

Trabajo de fuerza con restricción del flujo sanguíneo en la recuperación postquirúrgica de la lesión del ligamento cruzado anterior. Revisión Bibliográfica

Grado en Ciencias de la Actividad Física y el deporte

Universidad Miguel Hernández de Elche



Curso académico: 2021/2022

Alumno: Carlos Montón Peracho

Tutor académico: Víctor Moreno Pérez

ÍNDICE

RESUMEN	1
1. CONTEXTUALIZACIÓN	3
2. PROCEDIMIENTO DE REVISIÓN (METODOLOGÍA)	4
2.1. Diseño del estudio.....	4
2.2. Búsqueda sistemática.....	4
2.3 criterios de inclusión y exclusión.....	4
2.4. Riesgo del sesgo.....	5
3. RESULTADOS.....	6
3.2 Características de la muestra estudiada.....	7
3.3 Tipo de estudio.....	7
3.4 Intervención.....	7
3.5 Cambios en la fuerza y sección transversal.....	7
4. DISCUSIÓN	11
5. CONCLUSIÓN.....	12
6. PROPUESTA DE INTERVENCIÓN	12
7. BIBLIOGRAFÍA	12



Resumen

Objetivo: El presente Trabajo de Fin de Grado consiste en una revisión sistemática de la literatura sobre la utilización del entrenamiento de la oclusión sanguínea para la rehabilitación del ligamento cruzado anterior (LCA).

Método: Búsqueda asistida siguiendo el método PRISMA en las siguientes bases de datos WebOfScience, PubMed y Scopus investigando los efectos de la restricción de flujo sanguíneo en la rehabilitación del LCA sobre la fuerza y la hipertrofia en extensores y flexores de rodilla.

Resultado: Un total de 114 artículos han sido explorados en orden de título, resumen y artículo completo, resultando 7 artículos incluidos en la revisión. La mayoría de los autores intervinieron a hombres y mujeres mediante estudios prospectivos, en las que realizaron un protocolo de entrenamiento 2-3 veces/semana usando manguitos hidráulicos en las extremidades inferiores, con presiones mayoritariamente entre 120 y 180mmHg.

Conclusión: Tras analizar la literatura, se ha llevado a la conclusión que el entrenamiento en oclusión sanguínea con bajas cargas genera mejoras en la fuerza de la musculatura tanto flexora de la rodilla como extensora de esta.

Palabras clave: “Restricción del flujo sanguíneo”, “Ligamento cruzado anterior”, “Rehabilitación”, “Fuerza”.



Abstract

Objective: This Final Degree Project consists of a systematic review of the literature on the use of blood occlusion training for the rehabilitation of the anterior cruciate ligament (ACL).

Methodology: Assisted search following the PRISMA method in the following databases WebOfScience, PubMed and Scopus investigating the effects of blood flow restriction in ACL rehabilitation on strength and hypertrophy in knee extensors and flexors.

Results: A total of 114 articles have been explored in order of title, abstract and full article, resulting in 7 articles included in the review. Most of the authors intervened on men and women through prospective studies, in which they performed a training protocol 2-3 times/week. They used hydraulic cuffs on the lower limbs with pressures mostly between 120 and 180mmHg.

Conclusion: After analyzing the literature, it has been concluded that blood occlusion training with low loads generates improvements in both knee flexor and knee extensor muscle strength.

Keywords: "Blood flow restriction", "Anterior cruciate ligament", "Rehabilitation", "Strength".



1. Contextualización

Las lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) son una de las lesiones más comunes en deportes intermitentes, representando el 79% de todas las lesiones en la articulación (Kraus et al., 2012; Rothenberg et al., 2016). Aproximadamente un 70- 80% de las lesiones son el resultado de mecanismos sin contacto asociados a acciones que implican saltos, pivotar, y cambios de dirección, como el fútbol, baloncesto, balonmano y voleibol (Boden et al., 2000). Se estima que aproximadamente 250000 roturas del LCA ocurren anualmente en EEUU (Sepúlveda et al., 2017). Esta lesión representa 2.54 (Harris et al., 2013) lesiones cada año en la NBA y 0.43 (Arundale et al., 2018) por equipo y temporada en el fútbol.

La lesión del LCA es considerada una de las lesiones más severas reconocidas en la actualidad. La literatura ha observado que la rehabilitación de LCA consigue un retorno completo a las actividades deportivas en un plazo medio de 6 meses (Cascio et al., 2004; Gotlin & Huie, 2000; Kvist, 2004). Según una revisión sistemática publicada en 2014, el 81% de los atletas puede volver al deporte, mientras que sólo el 65% volvió al mismo nivel competitivo. Aún así, el 38% pudo mantenerse a ese nivel 2 años después de la lesión (Arderne et al., 2014).

En el proceso de rehabilitación del LCA es común una debilidad y atrofia muscular, lo que conlleva una menor calidad de vida (Thomas et al., 2013). Generalmente, para ganar fuerza, es conocido en la literatura que se debería entrenar sobre una carga mínima de entrenamiento del 70 % al 85 % de 1 repetición máxima (1 RM) y del 60 % al 70 % de 1 RM para lograr la hipertrofia muscular (Cureton et al., 1988). Sin embargo, en los últimos años, se ha descubierto el método de trabajo para mejorar la fuerza denominada restricción del flujo sanguíneo. Este método, se creó con la intención de mejorar la tolerancia y disminuir el riesgo producido por las cargas elevadas del ejercicio, permitiendo ganancias de fuerza y evitando el aumento de síntomas o riesgo de lesión (Hughes et al., 2017). Además, se ha demostrado que la restricción del flujo sanguíneo mediante la aplicación de un manguito neumático en la extremidad inferior durante el entrenamiento de fuerza de baja intensidad (sobre un 20 % del 1RM) aumenta significativamente la sección transversal del músculo del muslo, en población sana (Abe et al., 2012; Patterson & Ferguson, 2011; Scott et al., 2016).

La restricción sanguínea parece haberse originado en Japón en la década de 1970 por el Dr. Yoshiaki Soto con el inicio del entrenamiento de resistencia Kaatsu, en el que se aplica un torniquete en una extremidad y se restringe el flujo sanguíneo venoso muscular. Sin embargo, los modos de oclusión vascular al principio no eran sofisticados e incluían cuerdas y bandas. No fue hasta el desarrollo de los sistemas de torniquetes de tercera generación a principios de la década de 2000 antes de que el entrenamiento en oclusión sanguínea pudiera realizarse con precisión y seguridad (DePhillipo et al., 2018). El citado método consiste en aplicar el uso de un torniquete colocado en la parte proximal de la extremidad para ocluir el flujo venoso, mientras que se mantiene la entrada arterial parcial. Este método de entrenamiento trata de producir un proceso de isquemia que se relaciona con la fatiga muscular (Eiken O et al., 1987). Este protocolo de entrenamiento ha sufrido muchas modificaciones y pruebas a lo largo de la historia, hasta ahora que se sigue estudiando diferentes tipos de manguitos, presión ejercida, duración de la isquemia, intensidad. La hipertrofia muscular inducida durante el entrenamiento de resistencia de baja intensidad con blood flow restriction es un método atractivo de rehabilitación postquirúrgica en LCA.

Por ello el objetivo de este trabajo final de Grado consistió en realizar una revisión bibliográfica acerca del trabajo de fuerza con restricción del flujo sanguíneo para la rehabilitación postquirúrgica de la lesión del ligamento cruzado anterior.

2. Metodología

2.1. Diseño del estudio

Este Trabajo de Fin de Grado consiste en una revisión bibliográfica, se realizó mediante el método PRISMA y sus recomendaciones (Urrútia & Bonfil, 2010).

2.2. Búsqueda sistemática

La búsqueda se inició en Mayo del año 2022, en las siguientes bases de datos: PubMed, Scopus y WebOfScience, eligiendo las publicaciones desde 2018 inclusive hasta la actualidad.

Los términos usados en los buscadores con los resultados más concluyentes fueron:

(((((blood flow restriction) OR (bfr training)) OR (blood flow restricted)) OR (kaatsu)) OR (blood flow restriction training)) OR (occlusion training)) AND (Ligament cruciate anterior).

2.3 criterios de inclusión y exclusión:

Criterios de inclusión:

- Estudios empíricos realizados en últimos 5 años.
- Que estudie la ganancia de fuerza en los músculos cuádriceps y/o isquiotibiales.
- La muestra de los estudios sea post rotura del LCA.

Criterios de exclusión:

- Lesiones de rodilla de otro tipo.
- Revisiones bibliográficas
- Valorar la biomecánica de la rodilla u otros aspectos.

2.4. Riesgo del sesgo

Se usó la escala PEDro para cotejar la calidad metodológica de los artículos seleccionados, dando una puntuación de +5 puntos 6/7 artículos.

Tabla 1. Calidad metodológica de los estudios según la escala PEDro

Autor/Artículo	Ítems de la escala											TOTAL
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
(Curran et al., 2020)	-	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	No	Sí	Sí	6
(Noyes et al., 2021)	-	No	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	5
(Hughes et al., 2019)	-	Sí	Sí	Sí	No	No	Sí	Sí	No	Sí	Sí	7
(Kilgas et al., 2019)	-	No	No	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	5
(Kacin et al., 2021)	-	No	No	No	No	No	Sí	No	No	No	No	1
(Rolff et al., 2020)	-	Sí	10									
(Žargi et al., 2018)	-	Sí	Sí	Sí	No	No	No	Sí	Sí	Sí	Sí	7

3. Resultados

Se encontraron un total de 123 artículos después de realizar la búsqueda en las diferentes bases de datos, encontrando un total de 29 resultados en PubMed, 40 resultados en Scopus y 45 en WebOfScience. Del total de artículos se eliminaron 52 artículos por duplicados en las bases de datos, al leer el título de los artículos se consideraron aptos 25 de manera que su temática era la buscada. De estos, se procedió a leer el abstract, 11 hablaban de otros aspectos sobre la readaptación del ligamento cruzado anterior, como su biomecánica etc., siendo de esta manera descartados, y otros 4 planteaban otro tipo de lesiones de rodilla. Una vez leído el abstract se consideraron 11 válidos. Finalmente quedaron esos 11 artículos restantes, los cuales tras examinar y leer el texto completo, sólo fueron 7 los seleccionados para la revisión (Figura 1).

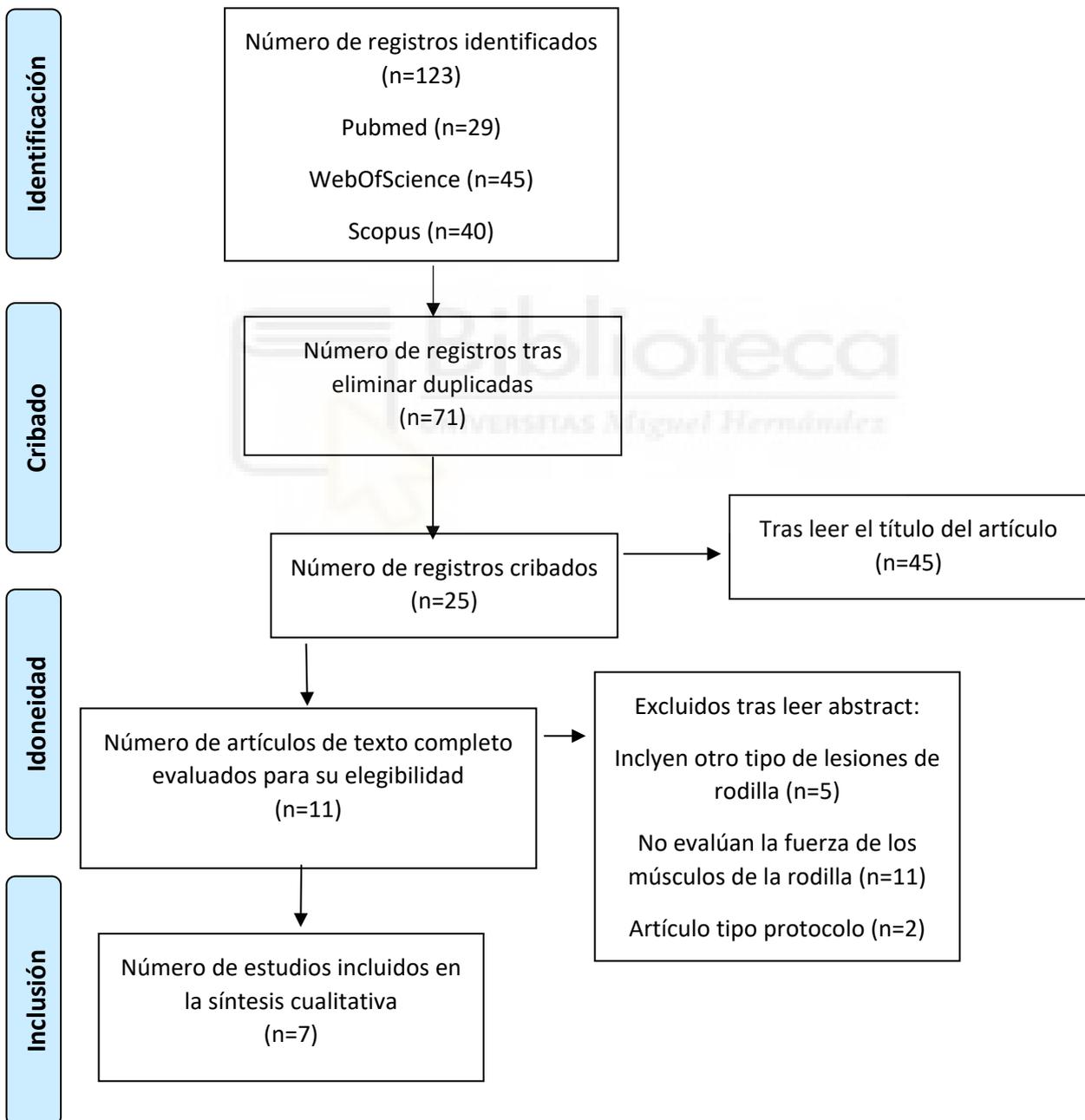


Figura 1: Flujograma

3.2 Características de la muestra

Un total de 6 artículos hablan tanto de hombres como de mujeres (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Kacin et al., 2021; Kilgas et al., 2019; Noyes et al., 2021; Žargi et al., 2018) mientras que 1 estudia únicamente a mujeres (Rolff et al., 2020). En relación con la edad, 43% de los estudios tienen una edad comprendida entre 16 y 30 años (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Kilgas et al., 2019) mientras que el 57% restante es mayor de 31 años (Kacin et al., 2021; Noyes et al., 2021; Rolff et al., 2020; Žargi et al., 2018).

3.3 Tipo de estudio

El 100% se realizaron de forma prospectiva, de ellos el 14% con un seguimiento de 5 semanas (Žargi et al., 2018), otro 14% con un seguimiento de 3 semanas (Kacin et al., 2021), un 43% con 8 semanas (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Noyes et al., 2021) y el 29% restante con 4 semanas de seguimiento (Kilgas et al., 2019; Rolff et al., 2020).

3.4 Intervención

En relación a la presión utilizada en el manguito se encontró que el 57% del total de los estudios revisados usaban una presión en torno a los 180mmHg (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Kilgas et al., 2019; Noyes et al., 2021), y el 43% restante usaron una presión de 150mmHg (Kacin et al., 2021; Rolff et al., 2020; Žargi et al., 2018).

Observando la frecuencia de entrenamiento semanal de los estudios, un 57% realizó el protocolo de entrenamiento 3 veces/semana (Kacin et al., 2021; Kilgas et al., 2019; Rolff et al., 2020; Žargi et al., 2018), el 43% restante realizó el protocolo 2 veces/ semana (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Noyes et al., 2021).

Los ejercicios usados durante las intervenciones fueron la prensa de piernas unilateral, extensión de pierna, curl femoral, mini sentadilla, prensa de piernas bilateral, y flexión de rodilla sentado. El ejercicio más empleado en los protocolos de entrenamiento es la extensión de rodilla, usada en el 57% de los estudios revisados (Kacin et al., 2021; Kilgas et al., 2019; Noyes et al., 2021; Žargi et al., 2018), seguida por la prensa de piernas unilateral, usada en un 43% (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Noyes et al., 2021), en tercer lugar la mini sentadilla (half-squat) fue usada en un 28% de los estudios (Kilgas et al., 2019; Noyes et al., 2021). Por último, con un 14% de uso en los protocolos, el curl femoral (Noyes et al., 2021), la prensa de piernas (Rolff et al., 2020) y la flexión de rodilla sentado (Kacin et al., 2021).

3.5 Resultados en la fuerza y sección transversal muscular

En 6 de los artículos revisados (85%) se observa una mejora de la fuerza en extensores de rodilla y en flexores de esta (Curran et al., 2020; Hughes et al., 2019; Kacin et al., 2021; Kilgas et al., 2019; Noyes et al., 2021; Rolff et al., 2020). Sólo uno de ellos (15%) no ha visto mejoras de fuerza significativas (Žargi et al., 2018).

En cuanto a la sección transversal, el 100% de los estudios que lo midieron han demostrado mejoras significativas (Kacin et al., 2021; Kilgas et al., 2019), siendo en uno de ellos la mejora únicamente en la sección transversal del cuádriceps, no en los isquiotibiales (Kacin et al., 2021). (Tabla 2)

El 72% de los estudios revisados trabajó con cargas del 30%RM, mientras que sólo un 14% trabajó con un 70%RM, y el 14% restante con cargas más livianas (40RM).



Tabla 2. Datos relacionados a las características, tipo de estudio, metodología y resultados de la intervención

	Muestra			Tipo de estudio	Intervención			Resultados
	Hombres	Mujeres	Edad		Presión manguito	Frecuencia y tiempo	%RM y ejercicios	
(Curran et al., 2020)	15	19	16.5±2.7	Prospectivo	180mmHg	2/Semana x 8 semanas Inicio 10 semanas después de la operación.	4x10 SILP->70%RM tanto el grupo concéntrica como el excéntrica	MIKE = VMRF= Tanto en preoperatorio, como post operatorio como RTA no hubo diferencias significativas tanto entre ellos como en sí mismas
(Noyes et al., 2021)	9	18	40.1±18.4	Prospectivo	140-180 mmHg	9 y 18 sesiones completadas 4 y 8 semanas	SLP, KE, M-SQ,HC ->30%RM	9 sesiones: ↑PTC ↓DFC ↑PTI ↓DFI 18 sesiones: ↑PTC ↓DFC ↑PTI ↓DFI
(Hughes et al., 2019)	17	7	29±7	Prospectivo	180mmHg	2x semana/8 semanas	SLP HL-RT al 70% 1RM->3x10(30") BFR-RT al 30% 1RM->4X30,15,15,15(30")	↑10RM HL-RT=BFR-RT ↑Muscle size HL-RT=BFR-RT ↓Dolor en BFR-RT (KOOS)
(Kilgas et al., 2019)	3	6	26±8	Prospectivo	182 ± 28 mmHg	Ejercicio en casa 30 min 3-5 x semana/4	3x30 KE (banda de resistencia) 3x30 BW-HSQ, 3x2' intervalos andando 10RM->1RM aprox (KE máquina)	KE-SS↑ ↑KE Fuerza

	Muestra			Tipo de estudio	Intervención			Resultados
	Hombres	Mujeres	Edad		Presión manguito	Frecuencia y tiempo	%RM y ejercicios	
(Kacin et al., 2021)	6	6	37.5 ± 9	Prospectivo	150mmHg en LL-BFRT 20mmHg en SHAM-BFR	3/semana x 9 sesiones total	4xKE-KF 40RM en máquina dinamométrica en modo isotónico (45"90" descanso)	↑PTC en LL-BFR respecto SHAM-BFR =PTI en ambos ↑Sección transversal cuádriceps en LL-BFR respecto SHAM-BFR =sección transversal isquio en ambas
(Rolff et al., 2020)	0	45	>45	Prospectivo	100-150 mmHg	3/semana x 4 semanas	LP: 4 x30,15,15,15(30") ->30%RM	↑1RM LP con BFR pero = HL-RT ↑1RM KE con BFR pero =HL-RT
(Žargi et al., 2018)	16	4	BFR=34 ±6 SHAM-BFR=35 ±5	Prospectivo	150mmHg	3/semana x 5 semanas	KE sólo con la que tiene ACL dañado 30%MVIC -> 6xfallo a 56bpm (metrónomo	BFR=SHAM-BFR en pérdida de fuerza postoperatoria ↑Resistencia muscular en BFR respecto SHAM-BFR ↑Activación muscular BFR respecto SHAM-BFR

Guía de abreviaturas: = (no hay diferencias significativas); ↑ (mejora significativa); ↓ (descenso significativo); SILP=(Single Isocinetic Leg Press); MIKE=(maximal isokinetic knee extension); VMRF=(volumen muscular recto femoral); RTA=(return to activity); SLP=(single leg press); KE=(knee extensión); M-SQ=(mini squat); HG=(hmstring curls); PTC=(pico de torque cuádriceps); DFC=(déficit fuerza cuádriceps); PTI=(pico de torque isquiotibiales); DFI=(déficit fuerza isquiotibiales); HL-RT=(heavy load resistance training); BFR-RT=(blood Flow restriction resistance training); KOOS=(Knee injury and osteoarthritis outcome score); BW-HSQ=(bodyweight half-squats); KE-SS=(Knee Extension Strength Symmetry); LL-BFR=(Low-load resistance training with blood flow restriction); KF=(knee flexión); LP=(Leg press); MVIC(maximal volitional isometric contraction)

4. Discusión

El objetivo de este trabajo final de Grado consistió en realizar una revisión bibliográfica acerca del trabajo de fuerza con restricción del flujo sanguíneo para la rehabilitación postquirúrgica de la lesión del ligamento cruzado anterior.

En nuestros resultados se observó que tanto los hombres como las mujeres participaron en el 85% de los estudios. Sin embargo, existe un mayor número de mujeres que participaron, siendo 66 los hombres que participaron y 106 las mujeres. Posiblemente esto se deba a que atletas femeninas tenían una tasa general más alta de lesiones por exposición que sus contrapartes masculinas en deportes como el fútbol (3.7) y el baloncesto (3.8) (Arendt & Dick, 1995).

En relación con la edad, la edad media, de 32.5 años en los estudios revisados, se encuentra en línea con estudios que tratan las roturas del LCA, que hablan de mayor número de roturas del ligamento a partir de los 30 años (Iriuchishima et al., 2019). Sin embargo, en otros deportistas, se asemeja mayor número de roturas del LCA a edades entre los 25 y 27 años debido que hay mayor número de profesionales en ese rango de edades (Dendir et al., 2016).

Los resultados mostraron que los estudios utilizaron un rango entre 100-180mmHg. La mayoría de ellos realizó presiones en torno a 150-180mmHg. (Singer et al., 2020) demostró que en la extremidad inferior un 60% a 80% de oclusión del miembro disminuyó el flujo sanguíneo arterial femoral en un 34% y 45%, respectivamente. Este dato facilita recomendaciones sobre pautas seguras de BFRT. Un rango de 60% a 80% de oclusión sanguínea permite la perfusión continua del flujo sanguíneo de manera segura y tolerable, evitando mayores presiones que son incómodas y no necesarias para producir estrés metabólico muscular general (Noyes et al., 2021).

La literatura recomienda, que durante el entrenamiento de fuerza de las extremidades inferiores, se realice una oclusión parcial del 60-80 % de la presión medida. Esto da como resultado una reducción del 20-50 % en el volumen del flujo sanguíneo arterial, lo que conlleva isquemia local, hipoxia, un estímulo metabólico más fuerte, hinchazón de las células musculares y un aumento del estrés oxidativo. Siendo estos los responsables del aumento de los efectos de entrenamiento causados por la restricción del flujo sanguíneo (Tegtbur et al., 2020). Las presiones por encima del 80% de oclusión sanguínea derivan en una reducción del torque muscular, lo que es perjudicial a la hora de la ganancia de fuerza muscular (Fatela et al., 2016).

El protocolo de entrenamiento utilizado en los estudios varía entre 2-3 veces/semana. Comparándolo con lo que señala la literatura, la frecuencia óptima de entrenamiento que produce las mayores adaptaciones tanto en fuerza como sección transversal sería al menos una frecuencia de 2 veces/semana. Siendo más discutido entre frecuencia 2 y 3 de entrenamiento. Ambas producen adaptaciones similares (Schoenfeld et al., 2016). La frecuencia 3 de entrenamiento/semana podría ser óptima para alcanzar cierto volumen mínimo de entrenamiento, en caso de que las sesiones sean más livianas para no sobrecargar tendones y musculatura.

En cuanto a los ejercicios usados en las intervenciones predominan los ejercicios de cadena cinética cerrada, sólo habiendo libre la sentadilla con peso corporal. Esto se puede deber a que los ejercicios en máquinas guiadas promueven seguridad en las articulaciones al no haber componente de equilibrio, comparando con la literatura, tanto ejercicios de cadena cinética abierta como de cadena cinética cerrada no producen contraindicaciones (Miklebust & Bahr, 2005; Shawt, 2005). Los ejercicios de cadena cinética cerrada usados fueron la prensa de pierna

tanto unilateral como bilateral, la extensión de pierna, la flexión de pierna sentado y curl femoral tumbado. También se puede realizar este protocolo de oclusión en actividades sin material, en casa, lo que se podría implementar como método de readaptación post intervención de un readaptador, de modo que siga haciendo unas sesiones básicas para contribuir a la actividad física y salud del miembro afectado (Kilgas et al., 2019).

Siguiendo por el porcentaje del RM usado en los protocolos de entrenamiento, la mayoría de los estudios revisados ganaron fuerza usando cargas de un 30%RM, según la literatura existente las cargas usadas para conseguir la fuerza e hipertrofia rondan una carga mínima de entrenamiento de 60 % al 85 % de 1RM (Cureton et al., 1988). Lo que conlleva que este protocolo, mantiene unas mejoras similares con un porcentaje de RM mucho menor.

5. Conclusión

En resumen esta revisión bibliográfica de Trabajo de Fin de Grado indica que la mayoría de estudios usando protocolos de oclusión sanguínea en torno a los 150-180mmHg, realizando estos de 2-3 veces/semana muestran una mejora de la fuerza muscular de extensores y flexores de rodilla, así como su sección transversal.

6. Propuesta de intervención

Con el objetivo de querer mejorar los niveles de fuerza de una persona que haya sufrido una rotura del LCA y esté en la etapa de Return To Play, se podría implementar un protocolo de entrenamiento en oclusión sanguínea, para mejorar la fuerza de su musculatura del tren inferior sin entrenar con cargas tan pesadas y proteger posibles dolores y problemas en ligamentos derivados de ello.

7. Bibliografía

- Ardern, C. L., Taylor, N. F., Feller, J. A., & Webster, K. E. (2014). Fifty-five per cent return to competitive sport following anterior cruciate ligament reconstruction surgery: an updated systematic review and meta-analysis including aspects of physical functioning and contextual factors. *British Journal of Sports Medicine*, 48(21), 1543–1552. <https://doi.org/10.1136/bjsports-2013-093398>
- Arendt, E., & Dick, R. (1995). Knee Injury Patterns Among Men and Women in Collegiate Basketball and Soccer. *The American Journal of Sports Medicine*, 23(6), 694–701. <https://doi.org/10.1177/036354659502300611>
- Arundale, A. J. H., Silvers-Granelli, H. J., & Snyder-Mackler, L. (2018). Career Length and Injury Incidence After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in Major League Soccer Players. *Orthopaedic Journal of Sports Medicine*, 6(1). <https://doi.org/10.1177/2325967117750825>
- Boden, B. P., Dean, G. S., Feagin, J. A., & Garrett, W. E. (2000). Mechanisms of Anterior Cruciate Ligament Injury. *Orthopedics*, 23(6), 573–578. <https://doi.org/10.3928/0147-7447-20000601-15>

- CURETON, K. J., COLLINS, M. A., HILL, D. W., & MCELHANNON, F. M. (1988). Muscle hypertrophy in men and women. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 20(4), 338–344. <https://doi.org/10.1249/00005768-198808000-00003>
- Curran, M. T., Bedi, A., Mendias, C. L., Wojtys, E. M., Kujawa, M. v., & 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>
- DePhillipo, N. N., Kennedy, M. I., Aman, Z. S., Bernhardtson, A. S., O'Brien, L. T., & LaPrade, R. F. (2018). The Role of Blood Flow Restriction Therapy Following Knee Surgery: Expert Opinion. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 34(8), 2506–2510. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2018.05.038>
- Fatela, P., Reis, J. F., Mendonca, G. v., Avela, J., & Mil-Homens, P. (2016). Acute effects of exercise under different levels of blood-flow restriction on muscle activation and fatigue. *European Journal of Applied Physiology*, 116(5), 985–995. <https://doi.org/10.1007/s00421-016-3359-1>
- Harris, J. D., Erickson, B. J., Bach, B. R., Abrams, G. D., Cvetanovich, G. L., Forsythe, B., McCormick, F. M., Gupta, A. K., & Cole, B. J. (2013). Return-to-Sport and Performance After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction in National Basketball Association Players. *Sports Health*, 5(6), 562–568. <https://doi.org/10.1177/1941738113495788>
- Hughes, L., Rosenblatt, B., Haddad, F., Gissane, C., McCarthy, D., Clarke, T., Ferris, G., Dawes, J., Paton, B., & 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>
- Iriuchishima, T., Ryu, K., & Fu, F. H. (2019). Evaluation of age-related differences in anterior cruciate ligament size. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*, 27(1), 223–229. <https://doi.org/10.1007/s00167-018-5336-1>
- Kacin, A., Drobnič, M., Marš, T., Miš, K., Petrič, M., Weber, D., Tomc Žargi, T., Martinčič, D., & Pirkmajer, S. (2021). Functional and molecular adaptations of quadriceps and hamstring muscles to blood flow restricted training in patients with ACL rupture. *Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports*, 31(8), 1636–1646. <https://doi.org/10.1111/sms.13968>
- Kilgas, M. A., Lytle, L. L. M., 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>
- Lipker, L. A., Persinger, C. R., Michalko, B. S., & Durall, C. J. (2019). Blood Flow Restriction Therapy Versus Standard Care for Reducing Quadriceps Atrophy After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. In *Journal of sport rehabilitation* (Vol. 28, Issue 8, pp. 897–901). NLM (Medline). <https://doi.org/10.1123/jsr.2018-0062>

- Noyes, F. R., Barber-Westin, S. D., & Sipes, L. (2021). Blood Flow Restriction Training Can Improve Peak Torque Strength in Chronic Atrophic Postoperative Quadriceps and Hamstrings Muscles. *Arthroscopy - Journal of Arthroscopic and Related Surgery*, 37(9), 2860–2869. <https://doi.org/10.1016/j.arthro.2021.03.040>
- Rolff, S., Korallus, C., & Hanke, A. A. (2020). Rehabilitation with the aid of blood flow restriction training. In *Unfallchirurg* (Vol. 123, Issue 3, pp. 180–186). Springer Medizin. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00770-1>
- Schoenfeld, B. J., Ogborn, D., & Krieger, J. W. (2016). Effects of Resistance Training Frequency on Measures of Muscle Hypertrophy: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(11), 1689–1697. <https://doi.org/10.1007/s40279-016-0543-8>
- Sepúlveda, F., Sánchez, L., Amy, E., & Micheo, W. (2017). *Anterior Cruciate Ligament Injury: Return to Play, Function and Long-Term Considerations*. www.acsm-csmr.org
- Singer, T. J., Stavres, J., Elmer, S. J., Kilgas, M. A., Pollock, B. S., Kearney, S. G., & McDaniel, J. (2020). Knee extension with blood flow restriction: Impact of cuff pressure on hemodynamics. *European Journal of Applied Physiology*, 120(1), 79–90. <https://doi.org/10.1007/s00421-019-04250-2>
- Tegtbur, U., Haufe, S., & Busse, M. W. (2020). Anwendung und Effekte des „blood flow restriction training“. *Der Unfallchirurg*, 123(3), 170–175. <https://doi.org/10.1007/s00113-020-00774-x>
- Urrútia, G., & Bonfill1, X. (n.d.). EDITORIAL LA DECLARACIÓN PRISMA: UN PASO ADELANTE EN LA MEJORA DE LAS PUBLICACIONES DE LA REVISTA ESPAÑOLA DE SALUD PÚBLICA. <http://www.prisma>
- 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(AUG). <https://doi.org/10.3389/fphys.2018.01150>

Código de Investigación Responsable: TFG.GAF.VMP.CMP.220602