

PODIUM

Revista de Ciencia y Tecnología en la Cultura Física

EDITORIAL UNIVERSITARIA

Volumen 18
Número 1

2023

Universidad de Pinar del Río "Hermanos Saíz Montes de Oca"

Director: Fernando Emilio Valladares Fuente

Email: fernando.valladares@upr.edu.cu

Artículo de revisión

Restricción parcial de flujo sanguíneo con resistencia, fundamento fisiológico y metodología de entrenamiento

Partial restriction of blood flow with endurance, physiological foundation and training methodology

Restrição parcial do fluxo sanguíneo com resistência, fundamentação fisiológica e metodologia de treinamento

Priscila del Carmen Reyes Reyes^{1*}



Universidad Católica Cardenal Silva Henríquez. Chile.

*Autor para la correspondencia: priscila.reyesr89@gmail.com

Recibido:27/10/2021.

Aprobado:23/11/2022.

RESUMEN

El entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo ha resultado ser una alternativa que logra resultados similares a los conseguidos por el entrenamiento de alta intensidad. El presente artículo ofrece el resultado de una investigación, en la que se realizó una revisión bibliográfica para indagar sobre la efectividad en el aumento de fuerza muscular, así como analizar los mecanismos de acción y metodología de aplicación práctica, mediante el método de restricción parcial de flujo sanguíneo con resistencia a bajas cargas. La literatura revisada respalda los efectos positivos de este método para generar hipertrofia y aumento de fuerza muscular, tanto en población sana como en periodo de rehabilitación. Los principales mecanismos propuestos como mediadores de esta adaptación son la elevación en la secreción de hormona del crecimiento, la señalización intracelular vía anabólica y catabólica y la contribución de procesos inflamatorios o edematosos. Se recomendó trabajar con cargas entre el 20 al 40 % de una repetición máxima y con un volumen de 75 repeticiones



por sesión con entrenamiento entre 2 a 4 veces por semana, durante un tiempo mínimo de tres semanas. Se discutió sobre los efectos en la adaptación neurológica, sin existir evidencia que lo respalde. Se concluyó que el método de restricción parcial del flujo sanguíneo genera aumento de fuerza e hipertrofia y se recomienda como método complementario y alternativo al ejercicio de alta intensidad, en poblaciones que necesariamente se ven imposibilitadas de entrenar a altas intensidades.

Palabras clave: Entrenamiento de fuerza, hipertrofia muscular, restricción parcial del flujo sanguíneo, KAATSU.

ABSTRACT

Blood flow restriction training has turned out to be an alternative that achieves results similar to those achieved by high intensity training. The present article offers the result of a research where, a bibliographical review was carried out to inquire about the effectiveness in increasing muscle strength, as well as to analyze the mechanisms of action and methodology of practical application, through the method of partial restriction of blood flow with endurance to low loads. The reviewed literature supports the positive effects of this method to generate hypertrophy and increase muscle strength, both in the healthy population and in the rehabilitation period. The main mechanisms proposed as mediators of this adaptation are increased secretion of growth hormone, intracellular signaling via anabolic and catabolic pathways, and the contribution of inflammatory or edematous processes. It was recommended to work with loads between 20 and 40 % of a maximum repetition and with a volume of 75 repetitions per session with training between 2 and 4 times a week, for a minimum of three weeks. The effects on neurological adaptation were discussed, without supporting evidence. It was concluded that the method of partial restriction of blood flow generates an increase in strength and hypertrophy and is recommended as a complementary and alternative method to high intensity exercise, in populations that are necessarily unable to train at high intensities.

Keywords: Strength training, muscle hypertrophy, partial restriction of blood flow, KAATSU.

SÍNTESE

O treinamento com restrição do fluxo sanguíneo provou ser uma alternativa que alcança resultados similares aos alcançados pelo treinamento de alta intensidade. Este artigo oferece o resultado de uma pesquisa, na qual foi realizada uma revisão de literatura para investigar a eficácia no aumento da força muscular, bem como para analisar os mecanismos de ação e metodologia de aplicação prática, utilizando o método de restrição parcial do fluxo sanguíneo com resistência a cargas baixas. A literatura revisada apóia os efeitos positivos deste método para gerar hipertrofia e aumentar a força muscular, tanto na população saudável quanto no período de reabilitação. Os principais mecanismos propostos como mediadores desta adaptação são a elevada secreção hormonal de crescimento, a sinalização intracelular através de vias anabólicas e catabólicas e a contribuição de processos



inflamatórios ou edematosos. Foi recomendado trabalhar com cargas entre 20 a 40% de uma repetição máxima e com um volume de 75 repetições por sessão com treinamento entre 2 a 4 vezes por semana, por um tempo mínimo de três semanas. Os efeitos sobre a adaptação neurológica foram discutidos, mas não há evidências que sustentem isto. Concluiu-se que o método de restrição parcial do fluxo sanguíneo gera maior força e hipertrofia e é recomendado como um método complementar e alternativo ao exercício de alta intensidade, em populações que são necessariamente incapazes de treinar em altas intensidades.

Palavras-chave: Treinamento de força, hipertrofia muscular, restrição parcial do fluxo sanguíneo, KAATSU.

INTRODUCCIÓN

De acuerdo con Peitz *et al.* (2018) y Voet *et al.* (2019), el ejercicio de fuerza orientado a aumentar la masa muscular se ha convertido en un objetivo común en programas de entrenamiento, tanto en deportistas de alto rendimiento, como en personas que realizan programas de actividad física y disfrutan de sus beneficios a cualquier edad, desde edades prepuberales hasta nonagenarias. En esta misma línea, se plantea que este tipo de entrenamiento genera mejorías en la calidad de vida en personas con sarcopenia, tanto en adultos mayores, como en pacientes sobrevivientes de cáncer (Lu *et al.*, 2021; Soriano-Maldonado *et al.*, 2019).

Como resultado de una revisión sistemática, Santos *et al.* (2022) informan que actualmente los entrenamientos de fuerza e hipertrofia muscular se trabajan, en su mayoría, sobre la base propuesta por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM). En su estudio de meta análisis Schoenfeld *et al.* (2017) concluyeron que el entrenamiento de fuerza es efectivo para producir hipertrofia muscular cuando se realiza a intensidades superiores al 60 % de 1 repetición máxima (1 RM), sea en entrenamiento para individuos principiantes e intermedios o entrenamiento avanzado.

Sin embargo, Backx *et al.* (2017) manifiestan que en ciertas circunstancias resulta prácticamente imposible realizar progresiones del entrenamiento hacia mayores intensidades para obtener fuerza e hipertrofia muscular, como sucede en individuos que han sufrido lesiones deportivas o de otro tipo o en personas con discapacidad, patologías limitantes o simplemente con inadaptación a carga.

Ante tal problemática, Biazon *et al.* (2019), Yasuda *et al.* (2012) y Takarada *et al.* (2000) reportan una nueva metodología de entrenamiento a bajas cargas. Este método en la literatura se describe como entrenamiento con oclusión vascular parcial súperimpuesta, KAATSU training (KAATSU por su nombre comercial en Japón) (Shen *et al.*, 2020), entrenamiento oclusivo o entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR training) (Tegtbur *et al.*, 2020). Todos estos trabajos postulan que esta alternativa terapéutica obtiene resultados similares a los conseguidos por el entrenamiento de alta intensidad.



Si bien este método, se puede aplicar tanto en ejercicios de resistencia como en ejercicios aeróbicos (Christiansen *et al.*, 2019; Pereira-Neto *et al.*, 2021) es en el entrenamiento de resistencia a bajas cargas de trabajo en el que se ha puesto énfasis en esta revisión, principalmente por su posible contribución a la población deportiva, en la cual las lesiones son causa importante de días perdidos, con tiempos de recuperación largos e imposibilidad de entrenamiento temprano a altas cargas (Burboa *et al.*, 2017).

Por lo anterior, el objetivo de la revisión bibliográfica realizada se centró en indagar sobre la efectividad en el aumento de fuerza muscular, mediante el método de restricción parcial de flujo sanguíneo con resistencia a bajas cargas, así como analizar sus mecanismos de acción y metodología de aplicación práctica. Para cumplir con el objetivo, se realizó un análisis crítico a investigaciones científicas publicadas a partir del año 2000, en inglés y en español como idiomas principales. La búsqueda se realizó en las bases de datos Medline, mediante el motor de búsqueda Pubmed. En la estrategia de búsqueda, se emplearon términos incluidos en el Thesaurus Medical Subject Headings (MeSH). Las palabras clave utilizadas fueron blood flow restriction training, oclusive training, KAATSU training.

DESARROLLO

Origen del método de restricción parcial del flujo sanguíneo

El método KAATSU, originario de Japón, es una nueva concepción de entrenamiento que plantea una metodología en la que se combina el ejercicio de baja intensidad con la hipoxia tisular con el fin de aumentar la fuerza e hipertrofia muscular (Wilk *et al.*, 2018). En países occidentales, se le conoce principalmente con el nombre de entrenamiento oclusivo (occlusive training) o entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (blood flow restricted training) (BFR). Este concepto ha existido durante casi 50 años, pero no fue hasta mediados de la década de los ochenta cuando se popularizó en Japón, por Sato (2005) quien lo comercializó con el nombre de KAATSU con el que se ha popularizado hasta la actualidad.

Fundamentos fisiológicos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo con resistencia a bajas cargas

Los mecanismos con respuesta endocrina, en entrenamientos con restricción del flujo sanguíneo con resistencia a bajas cargas (BFR-RE), son los que presentan mayor evidencia empírica. Ya en el año 2000 Takarada *et al.* (2000) demostraron en un grupo de pacientes sometidos a entrenamiento de BFR-RE que las concentraciones de hormona del crecimiento (GH) alcanzan un nivel 290 veces más alto que el nivel de reposo previo del individuo. Además, en este mismo estudio, se observó que la concentración de IL-6 aumentó de forma gradual y se mantuvo en un nivel más alto en los pacientes de control, incluso 24 horas después del ejercicio.



El aumento de la hormona del crecimiento, se explica debido a que la obstrucción del flujo sanguíneo venoso, durante el ejercicio, provoca un gran número de metabolitos que se acumulan en el cuerpo; lo que conduce al estrés metabólico y a un aumento en la acumulación de ácido láctico (Sharifi *et al.*, 2020). En tanto, un aumento en las concentraciones de ácido láctico en la sangre puede causar la promoción de secreción de hormonas anabólicas, como la GH, testosterona y del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) (Lixandrao *et al.*, 2015).

Yinghao *et al.* (2021), en su ensayo clínico de ciego simple, observaron cambios significativos en la GH durante el entrenamiento BFR-RE y concluyeron que esta modalidad de ejercicio, efectivamente, aumentó los niveles de GH en hombres jóvenes y que el aumento de la presión del manguito dio como resultado mayores niveles de secreción hormonal. Además, reconocieron que el aumento de los niveles de GH generó aumento en el potencial anabólico en hombres jóvenes.

Síntesis proteica

El aumento de la síntesis proteica del músculo a través de este método, se explica por la tensión mecánica muscular generada en conjunto con las contracciones musculares que conduce al aumento de la señalización de las vías intracelulares anabólica y catabólicas e intensifica la síntesis de proteínas musculares (Wilk *et al.*, 2018).

En concomitancia, Nyakayiru *et al.* (2019) demostraron que la BFR realizado en reposo no aumenta las tasas de síntesis de proteínas miofibrilares in vivo en humanos, al existir este aumento únicamente cuando se combina la BFR con ejercicios de resistencia a bajas cargas, por lo que la oclusión vascular debe realizarse en entrenamientos donde exista contracción muscular para que genere efectos en la síntesis proteica.

Factores de seguridad del método BFR-RE

BFE-RE y el sistema fibrinolítico

El entrenamiento de BFR-RE ha demostrado la capacidad de regular la vía fibrinolítica e incluso luego de una sola sesión de ejercicio, tanto en participantes jóvenes sanos, como en pacientes ancianos con enfermedad de las arterias coronarias (CAD) (Patterson *et al.*, 2019). Al parecer, el entrenamiento de BFR-RE estimula al sistema fibrinolítico, ya que se ha evidenciado que sesiones de entrenamiento con BFR-RE aumentan el activador del plasminógeno tisular (TPA, una proteína que degrada el trombo en la célula epitelial) en participantes sanos (Madarame *et al.*, 2013).

BFR-RE y población en riesgo de tromboembolismo venoso

La tromboembolia venosa (TEV), que comprende la trombosis venosa profunda (TVP) y la embolia pulmonar (EP), es una enfermedad frecuente y potencialmente mortal. (Tritschler *et al.*, 2018). Se han establecido factores de riesgo para el TEV los cuales son una combinación de características endógenas como obesidad y factores genéticos o factores desencadenantes exógenos como cirugía mayor, embarazo o anticoncepción hormonal (Davis *et al.*, 2017 y Keenan y Knuttinen, 2018).



Los estudios que abordan los factores de coagulación sanguínea después del entrenamiento de BFR-RE incluidos el dímero D, productos de degradación de fibrina (FDP) y creatina quinasa (CK) en sujetos de edad avanzada no han demostrado efectos adversos (Yasuda *et al.*, 2012).

Se reportó, en el 2013, que no existe aumento de los factores de coagulación sanguínea tras emplear el método BFR-RE en una población de edad avanzada con cardiopatía isquémica (Madarame *et al.*, 2013). A pesar de ello, se sugiere la aplicación previa de las reglas de predicción clínica para evaluar la probabilidad de TEV en sujetos que serán sometidos al entrenamiento de BFR-RE, para establecer así los candidatos apropiados.

Metodología del entrenamiento de BFR

La técnica de oclusión vascular en el músculo, se realiza mediante un esfigmomanómetro compresivo alrededor de la zona proximal de la extremidad que se quiere entrenar, lo que produce una presión externa. Cuando se infla el manguito compresor, se genera una compresión mecánica gradual de los vasos sanguíneos que resulta en una restricción parcial del flujo sanguíneo arterial distal al manguito, ello afecta al flujo venoso que está debajo del esfigmomanómetro, impide el retorno venoso (Nyakayiru *et al.*, 2019) y la compresión de las arterias proximales resulta en hipoxia del tejido muscular (Yinghao *et al.*, 2021).

Por otro lado, la disminución del flujo sanguíneo venoso promueve la acumulación de sangre dentro de los capilares de las extremidades ocluidas (Sato, 2005) que muchas veces se ve reflejado en eritema. Adicionalmente, cuando se combina la restricción del flujo con contracciones musculares aumenta la presión intramuscular debajo del esfigmomanómetro, lo que perturba aún más el flujo sanguíneo (Patterson *et al.*, 2019).

Determinación de la presión del cuff en entrenamiento de BFR-RE

La cantidad de presión necesaria para generar la restricción parcial del flujo sanguíneo a una extremidad depende del perímetro de las extremidades o composición corporal del individuo y del ancho, longitud y material del esfigmomanómetro (Patterson *et al.*, 2019). La presión del cuff, se establece en relación con la oclusión de la presión arterial (AOP) que se utiliza durante el ejercicio (% AOP), según Patterson *et al.* (2017) y esto, se hace al inflar el esfigmomanómetro hasta el punto en que el flujo sanguíneo cesa (100 % AOP) y se usa un porcentaje de esa presión (p. ej., 40-80 % de la AOP) durante el ejercicio.

Martín-Hernández *et al.* (2011) en la revisión bibliográfica plantean que, debido la diversidad de dispositivos y niveles de oclusión establecidos por diferentes autores, la presión de oclusión del cuff no determina los resultados del entrenamiento e indica "(...) otros dispositivos que no permiten controlar la presión (o permiten hacerlo de forma menos precisa), como cinchas, bandas elásticas o cintas velcro, pueden emplearse para entrenar en isquemia, especialmente fuera del laboratorio" (p 3).

En contraste, Patterson *et al.* (2019) concluyen que a mayor presión aplicada a la restricción de flujo sanguíneo más se aumenta la respuesta cardiovascular, asociada a malestar generalizado. Por tanto, se recomienda establecer la presión durante el entrenamiento



basado en la medición de AOP, con presiones que van desde el 40 al 80 % de la AOP, debido a la evidencia que respalda su eficacia.

Carga de ejercicio

La presión del cuff aplicada durante el ejercicio también puede estar determinada hasta cierto punto por la carga de ejercicio Lixandrao *et al.* (2015) informan que para la mayoría de las personas que hacen ejercicio con cargas correspondiente al 20-40 % de 1 RM probablemente, se maximizará el crecimiento y la fuerza muscular; pero cuando las cargas utilizadas, se encuentran en el extremo inferior de esta recomendación (por ejemplo, 20 % de 1-RM) entonces, una presión más alta (80 % AOP) puede ser necesaria para provocar el crecimiento muscular. Sin embargo, se requieren más estudios para confirmar esto.

La mayoría de las investigaciones han aplicado esta metodología en los flexores del codo y los extensores de la rodilla, por lo que se desconoce si otros grupos musculares requieren una recomendación de presión diferente. En la literatura, se reporta en la mayoría de los casos que el entrenamiento debe realizarse a cargas entre 20 y 40 % 1RM porque este rango de cargas produce adaptaciones musculares cuando se combina con BFR (Biazon *et al.*, 2019; Patterson *et al.*, 2019; Takarada *et al.*, 2000 y Yasuda *et al.*, 2012).

Volumen

En la literatura sobre BFR-RE existe un esquema de series, repeticiones comunes y de uso frecuente que involucra 75 repeticiones en cuatro series de ejercicios, con 30 repeticiones en la primera serie y 15 repeticiones en cada serie subsiguiente (Patterson *et al.*, 2019 y Yasuda *et al.*, 2012).

Períodos de descanso

Los estudios recomiendan que el descanso entre series deba ser de corta duración, entre 30 segundos y 1 minuto. (Martín-Hernández, 2011) Se constata que con periodos de 30 segundos de descanso se logra la hipertrofia del músculo esquelético y el aumento de la fuerza muscular (Yasuda *et al.*, 2012). No se recomienda sobrepasar los 30 segundos de descanso, debido a que no se aumenta el estrés metabólico y con ello no existe adaptación del músculo esquelético (Patterson *et al.*, 2019).

Frecuencia y duración

Se reporta que entre 2 a 4 sesiones semanales son propicias para generar adaptación del músculo esquelético. Erickson *et al.* (2019) informan que en personas sometidas a prehabilitación con BFR-RE, previo a reconstrucción de ligamento cruzado anterior que entrenan con frecuencia de tres sesiones semanales, durante cuatro semanas y tratamiento post quirúrgico de tres sesiones semanales, durante cuatro a cinco meses, se generan mejorías significativas en los niveles de fuerza e incrementos en el área de sección transversal del cuádriceps.



Con respecto a la duración del entrenamiento con BFR-RE, en la mayoría de los estudios se ha observado hipertrofia muscular y adaptaciones de la fuerza en períodos de tiempo mayor a tres semanas de duración (Martín-Hernández *et al.*, 2011; Patterson *et al.*, 2019; Pereira-Neto *et al.*, 2021 y Yasuda *et al.*, 2012).

Laurentino *et al.* (2011), en su estudio experimental con sujetos varones físicamente activos, concluyen que, en entrenamientos de cuatro semanas, la metodología de BFR-RE (20 % 1RM) genera ganancias en el área de sección transversal y fuerza máxima similares al entrenamiento tradicional de alta intensidad (80 % 1RM).

Efectividad del método de BFR-RE en la hipertrofia y fuerza muscular

En la actualidad hay evidencias de los resultados del entrenamiento de oclusión vascular en una amplia generación de personas que incluye a jóvenes y adultos mayores (Centner *et al.*, 2019), usuarios que necesitan rehabilitación de lesiones (Hughes *et al.*, 2017) y población deportiva (Wortman *et al.*, 2021).

Bennett y Slattery (2019); Hughes *et al.* (2017); Laurentino *et al.* (2011) y Pereira Neto *et al.* (2021) han informado que el entrenamiento de restricción parcial logró efectos similares al entrenamiento tradicional de alta intensidad, se observaron mejorías en el aumento de la fuerza máxima y/o hipertrofia del músculo esquelético y se evidenció que varios tipos de fuerza muscular mejoraron en respuesta a esta intervención, incluida las fuerzas dinámica isotónica, isométrica e isocinética (Takarada *et al.*, 2000), así como también la tasa de desarrollo de fuerza / capacidad de fuerza explosiva (Nielsen *et al.*, 2017).

Un meta-análisis sobre la efectividad del método BFR-RE en población atleta establece que BFR puede conducir a mejoras en la fuerza, el tamaño muscular y los marcadores de rendimiento deportivo en atletas sanos. Además, concluye que la combinación del entrenamiento de resistencia tradicional con BFR puede permitir a los atletas maximizar el rendimiento deportivo y mantener una buena salud (Wortman *et al.*, 2021).

Un estudio realizado en adultos mayores sobre el entrenamiento de kaatsu demostró mejorías en la calidad del ejercicio de caminata simple, sobre todo en aquellas poblaciones en las que ésta contraindicado el entrenamiento de fuerza con cargas pesadas (Clarkson *et al.*, 2017).

Sin embargo, Wilk *et al.* (2018) no recomiendan el uso de BFR-RE como único entrenamiento, sino más bien como un ejercicio complementario, dado que los mecanismos por los cuales se genera el aumento de fuerza muscular no son los mismos que los utilizados por el ejercicio tradicional de alta intensidad, en donde existe incremento de fuerza debido a adaptaciones neurales.

Cook *et al.* (2018) informan, en un estudio experimental, que a pesar de que el BFR-RE logra aumentos en la fuerza e hipertrofia muscular al igual que los que se obtienen en entrenamientos a altas cargas, no se evidencian cambios neuromusculares y sugirieron investigación que exploren este ámbito. Además, Shen *et al.* (2020) manifiestan que este método de entrenamiento puede causar hipoxia subyacente y disfunción de los



neurotransmisores relacionados con la fatiga neuromuscular y asociado a dolor muscular isquémico, por ser fundamental la exploración de los eventos hipóxicos y neurodegenerativos inducidos por este entrenamiento antes de promoverlo.

CONCLUSIONES

De acuerdo con la literatura, el método KAATSU, como entrenamiento que combina la restricción parcial del flujo sanguíneo con resistencia a bajas cargas, demostró ser un método eficaz para incrementar la fuerza e hipertrofia muscular, tanto en individuos sanos sedentarios, físicamente activos y deportistas, como en personas mayores e individuos en período de rehabilitación.

Los principales mecanismos propuestos como mediadores de esta adaptación fueron la elevación en la secreción de GH, la señalización intracelular vía anabólica y catabólica, y la contribución de procesos inflamatorios o edematosos.

En cuanto a la metodología aplicada, 75 repeticiones por sesión se consideraron un volumen apropiado de entrenamiento. Las intensidades más adecuadas fueron aquellas que se situaron entre el 20 % y el 40 % de 1 RM, con períodos de recuperación de 0,5 a 1 minutos entre series. Se propuso que, si se trabaja entre 2 a 4 veces por semana durante un tiempo mínimo de tres semanas, se obtienen resultados significativos.

A pesar de sus efectos en el aumento de la fuerza muscular e hipertrofia, se recomienda que este método se utilice como forma complementaria al entrenamiento de alta intensidad, ya que al parecer no existe adaptación neuromuscular y se asocia a dolor muscular isquémico. Se necesitan futuras investigaciones que aborden este ámbito; sin embargo, fue una alternativa plausible en la rehabilitación de deportistas que se encontraron imposibilitados de entrenar altas cargas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Backx, E, M., Hangelbroek, R., Snijders, T., Verscheijden, M.L, Verdijk, L. B., de Groot, L., Van Loon, L.J. (2017). Creatine loading does not preserve muscle mass or strength during leg immobilization in healthy, young males: a randomized controlled trial. *Sports Med*, 47 (8), pp. 1661-71. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0670-2>.
- Bennett, H., y Slattery, F. (2019). Effects of blood flow restriction training on aerobic capacity and performance: A systematic review. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 33(2), pp. 572-583. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002963>.
- Biazon, T., Ugrinowitsch, C., Soligon, S., Oliveira, R., Bergamasco, J., Borghi-Silva, A., y Libardi, C. (2019). The association between muscle deoxygenation and muscle hypertrophy to blood flow restricted training performed at high and low loads. *Frontiers in Physiology*, 10(446). <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00446>.



- Burboa, J., Bahamonde, M., Inostroza, M., Lillo, P., Barahona, M., Palet, M., Hinzpeter, J., Burboa, J., Bahamonde, M., Inostroza, M., Lillo, P., Barahona, M., Palet, M., y Hinzpeter, J. (2017). Efecto de un entrenamiento deportivo en el compartimiento angular de la extremidad inferior en niños futbolistas de entre 11 y 12 años. *Acta ortopédica mexicana*, 31(3), pp. 128-133. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S2306-41022017000300128&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- Centner, C., Wiegel, P., Gollhofer, A., y König, D. (2019). Effects of blood flow restriction training on muscular strength and hypertrophy in older individuals: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 49(1), pp. 95-108. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0994-1>
- Christiansen, D., Eibye, K. H., Rasmussen, V., Voldbye, H. M., Thomassen, M., Nyberg, M., Gunnarsson, T. G. P., Skovgaard, C., Lindskrog, M. S., Bishop, D. J., Hostrup, M., y Bangsbo, J. (2019). Cycling with blood flow restriction improves performance and muscle K⁺ regulation and alters the effect of anti-oxidant infusion in humans. *The Journal of Physiology*, 597(9), pp. 2421-2444. <https://doi.org/10.1113/JP277657>
- Clarkson, M. J., Conway, L. y Warmington, S. A. (2017). Blood flow restriction walking and physical function in older adults: A randomized control trial. *J Sci Med Sport*. 20(12), pp. 1041-1046. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2017.04.012>.
- Cook, S. B., Scott, B. R., Hayes, K. L., y Murphy, B. G. (2018). Neuromuscular adaptations to low-load blood flow restricted resistance training. *Journal of Sports Science & Medicine*, 17(1), pp. 66-73. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29535579/>
- Devis, P., y Knuttinen, MG. (2017). Deep venous thrombosis in pregnancy: incidence, pathogenesis and endovascular management. *Cardiovasc Diagn Ther*, (3), pp. 309-319. <https://doi.org/10.21037/cdt.2017.10.08>.
- Erickson, L. N., Lucas, K. CH., Davis, K. A. y Jacobs, C. A., (2019). Thompson KL, Hardy PA, Andersen AH, Fry CS, Noehren BW. Effect of Blood Flow Restriction Training on Quadriceps Muscle Strength, Morphology, Physiology, and Knee Biomechanics Before and After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction: Protocol for a Randomized Clinical Trial. *Phys Ther*. 99(8), pp. 1010-1019. <https://doi.org/10.1093/ptj/pzz062>.
- Hughes, L., Paton, B., Rosenblatt, B., Gissane, C. y 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), pp. 1003-1011. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>



- Keenan, L., Kerr, T., Duane, M., y Van Gundy, K. (2018). Systematic Review of Hormonal Contraception and Risk of Venous Thrombosis. *Linacre Q*, 85(4), pp. 470-477. <https://doi.org/10.1177/0024363918816683>.
- Laurentino, G., Ugrinowitsch, C., Roschel, H., Aoki, M., Soares, A., Junior, M., Aihara, A., Fernandes, A. y Tricoli, V. (2011). Strength Training with Blood Flow Restriction Diminishes Myostatin Gene Expression. *Medicine and science in sports and exercise*, 44(3), pp. 406-412. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e318233b4bc>
- Lixandrao, M., Ugrinowitsch, C., Laurentino, G., Libardi, C., Aihara, A., Cardoso, F., Tricoli, V. y Roschel, H. (2015). Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *European journal of applied physiology*, 115(12). <https://doi.org/10.1007/s00421-015-3253-2>
- Lu, L., Mao, L., Freng, Y., Ainsworth, B., Liu, Y. y Chen, N. (2021). Effects of different exercise training modes on muscle strength and physical performance in older people with sarcopenia: a systematic review and meta-analysis. *BMC Geriatrics*, 21(1), pp. 708-738. <https://doi.org/10.1186/s12877-021-02642-8>.
- Madarame, H., Kurano, M., Fukumura, K., Fukuda, T. y Nakajima, T. (2013). Haemostatic and inflammatory responses to blood flow-restricted exercise in patients with ischaemic heart disease: A pilot study. *Clinical physiology and functional imaging*, 33(1), pp. 11-17. <https://doi.org/10.1111/j.1475-097X.2012.01158.x>
- Martín Hernández, J., Marín, P. J. y Herrero, A. J. (2011). Revisión de los procesos de hipertrofia muscular inducida por el entrenamiento de fuerza oclusivo. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 4(4), pp. 152-157. <https://www.elsevier.es/es-revista-revista-andaluza-medicina-del-deporte-284-articulo-revision-procesos-hipertrofia-muscular-inducida-X188875461193787X>
- Nielsen, J., Frandsen, U., Prokhorova, T., Bech, R., Nygaard, T., Suetta, C. y Aagaard, P. (2017). Delayed effect of blood-flow-restricted resistance training on rapid force capacity. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 49(6), 1. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001208>
- Nyakayiru, J., Fuchs, C. J., Trommelen, J., Smeets, J.S., Senden, J. M., Gijzen, A. P., Zorenc. A. H., VAN Loon, L. J., Verdijk, L. B. (2019). Blood Flow Restriction Only Increases Myofibrillar Protein Synthesis with Exercise. *Med Sci Sports Exerc*, 51(6), pp. 1137-1145. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000001899>.
- Patterson, S. D., Hughes, L., Warmington, S., Burr, J., Scott, B. R., Owens, J., Abe, T., Nielsen, J. L., Libardi, C. A., Laurentino, G., Neto, G. R., Brandner, C., Martin-Hernandez, J. y Loenneke, J. (2019). Blood flow restriction exercise: Considerations of methodology, application, and safety. *Frontiers in Physiology*, 10, pp. 533. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>



- Patterson, S., Hughes, L., Head, P., Warmington, S. y Brandner, C. (2017). Blood flow restriction training: A novel approach to augment clinical rehabilitation: How to do it. *British Journal of Sports Medicine*, 51(23). <https://doi.org/10.1136/bjsports-2017-097738>
- Peitz, M., Behringer, M. y Granacher, U. (2018). A systematic review on the effects of resistance and plyometric training on physical fitness in youth- What do comparative studies tell us? *PloS One*, 13(10), e0205525. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0205525>
- Pereira-Neto, E. A., Lewthwaite, H., Boyle, T., Johnston, K., Bennett, H. y Williams, M. T. (2021). Effects of exercise training with blood flow restriction on vascular function in adults: A systematic review and meta-analysis. *PeerJ*, 9. <https://doi.org/10.7717/peerj.11554>
- Santos, C. S., Pinto, J. R., Scoz, R. D., Alves, B. M., Oliveira, P. R., Soares, W. J., Da Silva Jr Jr, R. A., Vieira, E. R., Amorim, C. F. (2022). What is the traditional method of resistance training: a systematic review. *J Sports Med Phys Fitness*, 62(9), pp. 1191-1198. <https://doi.org/10.23736/S0022-4707.21.12112-7>
- Sato, Y. (2005). The history and future of KAATSU training. *International Journal of Kaatsu Training Research*, 1(1), pp. 1-5. <https://doi.org/10.3806/ijktr.1.1>
- Schoenfeld, B. J., Grgic, J., Ogborn, D. y Krieger, J. W. (2017). Strength and Hypertrophy Adaptations Between Low- vs. High-Load Resistance Training: A Systematic Review and Meta-analysis. *J Strength Cond Res*, 31(12), pp. 3508-3523. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002200>
- Sharifi, S., Monazzami, A., Nikousefat, Z., Heyrani, A. (2020). The acute and chronic effects of resistance training with blood flow restriction on hormonal responses in untrained young men: A comparison of frequency. *Cell Mol Bio (Noisy-le-grand)*, 66 (1), pp. 1-8. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/32359376/>
- Shen, L., Li, J., Chen, Y., Lu, Z. y Lyu, W. (2020). L-carnitine's role in KAATSU training-induced neuromuscular fatigue. *Biomed Pharmacother*, 125:109899. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2020.109899>
- Soriano-Maldonado, A., Carrera-Ruiz, A., Díez-Fernandez, D., Esteban-Simón, A., Maldonado-Quesada, M., Moreno-Poza, N., García-Martinez, M., Alcaraz-García, C., Vázquez-Sousa, R., Moreno-Martos, H., Toro-de-Federico, A., Hachem-Salas, N., Artés-Rodríguez, E., Rodríguez-Pérez, M. y Casimiro-Andújar, A. (2019). Effects of a 12-week resistance and aerobic exercise program on muscular strength and quality of life in breast cancer survivors: Study protocol for the EFICAN randomized controlled trial. *Medicine (Baltimore)*, 98(44), e18419.



- Takarada, Y., Nakamura, Y., Aruga, S., Onda, T., Miyazaki, S. y Ishii, N. (2000). Rapid increase in plasma growth hormone after low-intensity resistance exercise with vascular occlusion. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.: 1985)*, 88(1), pp. 61-65. <https://doi.org/10.1152/jappl.2000.88.1.61>
- Tegtbur, U., Haufe, S. y Busse, M.W. (2020). Anwendung und Effekte des „blood flow restriction training“. *Unfallchirurg*, 123, pp. 170-175. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00774-x>
- Tritschler, T., Kraaijpoel, N., Le Gal, G., Wells, PS. (2018) Venous Thromboembolism: Advances in Diagnosis and Treatment. *JAMA*, 320(15), pp. 1583-1594. <https://doi.org/10.1001/jama.2018.14346>.
- Voet, N. B. M., Kooi, E. L. van der, Riphagen, I. I., Lindeman, E., Engelen, B. G. M. van. y Geurts, A. C. H. (2019). Strength training and aerobic exercise training for muscle disease. *The Cochrane Database of Systematic Reviews*, 9(7), CD003907. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD003907>.
- Wortman, R. J., Brown, S., M., Savage-Elliott, I., Finley, Z. J. y Mulcahey, M. K. (2021). Blood Flow Restriction Training for Athletes: A Systematic Review. *Am J Sports Med.* 49(7), pp. 1938-1944. <https://doi.org/10.1177/0363546520964454>.
- Wilk, M., Krzysztófik, M., Gepfert, M., Poprzecki, S., Go³a³e, A. y Maszczyk, A. (2018). Technical and Training Related Aspects of Resistance Training Using Blood Flow Restriction in Competitive SportA Review. *Journal of Human Kinetics*, 65, pp. 249-260. <https://doi.org/10.2478/hukin-2018-0101>
- Yasuda, T., Loenneke, J., Thiebaud, R. y Abe, T. (2012). Effects of Blood Flow Restricted Low-Intensity Concentric or Eccentric Training on Muscle Size and Strength. *PloS one*, 7(12). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0052843>
- Yinghao, L., Jing, Y., Yongqi, W., Jianming, Z., Zeng, G., Yiting, T. y Shuoqi, L. (2021). Effects of a blood flow restriction exercise under different pressures on testosterone, growth hormone, and insulin-like growth factor levels. *J Int Med Res.* 49(9), pp. 1-44. <https://doi.org/10.1177/030006052111039564>.



Conflictos de intereses:

Los autores declaran no tener conflictos de intereses.

Contribución de los autores:

Los autores han participado en la redacción del trabajo y análisis de los documentos.



Esta obra está bajo una licencia de Creative Commons Reconocimiento-NoComercial 4.0 Internacional.

Copyright (c) 2023 Priscila del Carmen Reyes Reyes

