

UNIVERSIDAD DE MIGUEL HERNÁNDEZ
CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE



UNIVERSITAS
Miguel Hernández

EFFECTOS DEL ENTRENAMIENTO DE OCLUSIÓN DEL FLUJO SANGUÍNEO TRAS LA OPERACIÓN QUIRÚRGICA DEL LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR. REVISIÓN SISTEMÁTICA.

CURSO ACADÉMICO: 2023-2024

ALUMNO: JOSE FRANCISCO GALINDO CANTÓ

TUTOR ACADÉMICO: VÍCTOR MORENO PÉREZ

ÍNDICE

1. CONTEXTUALIZACIÓN.....	4
2. METODOLOGÍA.....	5
El trabajo se encuentra aceptado por el comité de ética de investigación de la Universidad Miguel Hernández con el código COIR TFG.GAF.VMP.JFGC.240303.....	5
2.1 Fuentes documentales consultadas	5
2.2 Estrategia de búsqueda.....	5
2.3 Selección de artículos.....	5
2.4 Obtención de.....	5
2.5 Evaluación de la calidad metodológica	5
3. RESULTADOS	6
3.1 Resultados de la prueba de equilibrio en Y.....	7
3.2 Resultados de dolor de rodilla.....	7
3.3 Resultados del dolor muscular	8
4. DISCUSIÓN.....	8
4.1 Prueba de equilibrio en el Y Balance Test	8
4.2 Dolor de rodilla.....	8
4.3 Dolor muscular	9
4.4 Limitaciones de la revisión	9
5. CONCLUSIÓN Y APLICACIÓN PRÁCTICA.....	9
6. BIBLIOGRAFÍA.....	11
7. ANEXOS.....	11

RESUMEN

Introducción: La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) afecta a un gran número de deportistas a nivel mundial, es considerada una de las lesiones más graves en el ámbito deportivo. Además, puede desarrollar lesiones secundarias como la osteoartritis temprana. Los entrenamientos con oclusión del flujo sanguíneo (BFR) emergen como una alternativa del entrenamiento de fuerza a los métodos actuales, previniendo la atrofia muscular y la función física. Asimismo, puede acelerar los procesos de recuperación con cargas más bajas y ejercicios adaptados.

Objetivos: Conocer los beneficios de la técnica por BFR en la rehabilitación del LCA.

Metodología: Se trata de una revisión sistemática en las bases de datos de Pubmed y SPORTDiscus a partir de julio de 2017.

Resultados: Un total de 6 artículos fueron seleccionados para la revisión sistemática. Los participantes asignados a los grupos de BFR obtuvieron un mayor rendimiento en la prueba de equilibrio en Y. Además, el dolor de rodilla durante y 24 horas después de los entrenamientos fue menor en los grupos de BFR. Sin embargo, los grupos de BFR manifestaron mayor dolor muscular.

Conclusiones: La aplicación del BFR en la rehabilitación del LCA puede ser beneficioso cuando se aplica en las primeras fases de la rehabilitación reduciendo los dolores de rodilla y mejorando la función física.

Palabras clave: restricción del flujo sanguíneo; ligamento cruzado anterior; hipertrofia; entrenamiento.



1. CONTEXTUALIZACIÓN

La lesión del ligamento cruzado anterior (LCA) afecta a más de dos millones de personas en todo el mundo (Li et al., 2023). Esta lesión se considera una de las lesiones más severas debido a que la tasa de lesiones entre los atletas profesionales no ha disminuido en las últimas décadas, ni en los deportes de contacto ni en los de no contacto. Además, la lesión del LCA puede degenerar en la aparición de osteoartritis temprana (Mazza et al., 2022). Por otro lado, surge la preocupación de que, una vez llevada a cabo la cirugía, esta pueda ocasionar deficiencias en la rodilla que resulten un retorno fallido a la práctica deportiva, o que los pacientes sufran una recidiva (Jack et al., 2022).

Después de la intervención quirúrgica del LCA, los afectados se someten a ejercicios con el objetivo de prevenir la atrofia muscular y la pérdida de fuerza en la zona. De hecho, la severidad de esta lesión ha provocado que surjan nuevos métodos que pretenden proporcionar una alternativa a los métodos tradicionales, ofreciendo la posibilidad de llevar a cabo diferentes entrenamientos que puedan ajustarse a las personas que han sido sometidas a una intervención quirúrgica del ligamento cruzado anterior. Tradicionalmente, para producir hipertrofia muscular en la musculatura de la extremidad lesionada, la intensidad del esfuerzo en los ejercicios propuestos para la rehabilitación, se han realizado con cargas pesadas. Específicamente con cargas superiores al 65% de la repetición máxima (Hughes et al., 2019b). Si bien estas cargas pueden ser necesarias para aumentar la resistencia, también pueden provocar daño meniscal y hematomas óseos, considerándose contraindicadas para pacientes con LCA (Hughes et al., 2019a).

Una alternativa para la rehabilitación postquirúrgica del LCA es el entrenamiento por oclusión o restricción del flujo sanguíneo (BFR), también conocido en inglés por el acrónimo "blood flow restriction". Esta técnica se ha convertido más popular en la rehabilitación para reducir la atrofia, preservar la fuerza y la función con cargas de resistencia seguras (Jack et al., 2022). El BFR se caracteriza por ser técnica de oclusión que permite reducir el flujo de sangre en dirección al segmento donde se está aplicando la obstrucción. Este protocolo permite atenuar la atrofia muscular y reducir el dolor de rodilla con una intensidad de entrenamiento relativamente más baja respecto a los métodos tradicionales (Hughes et al., 2019a). De esta forma puede considerarse una herramienta potencial para la rehabilitación del LCA, debido a que la carga ligera con BFR puede estimular mayores aumentos en la fuerza y la hipertrofia en comparación con la carga ligera solamente, y adaptaciones similares a las cargas pesadas (Hughes et al., 2018).

La rehabilitación del LCA es un proceso que abarca una duración de entre 9 a 12 meses después de la cirugía. Dado que el BFR permite acelerar las ganancias de fuerza del cuádriceps durante las fases posoperatorias (Okorooha et al., 2023), puede ser de gran interés su uso durante este periodo de tiempo. Para poder llevar a cabo la técnica de la BFR, se utiliza un manguito que se coloca en la zona proximal de la extremidad, generando una compresión manual o automática (Jack et al., 2022). El manguito provoca un efecto torniquete, que mantiene el flujo arterial y ocluye el retorno venoso. Debido a la oclusión, se provoca la hipoxia en la extremidad generando estrés metabólico y tensión muscular (Okorooha et al., 2023). Para hacer un uso adecuado del BFR, actualmente los protocolos sugieren que los participantes realicen la intervención con una intensidad de esfuerzo del 20%-30% (1RM), siendo así equiparables en magnitud a altas cargas (Hughes et al., 2019b) con una presión oclusiva del 40%-80% de la extremidad. Además, recomiendan realizar un total de cuatro series, con una primera serie de 30 repeticiones, seguidas de otras tres de 15 repeticiones, con descansos entre series de 30 segundos. Por otra parte, los ejercicios que han sido mayormente utilizados en los estudios han sido la prensa unilateral y variantes de sentadilla.

Atendiendo a todo lo expuesto anteriormente, el objetivo de esta revisión sistemática es conocer los beneficios de la técnica por oclusión del flujo sanguíneo en la rehabilitación del LCA.

2. METODOLOGÍA

El trabajo se encuentra aceptado por el comité de ética de investigación de la Universidad Miguel Hernández con el código COIR TFG.GAF.VMP.JFGC.240303.

2.1 Fuentes documentales consultadas

Esta revisión bibliográfica se llevó a cabo mediante dos bases de datos, PubMed y SPORTDiscus a la fecha del 07/02/2024.

2.2 Estrategia de búsqueda

Siguiendo las normas de la declaración PRISMA para las revisiones sistemáticas (Preferred Reporting Items for Systematic reviews and Meta-Analyse) (Page et al., 2021). La metodología utilizada para la base de datos Pubmed y SPORTDiscus incluía las palabras clave “blood flow restriction” and “hypertrophy” and “training” and “increase strength”, sin embargo, los resultados eran muy amplios y poco específicos del tema en cuestión, es por ello por lo que se realizó una segunda búsqueda de forma más específica. En la segunda búsqueda se utilizaron las palabras clave, “blood flow restriction” and “anterior cruciate ligament” a la fecha de 10/02/2024 además de la utilización de los booleanos AND y OR.

Los resultados de la búsqueda se detallan en el diagrama PRISMA.

2.3 Selección de artículos

Se tuvieron en cuenta los siguientes criterios de inclusión:

1. Que la puntuación en la escala Pedro tuviera una puntuación mayor o igual a 5.
2. Que los estudios traten de los entrenamientos de fuerza con el uso del BFR.
3. Uso del BFR para la rehabilitación postquirúrgica del LCA.

Los criterios adoptados de exclusión fueron:

1. Estudios que se centraban en el estudio de un solo caso o estudios de revisión.
2. Estudios que utilizan el BFR después de meses/años tras la cirugía de rodilla.

2.4 Obtención de datos

Tras la obtención de los artículos que han sido seleccionados para la revisión sistemática, se han analizado los siguientes datos: título, objetivo, tipo de estudio, tipo de intervención, seguimiento, resultados y conclusiones.

2.5 Evaluación de la calidad metodológica

Para evaluar la calidad metodológica de los estudios, se utilizó la escala PEDro para comprobar su calidad. La escala PEDro cuenta con 11 criterios, de los cuales solo se valoran los 10 últimos, el criterio 1 no es válido para la puntuación. El criterio 1 evalúa la validez externa, del criterio 2 al 9 se evalúa la validez interna y los criterios 10 y 11 evalúan la validez estadística. Como se describió en los criterios de inclusión, únicamente fueron seleccionados los artículos que presentaban una puntuación igual o superior a 5 en la escala de PEDro. La puntuación media de los artículos fue de 6,67 sobre 10, obteniendo una calidad moderada a alta (Tabla 1).

Tabla 1. Escala PEDro. Evaluación de la calidad de los estudios de la revisión.

ARTÍCULOS	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	PUNTUACIÓN TOTAL
Jack et al. (2022)	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	7/10
Hughes, et al. (2019a)	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	9/10
Hughes et al. (2018)	✓	✓		✓	✓			✓	✓	✓	✓	7/10
Li et al. (2023)	✓	✓		✓					✓	✓	✓	5/10
Okoroha et al. (2023)	✓	✓		✓					✓	✓	✓	5/10
Hughes, et al. (2019b)	✓	✓	✓	✓				✓	✓	✓	✓	7/10

1. Criterio de elegibilidad; 2. Asignación aleatoria; 3. Asignación oculta; 4. Comparabilidad de referencia; 5. Sujetos cegados; 6. Terapeutas cegados; 7. Evaluadores cegados; 8. Seguimiento adecuado; 9. Análisis por intención de tratar; 10. Comparaciones entre grupos; 11. Estimaciones puntuales y variabilidad.

3. RESULTADOS

Inicialmente, los artículos obtenidos en la primera búsqueda fueron un total de 49, 33 de ellos en la base de datos de PubMed y de 16 en la base de datos SPORTDiscus. Posteriormente, se eliminaron 14 artículos duplicados, quedando 35 artículos donde se revisó el título y resumen. Una vez revisados, se descartaron 23 artículos. Finalmente, 12 artículos fueron revisados y analizados en profundidad, de los cuales se descartaron 6, obteniendo un total de 6 artículos finales para la revisión sistemática (Figura 1).

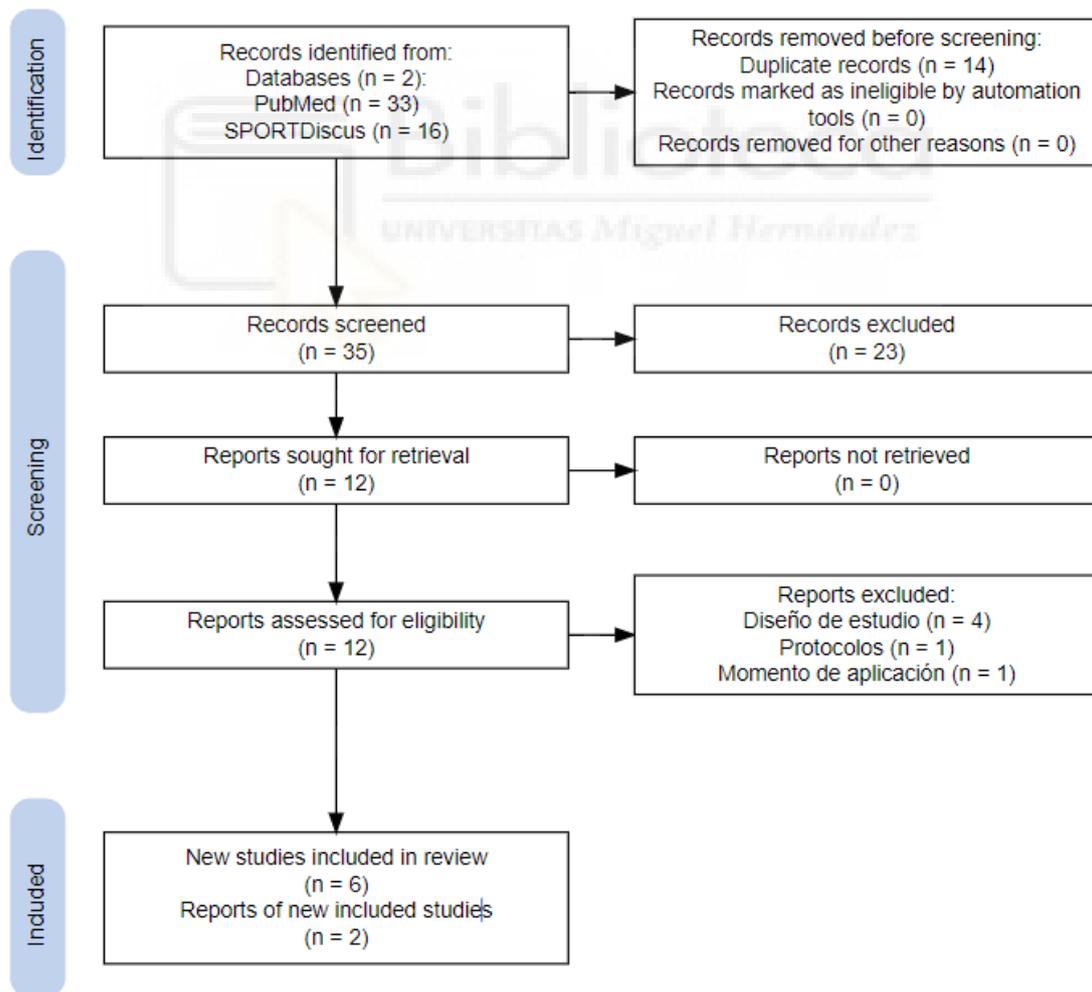


Figura 1. Diagrama de flujo.

Resultado de las características de los sujetos

Un total de 194 participantes fueron valorados en los 6 artículos que fueron seleccionados, con una media de muestra por artículo de 33 personas. El número máximo de individuos que han participado en BFR ha sido de 171 personas.

Todos los estudios fueron mixtos y los rangos de edad oscilaron entre los 14 y los 39 años.

Resultados acerca de la metodología empleada

Las medidas para evaluar las presiones utilizadas por los maguitos que aplicaban la oclusión de la extremidad fueron medidas en porcentaje. Todos los estudios (Jack et al., 2022; Hughes et al., 2018; 2019a; 2019b; Li et al., 2023; Okoroha et al., 2023) utilizaron una presión de oclusión arterial del 80%, sin embargo, el estudio de Li et al. (2023) realizó una comparación de 3 grupos, en los que uno de ellos no utilizó ningún tipo de presión de oclusión arterial, a los otros dos grupos se les estableció una presión del 40% y 80% respectivamente.

En la mayoría de los estudios (Jack et al., 2022; Hughes, et al., 2018; 2019a; 2019b) en los cuales los sujetos formaban parte de los grupos de RFR, se registró que la intensidad media de los entrenamientos fue del 27,5%. Por otra parte, Li et al. (2023) utilizó intensidades ajustándose al género de los sujetos, mientras que Okoroha et al. (2023) utilizó el propio peso corporal de los pacientes para realizar los ejercicios.

Durante la intervención, la frecuencia media semanal fue de 2 sesiones por semana en varios estudios (Jack et al., 2022; Hughes et al., 2018, 2019a, 2019b; Li et al., 2023; Okoroha et al., (2023). El estudio de Hughes et al. (2018) debido a que se trató de un estudio transversal, no tuvo más sesiones de entrenamiento que la propia de la medición.

Atendiendo a la duración de las intervenciones, el estudio de Hughes et al. (2018) consistió en una evaluación transversal, 3 estudios (Hughes, et al., 2019a; 2019b; Li et al., (2023) tuvieron una duración de 8 semanas. El estudio de Jack et al. (2022) tuvo una duración de 12 semanas y el estudio de Okoroha et al. (2023) tuvo un seguimiento de 6 meses, sin embargo, este último suspendió el uso del BFR a partir de las 12 semanas.

Las variables más utilizadas para realizar las evaluaciones de los sujetos fueron la prueba de equilibrio en Y, el dolor de rodilla y el dolor muscular.

En el apartado de anexos se muestran detalladamente los datos de los estudios (tabla 2).

3.1 Resultados de la prueba de equilibrio en Y

El 50% de los estudios (Jack et al., 2022; Hughes et al., 2019a; Li et al. 2023) analizaron el equilibrio mediante el test de equilibrio en Y Balance Test, donde obtuvieron un mayor rendimiento aquellos que fueron tratados con el BFR.

3.2 Resultados de dolor de rodilla

En relación al dolor, un 50% de los estudios (Hughes et al., 2018; 2019a; 2019b) observaron que los sujetos que pertenecieron al grupo de BFR tuvieron menor dolor en la rodilla, además en el estudio de Hughes et al. (2019a) midieron el dolor de rodilla 24 h después de la sesión y observaron que el dolor continuaba siendo menor respecto al grupo HL-RT del mismo estudio. Mientras que, en el estudio de Hughes et al. (2019a) se evaluó el dolor a través de la escala Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score, los estudios de Hughes et al. (2018) y Hughes, et al. (2019b) evaluaron el dolor de los sujetos a través de la escala de Borg (1998).

3.3 Resultados del dolor muscular

El 33% de los estudios (Hughes et al., 2018; 2019b) analizaron el dolor muscular. Los estudios utilizaron las escalas de percepción del esfuerzo percibido y el dolor de Borg (1998) para medir el dolor muscular informado por los sujetos. En los grupos de BFR se encontró que el dolor muscular fue significativamente mayor en comparación a los grupos que no utilizaron BFR.

4. DISCUSIÓN

La presente revisión bibliografía se llevó a cabo con el objetivo de conocer los beneficios de la técnica por BFR en la rehabilitación del LCA. Los resultados han podido demostrar que la utilización del BFR en personas con rehabilitación postquirúrgica tiene beneficios en la variable de dolor en la rodilla y mayor rendimiento en la prueba de equilibrio en el Y Balance Test. Por otro lado, el dolor muscular notificado por los participantes fue mayor en los sujetos que pertenecieron a los grupos de BFR.

4.1 Prueba de equilibrio en el Y Balance Test

Atendiendo a la prueba de equilibrio en el test del Y Balance Test, los resultados en los tres estudios (Jack et al., 2022, Hughes et al., 2019a y Li et al., 2023) que evaluaron la prueba de equilibrio observaron diferencias significativas entre los sujetos que realizaron la intervención con BFR y los sujetos de control. La prueba evaluó la función de la rodilla en tres direcciones; anterior; posteromedial y posterolateral. Todos los estudios evaluaron las pruebas al inicio y tras 8 semanas de intervención mostrando un mayor desempeño en los grupos de BFR otorgando una mayor función física. Asimismo, Hughes et al. (2019a) sostiene la posibilidad de que el grupo BFR tuviese un mayor rendimiento en la prueba de equilibrio en el Y Balance Test y posiblemente se explique debido a que los pacientes experimentaron un menor dolor y derrame en la rodilla.

4.2 Dolor de rodilla

En las investigaciones (Hughes et al., 2018; 2019a; 2019b) que evaluaron el dolor de la rodilla, observaron que los participantes pertenecientes a los grupos de BFR experimentaron menor dolor durante el entrenamiento y a las 24 horas después de su intervención. Dos estudios (Hughes et al., 2018; 2019b) evaluaron el dolor de rodilla mediante la escala de Borg del dolor (1998), mientras que el estudio de Hughes et al. (2019a) evaluó el dolor a través de la escala de dolor Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS). En el estudio de Hughes et al. (2019a) los pacientes del grupo BFR experimentaron menor dolor de rodilla, lo cual puede atribuirse a que los sujetos utilizaban cargas más ligeras (30% RM). Además, estos mismos resultados pueden observarse en el estudio de Hughes et al. (2018). Hughes et al. (2018) mostró un menor dolor en la rodilla en los sujetos con BFR respecto al grupo control que realizaron los ejercicios con cargas de alta intensidad (70% RM). Esto sugiere que el uso de cargas más ligeras durante los entrenamientos puede no intensificar el dolor o la inflamación en la articulación de la rodilla. Por otro lado, los entrenamientos con menor carga pueden realizarse con más frecuencia respecto con cargas pesadas, favoreciendo las adaptaciones de fuerza y la masa muscular en períodos cortos de 2 semanas. Además, el uso de cargas ligeras provoca respuestas perceptivas similares o mayores a cargas pesadas en pacientes con una lesión del LCA.

Por otra parte, Hughes et al. (2019b) sostiene que el BFR puede causar un efecto hipoalgésico con el entrenamiento de resistencia. Un menor dolor de rodilla puede ser debido a que la isquemia y el dolor muscular que induce la presión del manguito es un condicionante que modula y altera la sensibilidad al dolor y, por lo tanto, provoca una respuesta antinociceptiva en

el individuo. Otra posible explicación es la liberación de opioides endógenos y endocannabinoides impulsados por la hipoxia durante el ejercicio (Hughes et al., 2019b).

4.3 Dolor muscular

En relación al dolor muscular, varios estudios (Hughes et al., 2018; 2019b) evaluaron el dolor muscular utilizando la escala de dolor de Borg (1998). Se constató que los sujetos que pertenecían a los grupos BFR obtuvieron una puntuación más alta respecto a los sujetos que no usaron BFR, por lo que el dolor fue significativamente mayor para los participantes de los grupos BFR. Hughes et al. (2018) asegura que un mayor dolor muscular en los sujetos con BFR es producido por la acumulación de metabolitos debido a la oclusión venosa y a la hipoxia, a causa de esto, se produce una estimulación de las fibras aferentes aumentando la actividad del sistema nervioso simpático y por ende una posible causa a de mayor dolor muscular. Esto se puede observar en el estudio de Hughes et al. (2019b), donde los sujetos que pertenecían al grupo BFR reportaron mayor dolor muscular respecto al grupo que entrenaba con cargas pesadas (70% RM). Además, los sujetos del grupo BFR realizaron un mayor volumen de trabajo. En consecuencia, el tiempo de trabajo bajo la restricción del flujo sanguíneo fue mayor, lo que influyó en las respuestas al dolor.

4.4 Limitaciones de la revisión

Atendiendo a los artículos presentes en esta revisión, se han observado limitaciones que comparten algunos de ellos. Una de la limitación más frecuente en cuatro artículos (Jack et al., 2022; Hughes et al., 2018; 2019a; 2019b; Li et al., 2023) es el tamaño de la muestra de los participantes. Esto puede conllevar una limitación con lo que respecta a la generalización de los resultados en poblaciones más amplias (Hughes et al., 2019a; 2019b). El estudio de Li et al. (2023) expone que un pequeño tamaño de la muestra puede dar como consecuencia la posibilidad de causar un error de Tipo I y de Tipo II lo que resulta en que la prueba de equilibrio en el Y Balance Test puede no ser lo suficientemente científica como indicador. Por otra parte, otra de las limitaciones más concurrentes en 4 de los 6 artículos (Hughes et al., 2019a; 2019b; Li et al., 2023; Okorooha et al., 2023) fue no cegar a los participantes en la asignación de grupos. 2 estudios (Hughes et al., (2019a; 2019b) exponen que los participantes al ser entrenados individualmente no estuvieron expuestos a otros protocolos de intervención en ningún momento. Por otra parte, el estudio de Okorooha et al. (2023) argumenta que el hecho de que los sujetos no fuesen cegados podría causar sesgos durante la intervención. Otra limitación fue no controlar la ingesta nutricional de los participantes en 2 artículos (Jack et al., 2022; Hughes et al., 2019a;). Sin embargo, el estudio de Jack et al. (2022) sugiere que debido a que los sujetos en su estudio fueron asignados al azar, es poco probable que un tipo de dieta favoreciera a un grupo más que a otro. Ningún estudio realizó una intervención continuada de la BFR en sus pacientes, por lo que esta es una limitación que involucra a todos los estudios debido a que realizaron evaluaciones a corto plazo, en un periodo de 12 semanas. Además, los estudios de Jack et al., (2022) y Okohora et al., (2023) mencionan esta limitación del seguimiento. Por lo que no existe una evidencia científica de cómo puede afectar el BFR en sujetos sometido a una rehabilitación del LCA a largo plazo.

5. CONCLUSIÓN Y APLICACIÓN PRÁCTICA

Esta revisión sistemática ha demostrado que el uso del BFR puede ser beneficiosa en la rehabilitación postquirúrgica en personas con una lesión del LCA. Además, también se ha podido comprobar que cuando se compara el BFR respecto a otros métodos en los que no se lleva a

cabo el BFR y métodos tradicionales en los que la intensidad de los entrenamientos es mucho más alta (70% RM), el BFR presenta mejoras significativas.

Cabe destacar que los estudios han llevado a cabo una intervención de 12 semanas con uso del BFR. Los resultados han revelado mejoras cuando se evalúa la función física mediante la prueba de equilibrio en el Y Balance Test y además también diferencias significativas en cuanto al dolor de rodilla experimentado en los sujetos, siendo menor en los grupos que realizaron los entrenamientos con BFR. Es importante mencionar que el dolor muscular fue mayor en los sujetos sometidos a BFR, sin embargo, ninguno de los estudios reporto efectos secundarios, y mientras los sujetos puedan soportar dicho dolor, el beneficio es mayor con el uso del BFR.

Por lo tanto, el uso del BFR es una alternativa potencial que puede ser llevado a cabo en la rehabilitación del LCA, sobre todo en las primeras fases. A pesar de esto, es necesario más estudios que analicen más las propiedades del BFR debido a que en la actualidad, no existe todavía una extensa evidencia científica.

Atendiendo a la aplicación práctica, lo más recomendable para hacer un buen uso del BFR es aplicarlo en las primeras fases de la rehabilitación. Hasta donde se conoce, estas fases oscilan en periodos desde las 8 semanas hasta las 12 semanas, donde se han demostrado mejoras significativas cuando se ha aplicado el BFR en estas primeras fases de la rehabilitación. Además, la intensidad adecuada oscila entorno al 30% del RM con presiones oclusivas en la extremidad del 80%.



6. BIBLIOGRAFÍA

- Hughes, L., Paton, B., Haddad, F., 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., Patterson, S. D., Haddad, F., Rosenblatt, B., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., & Paton, B. (2019a). 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., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., Paton, B., & Patterson, S. D. (2019b). 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>
- Jack, R. A., Lambert, B. S., Hedt, C. A., Delgado, D., Goble, H., & McCulloch, P. C. (2022). Blood Flow Restriction Therapy Preserves Lower Extremity Bone and Muscle Mass After ACL Reconstruction. *Sports Health*. <https://doi.org/10.1177/19417381221101006>
- Li, X., Li, J., Qing, L., Wang, H., Ma, H., & Huang, P. (2023). Effect of quadriceps training at different levels of blood flow restriction on quadriceps strength and thickness in the mid-term postoperative period after anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized controlled external pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders, 24*(1). <https://doi.org/10.1186/s12891-023-06483-x>
- Mazza, D., Viglietta, E., Monaco, E., Iorio, R., Marzilli, F., Princi, G., Massafra, C., & Ferretti, A. (2022). Impact of Anterior Cruciate Ligament Injury on European Professional Soccer Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 10*(2). <https://doi.org/10.1177/232596712211076865>
- Okoroha, K. R., Tramer, J. S., Khalil, L. S., Jildeh, T. R., Abbas, M. J., Buckley, P. J., Lindell, C., & Moutzourous, V. (2023). Effects of a Perioperative Blood Flow Restriction Therapy Program on Early Quadriceps Strength and Patient-Reported Outcomes After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine, 11*(11). <https://doi.org/10.1177/23259671231209694>
- Page, M. J., McKenzie, J. E., Bossuyt, P. M., Boutron, I., Hoffmann, T. C., Mulrow, C. D., Shamseer, L., Tetzlaff, J. M., Akl, E. A., Brennan, S. E., Chou, R., Glanville, J., Grimshaw, J. M., Hróbjartsson, A., Lalu, M. M., Li, T., Loder, E. W., Mayo-Wilson, E., McDonald, S., ... Moher, D. (2021). The PRISMA 2020 statement: An updated guideline for reporting systematic reviews. In *The BMJ* (Vol. 372). BMJ Publishing Group. <https://doi.org/10.1136/bmj.n71>

7. ANEXOS

AUTOR/AÑO	Nº	EDAD	SEXO	AOP	INTENSIDAD	PROTOCOLO	INTERVENCIÓN /FREC.	EVALUACIÓN	VARIABLES	RESULTADOS
Jack et al. (2022)	32	16-36	H-M	80%	20% 1RM	Ambos grupos: 4x (30-15-15 rep.) 30s descanso	12 semanas (2x semana)	1. A las 8 semanas 2. A las 12 semanas	1. Sentadilla SL 2. Descenso excéntrico SL 3. Prueba de equilibrio en Y 4. Press de piernas SL (1RM). 5. Curl isquiotibiales SL (1RM).	Grupo BFR menor tiempo para regresión al deporte. Menor pérdida de masa magra y masa ósea del grupo BFR a las 12 semanas.
Hughes et al. (2019a)	24	22-36	H-M	80%	BFR: 30%RM Control: 70% 1RM	BFR: 4x (30-15-15-15 rep.) 30s descanso HL-RT: 3x10 rep. 30s descanso	8 semanas (2x semana)	1. Pre-cirugía 2. Post-cirugía (semana 0) 3. Mitad entrenamiento (semana 4 y 5) 4. Post-entrenamiento (semana 9)	1. Fuerza isotónica máxima escalada (10RM). 2. Morfología muscular del vasto lateral 3. Función autoinformada. 4. Prueba de equilibrio en Y. 5. Dolor articular de la rodilla. 6. La función física. 7. ROM. 8. Laxitud articular de la rodilla. 9. Fuerza isocinética máxima. escalada de extensión y flexión de la rodilla a 60°/s, 150°/s y 300°/s.	El grupo BFR-RT tuvo más mejoras de hipertrofia y niveles de fuerza similares en comparación con el grupo HL-RT. Mayor reducción del dolor y menor derrame en la articulación del grupo BFR-RT en comparación con el grupo HL-RT.
Hughes et al. (2018)	30	22-38	H-M	80%	Grupos BFR: 30% 1RM Grupo ACLR-HL: 70% 1RM	NI-BFR: 4x (30-15-15-15 rep.) 30s descanso ACLR-BFR: 4x (30-15-15-15 rep.) 30s descanso ACLR-HL: 3x10 rep, 30s descanso	Transversal	1 evaluación en la semana 2-3 post-cirugía	1. RPE. 2. Dolor muscular. 3. Dolor de rodilla. 4. Presión arterial antes y 5 minutos después del ejercicio.	Mayor RPE en el grupo ACLR-BFR y similares al grupo ACLR-RT. Mayor dolor muscular en los grupos BFR respecto a sin BFR. Menor dolor de rodilla durante y 24h post entrenamiento en el grupo BFR. Sin diferencias significativas en la presión arterial.
Li et al. (2023)	23	23-35	H-M	0%,40%,80%	Hombre: barra 20kg + 10kg Mujeres: barra 20 kg	Ambos grupos: 4x (30-15-15 rep.) 30s descanso	8 semanas (2x semana)	1. Al inicio 2. Al final de las 8 semanas	1. Fuerza máxima isocinética escalada de extensión de rodilla 60°/s y 180°/s. 2. Suma del grosor del músculo recto femoral afectado y vasto intermedio. 3. Prueba de equilibrio en Y. 4. Respuestas al cuestionario IKDC	Al 80% AOP un aumento mayor de fuerza y grosor del cuádriceps. Al 80% AOP mayores ganancias del torque máximo del cuádriceps con relación al peso corporal y mejora del grosor del recto femoral y vasto intermedio.
Okoroha et al. (2023)	38	14-39	H-M	80%	Peso corporal	Ambos grupos: 4x (30-15-15 rep.) 30s descanso	6 meses (2x semana)	1. A las 6 semanas 2. A las 12 semanas 3. A los 6 meses	1. Medidas basales de las extremidades. 2. Torque máximo del cuádriceps. 3. Torque medio del cuádriceps. 4. Tiempo hasta el torque máximo. 5. Rango de movimiento de la rodilla. 6. Dolor VAS. 7. Puntuación IKDC. 8. Puntuación PROMIS.	El grupo BFR tuvo mayor generación de torque. A los 3 y 6 meses no hubo diferencias significativas.
Hughes, et al. (2019b)	24	22-36	H-M	80%	BFR: 30% 1RM HL: 70% 1RM	BFR: 4x (30-15-15-15 rep.) 30s descanso HL-RT: 3x10 rep. 30s descanso	8 semanas (2x semana)	1. A las 2 semanas post-cirugía	1. Dolor de rodilla percibido en la sesión. 2. Dolor de rodilla 24 post-entrenamiento. 3. Dolor muscular. 4. RPE (Escala Borg). 5. Escalas de dolor durante el entrenamiento.	Menor dolor en la rodilla en el grupo de BFR-RT durante y 24h después de cada sesión de entrenamiento. El dolor muscular fue mayor en el grupo BFR-RT respecto al grupo HL-RT en todas las sesiones. El RPE fue igual para ambos grupos.

