clínico*

Aun cuando la información presentada en la tabla 2 corresponde a protocolos de ensayos clínicos con resultados alentadores, no siempre es posible seguirlos en su totalidad durante el tratamiento de las lesiones ortopédicas, ya que puede haber ajustes en los procedimientos dado que la evolución clínica de un paciente a otro habitualmente no es la misma y ello puede abrir el espectro de alternativas terapéuticas y la combinación de estas. También es probable que aparezcan algunas dificultades en la aplicación o dudas en la valoración de los pacientes, particularmente en población con alto riesgo cardiovascular o a continuación de una cirugía ortopédica, dado la potencial inseguridad de provocar tromboembolismo venoso o rhabdomiolisis. Para ello, un razonamiento clínico que considere las características de los pacientes, las recomendaciones de guías de práctica clínica ortopédicas, y una prescripción del ejercicio cautelosa, que incluya el estado actual de aptitud física de las personas, el conocimiento previo y nivel de acostumbamiento al ejercicio con BFR evitarán la aparición de eventos adversos y minimizarían las dificultades (DePhillipo et al., 2018).

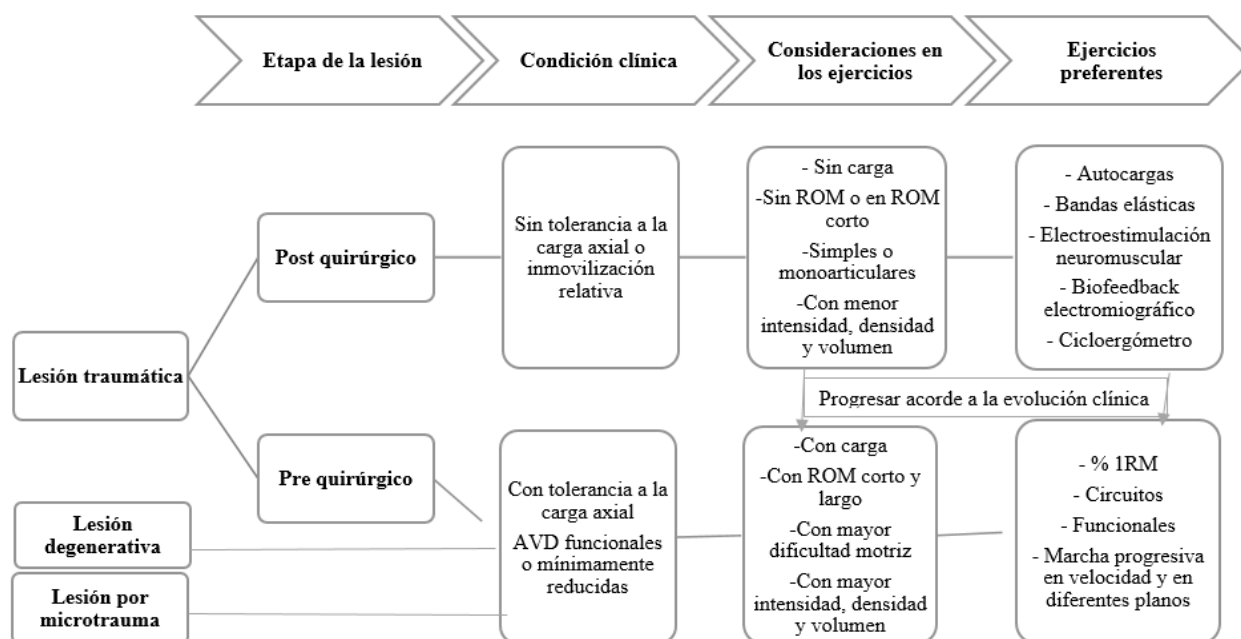
Para ello sugerimos adoptar recomendaciones de razonamiento clínico, que son presentadas en la figura 2; de tal forma de orientar la toma de decisiones para la evaluación y selección de los pacientes candidatos, minimizando los riesgos previo a la aplicación del EF con BFR (etapas uno a la tres), para luego ejecutar correctamente la técnica de aplicación y control del método, junto a la selección de ejercicios apropiados a la lesión y su etapa de reparación tisular, de tal forma de obtener los resultados esperados en un plazo adecuado (etapas cuatro a la seis). Basados en recomendaciones de una década (Loenneke et al., 2012b), y reafirmadas posteriormente (DePhillipo et al., 2018), sugerimos aplicar ejercicios con BFR dependiendo del tipo y gravedad de la lesión, de la posibilidad de soportar carga axial en miembro inferior o de la presencia de inmovilización del segmento, y de la valoración clínica de riesgo de eventos adversos (ejemplo: trombosis venosa profunda en el caso de un tratamiento post cirugía); de esta forma usando criterios clínicos y de progresión para la prescripción del ejercicio tradicional, es posible incorporar BFR, como puede observarse en la figura 3.



Abreviaturas: BFR: Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo, PR: presión de restricción, %LOP: porcentaje de la presión de oclusión del miembro, %1RM: porcentaje de una repetición máxima

Figura 2. Recomendaciones para orientar en la toma de decisiones de la aplicación del Entrenamiento de Fuerza con Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo. Esquema de creación propia





Abreviaturas: ROM: Rango de movimiento, AVD: actividades de la vida diaria, %IRM: porcentaje de una repetición máxima

Figura 3. Orientaciones para la ejecución de ejercicios con Restricción Parcial del Flujo Sanguíneo en función del tipo de lesión ortopédica. Esquema de creación propia

Finalmente, proponemos complementar estas recomendaciones con más ideas planteadas por otros autores en el campo de la fisioterapia (Alan et al., 2015; Bond et al., 2018; Brandner et al., 2018; DePhillipo et al., 2018; Rolnick et al., 2021).

### Limitaciones

Esta revisión no está carente de limitaciones, una de tipo metodológico, es la de no realizar un metaanálisis de los ensayos clínicos lo que sugiere un posible sesgo de interpretación. Ciertamente, el número de estudios aún es pequeño para generalizar la aplicación del EF con BFR en lesiones ortopédicas, pues entre las 15 revisiones que se analizaron, solo 24 estudios experimentales incluyeron la aplicación del método con pacientes en sesiones únicas o períodos de tratamiento, y ninguno abordó lesiones en miembro superior. Estos mantienen una base de ejercicios terapéuticos de uso común en lesiones ortopédicas, pero muestran una gran heterogeneidad en las variantes de aplicación de BFR y los protocolos utilizados. Aun cuando el método es prometedor por las ventajas que ofrece y sus resultados iniciales, aún falta estandarizar los protocolos empleados, mejorar en la prescripción individualizada, definir mejor las diferentes medidas de resultados y los eventos adversos relacionados.

### Futuras líneas de investigación

Vislumbramos que inicialmente se debe profundizar en la búsqueda de protocolos de rehabilitación más eficientes y seguros, donde se estandarice y disminuyan la heterogeneidad de variantes que actualmente se utilizan durante el EF con

BFR. Luego, ampliar la aplicación a diversas lesiones ortopédicas, incluyendo tratamientos en ambos miembros apendiculares.

### Conclusiones

En esta revisión se intentó resumir la evidencia existente sobre la aplicación de BFR en lesiones de tipo ortopédico de forma narrativa. Se abordaron ampliamente aspectos metodológicos de la técnica, de prescripción del ejercicio, de múltiples factores que influyen en su aplicación y en el abordaje que debe considerar un fisioterapeuta en el campo de la ortopedia, con el fin de aprovechar sus beneficios y disminuir potenciales riesgos. Los resultados clínico-ortopédicos de la aplicación de BFR son promisorios, pero aún escasos en cantidad y heterogéneos en la aplicación de las variantes metodológicas ligadas a BFR; no obstante, la posibilidad de facilitar el progreso clínico o acelerar el curso de la rehabilitación de lesiones a partir de la ejecución de ejercicios con menor estrés mecánico abre una puerta a una mayor incorporación de BFR en el campo clínico, pues permitiría soportar una mayor tolerancia a la carga, aumentar la variedad y duración de los ejercicios, y evitaría la presencia de dolor, inflamación o edema; condiciones propias del EF de alta intensidad y que dificultan el avance en la recuperación/rehabilitación de las personas.

### Conflictos de interés y financiamiento

Los autores declaran no poseer conflictos de interés y financiamiento para el desarrollo de este trabajo.

## Referencias

- Abe, T., Mouser, J. G., Dankel, S. J., Bell, Z. W., Buckner, S. L., Mattocks, K. T., Jessee, M. B., & Loenneke, J. P. (2018). A method to standardize the blood flow restriction pressure by an elastic cuff. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(3), 329-335. <https://doi.org/10.1111/sms.13340>
- Bahamondes-Avila, C., Lagos, J., Bustos, L., Alvarez-Castillo, J., Berral-de-la-Rosa, F. J., & Salazar, L. A. (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. *International Journal of Morphology*, 36(4), 1210-1215. <https://doi.org/10.4067/s0717-95022018000401210>
- Barber-Westin, S. D., & Noyes, F. R. (2019). Blood flow-restricted training for lower extremity muscle weakness due to knee pathology: A systematic review. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 11(1), 69-83. <https://doi.org/10.1177/1941738118811337>
- Behringer, M., Behlau, D., Montag, J., McCourt, M., & Mester, J. (2017). Low-intensity sprint training with blood flow restriction improves 100-m dash. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 31(9), 2462-2472. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001746>
- Bigdeli, S., Dehghaniyan, M., Amani-Shalamzari, S., Rajabi, H., & Gahreman, D. (2020). Functional training with blood occlusion influences muscle quality indices in older adults. *Archives of Gerontology and Geriatrics*, 90, 104110. <https://doi.org/10.1016/j.archger.2020.104110>
- Bobes Álvarez, C.; Issa-Khozouz Santamaría, P.; Fernández-Matías, R.; Pecos-Martín, D.; Achalandabaso-Ochoa, A.; Fernández-Carnero, S.; Martínez-Amat, A., & Gallego-Izquierdo, T. (2020). Comparison of blood flow restriction training versus non-occlusive training in patients with anterior cruciate ligament reconstruction or knee osteoarthritis: A systematic review. *Journal of Clinical Medicine*, 10(1), 68. <https://doi.org/10.3390/jcm10010068>
- Bond, C. W., Hackney, K. J., Brown, S. D., & Noonan, B. C. (2019). Blood flow restriction resistance exercise as a rehabilitation modality following orthopaedic surgery: a review of venous thromboembolism risk. *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*, 49(1), 17-27. <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.8375>
- Bowman, E. M., El-Shaar, R., Milligan, H., Jue, G., Mohr, K. I., Brown, P., Watanabe, D. M., & Limpisvasti, O. (2019). Proximal, distal, and contralateral effects of blood flow restriction training on the lower extremities: A randomized controlled trial. *Sports Health: A Multidisciplinary Approach*, 11(2), 149-156. <https://doi.org/10.1177/1941738118821929>
- Brandner, C. J. (2012). Vascular occlusion strength training: an alternative to high resistance strength training. *Journal of Australian Strength & Conditioning*, 20((2)), 87-96. Recuperado Marzo 15, 2023, de <https://www.researchgate.net/publication/265643889>
- Brandner, C., May, A. D., Clarkson, M. J., & Warming-ton, S. A. (2018). Reported side-effects and safety considerations for the use of blood flow restriction during exercise in practice and research. *Techniques in Orthopaedics*, 33(2), 114-121. <https://doi.org/10.1097/bto.0000000000000259>
- Bryk, F. F., Reis, A. C. D., Fingerhut, D., Araujo, T., Schutzer, M., De Paula Leite Cury, R., Duarte, A., Junior, & Fukuda, T. Y. (2016). Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: A randomized clinical trial. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 24(5), 1580-1586. <https://doi.org/10.1007/s00167-016-4064-7>
- Buford, T. W., Fillingim, R. B., Manini, T. M., Sibille, K. T., Vincent, K. R., & Wu, S. S. (2015). Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis: Design of a randomized controlled trial. *Contemporary Clinical Trials*, 43, 217-22. <https://doi.org/10.1016/j.cct.2015.06.016>
- Caetano, D., Oliveira, C. R., Correia, C. V., Barbosa, P., Montes, A. M., & Carvalho, P. (2021). Rehabilitation outcomes and parameters of blood flow restriction training in ACL injury: A scoping review. *Physical Therapy in Sport*, 49, 129-137. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.01.015>
- Campos, F., González-Villora, S., González Gómez, D., & Martins, F. M. L. (2019). Benefits of 8-week fitness programs on health and fitness parameters. *Retos*, 35, 224-228. <https://doi.org/10.47197/retos.v0i35.63889>
- Centner, C., Lauber, B., Seynnes, O. R., Jerger, S., Sohnius, T., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Low-load blood flow restriction training induces similar morphological and mechanical Achilles tendon adaptations compared with high-load resistance training. *Journal of Applied Physiology*, 127(6), 1660-1667. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00602.2019>
- Cerqueira, M., Do Nascimento, J., Maciel, D., Mendonça, J. & De Brito Vieira, W. (2020). Effects of blood flow restriction without additional exercise on strength reductions and muscular atrophy following immobilization: A systematic review. *Journal of Sport and Health Science*, 9(2), 152-159. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2019.07.001>
- Cirilo-Sousa, M., Lemos, J., Poderoso, R., De Araújo, R., Aniceto, R., Pereira, P., Araújo, J., Lucena, P., Paz, C., & De Araújo Júnior, A. (2019). Predictive equation for blood flow restriction training. *Revista Brasileira de Medicina do Esporte*, 25(6), 494-497. <https://doi.org/10.1590/1517-869220192506186803>
- Clark, B. C., Manini, T. M., Hoffman, R. L., Williams, P. S., Guiler, M. E., Knutson, M. J., McGlynn, M. L., & Kushnick, M. R. (2011). Relative safety of 4 weeks of

- blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 21(5), 653–662. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01100.x>
- Clarkson, M. J., May, A. D., & Warmington, S. A. (2019). Chronic blood flow restriction exercise improves objective physical function: A systematic review. *Frontiers in Physiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01058>
- Cook, C. J., Kilduff, L. P., & Beaven, C. M. (2014). Three weeks of occlusion training can improve strength and power in trained athletes. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 9(1), 166–72. Recuperado Marzo 15, 2023, de <https://www.researchgate.net/publication/236580429>
- Cristina-Oliveira, M., Meireles, K., Spranger, M. D., O’Leary, D. H., Roschel, H., & Peçanha, T. (2020). Clinical safety of blood flow-restricted training? A comprehensive review of altered muscle metaboreflex in cardiovascular disease during ischemic exercise. *American Journal of Physiology-Heart and Circulatory Physiology*, 318(1), H90–H109. <https://doi.org/10.1152/ajpheart.00468.2019>
- Curran, M. A., Bedi, A., Mendias, C. L., Wojtys, E. M., Kujawa, M., & Palmieri-Smith, R. M. (2020). Blood flow restriction training applied with high-intensity exercise does not improve quadriceps muscle function after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled trial. *American Journal of Sports Medicine*, 48(4), 825–837. <https://doi.org/10.1177/0363546520904008>
- Charles, D., White, R., Reyes, C., & Palmer, D. (2020). A systematic review of the effects of blood flow restriction training on quadriceps muscle atrophy and circumference post ACL reconstruction. *The International Journal of Sports Physical Therapy*, 15(6), 882–891. <https://doi.org/10.26603/ijsp20200882>
- Da Silva Telles, L. G., Leitão, L., da Silva Araújo, G., Serra, R., Junqueira, C. G. S., Ribeiro, A., de Souza Ribeiro, M., Monteiro, E. R., Vianna, J. M., & da Silva Novaes, J. (2023). Remote and local ischemic preconditioning increases isometric strength and muscular endurance in recreational trained individuals. *Retos: Nuevas Tendencias En Educación Física, Deporte y Recreación*, 47, 941–947. <https://doi.org/10.47197/retos.v47.93385>
- DePhillipo, N. N., Kennedy, M. I., Aman, Z. M., Bernhardson, A. S., O’Brien, L., & LaPrade, R. F. (2018). Blood flow restriction therapy after knee surgery: Indications, safety considerations, and postoperative protocol. *Arthroscopy Techniques*, 7(10), e1037–e1043. <https://doi.org/10.1016/j.eats.2018.06.010>
- De Queiros V., Dantas M., Neto G., da Silva L., Assis M., Almeida-Neto P., Dantas P., Cabral B. (2021). Application and side effects of blood flow restriction technique: A cross-sectional questionnaire survey of professionals. *Medicine*, 100(18). doi: <https://doi.org/10.1097/MD.00000000000025794>
- Dos Santos, L., Santo, R., Ramis, T., Portes, J., Chakr, R., & Xavier, R. (2021). The effects of resistance training with blood flow restriction on muscle strength, muscle hypertrophy and functionality in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: A systematic review with meta-analysis. *PLOS ONE*, 16(11), e0259574. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0259574>
- Downs, M. E., Hackney, K. J., Martin, D. C., Caine, T. L., Cunningham, D., O’Connor, D. H., & Ploutz-Snyder, L. L. (2014). Acute vascular and cardiovascular responses to blood flow–restricted exercise. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 46(8), 1489–1497. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000253>
- Evans, C. E., Vance, S., & Brown, M. (2010). Short-term resistance training with blood flow restriction enhances microvascular filtration capacity of human calf muscles. *Journal of Sports Sciences*, 28(9), 999–1007. <https://doi.org/10.1080/02640414.2010.485647>
- Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Rossow, L. M., Tiebaud, R. S., & Bemben, M. G. (2012). Methodological considerations for blood flow restricted resistance exercise. *Journal of Trainology*, 1(1), 14–22. [https://doi.org/10.17338/trainology.1.1\\_14](https://doi.org/10.17338/trainology.1.1_14)
- Ferlito, J. V., Pecce, S. a. P., Oselame, L., & De Marchi, T. (2020). The blood flow restriction training effect in knee osteoarthritis people: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, 34(11), 1378–1390. <https://doi.org/10.1177/0269215520943650>
- Ferraz, R. P., Gualano, B., Rodrigues, R. T., Kurimori, C. O., Fuller, R., Lima, F. R., De Sá-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2018). Benefits of resistance training with blood flow restriction in knee osteoarthritis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 50(5), 897–905. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001530>
- Freitas, E. D., Miller, R. S., Heishman, A. D., Ferreira-Junior, J. B., Araújo, J. P., & Bemben, M. G. (2020). Acute physiological responses to resistance exercise with continuous versus intermittent blood flow restriction: A randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fphys.2020.00132>
- Garber, C. E., Blissmer, B., Deschenes, M. R., Franklin, B. A., Lamonte, M. J., Lee, I. M., ... & Swain, D. P. (2011). American College of Sports Medicine position stand. Quantity and quality of exercise for developing and maintaining cardiorespiratory, musculoskeletal, and neuromotor fitness in apparently healthy adults: guidance for prescribing exercise. *Medicine and science in sports and exercise*, 43(7), 1334–1359. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e318213fefb>
- Giles, L., Webster, K. E., McClelland, J. A., & Cook, J. (2017). Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23), 1688–1694. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-096329>
- Grantham, B., Korakakis, V., & O’Sullivan, K. (2021).

- Does blood flow restriction training enhance clinical outcomes in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Physical Therapy in Sport*, 49, 37–49. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.01.014>
- Grapar Žargi, T., Drobnič, M., Koder, J., Strazar, K., & Kacin, A. (2016). The effects of preconditioning with ischemic exercise on quadriceps femoris muscle atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction: a quasi-randomized controlled trial. *European Journal of Physical and Rehabilitation Medicine*, 52(3), 310–320. PMID: 26799572.
- Grapar Žargi, T., Drobnič, M., Stražar, 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 Physiology*, 9. <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01150>
- Grönfeldt, B. M., Nielsen, J., Mieritz, R. M., Lund, H., & Aagaard, P. (2020). Effect of blood-flow restricted vs heavy-load strength training on muscle strength: Systematic review and meta-analysis. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 30(5), 837–848. <https://doi.org/10.1111/sms.13632>
- Harper, S. A., Roberts, L. R., Layne, A. S., Jaeger, B. C., Gardner, A. K., Sibille, K. T., Wu, S. S., Vincent, K. R., Fillingim, R. B., Manini, T. M., & Buford, T. W. (2019). Blood-flow restriction resistance exercise for older adults with knee osteoarthritis: A pilot randomized clinical trial. *Journal of Clinical Medicine*, 8(2), 265. <https://doi.org/10.3390/jcm8020265>
- Hernandez, N. J., Myers, B. J., Feito, Y., & Bunn, J. A. (2020). Functional strength exercise and blood-flow restriction protocols: A systematic review. *Central European Journal of Sport Sciences and Medicine*, 31(3), 47–58. <https://doi.org/10.18276/cej.2020.3-04>
- Huang, J., & Park, H. Y. (2024). Effect of blood flow restriction with low-intensity resistance training in patients with osteoarthritis and rheumatoid arthritis: A systematic review and meta-analysis based on randomized controlled trials. *Physical Activity and Nutrition*, 28(1), 7. <https://doi.org/10.20463/pan.2024.0002>
- Hughes, L., Jeffries, O., Waldron, M., Rosenblatt, B., Gissane, C., Paton, B. C., & Patterson, S. D. (2018). Influence and reliability of lower-limb arterial occlusion pressure at different body positions. *PeerJ*, 6, e4697. <https://doi.org/10.7717/peerj.4697>
- Hughes, L., Paton, B. C., Haddad, F. S., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (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. *Physical Therapy in Sport*, 33, 54–61. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.07.002>
- Hughes, L., Paton, B. C., Rosenblatt, B., Gissane, C., & Patterson, S. D. (2017). Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: A systematic review and meta-analysis. *British Journal of Sports Medicine*, 51(13), 1003–1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
- Hughes, L., Patterson, S. D., Haddad, F. S., Rosenblatt, B., Gissane, C., McCarthy, D. J., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., & Paton, B. C. (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. *Physical Therapy in Sport*, 39, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2019.06.014>
- Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F. S., Gissane, C., McCarthy, D. J., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., Paton, B. C., & Patterson, S. D. (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 randomised controlled trial. *Sports Medicine*, 49(11), 1787–1805. <https://doi.org/10.1007/s40279-019-01137-2>
- Hunt, J. R., Stodart, C., & Ferguson, R. B. (2016). The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, 116(7), 1421–1432. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3399-6>
- Husted, R. S., Juhl, C. B., Troelsen, A., Thorborg, K., Kalleose, T., Rathleff, M. S., & Bandholm, T. (2020). The relationship between prescribed pre-operative knee-extensor exercise dosage and effect on knee-extensor strength prior to and following total knee arthroplasty: A systematic review and meta-regression analysis of randomized controlled trials. *Osteoarthritis and Cartilage*, 28(11), 1412–1426. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2020.08.011>
- Hwang, P. A., & Willoughby, D. S. (2019). Mechanisms behind blood flow-restricted training and its effect toward muscle growth. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(1), S167–S179. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002384>
- Iversen, E., & Røstad, V. (2010). Low-load ischemic exercise-induced rhabdomyolysis. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 20(3), 218–219. <https://doi.org/10.1097/jsm.0b013e3181df8d10>
- Iversen, E., Røstad, V., & Larmo, A. (2016). Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of Sport and Health Science*, 5(1), 115–118. <https://doi.org/10.1016/j.jshs.2014.12.005>
- Jessee, M. B., Buckner, S. L., Dankel, S. J., Counts, B. R., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2016). The Influence of cuff width, sex, and race on arterial occlusion: Implications for blood flow restriction research. *Sports Medicine*, 46(6), 913–921. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0473-5>
- Jønsson, A. B., Johansen, C. V., 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>
- Kacin, A., & Strazar, K. (2011). Frequent low-load isometric resistance exercise to failure enhances muscle oxygen delivery and endurance capacity. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, *21*(6), e231–e241.  
<https://doi.org/10.1111/j.1600-0838.2010.01260.x>
- Kilgas, M. A., Lytle, L., Drum, S. N., & Elmer, S. J. (2019). Exercise with blood flow restriction to improve quadriceps function long after ACL reconstruction. *International Journal of Sports Medicine*, *40*(10), 650–656.  
<https://doi.org/10.1055/a-0961-1434>
- Kim, S., Sherk, V. D., Bembem, M. G., & Bembem, D. A. (2012). Effects of short term low intensity resistance training with blood flow restriction on bone markers and muscle cross-sectional area in young men. *International Journal of Exercise Science*, *5*(2), 136-147. Recuperado Marzo 15, 2023, de <https://digitalcommons.wku.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1364&context=ijes>
- Korakakis, V., Whiteley, R., & Epameinontidis, K. (2018). Blood flow restriction induces hypoalgesia in recreationally active adult male anterior knee pain patients allowing therapeutic exercise loading. *Physical Therapy in Sport*, *32*, 235–243.  
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.05.021>
- Korakakis, V., Whiteley, R., & Giakas, G. (2018). Low load resistance training with blood flow restriction decreases anterior knee pain more than resistance training alone. A pilot randomised controlled trial. *Physical Therapy in Sport*, *34*, 121–128.  
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.09.007>
- Ladlow, P., Coppack, R. J., Dharm-Datta, S., Conway, D., Sellon, E., Patterson, S. D., & Bennett, A. N. (2018). Low-load resistance training with blood flow restriction improves clinical outcomes in musculoskeletal rehabilitation: A single-blind randomized controlled trial. *Frontiers in Physiology*, *9*.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01269>
- Lambert, B. S., Hedt, C., Jack, R. L., Moreno, M. R., Delgado, D. A., Harris, J. D., & McCulloch, P. C. (2019). Blood flow restriction therapy preserves whole limb bone and muscle following ACL reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *7*(3\_suppl2), 2325967119S0019.  
<https://doi.org/10.1177/2325967119s00196>
- Laurentino, G., Loenneke, J. P., Teixeira, E. L., Nakajima, E., Iared, W., & Tricoli, V. (2016). The effect of cuff width on muscle adaptations after blood flow restriction training. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *48*(5), 920–925.  
<https://doi.org/10.1249/mss.0000000000000833>
- Lima-Soares, F., De Araujo Pessoa, K., Cabido, C. E. T., Lauver, J. D., Cholewa, J. M., Rossi, F., & Zanchi, N. E. (2022). Determining the arterial occlusion pressure for blood flow restriction: Pulse oximeter as a new method compared with a handheld doppler. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *36*(4), 1120–1124.  
doi:  
<https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003628>
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Sherk, V. D., Thiebaud, R. S., Abe, T., & Bembem, M. G. (2012). Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, *112*(8), 2903–2912.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-011-2266-8>
- Loenneke, J. P., Abe, T., Wilson, J. M., Thiebaud, R. S., Fahs, C. A., Rossow, L. M., & Bembem, M. G. (2012). Blood flow restriction: An evidence based progressive model (Review). *Acta Physiologica Hungarica*, *99*(3), 235–250.  
<https://doi.org/10.1556/aphysiol.99.2012.3.1>
- Loenneke, J. P., Fahs, C. A., Rossow, L. M., Thiebaud, R. S., Mattocks, K. T., Abe, T., & Bembem, M. G. (2013). Blood flow restriction pressure recommendations: A tale of two cuffs. *Frontiers in Physiology*, *4*.  
<https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00249>
- Loenneke, J. P., Allen, K. M., Jg, M., Thiebaud, R. S., Kim, D., Abe, T., & Bembem, M. G. (2015). Blood flow restriction in the upper and lower limbs is predicted by limb circumference and systolic blood pressure. *European Journal of Applied Physiology*, *115*(2), 397–405.  
<https://doi.org/10.1007/s00421-014-3030-7>
- Lorenz, D. S., Reiman, M. P., & Walker, J. C. (2010). Periodization: current review and suggested implementation for athletic rehabilitation. *Sports Health*, *2*(6), 509–518.  
<https://doi.org/10.1177/1941738110375910>
- Lu, Y., Patel, B. H., Kym, C., Nwachukwu, B. U., Beletksy, A., Forsythe, B., & Chahla, J. (2020). Perioperative blood flow restriction rehabilitation in patients undergoing ACL reconstruction: a systematic review. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, *8*(3), 2325967120906822.  
<https://doi.org/10.1177/2325967120906822>
- Martin-Hernández, J., Santos-Lozano, A., Foster, C., & Lucia, A. (2018). Syncope episodes and blood flow restriction training. *Clinical Journal of Sport Medicine*, *28*(6), e89–e91.  
<https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000496>
- Mattar, M. A., Gualano, B., Perandini, L. A., Shinjo, S. K., Lima, F. R., Sá-Pinto, A. L., & Roschel, H. (2014). Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis Research & Therapy*, *16*(5), 473.  
<https://doi.org/10.1186/s13075-014-0473-5>
- McEwen, J., Owens, J. G., & Jeyasurya, J. (2019). Why is it crucial to use personalized occlusion pressures in blood flow restriction (BFR) rehabilitation? *Journal of Medical and Biological Engineering*, *39*(2), 173–177.

- <https://doi.org/10.1007/s40846-018-0397-7>
- Mendonça, G. V., Vila-Chã, C., Teodósio, C., Gonçalves, A. R., Freitas, S. R., Mil-Homens, P., & Pizarat-Correia, P. (2021). Contralateral training effects of low-intensity blood-flow restricted and high-intensity unilateral resistance training. *European Journal of Applied Physiology*, *121*(8), 2305–2321. <https://doi.org/10.1007/s00421-021-04708-2>
- Minniti, M. C., Statkevich, A. P., Kelly, R. T., Rigsby, V., Exline, M. M., Rhon, D. I., & Clewley, D. (2020). The safety of blood flow restriction training as a therapeutic intervention for patients with musculoskeletal disorders: A systematic review. *American Journal of Sports Medicine*, *48*(7), 1773–1785. <https://doi.org/10.1177/0363546519882652>
- Mirando, M. A., Reusser, A., Sherer, B., Reinhart, C., & Murray, L. W. (2019). Is low load blood flow restriction training an effective intervention in improving clinical outcomes in adults with lower extremity pathology: A systematic review. *Physical Therapy Reviews*, *24*(5), 185–194. <https://doi.org/10.1080/10833196.2019.1662994>
- Nascimento DC, Rolnick N, Neto IVS, Severin R & Beal FLR. (2022). A useful blood flow restriction training risk stratification for exercise and rehabilitation. *Frontiers in Physiology*, *13*:808622. <https://doi.org/10.3389/fphys.2022.808622>
- Nakajima, T., Iida, H., Kurano, M., Takano, H., Morita, T., Meguro, K., Sato, Y., Yamazaki, Y., Kawashima, S., Ohshima, H., Tachibana, S., Ishii, N., & Abe, T. (2008). Hemodynamic responses to simulated weightlessness of 24-h head-down bed rest and KAATSU blood flow restriction. *European Journal of Applied Physiology*, *104*(4), 727–737. <https://doi.org/10.1007/s00421-008-0834-3>
- Nakajima, T. Y., Morita, T., & Sato, Y. (2011). Key considerations when conducting KAATSU training. *International Journal of Kaatsu Training Research*, *7*(1), 1–6. <https://doi.org/10.3806/ijktr.7.1>
- Neto, G. R., Da Silva Novaes, J., Salerno, V. P., Gonçalves, M. M., Batista, G. R., & De Sousa, M. D. S. C. (2018). Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? *Journal of Sports Sciences*, *36*(1), 104–110. <https://doi.org/10.1080/02640414.2017.1283430>
- Nielsen, J., Frandsen, U., Prokhorova, T. A., Bech, R. D., Nygaard, T., Suetta, C., & Aagaard, P. (2017). Delayed Effect of Blood Flow–restricted Resistance Training on Rapid Force Capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, *49*(6), 1157–1167. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000001208>
- Nielsen, J. L., Aagaard, P., Prokhorova, T. A., Nygaard, T., Bech, R. D., Suetta, C., & Frandsen, U. (2017). Blood-flow restricted training leads to myocellular macrophage infiltration and upregulation of heat-shock proteins, but no apparent muscle damage. *The Journal of physiology*, *595*(14), 4857–4873. <https://doi.org/10.1113/jp273907>
- Nitzsche, N., Stäuber, A., Tiede, S., & Schulz, H. (2021). The effectiveness of blood-flow restricted resistance training in the musculoskeletal rehabilitation of patients with lower limb disorders: A systematic review and meta-analysis. *Clinical Rehabilitation*, *35*(9), 1221–1234. <https://doi.org/10.1177/02692155211003480>
- Ohta, H., Kurosawa, H., Ikeda, H., Iwase, Y., Satou, N., & Nakamura, S. (2003). Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthopaedica Scandinavica*, *74*(1), 62–68. <https://doi.org/10.1080/00016470310013680>
- Ozawa, Y., Koto, T., Shinoda, H., & Tsubota, K. (2015). Vision loss by central retinal vein occlusion after kaatsu training. *Medicine*, *94*(36), e1515. <https://doi.org/10.1097/md.0000000000001515>
- Paton, C. D., Addis, S. M., & Taylor, L. (2017). The effects of muscle blood flow restriction during running training on measures of aerobic capacity and run time to exhaustion. *European Journal of Applied Physiology*, *117*(12), 2579–2585. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3745-3>
- Pearson, S. J., & James, N. D. (2015). A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Medicine*, *45*(2), 187–200. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0264-9>
- Peng P, Lu Y, Wang Y, et al. (2024). Effect of low-intensity blood flow restriction training on nontraumatic knee joint conditions: A systematic review and meta-analysis. *Sports Health*, *28*(1), 07–19. <https://doi.org/10.1177/19417381241235147>
- Pitsillides, A., Stasinopoulos, D., & Mamais, I. (2021). Blood flow restriction training in patients with knee osteoarthritis: Systematic review of randomized controlled trials. *Journal of Bodywork and Movement Therapies*, *27*, 477–486. <https://doi.org/10.1016/j.jbmt.2021.04.015>
- Ramis, T. R., De Lemos Muller, C. H., Boeno, F. P., Teixeira, B. O. S., Rech, A., Pompermayer, M. G., Da Silva Medeiros, N., Reischak-Oliveira, A., Pinto, R. S., & Ribeiro, J. L. (2020). Effects of traditional and vascular restricted strength training program with equalized volume on isometric and dynamic strength, muscle thickness, electromyographic activity, and endothelial function adaptations in young adults. *Journal of Strength and Conditioning Research*, *34*(3), 689–698. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000002717>
- Reina-Ruiz, Á. J., Galán-Mercant, A., Molina-Torres, G., Merchán-Baeza, J. A., Romero-Galisteo, R. P., & González-Sánchez, M. (2022). Effect of blood flow restriction on functional, physiological and structural variables of muscle in patients with chronic pathologies: A systematic review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *19*(3), 1160.

- <https://doi.org/10.3390/ijerph19031160>
- Rodrigues, R. T., Ferraz, R. P., Kurimori, C. O., Guedes, L. K. N., Lima, F. R., De Sá-Pinto, A. L., Gualano, B., & Roschel, H. (2020). Low-load resistance training with blood-flow restriction in relation to muscle function, mass, and functionality in women with rheumatoid arthritis. *Arthritis Care and Research*, 72(6), 787–797. <https://doi.org/10.1002/acr.23911>
- Rolnick, N., Kimbrell, K., Cerqueira, M. S., Weatherford, B., & Brandner, C. (2021). Perceived barriers to blood flow restriction training. *Frontiers in Rehabilitation Sciences*, 2. <https://doi.org/10.3389/fresc.2021.697082>
- Rossow, L. M., Fahs, C. A., Loenneke, J. P., Thiebaud, R. S., Sherk, V. D., Abe, T., & Bembien, M. G. (2012). Cardiovascular and perceptual responses to blood-flow-restricted resistance exercise with differing restrictive cuffs. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 32(5), 331–337. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097x.2012.01131.x>
- Saatmann, N., Zaharia, O. P., Loenneke, J. P., Roden, M., & Pesta, D. (2021). Effects of blood flow restriction exercise and possible applications in type 2 diabetes. *Trends in Endocrinology and Metabolism*, 32(2), 106–117. <https://doi.org/10.1016/j.tem.2020.11.010>
- 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>
- Schwiete, C., Franz, A. W. E., Roth, C. L., & Behringer, M. (2021). Effects of resting vs. continuous blood-flow restriction-training on strength, fatigue resistance, muscle thickness, and perceived discomfort. *Frontiers in Physiology*, 12. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.663665>
- Segal, N. H., Davis, M. R., & Mikesky, A. E. (2015). Efficacy of blood flow-restricted low-load resistance training for quadriceps strengthening in men at risk of symptomatic knee osteoarthritis. *Geriatric Orthopaedic Surgery & Rehabilitation*, 6(3), 160–167. <https://doi.org/10.1177/2151458515583088>
- Segal, N. H., Williams, G. N., Davis, M. R., 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>
- Sieljacks, P., Degn, R., Hollaender, K., Wernbom, M., & Vissing, K. (2019). Non-failure blood flow restricted exercise induces similar muscle adaptations and less discomfort than failure protocols. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 29(3), 336–347. <https://doi.org/10.1111/sms.13346>
- Sieljacks, P., Knudsen, L. S., Wernbom, M., & Vissing, K. (2018). Body position influences arterial occlusion pressure: Implications for the standardization of pressure during blood flow restricted exercise. *European Journal of Applied Physiology*, 118(2), 303–312. <https://doi.org/10.1007/s00421-017-3770-2>
- Slysz, J. T., Stultz, J., & Burr, J. F. (2016). The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 19(8), 669–675. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2015.09.005>
- Slysz, J. T., Boston, M., King, R. M., Pignanelli, C., Power, G. A., & Burr, J. F. (2021). Blood flow restriction combined with electrical stimulation attenuates thigh muscle disuse atrophy. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 53(5), 1033–1040. <https://doi.org/10.1249/mss.0000000000002544>
- Spitz, R. W., Bell, Z. W., Wong, V., Viana, R. L., Chatakondi, R. N., Abe, T., & Loenneke, J. P. (2020). The position of the cuff bladder has a large impact on the pressure needed for blood flow restriction. *Physiological Measurement*, 41(1), 01NT01. <https://doi.org/10.1088/1361-6579/ab64b8>
- Staunton, C., May, A. D., Brandner, C., & Warmington, S. A. (2015). Haemodynamics of aerobic and resistance blood flow restriction exercise in young and older adults. *European Journal of Applied Physiology*, 115(11), 2293–2302. <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3213-x>
- Surkar, S. M., Bland, M. D., Matlaga, A. E., Chen, L., Gidday, J. M., Lee, J.-M., Hershey, T., & Lang, C. E. (2020). Effects of remote limb ischemic conditioning on muscle strength in healthy young adults: A randomized controlled trial. *PLOS ONE*, 15(2), e0227263. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227263>
- Takano, H., Morita, T., Iida, H., Asada, K., Kato, M., Uno, K., Hirose, K., Matsumoto, A., Takenaka, K., Hirata, Y., Eto, F., Nagai, R., Sato, Y., & Nakajima, T. (2005). Hemodynamic and hormonal responses to a short-term low-intensity resistance exercise with the reduction of muscle blood flow. *European Journal of Applied Physiology*, 95(1), 65–73. <https://doi.org/10.1007/s00421-005-1389-1>
- Takarada, Y., Takazawa, H., & Ishii, N. (2000). Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 32(12), 2035–2039. <https://doi.org/10.1097/00005768-200012000-00011>
- Takarada, Y., Takazawa, H., Sato, Y., Takebayashi, S., Tanaka, Y., & Ishii, N. (2000). Effects of resistance exercise combined with moderate vascular occlusion on muscular function in humans. *Journal of Applied Physiology*, 88(6), 2097–2106. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.6.2097>
- Tennent, D. J., Hylden, C. M., Johnson, A., Burns, T. C.,

- Wilken, J. M., & Owens, J. G. (2017). Blood flow restriction training after knee arthroscopy. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 27(3), 245–252. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000377>
- Wang, H., Chen, Y., Cheng, L., Cai, Y., Li, W., & Zeng, N. (2022). Efficacy and safety of blood flow restriction training in patients with knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Arthritis Care and Research*, 74(1), 89–98. <https://doi.org/10.1002/acr.24787>
- Wengle, L. J., Migliorini, F., Leroux, T., Chahal, J., Theodoropoulos, J., & Betsch, M. (2021). The effects of blood flow restriction in patients undergoing knee surgery: A systematic review and meta-analysis. *American Journal of Sports Medicine*, 50(10), 2824–2833. <https://doi.org/10.1177/03635465211027296>
- Wernbom, M., Paulsen, G., Bjørnsen, T., Cumming, K. T., & Raastad, T. (2021). Risk of muscle damage with blood flow–restricted exercise should not be overlooked. *Clinical Journal of Sport Medicine*, 31(3), 223–224. <https://doi.org/10.1097/jsm.0000000000000755>
- Yasuda, T., Fukumura, K., Tomaru, T., & Nakajima, T. (2016). Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. *Oncotarget*, 7(23), 33595–33607. <https://doi.org/10.18632/oncotarget.9564>
- Yasuda, T., Meguro, M., Sato, Y., & Nakajima, T. (2017). Use and safety of KAATSU training: Results of a national survey in 2016. *International Journal of Kaatsu Training Research*, 13(1), 1–9. <https://doi.org/10.3806/ijktr.13.1>
- Yokokawa, Y., Hongo, M., Urayama, H., Nishimura, T., & Kai, I. (2008). Effects of low-intensity resistance exercise with vascular occlusion on physical function in healthy elderly people. *BioScience Trends*, 2(3), 117–123. PMID: 20103914
- Zeng, Z., Centner, C., Gollhofer, A., & König, D. (2019). Blood-flow-restriction training: validity of pulse oximetry to assess arterial occlusion pressure. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 14(10), 1408–1414. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0043>

#### Datos de los/as autores/as:

Carlos Bahamondes-Avila	carlos.bahamondes@umayor.cl	Autor/a
Cristian Curilem Gatica	c.curilem.g@gmail.com	Autor/a
Luis Bustos Medina	luis.bustos@ufrontera.cl	Autor/a
Francisco José Berral de la Rosa	fjberde@upo.es	Autor/a
Luis A. Salazar	luis.salazar@ufrontera.cl	Autor/a