



Universidad de Valladolid



Facultad
de Fisioterapia
de Soria

FACULTAD DE FISIOTERAPIA

Grado en Fisioterapia

TRABAJO FIN DE GRADO

APLICACIÓN DEL ENTRENAMIENTO OCLUSIVO COMO PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LESIONES

Presentado por Daniel Martínez González

Tutor/es: Alfredo Córdova

Soria, 3 de marzo de 2017

ÍNDICE

1. RESUMEN	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1 MECANISMOS FISIOLÓGICOS	2
2.1.1 RESPUESTAS NEUROMUSCULARES	3
2.1.2 RESPUESTAS METABÓLICAS	4
2.1.3 RESPUESTAS HEMODINÁMICAS	4
2.1.4 RESPUESTAS ENDOCRINAS	5
2.2 ENTRENAMIENTO OCLUSIVO E HIPERTROFIA	6
2.3 ENTRENAMIENTO OCLUSIVO Y FUERZA	9
2.4 MÉTODO DE APLICACIÓN	12
2.5 EFECTOS ADVERSOS	13
2.6 JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	16
4. MATERIAL Y MÉTODOS	16
4.1 BASES DE DATOS	16
4.2 PALABRAS CLAVE	17
4.3 LIMITADORES Y CRITERIOS DE INCLUSIÓN	17
5. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	17
5.1 EO COMO PREVENCIÓN	24
5.2 EO COMO TRATAMIENTO	25
6. CONCLUSIONES	27
7. BIBLIOGRAFÍA	29
8. ANEXOS	32

1. RESUMEN

Introducción: El entrenamiento oclusivo (EO) se lleva a cabo mediante el uso de cargas o ejercicio aeróbico de baja intensidad combinado con la aplicación de una presión sobre la musculatura de la parte proximal de las extremidades. Dicha presión se aplica mediante un manguito inflado lo suficiente como para ocluir el retorno venoso pero permitiendo el flujo arterial. Este método produce mejoras en la fuerza y la masa muscular y su aplicación puede ser de gran interés en grupos de población que no puedan entrenar con cargas mayores.

Material y métodos: se ha realizado una revisión bibliográfica entre los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017 en las bases de datos Medline (PubMed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro) y Cochrane Library Plus con la finalidad de encontrar estudios que hayan utilizado el EO como forma de prevenir algún tipo de patología o como parte de un tratamiento de rehabilitación.

Resultados y discusión: se analizaron nueve estudios, dos de ellos en la aplicación del EO tras una operación de reconstrucción de ligamento cruzado anterior (LCA), otros dos como prevención de osteoartritis de rodilla y cinco en la aplicación a personas de edad avanzada. Se observan disminuciones en las pérdidas de fuerza y masa muscular en los pacientes operados para la reconstrucción del LCA, mejoras en la fuerza en mujeres con factores de riesgo de padecer osteoartritis y mejoras de la fuerza, la masa muscular y los test funcionales en ancianos.

Conclusión: el EO es un método efectivo como prevención de la sarcopenia en personas de edad avanzada y como prevención de la osteoartritis en mujeres, siendo también efectivo como método de tratamiento en la rehabilitación tras una reconstrucción de LCA. Sin embargo, es necesaria una mayor investigación futura para encontrar un mayor rango de aplicación tanto en la prevención como en el tratamiento de lesiones.

2. INTRODUCCIÓN

El Entrenamiento oclusivo (conocido también como Entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo o Kaatsu training) consiste en la realización de series de ejercicios con cargas muy ligeras (20-40% de 1RM) o de ejercicio aeróbico suave como andar, con una disminución del aporte sanguíneo al músculo mediante la aplicación de una presión sobre la musculatura de la parte proximal de la extremidad. Dicha presión se aplica mediante un manguito inflado lo suficiente como para ocluir el retorno venoso pero permitiendo el flujo arterial. Mediante este método se obtienen beneficios en cuanto a fuerza y masa muscular similares a los producidos por el entrenamiento con cargas altas.

Este tipo de entrenamiento fue patentado y desarrollado por el investigador japonés Yoshiaki Sato durante los años 70 y 80 del pasado siglo. En esa época, este joven aficionado a la musculación observó que la sensación que tenía en sus piernas tras estar sentado sobre ellas durante cierto tiempo en las ceremonias budistas era similar a la que tenía tras un entrenamiento de fuerza, por lo que comenzó a investigar el efecto de la opresión en la musculatura. Tras un accidente esquiando en el que se fracturó ambos tobillos y sufrió daños en su rodilla derecha, decidió aplicar este tipo de entrenamiento sobre sí mismo. Se recuperó en un tiempo récord y no sólo había logrado evitar la atrofia de la musculatura típica de las inmovilizaciones, si no que consiguió hipertrofiar dicha musculatura [1].

A partir de ahí, el entrenamiento oclusivo, ha sido objeto de estudios e investigaciones para poder esclarecer sus efectos, beneficios y contraindicaciones, los cuales desarrollaremos a continuación.

2.1 Mecanismos fisiológicos

En este apartado se van a establecer las bases sobre las respuestas a nivel fisiológico que se produce en el entrenamiento oclusivo (EO), las cuales se resumen en la tabla 1.

Tabla 1: efectos fisiológicos del entrenamiento oclusivo (Fuente: elaboración propia)

Marcador o parámetro	Efecto del EO (↑,↓)
Reclutamiento de fibras musculares	↑
Actividad electromiográfica	↑
Estimulación fibras aferentes III y IV	↑
Aumento del volumen celular	↑
Acumulación de metabolitos	↑

Niveles de lactato	↑
pH sarcoplasmático	↓
Fosfocreatina	↓
ATP	↓
Glucógeno muscular	↑
IL-6	↓
CK	↓
Tensión arterial	↑
Ritmo cardiaco	↑
Complianza arterial	↑
Angiogénesis	↑
Sistema nervioso autónomo	↑
GH	↑
mTOR	↑
S6K1	↑
HSP-72	↑
IGF-1	↑
VEGF	↑
NO	↑
Cortisol	↓
Miostatina	↓
MuRF-1	↓
Atrogina-1	↓

2.1.1 Respuestas neuromusculares

Según el principio del tamaño, en condiciones normales, las fibras musculares lentas o de tipo I son las que primero actúan durante el entrenamiento de baja intensidad, siendo necesarias altas intensidades para el reclutamiento de las fibras rápidas o de tipo II [2]. Sin embargo, en el entrenamiento con restricción de flujo se observa un aumento en el reclutamiento de estas fibras y una mayor actividad muscular electromiográfica [3-9,14,24]. Este reclutamiento es similar al producido en el entrenamiento con altas cargas y mucho mayor que el que se produce con cargas ligeras sin oclusión [3].

Dicho aumento del reclutamiento de fibras se produce debido a la estimulación de las fibras aferentes del grupo III y IV [3-5,7]. Esto lleva a una hiperexcitabilidad corticomotora que produce unas adaptaciones neuronales similares a las del entrenamiento de alta intensidad si es realizado de forma programada a lo largo del tiempo [3].

2.1.2 Respuestas metabólicas

El EO produce un “hinchazón celular” [4,7,24]. Debido a la restricción del flujo sanguíneo, se produce una acumulación de metabolitos que crea un gradiente de presión que favorece la perfusión celular, produciendo un aumento de su volumen. Este aumento del espacio intracelular inducido de forma crónica amenaza la estructura de la membrana, lo que inicia las respuestas anabólicas de adaptación de la célula para reforzar dicha estructura [7,24].

Con el EO se produce un aumento de los niveles de lactato sanguíneo, plasmático y en la célula muscular en comparación con el entrenamiento sin restricción de flujo sanguíneo. Esto produce una acidificación del medio intramuscular, observándose disminuciones del pH sarcoplasmático [5,8,12,14,24].

De forma aguda, en el EO hay una disminución de los niveles de fosfocreatina y ATP en comparación al entrenamiento sin oclusión [8,13,24]. En cambio, como adaptación crónica se han observado aumentos del glucógeno intramuscular tras seguir un programa de EO [8,24].

Sin embargo, a pesar del aumento del estrés metabólico producido por la restricción del flujo sanguíneo, marcadores directos de daño muscular como la interleucina 6 (IL-6) [7] o la creatinquinasa (CK) [9] son inferiores en comparación a los producidos en entrenamientos con cargas altas. También se ha observado que, tanto en la CK como en marcadores de degradación oxidativa de la membrana lipídica, alcanzan niveles similares a los que se producen en el entrenamiento de baja intensidad sin restricción de flujo [13,15,24].

2.1.3 Respuestas hemodinámicas

En cuanto a las respuestas hemodinámicas, la imposibilidad de retorno de una parte de la sangre venosa hace que el volumen sistólico disminuya y que se aumente la frecuencia cardiaca y la tensión arterial para intentar normalizar el gasto cardiaco [9,24], lo cual provoca un aumento en la demanda de oxígeno del miocardio [11]. En comparación con el entrenamiento ligero sin restricción de flujo sanguíneo y el

entrenamiento moderado, hay mayores valores de tensión arterial sistólica, diastólica y ritmo cardiaco [10,18]. Sin embargo, estos incrementos hemodinámicos se producen durante e inmediatamente después del ejercicio, pero no son respuestas que se mantengan en el tiempo tras el ejercicio [18]. Además, dichos incrementos no son significantes si la restricción se realiza de forma intermitente y son menores que los observados en el entrenamiento con cargas altas [10].

De manera crónica el EO produce adaptaciones a nivel vascular, observándose efectos positivos en la complianza de la arteria carótida y en la función endotelial de las arterias braquiales [11], a la vez que estimula la angiogénesis [20,24].

El EO incrementa la actividad nerviosa tanto simpática como parasimpática a nivel cardiaco [11]. Se produce un incremento del reflejo vasoconstrictor, el cual lleva al aumento de las respuestas hemodinámicas, debido a la estimulación de los barorreceptores [10,11].

2.1.4 Respuestas endocrinas

La principal respuesta a nivel hormonal que se produce ante el EO es el aumento de la hormona del crecimiento (GH) [4,7,8,11,14,19,24], alcanzando valores similares o superiores a los obtenidos en el entrenamiento con altas cargas [9,14]. Incluso se han observado valores aproximadamente 290 veces mayores que los valores iniciales [11,14,24].

Otra de las importantes respuestas que se producen es el aumento de la diana de rapamicina en células de mamífero (mTOR) y de la fosforilación del S6K1 [4,5,11,14], siendo este último hasta tres veces mayor inmediatamente después del EO [14]. También hay una elevación de la activación de la proteína de choque térmico 72 (HSP-72) [5], así como de la norepinefrina (NE) [8,4,24].

En cuanto a las especies reactivas de oxígeno, se han observado aumentos en el óxido nítrico (NO) mediante marcadores indirectos como la dilatación máxima arterial, la cual es dependiente de su activación, o el aumento de los valores del NOS-1 [7]. Esto se ha observado de manera indirecta debido al corto periodo de vida del NO [14].

Respecto a los factores de crecimiento, se observan incrementos en los niveles del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1) [7,8,11,14,24] y el factor de crecimiento endotelial (VEGF) [11,20].

Sin embargo, este método de entrenamiento se ha visto que es inefectivo en cuanto a la modificación de los niveles de testosterona [9,24].

Además, en relación con las respuestas negativas, hay una disminución respecto al entrenamiento de alta intensidad de la respuesta del cortisol [9] y de la miostatina [4,7,14,24], al igual que se han observado disminuciones en marcadores como la Atrogina-1 [4] o la MuRF-1 [4,7].

2.2 Entrenamiento oclusivo e hipertrofia

La inactividad o la falta de un estímulo de intensidad suficiente sobre el músculo esquelético conducen a una progresiva atrofia, lo cual disminuye su capacidad oxidativa, su capacidad de contracción y la complianza muscular. También tiene impacto sobre el sistema inmune, la sensibilidad a la insulina y disminuye progresivamente la capacidad de realizar actividad física [17]. Esto conduce a una espiral negativa en la que la falta de actividad produce atrofia y dicha atrofia deriva en menor actividad muscular, y así sucesivamente.

En el entrenamiento de fuerza se ha demostrado que para conseguir mejoras en cuanto a hipertrofia muscular son necesarias intensidades de al menos un 65%-70% de 1RM [5,9,11]. Concretamente, para la estimulación de las fibras musculares de tipo II, las cuales tienen un mayor tamaño y son más sensibles a la hipertrofia [2,7], se proponen entrenamientos con volúmenes moderados (3-4 series de 8-12 repeticiones) y cargas altas de 70-85% de 1RM. Sin embargo, el EO ha demostrado ser tan efectivo como el entrenamiento con altas cargas utilizando cargas de tan sólo el 20% de 1RM [9].

Aunque la intensidad de las cargas sea mucho menor, la restricción de flujo utilizada en el EO produce un aumento en el reclutamiento de las fibras musculares de tipo II para compensar la situación de hipoxia localizada mediante el incremento del metabolismo anaeróbico láctico y poder hacer frente a la resíntesis de ATP [9]. Este aumento en el reclutamiento de fibras musculares incrementa el estrés mecánico y la acumulación de metabolitos, lo cual aumenta la respuesta endocrina. Dicha respuesta endocrina es similar a la producida en el entrenamiento de alta intensidad y mucho mayor a la producida en el entrenamiento con cargas bajas sin oclusión, produciendo adaptaciones en el aumento de masa muscular [7,11].

El sistema endocrino responde ante el EO principalmente mediante el aumento de los niveles de GH. La GH induce el crecimiento muscular tanto directa como indirectamente a través del IGF-1 [9], incrementando la síntesis proteica y la activación de células satélite que provocan la hipertrofia de las miofibrillas [11]. Este aumento de la secreción de la hipófisis de GH viene estimulado por la disminución del pH que provoca el aumento de los niveles de lactato sanguíneo, plasmático y muscular [5,9].

Dicho aumento en los niveles de lactato está también relacionado con el aumento del VEGF, un importante modulador de la vasculogénesis y la angiogénesis, esencial para el proceso de hipertrofia [11].

Los niveles de HSP-72 están regulados por factores como la hipoxia o el aumento de los radicales libres que se dan en el EO, por lo que se observan aumentos en sus valores, los cuales se asocian con una disminución de la atrofia muscular [5]. El EO también tiene influencia sobre algunos factores de transcripción, aumentando la mTOR y la S6K1, factores clave en la síntesis proteica [5,7,11]. Estos aumentos en los valores de esos factores ayudan a que se produzca un balance proteico positivo necesario para la hipertrofia muscular.

El aumento de los valores del NO ha demostrado estimular la activación y proliferación de células satélite, además de inducir de manera indirecta la activación de la mTOR [7].

Otro de los puntos clave en el aumento de la masa muscular es el hinchazón celular [4,7,24], el cual produce un aumento del volumen celular como se explica anteriormente. Este aumento del volumen produce adaptaciones celulares en la membrana, además de inducir la síntesis proteica y reducir la proteólisis mediante la proliferación y fusión de células satélite [7,24].

Todos estos aumentos en los valores de factores relacionados con el aumento de masa muscular vienen además acompañados de bajos valores en marcadores de daño muscular como la CK [9] o la IL-6 [7], lo cual demuestra unos niveles menores de degradación proteica durante el ejercicio, contribuyendo también al balance positivo de síntesis proteica.

Además, factores que afectan negativamente al proceso de regeneración muscular también se ven afectados. Los valores de la miostatina, la cual induce la inhibición de la diferenciación de los mioblastos y los miotubos, se ven reducidos debido al EO [7]. Marcadores catabólicos como la Atrogina-1 o la MuRF-1 también disminuyen sus valores [4,7], al igual que la respuesta del cortisol [9].

En un meta-análisis llevado a cabo por Slysz J. et al. [17], se observó que entre 377 sujetos sanos que utilizaron el EO tanto en ejercicio aeróbico como en ejercicios con cargas, el aumento medio de la sección transversal muscular respecto al grupo control que no utilizó la oclusión fue de 0'36 cm². Se observaron diferencias en cuanto a la duración del entrenamiento, ya que los que entrenaron más de 8 semanas tuvieron un incremento medio de 0'7 cm² frente a los 0'2 cm² de los que entrenaron menos de 8

semanas. También se vieron diferencias en cuanto a la densidad del entrenamiento, ya que los que entrenaron tres veces por semana aumentaron $0'34 \text{ cm}^2$, mientras que los que solamente lo hicieron dos veces aumentaron $0'29 \text{ cm}^2$. En cuanto al tipo de ejercicio, los 131 sujetos que llevaron a cabo un entrenamiento aeróbico tuvieron un aumento medio de la sección transversal muscular de $0'32 \text{ cm}^2$ en comparación con el grupo control, mientras que en los 246 sujetos analizados que realizaron entrenamientos con cargas sufrieron una mejora de $0'41 \text{ cm}^2$ respecto al grupo control. De estos datos se puede concluir que la aplicación de un mayor nivel de estrés metabólico mediante el EO combinado con el uso de ejercicios con cargas, una densidad de entrenamiento de tres días semanales y un volumen total de entrenamiento mayor ocho semanas, producirá unos mayores valores en cuanto a hipertrofia muscular respecto al resto de variables analizadas.

En otro meta-análisis llevado a cabo por Loenneke JP. et al. [21], se analizaron los valores encontrados en diversos estudios comparando solamente los que utilizaban las extremidades inferiores y desarrollando una medida del efecto para valorar la magnitud de esas intervenciones. Los resultados fueron los siguientes: el efecto medio sobre la hipertrofia del EO fue de 0.39 frente al -0.01 del entrenamiento con cargas bajas sin oclusión; respecto al sexo se encontraron ganancias del 0.42 en el grupo masculino, por el 0.26 del mixto; en cuanto a los días entrenados a la semana, 2-3 días tenían un efecto de 0.48, mientras que en 4-5 días era de 0.27; en el tipo de ejercicio, el isotónico llevó a unas mejoras del 0.44 frente al 0.31 producido por el aeróbico; respecto a la intensidad de dicho ejercicio, trabajando con cargas de 15-30% se produjeron ganancias del 1.08, mientras que andando a un ritmo de 50-60 m/min fueron de 0.25; y teniendo en cuenta el volumen total de trabajo en la sesión, un total de 45 repeticiones tuvieron un efecto de 0.51 frente al 0.36 del total de 14-20 minutos andando. De estos datos se pueden obtener conclusiones similares a las anteriores, ya que se observa que un mayor nivel de estrés metabólico tiene un mayor efecto en cuanto a la hipertrofia. Sin embargo, también se puede observar que dicho estrés debe ser controlado, ya que la disminución en las ganancias producidas por un mayor número de entrenamientos semanales puede deberse al sobreentrenamiento [21].

Por el contrario, la revisión realizada por Dankel SJ. et al. [25] analiza el efecto del EO en la extremidad superior. Estableciendo también una medida de efecto para valorar las intervenciones, se observó que las ganancias de masa muscular en el bíceps y en tríceps eran mayores respecto al entrenamiento sin oclusión con cargas bajas y similares al de alta intensidad. También es importante destacar el efecto positivo que se encontró

en la musculatura sinergista proximal a la oclusión, aunque no estuviese bajo su efecto, en cuanto al aumento de masa muscular.

2.3 Entrenamiento oclusivo y fuerza

En el entrenamiento de fuerza, la mejora de sus valores se produce debido a adaptaciones neuronales, hipertrofia muscular o una combinación de ambos [6]. Sin embargo, los mecanismos por los cuales el EO produce mejoras en los valores relacionados con la fuerza no están claros, aunque la principal teoría es que se deben al aumento de masa muscular [6,11,21]. Los efectos que el EO tiene sobre la fuerza muscular se pueden resumir en la Tabla 2.

Tabla 2: efectos del EO sobre distintas medidas en la fuerza [5]

Medida en la fuerza	Efecto del EO (↑,↓)
1 RM	↑
Fuerza isométrica	↑
Fuerza isocinética	↑
Torque isométrico	↑
Torque isocinético	↑
Activación electromiográfica	↑
Fuerza resistencia	↑

En la revisión de Slys J. et al. [17] analizada en el apartado sobre hipertrofia, también se obtuvieron valores en cuanto a las medidas de fuerza muscular analizando diferentes variables. De los 72 sujetos analizados en entrenamiento aeróbico se obtuvieron los siguientes datos: los que lo realizaron con restricción de flujo obtuvieron un aumento medio de 0'4 N m respecto al grupo control; los que entrenaron más de seis semanas mejoraron una media de 0'6 N m, por los 0'2 N m de los que entrenaron menos de seis semanas, en comparación con el grupo control; y respecto a la intensidad, las mejoras medias para un ritmo de 70 m/min fueron de 1'9 N m frente a los 0'2 N m para intensidades menores. En los 328 sujetos que realizaron entrenamientos con cargas se observaron los siguientes valores: los que llevaron a cabo EO tuvieron una mejora 0'3 kg respecto al grupo control; los que entrenaron dos días semanales tuvieron una mejora de

0'4 kg frente a los 0'3 kg de los que lo hicieron tres días; y también se observaron mayores valores en cargas de 30% de 1RM frente al 20%. Estos datos indican que intensidades de 20-30% de 1RM en entrenamientos con cargas o 70 m/min en ejercicio aeróbico, las cuales no son efectivas para producir mejoras en cuanto a los valores de fuerza en condiciones normales, sí que son efectivas si se aplican con restricción de flujo sanguíneo.

En la revisión de Loenneke JP. et al. [21] también analizada anteriormente, se observaron diferencias en las ganancias de fuerza teniendo en cuenta distintas variables del entrenamiento: en sujetos desentrenados tuvo un efecto sobre la fuerza muscular del 1'38 por un 0'37 en sujetos activos; en cuanto a la densidad del entrenamiento, entrenando 2-3 días semanales se obtuvieron ganancias del 1'25 frente al 0'53 en 4-5 días y al 0'29 en 6-7 días; observando el volumen total del entrenamiento se encontraron ganancias del 0'27 entrenando menos de cuatro semanas, mientras que en diez semanas fueron del 1'38; en cuanto al tipo de ejercicio, el isotónico mejoró la fuerza en mayor medida que el aeróbico ligero (andar) en un 1'08 frente a un 0'42, además de encontrarse las mismas diferencias analizando la intensidad del mismo si se comparan cargas de 15-30% frente a un ritmo de 50-60 m/min; y finalmente analizando el volumen de una sesión de entrenamiento, un total de 60-70 repeticiones mejoraron los valores de fuerza en un 1'37, mientras que 14-20 minutos caminando lo hicieron en un 0'39. Todas estas variables también fueron medidas en sujetos realizando entrenamiento de baja intensidad sin restricción de flujo, obteniéndose mejoras mínimas, nulas o incluso negativas. Analizando estos datos se confirma que el trabajo con cargas ligeras no produce un estímulo adecuado en cuanto a la mejora de los valores de fuerza, pero ese mismo tipo de trabajo combinado con la restricción de flujo sí que produce mejoras comparables a los valores obtenidos en el entrenamiento de alta intensidad. En el entrenamiento con cargas altas, las mejoras en la fuerza se producen inicialmente de forma rápida durante las dos primeras semanas, produciéndose más tarde las adaptaciones en cuanto a hipertrofia. Sin embargo, en el EO se observó que las ganancias en los valores de fuerza no eran significativas hasta la décima semana. Esto podría explicar la teoría de que en el EO las adaptaciones neuronales se producen más tarde y que inicialmente la ganancia de fuerza se produce debido a la hipertrofia, lo cual se expone gráficamente en la figura 1. Las mejoras en los valores de fuerza fueron mayores en los grupos que entrenaban 2-3 días a la semana frente a los que entrenaban más, posiblemente debido al sobreentrenamiento. Y también fue más efectivo el entrenamiento con cargas respecto al aeróbico, debido a que la intensidad del ejercicio es mayor y se produce una mayor acumulación de metabolitos.

Theoretical Reverse Pattern of Adaptations in Traditional vs. Low Intensity Blood Flow Restricted Exercise

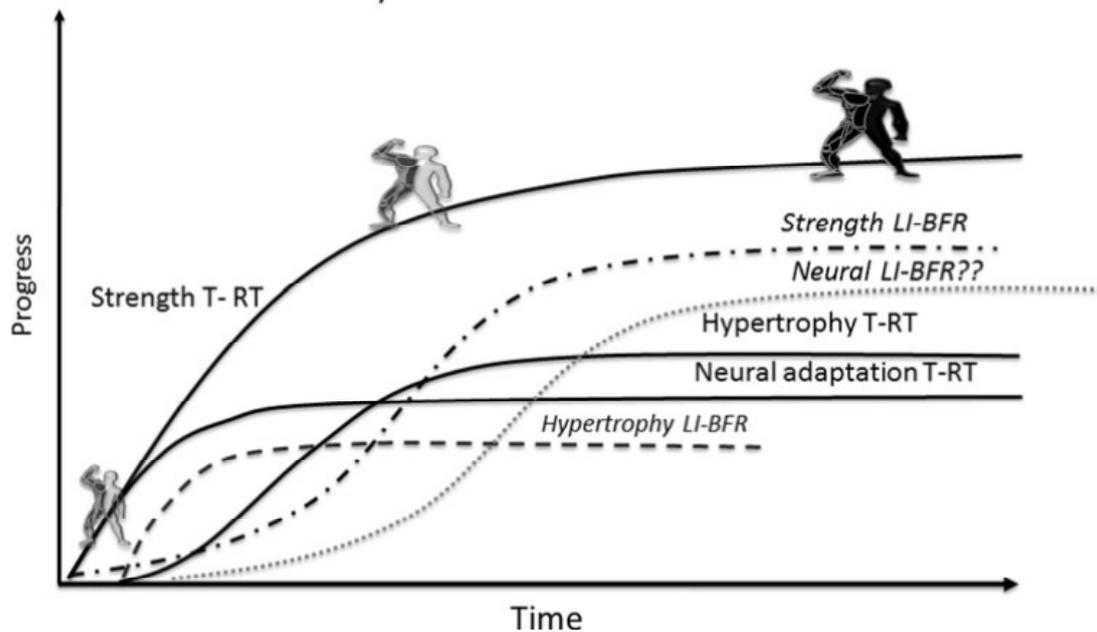


Figura 1: comparación de las adaptaciones producidas en el entrenamiento con cargas de alta intensidad (T-RT) y en el EO (LI-BFR) respecto al tiempo [21]

De la misma forma la revisión de Dankel SJ. et al. [25], vista en el apartado sobre hipertrofia, también muestra mejoras en los valores de fuerza con la aplicación del EO en la extremidad superior. Además, dichas mejoras también fueron mayores que las obtenidas en el entrenamiento de baja intensidad sin oclusión, al igual que cabe destacar las mejoras que también se obtuvieron de la fuerza de la musculatura sinergista proximal a la oclusión.

En otra revisión llevada a cabo por Scott BR. et al. [13], se analizaron los efectos del EO sobre el rendimiento en atletas sanos. En dicha revisión se recopilaban diversos estudios en los que se aplicaban distintos protocolos de actuación de EO sobre distintos tipos de deportistas, pero todos con la finalidad de evaluar cambios en valores de fuerza muscular: se observaron mejoras en jugadores de rugby de élite en mediciones de la fuerza isocinética en los músculos extensores de la rodilla, así como en la resistencia muscular; también se observaron mejoras de la fuerza en jugadoras de netball; las mejoras en las respuestas musculares de otro grupo de atletas demostraron tener traslación a la hora de mejorar las marcas obtenidas en la realización de test de velocidad y agilidad; en un protocolo de actuación llevado a cabo en jugadores de fútbol americano se observaron mejoras del 1RM en el press de pecho y la sentadilla y en un grupo de atletas se observaron mejoras del 1RM en el press de pierna así como en pruebas de velocidad de 10 y 30 metros. Por lo tanto, la aplicación del EO en atletas puede ayudar en la mejora de su rendimiento y su capacidad funcional.

2.4 Método de aplicación del EO

El EO se lleva a cabo mediante el uso de cargas o ejercicio aeróbico de baja intensidad combinado con la aplicación de una presión sobre la musculatura de la parte proximal de las extremidades. Dicha presión se aplica mediante un manguito inflado lo suficiente como para ocluir el retorno venoso pero permitiendo el flujo arterial.

Debido a las numerosas variables que introduce el EO, no hay una metodología específica para su aplicación. Han de tenerse en cuenta numerosos factores para que su uso sea efectivo y exento de riesgos, como el tipo de ejercicio, el material elegido, o factores propios del individuo, como el tamaño de la extremidad o la presión ejercida.

Sin embargo, una revisión llevada a cabo por Scott BR. et al. [16] intenta llegar a un consenso en cuanto a la metodología más eficaz y segura a la hora de llevar a cabo el EO. Como aspectos clave cabe destacar tres puntos:

- El estímulo debe ser individualizado, teniendo en cuenta la presión aplicada fundamentalmente en función de las características del sujeto, la circunferencia de la extremidad y del manguito.
- Aunque el EO produce sus mayores beneficios en cuando al desarrollo muscular cuando es combinado con cargas ligeras, también se observan mejorías utilizando solamente la restricción de flujo durante inmovilizaciones o combinado con ejercicio aeróbico de baja intensidad.
- En individuos sanos los efectos del entrenamiento se maximizan si se combina el EO con entrenamiento tradicional con cargas altas.

Las conclusiones a las cuales se llegó en dicha revisión sobre las recomendaciones en la aplicación del EO se resumen en la tabla 3.

Tabla 3: recomendaciones en la aplicación del EO [16]

Variable	Recomendación	Factores a tener en cuenta
Colocación del manguito	Proximal a la extremidad	Los músculos del tronco también se pueden beneficiar en ejercicios multiarticulares
Tipo de manguito	Manguitos anchos (6-13.5 cm) para piernas y finos para brazos (3-6 cm)	Manguitos hinchables son los más efectivos, aunque se pueden utilizar bandas elásticas

Presión oclusiva	50-80% de la oclusión arterial en reposo	Extremidades largas requieren mayor presión y manguitos anchos menor
Ejercicio	<ul style="list-style-type: none"> - Oclusión sola: disminuye la pérdida de masa muscular y fuerza - Oclusión + ejercicio aeróbico: mantenimiento o aumento moderado de la fuerza y la masa - Oclusión + cargas ligeras: aumentos sustanciales en la masa y la fuerza muscular 	Hay que tener en cuenta el tipo de ejercicio que puede tolerar el sujeto a la hora de elegir el tipo de intervención
Tipo de ejercicio	Mono o multiarticular	
Cargas	20-40% 1RM	Ese nivel de carga proporciona un estímulo metabólico similar al producido con cargas altas
Volumen por sesión	50-80 repeticiones, no necesariamente llegando al fallo	El esquema más utilizado es el de 30-15-15-15 repeticiones, haciendo un total de 75
Descanso	30-45 s.	Manteniendo la oclusión para mantener la acumulación de sangre
Frecuencia de entrenamiento	Pacientes: 2-3 sesiones por semana Atletas: 2-4 sesiones semanales.	

2.5 Efectos adversos del EO

Como hemos observado el EO parece aportar muchos beneficios en cuanto a adaptaciones musculares se refiere, además de ofrecer la seguridad que supone el entrenamiento con cargas ligeras. Sin embargo, es de suponer que el hecho de realizar una restricción del flujo sanguíneo normal pueda llevar implícito algún tipo de riesgo.

Nakajima T. et al [22] llevaron a cabo una revisión para evaluar los efectos adversos derivados de la aplicación del EO en diferentes hospitales, centros clínicos y

gimnasios de Japón. De las 12.642 personas que realizaron este tipo de entrenamiento, los efectos adversos que más destacados fueron la hemorragia subcutánea y el entumecimiento de la extremidad, en un 13'1% y un 1'297% respectivamente. También se observaron de forma aislada algunos casos de mareo (0'277%), trombosis venosa (0'55%), embolia pulmonar (0'008%) o rbdomiolisis (0'008%). Sin embargo, dichos problemas posiblemente fueran debidos a un exceso de presión o de intensidad aplicada.

Ya que a nivel de hipertrofia muscular y ganancias de fuerza se obtienen mejoras similares, se ha establecido una comparación entre el EO y el entrenamiento de alta intensidad bajo condiciones normales de flujo sanguíneo en cuanto a las respuestas hemodinámicas para determinar su seguridad a nivel vascular, las cuales se resumen en la figura 2 [23].

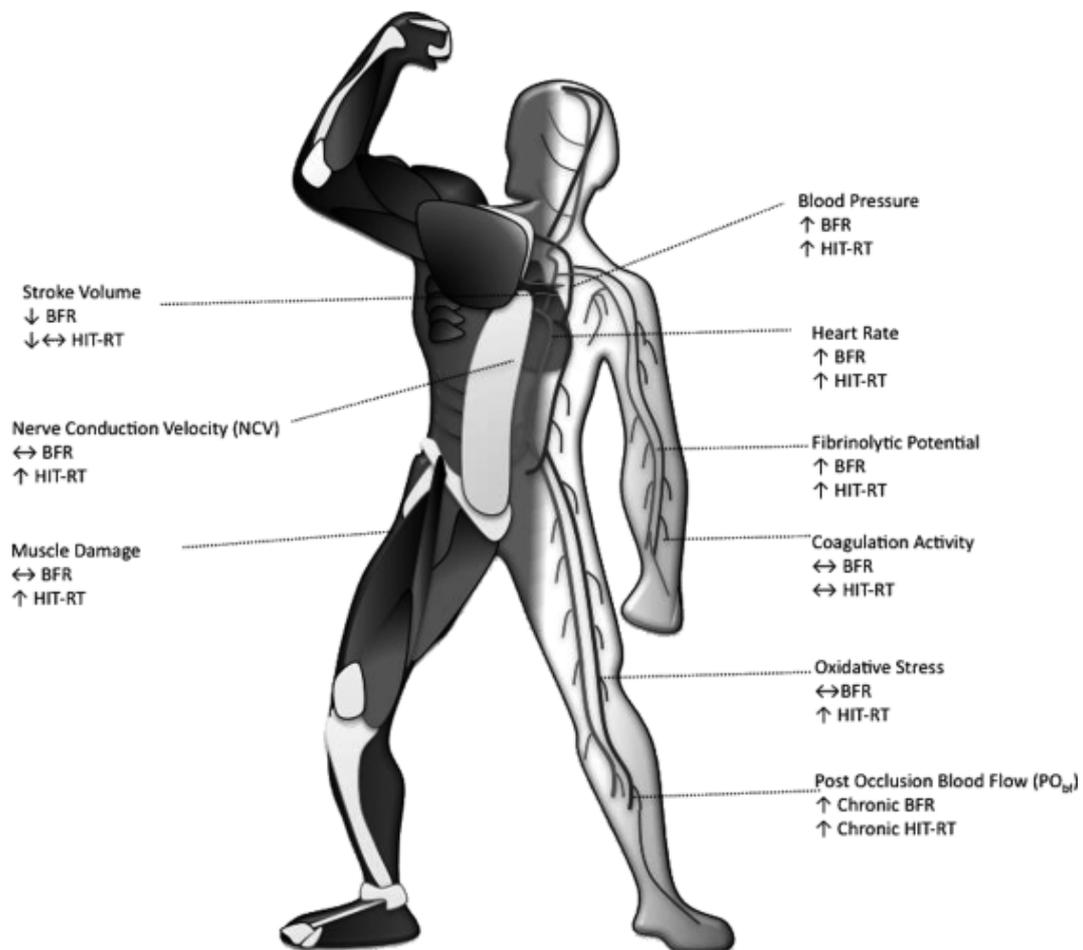


Figura 2: respuestas hemodinámicas del EO (BFR) y el entrenamiento con cargas altas (HIT-RT) [23]

Respecto a la presión arterial sistólica, aunque ambos métodos aumentan los valores en comparación con el ejercicio de baja intensidad sin restricción de flujo sanguíneo, la respuesta es de menor intensidad en el EO que en el entrenamiento de alta

intensidad. De la misma forma ocurre con el ritmo cardiaco y con la carga de trabajo del miocardio [26]. De esta forma se puede comprobar que el EO tiene los mismos efectos o incluso de menor intensidad que el entrenamiento con cargas altas, por lo que a nivel vascular se puede definir como un método más seguro.

Además, se ha visto que el EO no altera marcadores de coagulación, al igual que la conducción nerviosa no se ve modificada [9,23,24]. De la misma forma, se ha visto que los marcadores de daño muscular son inferiores a los obtenidos en entrenamiento de alta intensidad [7,9,27], siendo similares a los producidos en entrenamiento con cargas ligeras sin oclusión [13,15,24,27]. Tampoco hay decrementos prolongados en la función muscular y las clasificaciones de dolor muscular son similares a las obtenidas en el entrenamiento sin oclusión [27]. Por lo tanto, se puede concluir que el EO es un método seguro.

Cabe destacar también que en el EO no se produce el aumento de la rigidez y disminución de la longitud del tendón que se produce en el entrenamiento de alta intensidad [28], por lo que podría representar una mayor seguridad a nivel tendinoso. Sin embargo, también es de suponer que el hecho de que las adaptaciones que se producen a nivel muscular no se produzcan de la misma forma a nivel tendinoso pueda resultar peligroso, ya que puede derivar en patologías en dichos tejidos debido a la descompensación entre la capacidad de generar tensión del músculo y la capacidad del tendón para soportarla. En este caso sería necesaria una mayor investigación al respecto para confirmar la seguridad del EO a nivel tendinoso.

2.6 Justificación

El desequilibrio en el balance entre la síntesis y la degradación proteica es la principal causa de atrofia muscular por falta de uso. Esta pérdida de masa muscular y fuerza tras largos períodos de inmovilización o tras intervenciones quirúrgicas es una de las mayores dificultades que se encuentran los fisioterapeutas durante los procesos de rehabilitación de los pacientes, ya que esta disminución en la funcionalidad muscular ralentiza enormemente todo el proceso.

Dicha disminución funcional también es uno de los grandes problemas que afectan a la población en general a medida que avanza la edad y es uno de los mayores factores etiológicos en las patologías que afectan al grupo poblacional de la tercera edad.

Por lo tanto, el EO parece un prometedor método para mejorar tanto la masa muscular como la fuerza en este tipo de pacientes, ya que son sujetos que no podrían utilizar métodos más intensos que en condiciones normales producirían esas mejoras. Es

por ello que el motivo de este Trabajo de Fin de Grado es valorar el uso de este tipo de entrenamiento, tanto como elemento de prevención en esos grupos de población, como método de aplicación en rehabilitación.

3. OBJETIVOS

Como objetivo general de este trabajo se ha pretendido explicar qué es el EO y los posibles beneficios y contraindicaciones que se derivan de su aplicación.

Como objetivos específicos se plantean los siguientes:

- Analizar la bibliografía existente respecto utilización del EO como método de prevención.
- Analizar la bibliografía existente respecto a la aplicación del EO como método de rehabilitación.

4- MATERIAL Y MÉTODOS

Se ha realizado una revisión bibliográfica, de forma que para llevarla a cabo se han planteado dos preguntas de interés derivadas de los objetivos específicos: “¿Se ha aplicado el EO como método preventivo en grupos de población en riesgo de sufrir algún tipo de patología?” y “¿Se ha aplicado el EO como terapia durante el proceso de rehabilitación de algún tipo de lesión?”. Una vez planteadas estas dos preguntas, la búsqueda se va a estructurar en dos partes bien diferenciadas que se definirán en la discusión.

4.1- Bases de datos

Las búsqueda se ha realizado durante los meses de diciembre de 2016 y enero de 2017, en las siguientes bases de datos: Medline (PubMed), Physiotherapy Evidence Database (PEDro) y Cochrane Library Plus.

También se ha utilizado el buscador Google Scholar, además de realizar una búsqueda manual a partir de bibliografía utilizada en alguno de los artículos de interés para desarrollar de la forma más completa posible la búsqueda.

4.2- Palabras clave

Las palabras utilizadas para llevar a cabo la búsqueda fueron unidas entre sí mediante los operadores booleanos AND y OR. Algunas de las palabras clave (términos Mesh) utilizadas fueron las siguientes: *Kaatsu*, *blood flow restriction training* (entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo), *occlusive training* (entrenamiento oclusivo), *prevention* (prevención), *rehabilitation* (rehabilitación), *treatment* (tratamiento), *surgery* (cirugía), *elderly* (anciano), *injury* (lesión).

4.3- Limitadores de la búsqueda y criterios de inclusión

Se han analizado ensayos clínicos aleatorizados y controlados. También se ha incluido una revisión en la discusión.

Debido a que se trata de un método poco estudiado y con el fin de obtener toda la información posible, no se han establecido excesivas limitaciones en la búsqueda, utilizando los siguientes criterios de inclusión:

- Población: personas con algún tipo de intervención quirúrgica o patología incapacitante, o en riesgo de sufrirla.
- Que se utilice el EO como método de intervención.
- Artículos en inglés o castellano.
- Artículos disponibles a texto completo.

Además, se ha utilizado la lectura crítica como filtro principal, excluyendo aquellos artículos que no aportasen información relevante o cuya calidad metodológica no fuera la adecuada.

5- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tras realizar la búsqueda, aplicar los criterios de inclusión y llevar a cabo una la lectura crítica de los estudios potencialmente válidos para analizar en este trabajo, finalmente se tuvieron en cuenta 9 artículos. Las fuentes de las cuales se obtuvieron dichos artículos se exponen en la tabla 4, obteniéndose 5 artículos en PubMed, 3 en Google Scholar y 1 en PEDro.

Tabla 4: fuente de obtención de los incluidos en la revisión bibliográfica (Fuente: elaboración propia)

AUTORES	FUENTE
Takarada Y. et al. [29]	Google Scholar
Ohta H. et al. [30]	PEDro
Yokokawa Y. et al. [31]	PubMed
Abe T. et al. [32]	Google Scholar
Segal N. et al. [33]	PubMed
Ozaki H. et al. [34]	PubMed
Vechin F. et al. [35]	Google Scholar
Yasuda T. et al. [36]	PubMed
Segal N. et al. [37]	PubMed

Los estudios analizados se exponen a continuación y se resumen en la tabla 5. También se ha incluido en el apartado de la discusión una revisión que aportaba datos relevantes.

Tabla 5: resumen de los estudios incluidos en la revisión bibliográfica (Fuente: elaboración propia)

AUTORES	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	CONCLUSIONES
Takarada Y. et al. [29]	16 personas (8 hombres, 8 mujeres) tras reconstrucción de LCA	Entre el día 3 y el 14 tras la operación se aplica al grupo experimental (n=8) dos oclusiones diarias de 5 series con 5 min de oclusión y 3 de reposo	La aplicación de oclusión sin estímulo tras una intervención de rodilla disminuye la atrofia derivada de la falta de movilidad
Ohta H. et al. [30]	44 personas (25 hombres y 19 mujeres) tras reconstrucción de LCA	Ambos grupos realizan un protocolo de ejercicios de rehabilitación y el grupo experimental (n=22) lo realiza con restricción de flujo a partir de la segunda semana	El EO mejora la rehabilitación tras la reconstrucción de LCA
Yokokawa Y. et al. [31]	43 personas (34 mujeres y 17 hombres) de 65 años o más	19 personas realizaron 6 ejercicios con oclusión, 2 veces al día, durante 8 semanas; 24 llevaron a cabo un entrenamiento semanal de estabilidad dinámica durante las 8 semanas.	El EO induce mejoras en la fuerza y en los test físicos, por lo que es una buena opción de entrenamiento para la población de edad avanzada

Abe T. et al. [32]	19 personas (4 hombres y 15 mujeres) entre 60 y 78 años	Durante 5 días semanales a lo largo de 6 semanas el grupo experimental (n=11) caminó a un ritmo de 67 m/min durante 20 min y oclusión, mientras que el otro grupo no se ejercitó	6 semanas de caminar con oclusión producen mejoras en la fuerza muscular y la hipertrofia en personas de edad avanzada
Segal N. et al. [33]	41 hombres de 45 años o más con factores de riesgo de sufrir artritis sintomática de rodilla	4 semanas de 3 días semanales haciendo 4 series de press de pierna al 30% de 1RM con 30 segundos de descanso entre series, grupo experimental con oclusión (n=19)	El EO no ofrece diferencias significativas respecto al entrenamiento sin oclusión en las ganancias de fuerza.
Ozaki H. et al. [34]	18 mujeres entre 57 y 73 años	20' caminando al 45% de la frecuencia cardiaca de reserva, 4 días semanales durante 10 semanas, grupo experimental con oclusión (n=10)	El EO mejora la fuerza muscular y la masa, así como la capacidad aeróbica en mujeres de edad avanzada
Vechin F. et al. [35]	23 personas (14 hombres y 9 mujeres) entre 59 y 71 años	El grupo control (n=7) realizó actividades de la vida diaria, el grupo experimental (n=8) realizó el ejercicio de press de pierna con EO y el último grupo (n=8) realizó entrenamiento con cargas altas	Ambos métodos son efectivos a la hora de mejorar tanto el volumen como la fuerza muscular, aunque el entrenamiento con cargas altas produjo mayores mejoras
Yasuda T. et al. [36]	30 mujeres entre 61 y 86 años	Se comparó el grupo control (n=10) que no entrenó con los grupos que realizaron el entrenamiento con bandas elásticas y baja intensidad con oclusión (n=10) y a media-alta intensidad sin oclusión (n=10)	Se observó que con el entrenamiento con bandas elásticas y oclusión se obtienen mejoras de la fuerza y la masa muscular, mientras que no se disminuyó la función vascular
Segal N. et al. [37]	40 mujeres de 45 años o más con factores de riesgo de sufrir artritis sintomática de rodilla	4 semanas de 3 días semanales haciendo 4 series de press de pierna al 30% de 1RM con 30 segundos de descanso entre series, grupo experimental con oclusión (n=19)	El EO mejora los valores de fuerza muscular en comparación con el entrenamiento sin oclusión en mujeres con factores de riesgo de sufrir artritis sintomática de rodilla.

Takarada Y. et al. [29] llevaron a cabo una intervención sobre 16 pacientes que fueron intervenidos quirúrgicamente para realizar una reconstrucción del ligamento cruzado anterior (LCA). Estos pacientes permanecieron inmovilizados durante dos semanas tras la intervención. Desde el tercer día hasta el decimocuarto, al grupo

experimental (n=8) se le aplicó una restricción de flujo sanguíneo en la parte proximal del muslo con un manguito cuya presión varió entre 200 y 260 mm Hg, mientras que en el grupo control (n=8) se colocó el manguito pero sin inflarlo. El estímulo oclusivo consistió en realizar 5 minutos de oclusión con 3 minutos de descanso, durante cinco series repetidas dos veces al día. Se midió el área de sección transversal de la musculatura del cuádriceps el primer día y el último y se encontró que en el grupo control había disminuido un $20.7 \pm 2.2\%$, mientras que en el grupo experimental disminuyó un $9.4 \pm 1.6\%$. Respecto a la musculatura de los flexores de rodilla, la disminución fue de $11.3 \pm 2.6\%$ en el grupo control por un $9.2 \pm 2.6\%$ en el experimental.

Ohta H. et al. [30] realizaron un estudio sobre 44 pacientes en los que se llevó a cabo una reconstrucción del LCA. En este caso, el estudio se prolongó durante 16 semanas tras la intervención. Durante este tiempo se llevó a cabo el programa de rehabilitación normal, con la realización de seis ejercicios distintos, pero a partir de la segunda semana el grupo experimental (n=22) comenzó a realizar los ejercicios aplicando la restricción de flujo sanguíneo. Esta restricción se llevó a cabo aplicando una presión de 180 mm Hg con el manguito colocado en la parte proximal del muslo. Los ejercicios realizados fueron los siguientes: elevaciones con la pierna extendida y abducciones de cadera, ambas mantenidas 5 segundos 20 veces, en dos series diarias, 6 días a la semana desde la primera semana a la octava, la primera sin carga, de la segunda a la cuarta con 1kg y de la quinta a la octava con 2 kg; aducción de cadera apretando una pelota entre las rodillas a esfuerzo máximo durante 5 segundos, 20 veces, en dos series diarias durante 6 días a la semana desde la primera hasta la decimosegunda; media sentadilla mantenida 6 segundos repetida 20 veces en dos series diarias y subir y bajar un step de 25 cm repetido 20 veces en tres series diarias, ambos ejercicios ejecutados seis días a la semana, quinta y sexta sin carga, séptima y octava con 4-6 kg, entre la novena y la duodécima con 8-10 kg y entre la decimotercera y decimosexta con 12-14 kg; flexión de rodilla de 45 a 100 grados con una banda elástica en 20 repeticiones diarias durante 6 días a la semana entre la novena y la duodécima semana y dos series diarias durante 6 días semanales entre la decimotercera y decimosexta semana. Se midieron valores de la fuerza de contracción concéntrica isocinética a velocidades angulares de 60° y 180° por segundo, así como de la fuerza de contracción isométrica a 60° de flexión de rodilla, tanto en flexores como en extensores antes de la operación y después de las 16 semanas de intervención. En estos datos se observó una disminución mayor de los valores de fuerza en el ratio pierna operada/sana en el grupo control: en contracción isocinética a velocidad de 60° por segundo 86% antes y 55% después de la operación (84 y 76% respectivamente en el experimental), a 180° por segundo 90% antes y 65% después (84 y 77% en el experimental) y en la contracción

isométrica 94% antes y 63% después (92 y 84% respectivamente en el experimental). También se realizaron mediciones en el rango de movimiento de extensión y de flexión, así como de la inestabilidad anterior de la rodilla, pero en ninguno de los casos se observaron diferencias significativas entre los datos obtenidos antes de la operación y después de las 16 semanas de intervención. Se llevaron a cabo mediciones del área de sección transversal de la musculatura extensora de rodilla y de los flexores de rodilla junto con los abductores. En el caso de los extensores sí que se encontraron diferencias, aumentando significativamente en el grupo experimental (Ratio pierna lesionada/sana 92% y pre/postoperación 92% en el control, por 91 y 101% respectivamente en el experimental). También se realizaron mediciones del diámetro de las fibras musculares, tanto tipo I como tipo II, en 8 pacientes de cada grupo, pero las diferencias que se observaron no fueron significativas en ninguno de los dos casos.

Yokokawa Y. et al. [31] compararon los efectos del EO con los del entrenamiento del equilibrio dinámico (EED) en personas de edad avanzada. El grupo de EO (n=19) llevó a cabo un entrenamiento durante 8 semanas, realizando dos entrenamientos semanales que consistían en 6 ejercicios diferentes ejecutados con dos manguitos en la parte proximal de los muslos. El grupo de EDD (n=25) realizó durante esas 8 semanas un entrenamiento semanal que consistía en una serie de ejercicios de estabilidad dinámica. Se realizaron mediciones en el tiempo de reacción, la distancia máxima del paso, tiempo en 10 metros andando, prueba de alcance funcional y sostenimiento sobre una pierna, obteniéndose mejoras en ambos grupos. En el "Up & Go test" y la fuerza de extensión de rodilla se obtuvieron mejoras significativas en el grupo de EO. Además, en los valores medidos en cuanto a niveles de hormona del crecimiento, los cuales solamente se realizaron en 11 sujetos del EO, también se encontraron incrementos significativos.

Abe T. et al. [32] realizaron su estudio con 19 personas de edad avanzada. El grupo control (n=8) continuó realizando las actividades físicas de la vida diaria sin añadir ningún tipo de ejercicio, mientras que el grupo experimental (n=11) caminó en cinta durante 20 minutos diarios a una velocidad de 67 m/min, durante cinco días a la semana a lo largo de 6 semanas. Este ejercicio lo llevaron a cabo con un manguito en cada pierna en la parte proximal del muslo, con una presión inicial de 160 mm Hg que se fue incrementando 10 mm Hg cada semana hasta alcanzar 200 mm Hg. En este grupo, la circunferencia del muslo y la pierna incrementó significativamente, con un aumento del área de sección transversal del 5.8% y 5.1% respectivamente, pero no en el grupo control. La masa muscular total incrementó en un 6.0% y un 10.7% en el muslo en el grupo experimental. En este grupo también incrementó la fuerza máxima de extensión isométrica de rodilla un 11.8%, mientras que en el grupo control disminuyó un 2.2%.

Respecto a la fuerza isocinética en el grupo experimental, en extensión las mejoras variaron entre un 7.1% y un 12.2% y en flexión entre un 13.4% y un 16.1%, mientras que en el control no variaron. No se produjeron mejoras del VO₂máx estimado en ninguno de los dos grupos, sin embargo el grupo experimental incrementó significativamente en los test funcionales.

Segal N. et al. [33] realizaron su intervención sobre un grupo de 41 hombres con factores de riesgo de padecer osteoartritis sintomática de rodilla. Ambos grupos realizaron el mismo protocolo 3 veces a la semana durante cuatro semanas: a una intensidad del 30% de 1RM ejecutaron un ejercicio de press de pierna en cuatro series con un total de 75 repeticiones (30-15-15-15) y 30 segundos de descanso entre ellas. El grupo experimental (n=19) lo llevó a cabo con un manguito colocado en la parte proximal de cada pierna, con una presión de 160 mm Hg la primera semana, 180 mm Hg la segunda y 200 mm Hg las dos últimas. Los resultados obtenidos fueron los siguientes: en el press de pierna, el 1RM aumentó un 13.5 ± 16.8 kg y el grupo experimental 11.3 ± 14.0 kg; sin embargo en la fuerza isocinética de los extensores de rodilla y el test de osteoartritis de rodilla (KOOS) (Anexo 3) no se obtuvieron mejoras significativas en el grupo experimental.

Este mismo autor llevó a cabo una intervención similar pero esta vez sobre un grupo de 40 mujeres con factores de riesgo de padecer osteoartritis sintomática de rodilla [37]. Realizaron el mismo protocolo, pero en este caso los resultados fueron distintos: además del 1 RM en el press de pierna (28.3 ± 4.8 kg grupo experimental por 15.6 ± 4.5 kg), se obtuvieron mejoras en la fuerza isocinética de los extensores de rodilla, 0.07 ± 0.03 nm/kg en el grupo experimental (n=19) por -0.05 ± 0.03 nm/kg en el grupo control.

Ozaki H. et al. [34] llevaron a cabo un estudio sobre 18 mujeres de edad avanzada, cuyo entrenamiento consistió en caminar en una cinta durante 20 minutos a una intensidad del 45% de la frecuencia cardiaca de reserva, realizándolo 4 días a la semana durante 10 semanas. La velocidad media en el grupo experimental (n=8) fue de 4.5 ± 0.0 km/h y 1.6 ± 0.4 grados de inclinación, mientras que en el grupo control fueron de 4.4 ± 0.1 km/h y 1.5 ± 0.5 grados respectivamente. El grupo experimental llevó a cabo dicho entrenamiento aplicando un manguito en la parte proximal de cada pierna con una presión que comenzó en 140 mm Hg y se fue aumentando 10 mm Hg cada semana hasta alcanzar los 200 mm Hg. Se realizaron mediciones de la fuerza máxima isocinética de la flexión y la extensión de rodilla, así como del área de sección transversal del muslo. También se realizaron mediciones de la frecuencia cardiaca media, el esfuerzo percibido, el VO₂máx y de habilidad funcional mediante el "Up & Go test" y el "Chair-stand test". Los resultados obtenidos en cuanto a la

frecuencia cardiaca media fueron de 104 ± 5 pulsaciones por minuto en el grupo control por las 122 ± 7 del experimental, con un $44 \pm 2\%$ y un $62 \pm 9\%$ de la frecuencia cardiaca de reserva respectivamente. En cuanto a los valores de esfuerzo percibido, los resultados del grupo experimental comparados con el control fueron los siguientes: en el minuto 5, 11.5 ± 0.3 por 10.4 ± 0.3 ; en el minuto 10, 11.7 ± 0.2 por 10.6 ± 0.3 ; y en el minuto 15 12.0 ± 0.2 por 10.9 ± 0.3 . Tras la intervención, el área de sección transversal en el muslo y en el cuádriceps aumentó un 3.1% y un 3.0% y el volumen muscular un 3.7% y un 2.7% , respectivamente, mientras que en el grupo control no se observaron diferencias. La fuerza máxima isocinética en extensión aumentó un 8% y en flexión un 22% en el grupo experimental, pero no en el control. Respecto al $VO_{2\text{máx}}$, se obtuvieron mejoras en ambos grupos. En el "Up & Go test" solamente mejoró el grupo experimental, un 10.7% concretamente, mientras que el "Chair-stand test" mejoró en ambos grupos, aunque de manera más notable en el grupo experimental (20.5%) que en el control (7.8%). En el caso del grupo experimental, las mejoras en estos test tenían correlación con las mejoras obtenidas tanto en la flexión de rodilla en el caso del "Up & Go test", como en la extensión en el caso del "Chair-stand test".

Vechin F. et al. [35] compararon el uso del entrenamiento de alta intensidad con el EO en 23 personas de edad avanzada. El grupo control ($n=7$) mantuvo sus actividades de la vida diaria, mientras que los otros dos llevaron a cabo un ejercicio de press de pierna 2 días a la semana durante 12 semanas. El grupo que entrenó con alta intensidad ($n=8$) lo hizo al 70% de $1RM$ durante las 6 primeras semanas y al 80% las 6 últimas, realizando 4 series de 10 repeticiones con un minuto de descanso entre series. El grupo del EO realizó 4 series con el mismo descanso y con un total de 75 repeticiones (30-15-15-15) a una intensidad del 20% de $1RM$ las primeras 6 semanas y 30% las últimas. Los resultados en cuanto a la mejora del $1RM$ fueron los siguientes: en el grupo de alta intensidad, 177 ± 104 kg antes, 266 ± 140 kg después; en el grupo de EO, 273 ± 114 kg antes, 316 ± 141 kg después; y no hubo cambios en el grupo control. En cuanto al área de sección transversal del cuádriceps, los resultados fueron: grupo de alta intensidad 56.9 ± 14.9 cm^2 antes de la intervención y 61.1 ± 14.8 cm^2 después, grupo de EO 67.4 ± 21.5 cm^2 antes y después 71.4 ± 22.1 cm^2 , y no hubo cambios en el grupo control.

Yasuda T. et al. [36] compararon los efectos del entrenamiento de media-alta intensidad sin oclusión con el EO, llevados a cabo con bandas elásticas. El grupo control ($n=10$) no realizó ningún tipo de ejercicio, mientras que los otros dos realizaron los ejercicios de press de pierna y sentadilla 2 días a la semana durante 12 semanas. El grupo de EO realizó un total de 75 repeticiones (30-15-15-15) con un descanso de 30 segundos entre series. El grupo de media-alta intensidad entrenó a una intensidad

aproximada del 70-90% de 1RM en 38 repeticiones (13-13-12) con 30 segundos de descanso entre series. Se obtuvieron mejoras significativas en el grupo de EO en cuanto al área transversal del cuádriceps, la fuerza isométrica de extensión de rodilla y el 1RM de extensión de rodilla, pero no en los otros dos grupos. Sin embargo en el 1RM de press de pierna sí que tuvieron mejoras los dos grupos que entrenaron. Además, no hubo cambios significativos en parámetros hemodinámicos y de función vascular, ni en valores de coagulación o creatinquinasa.

Una vez vistos los resultados de los estudios incluidos en la revisión, se puede dividir la discusión en dos apartados.

5.1- EO como prevención

La disminución de masa muscular y fuerza a medida que avanzan los años es uno de los mayores problemas a los que se enfrenta la población anciana, ya que deriva en multitud de patologías y aumenta la probabilidad de sufrir caídas y fracturas. Entre los estudios analizados, cinco aplican el EO como método para prevenir la sarcopenia en personas de edad avanzada. La intervención realizada en los distintos estudios analizados fue diferente, aplicando el EO con diferentes tipos de ejercicios.

En cuanto a la aplicación del EO andando, Ozaki H. et al. realizaron un estudio [34] en el cual se obtuvieron mejoras en los valores de fuerza y masa muscular en mujeres de edad avanzada, además de mejoras en los test funcionales realizados. También se obtuvieron resultados positivos en los valores de fuerza y masa muscular en el estudio realizado por Abe T. et al. [28], aunque llevaron a cabo un protocolo diferente. Respecto a la comparación del EO con otros métodos de entrenamiento, se realizaron distintas intervenciones: Yokokawa Y. et al. [31] realizaron una comparación entre el EO y el EED, observándose que ambos métodos son efectivos en la mejora de la capacidad funcional de personas ancianas al obtener mejoras en distintos test funcionales, además de observarse mejoras en los valores de fuerza y de hormona del crecimiento en el caso del EO; Vechin F. et al. [35] lo compararon con el entrenamiento con cargas de alta intensidad, demostrando que ambos entrenamientos son efectivos en la mejora de los valores de fuerza y masa muscular; y Yasuda T. et al. [36] llevaron a cabo la comparación entre el EO y el entrenamiento de media-alta intensidad, aunque en lugar de cargas utilizaron bandas elásticas en los ejercicios, obteniéndose mejores resultados en cuanto a las ganancias de masa muscular y fuerza en el EO.

Estos resultados se pueden relacionar con los obtenidos por Slysz J. et al. [17] y Loenneke JP. et al. [21], los cuales observaban mejoras de fuerza y masa muscular en

sujetos sanos, así como los obtenidos por Scott BR et. al. [13] que, además de estos valores, observaron mejoras también en los test funcionales tras llevar a cabo su intervención en atletas sanos

De esta forma se puede afirmar que el EO, ya sea aplicado andando, con cargas o con bandas elásticas, es un método efectivo para mejorar la fuerza y la masa muscular, así como la funcionalidad, en personas de edad avanzada.

Los otros dos estudios restantes analizan el uso del EO como prevención de la osteoartritis de rodilla. Se ha demostrado que el aumento de la fuerza de los extensores de rodilla reduce el riesgo de desarrollar dicha patología y disminuye la progresión del estrechamiento del espacio articular. Por lo tanto, la fuerza de la musculatura extensora de rodilla es un importante factor de riesgo modificable en esta patología [33,37].

Segal N. et al. [33] realizaron su intervención sobre hombres en riesgo de padecer osteoartritis sintomática de rodilla, comparando el mismo entrenamiento con oclusión y sin ella. En este caso, aunque se obtuvieron mejoras en la fuerza, las diferencias obtenidas respecto al grupo sin oclusión no fueron significativas. Sin embargo, este mismo protocolo realizado sobre mujeres sí que tuvo mejoras significativas respecto al grupo control [37]. Estas diferencias en los resultados de los dos estudios pudieron deberse al nivel inicial de forma física que tenían los sujetos, ya que las mujeres que tomaron parte del estudio eran físicamente menos activas, lo cual podría explicar que el entrenamiento tuviese más efecto sobre ellas [33]. Este efecto podría relacionarse con el observado por Loenneke JP. et al. [21], ya que demostraron que los sujetos desentrenados obtienen unos mayores beneficios del EO en cuanto a la fuerza muscular que aquellos más activos. Dichas diferencias también podrían explicarse debido a la duración de la intervención, ya que Loenneke JP. et al. también observaron que un periodo de entrenamiento de 4 semanas tiene menor efecto que un periodo de 10 semanas y eso, unido al nivel de condición física inicial, podría haberse traducido en un menor efecto en el grupo los hombres.

En este caso, se puede afirmar que la aplicación del EO en personas con factores de riesgo de sufrir osteoartritis sintomática no tiene efectos contraproducentes, incluso su aplicación en mujeres sedentarias puede ser positiva. Sin embargo, dadas las diferencias en los resultados, su aplicación requiere una mayor investigación en el futuro.

5.2- EO como tratamiento

El desequilibrio en el balance entre la síntesis y la degradación proteica es la principal causa de atrofia muscular por falta de uso. Durante los largos periodos de

inmovilización es una de las principales causas por las cuales la rehabilitación se alarga, ya que es necesario recuperar la funcionalidad de la musculatura afectada. Dado que los mecanismos normales necesarios para el aumento de fuerza y masa muscular pueden resultar excesivos o peligrosos para los pacientes que se encuentran en estas situaciones, el EO puede ser un método efectivo para inducir estos estímulos de forma segura y de esta forma acortar los plazos de recuperación.

Los dos estudios analizados que utilizan el EO en el periodo de rehabilitación lo hacen en pacientes tras ser intervenidos en una reconstrucción del LCA. Sin embargo, lo utilizan de forma diferente. Los resultados obtenidos por Takarada Y. et al. [29] demuestran que la aplicación de la oclusión sin realizar ningún tipo de ejercicio disminuye la pérdida de masa muscular en los flexores y los extensores de rodilla durante el periodo inicial de inmovilización tras la intervención. También obtuvieron resultados positivos en cuanto a la disminución de la pérdida de masa muscular Ohta H. et al. [30], aunque en este caso llevaron a cabo la intervención realizando ejercicios. Además también observaron que se disminuía la pérdida de fuerza muscular.

Por lo tanto podemos afirmar que la aplicación del EO es efectiva para atenuar las pérdidas de masa muscular y fuerza que se producen tras una intervención de reconstrucción de LCA.

En una revisión llevada a cabo por Loenneke et al. [4], se sugirió un modelo de aplicación del EO durante los procesos de rehabilitación para lesiones de miembro inferior que requieran inmovilización o encamamiento. Dicho proceso se muestra en la figura 3 y se divide en varias fases en las que se aplicaría el estímulo de diferente forma:

- Fase I: cuando el sujeto se encuentra encamado o con la extremidad inmovilizada, se aplicará la restricción de flujo sanguíneo sin estímulo para disminuir la pérdida de masa muscular debido a la inactividad.
- Fase II: cuando el paciente es capaz de realizar apoyos, se puede combinar el EO con ejercicio aeróbico suave como caminar o bicicleta estática para mantener o comenzar a aumentar la masa muscular y la fuerza.
- Fase III: en la tercera fase, mientras que el sujeto no sea capaz de movilizar grandes cargas, se puede realizar el EO con cargas ligeras con la finalidad de aumentar de forma considerable la fuerza y la masa muscular.
- Fase IV: en la fase más avanzada, cuando el paciente ya se encuentre en condiciones de movilizar grandes cargas, se realizará dicho trabajo de forma

aislada en combinación con sesiones de EO para ir introduciendo poco a poco las adaptaciones propias del entrenamiento de alta intensidad.

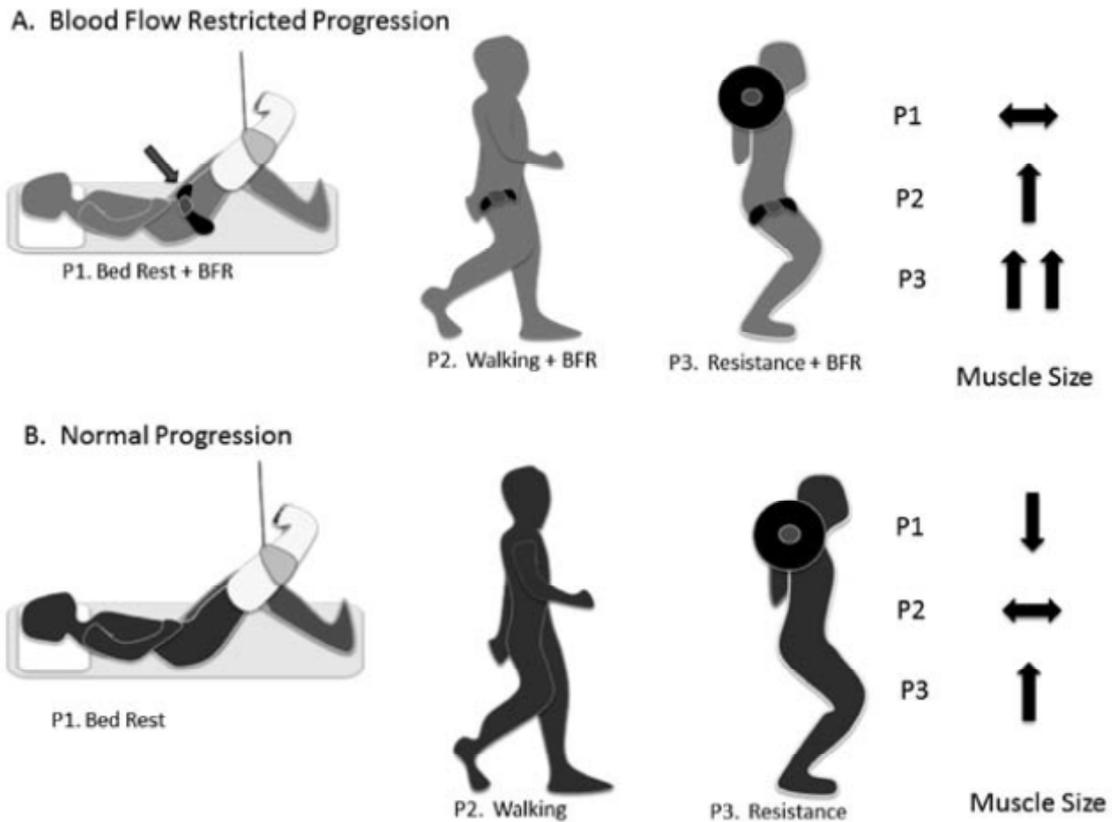


Figura 3: modelo de aplicación del EO (BFR) en rehabilitación y su efecto en la masa muscular [4]

6- CONCLUSIONES

Tras consultar la bibliografía seleccionada, se puede concluir lo siguiente:

- El uso del EO mejora la fuerza y la masa muscular en personas de edad avanzada.
- El EO es un método efectivo y seguro para mejorar la forma física y funcionalidad en ancianos.
- El EO disminuye las pérdidas de fuerza y masa muscular en pacientes intervenidos en reconstrucciones de LCA.
- El EO requiere de una mayor investigación en su aplicación en personas con factores de riesgo de sufrir osteoartritis sintomática de rodilla, aunque puede ser efectivo en mujeres sedentarias.

- Observando los prometedores resultados que ofrece, es necesaria una mayor investigación en la aplicación del EO como prevención en un abanico más amplio de patologías que se vean afectadas por la pérdida progresiva de fuerza y masa muscular o cuyo avance lleven a dichas pérdidas.
- Observando los prometedores resultados que ofrece, es necesaria una mayor investigación en la aplicación del EO como tratamiento en un abanico más amplio de patologías que requieran un proceso de rehabilitación similar al estudiado.
- Dadas las limitaciones observadas, sobre todo en la falta de homogeneidad en cuanto a la presión aplicada y el tipo de manguito utilizado, es necesaria una mayor investigación futura para poder llegar a un consenso en la uniformidad de la aplicación del método.

7. BIBLIOGRAFÍA

1. Sato Y. The history and future of Kaatsu Training. *Int J Kaatsu Training Res.* 2005; 1: 1-5.
2. A. Córdova. *Fisiología dinámica.* 1ª Ed. Barcelona: Masson; 2003.
3. Brandner CR, Warmington SA, Kidgell DJ. Corticomotor Excitability is Increased Following an Acute Bout of Blood Flow Restriction Resistance Exercise. *Front Hum Neurosci.* 2015; 9: 1-10.
4. Loenneke JP, Abe T, Wilson JM, Thiebaud RS, Fahs CA, Rossow LM, Bembem MG. Blood flow restriction: an evidence based progressive model (Review). *Acta Physiol Hung.* 2012; 3: 235-50.
5. Loenneke JP, Pujol TJ. The use of occlusion training to produce muscle hypertrophy. *J Strength Cond Res.* 2009; 31: 77-84.
6. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bembem M. Overview of neuromuscular adaptations of skeletal muscle to Kaatsu Training. *Int J Kaatsu Training Res.* 2007; 3: 1-9.
7. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Med.* 2015; 2: 187-200.
8. Kawada S. What phenomena do occur in blood flow-restricted muscle?. *Int J Kaatsu Training Res.* 2005; 1: 37-44.
9. Reina-Ramos C, Domínguez R. Blood flow restriction training and muscle hypertrophy. *Rev Int Cienc Deporte.* 2014; 10: 366-382.
10. Neto GR, Novaes JS, Dias I, Brown A, Vianna J, Cirilo-Sousa MS. Effects of resistance training with blood flow restriction on haemodynamics: a systematic review. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016.
11. Park SY, Kwak YS, Harveson A, Weavil JC, Seo KE. Low intensity resistance exercise training with blood flow restriction: insight into cardiovascular function, and skeletal muscle hypertrophy in humans. *Korean J Physiol Pharmacol.* 2015; 3: 191-6.
12. Spranger MD, Krishnan AC, Levy PD, O'Leary DS, Smith SA. Blood flow restriction training and the exercise pressor reflex: a call for concern. *Am J Physiol Heart Circ Physiol.* 2015; 9: 1440-52.
13. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Blood flow restricted exercise for athletes: A review of available evidence. *J Sci Med Sport.* 2016; 5: 360-7.
14. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med.* 2010; 1:1-4.

15. Bianquetti D. Efectos del entrenamiento de fuerza bajo oclusión parcial superimpuesta sobre el edema muscular y el diámetro del tendón. Universidad Politécnica de Valencia. 2014.
16. Scott BR, Loenneke JP, Slattery KM, Dascombe BJ. Exercise with blood flow restriction: an updated evidence-based approach for enhanced muscular development. *Sports Med.* 2015; 3: 313-25.
17. Slysz J, Stultz J, Burr JF. The efficacy of blood flow restricted exercise: A systematic review & meta-analysis. *J Sci Med Sport.* 2016; 8: 669-75.
18. Vilaça-Alves J, Neto GR, Morgado NM, Saavedra F, Lemos, R, Moreira TR, Novaes JS, Rosa C, Reis VM. Acute Effect of Performed Upper and Lower Limbs Resistance Exercises with Blood Flow Restriction on Hemodynamics. *JEPonline.* 2016; 3: 100-109.
19. Manini TM, Clark BC. Blood flow restricted exercise and skeletal muscle health. *Exerc Sport Sci Rev.* 2009; 2:78-85.
20. Larkin KA, Macneil RG, Dirain M, Sandesara B, Manini TM, Buford TW. Blood flow restriction enhances post-resistance exercise angiogenic gene expression. *Med Sci Sports Exerc.* 2012; 11: 2077-83.
21. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* 2012; 5: 1849-59.
22. Nakajima T, Kurano M, Iida H, Takano H, Oonuma H, Morita T, Meguro K, Sato Y, Nagata T. Use and safety of Kaatsu training: results of a national survey. *Int J Kaatsu Training Res.* 2006; 2: 5-13.
23. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bembem MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports.* 2011; 4: 510-8.
24. Pope ZK, Willardson JM, Schoenfeld BJ. Exercise and blood flow restriction. *J Strength Cond Res.* 2013; 27: 2914-26.
25. Dankel SJ, Jessee MB, Abe T, Loenneke JP. The Effects of Blood Flow Restriction on Upper-Body Musculature Located Distal and Proximal to Applied Pressure. *Sports Med.* 2016; 46: 23-33.
26. Poton R, Polito MD. Hemodynamic response to resistance exercise with and without blood flow restriction in healthy subjects. *Clin Physiol Funct Imaging.* 2016; 36: 231-6.
27. Loenneke JP, Thiebaud RS, Abe T. Does blood flow restriction result in skeletal muscle damage? A critical review of available evidence. *Scand J Med Sci Sports.* 2014; 24: e415-422.

- 28.** Kubo K, Komuro T, Ishiguro N, Tsunoda N, Sato Y, Ishii N, Kanehisa H, Fukunaga T. Effects of low-load resistance training with vascular occlusion on the mechanical properties of muscle and tendon. *J Appl Biomech.* 2006; 22: 112-9.
- 29.** Takarada Y, Takazawa H, Ishii N. Applications of vascular occlusion diminish disuse atrophy of knee extensor muscles. 2000; 32: 2035-2039
- 30.** Ohta H, Kurosawa H, Ikeda H, Iwase Y, Satou N, Nakamura S. Low-load resistance muscular training with moderate restriction of blood flow after anterior cruciate ligament reconstruction. *Acta Orthop Scand.* 2003; 74: 62-8
- 31.** Yokokawa Y, Hongo M, Urayama H, Nishimura T, Kai I. Effects of low-intensity resistance exercise with vascular occlusion on physical function in healthy elderly people. *Biosci Trends.* 2008; 2: 117-23.
- 32.** Abe T, Sakamaki M, Fujita S, Ozaki H, Sugaya M, Sato Y, Nakajima T. Effects of low-intensity walk training with restricted leg blood flow on muscle strength and aerobic capacity in older adults. *J Geriatr Phys Ther.* 2010; 33: 34-40.
- 33.** Segal N, Davis MD, Mikesky AE. Efficacy of Blood Flow-Restricted Low-Load Resistance Training For Quadriceps Strengthening in Men at Risk of Symptomatic Knee Osteoarthritis. *Geriatr Orthop Surg Rehabil.* 2015; 6: 160-7.
- 34.** Ozaki H, Sakamaki M, Yasuda T, Fujita S, Ogasawara R, Sugaya M, Nakajima T, Abe T. Increases in thigh muscle volume and strength by walk training with leg blood flow reduction in older participants. *J Gerontol A Biol Sci Med Sci.* 2011; 66: 257-63.
- 35.** Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RP, Tricoli VA, Roschel HA, Cavaglieri CR, Chacon-Mikahil MP, Ugrinowitsch C. Comparisons between low-intensity resistance training with blood flow restriction and high-intensity resistance training on quadriceps muscle mass and strength in elderly. *J Strength Cond Res.* 2015; 29: 1071-6.
- 36.** Yasuda T, Fukumura K, Tomaru T, Nakajima T. Thigh muscle size and vascular function after blood flow-restricted elastic band training in older women. *Oncotarget.* 2016; 7: 33595-607.
- 37.** Segal NA, Williams GN, Davis MC, Wallace RB, Mikesky AE. Efficacy of blood flow-restricted, low-load resistance training in women with risk factors for symptomatic knee osteoarthritis. *PM R.* 2015; 7: 376-84.

8. ANEXOS

Anexo 1: Dispositivo utilizado para llevar a cabo el EO en muchos de los estudios analizados.



Figura 4: dispositivo Kaatsu Master [1]

Anexo 2

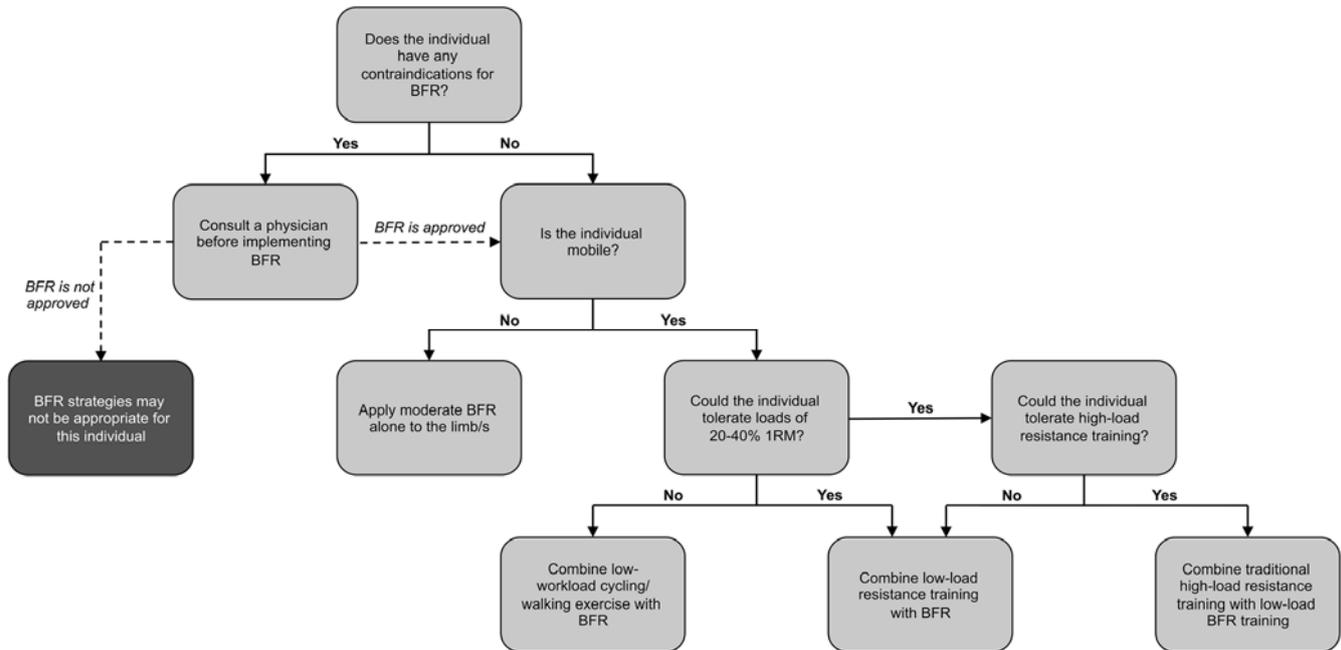


Figura 5: Diagrama de flujo para el planteamiento del óptimo uso del EO (BFR) [16]

Anexo 3: Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), versión en castellano.

Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Spanish (US) version LK 1.0

1

ENCUESTA KOOS SOBRE LA RODILLA

Fecha actual: ____/____/____ Fecha de nacimiento: ____/____/____

Nombre: _____

INSTRUCCIONES: Esta encuesta le hace preguntas sobre su rodilla. Esta información nos mantendrá informados de cómo se siente acerca de su rodilla y sobre su capacidad para hacer sus actividades diarias. Responda a cada pregunta haciendo una marca en la casilla apropiada. Marque sólo una casilla por cada pregunta. Si no está seguro(a) de cómo contestar la pregunta, por favor dé la mejor respuesta posible.

Síntomas

Deberá responder a estas preguntas pensando en los síntomas que tuvo en su rodilla durante los **últimos siete días**.

S1. ¿Tuvo hinchazón en la rodilla?

Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S2. ¿Sentía fricción o escuchó algún sonido o ruido en su rodilla cuando la movía?

Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S3. ¿Su rodilla se trababa o quedaba colgada cuando la movía?

Nunca	Rara vez	Algunas veces	Frecuentemente	Siempre
<input type="checkbox"/>				

S4. ¿Podía enderezar totalmente su rodilla?

Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Rara vez	Nunca
<input type="checkbox"/>				

S5. ¿Podía doblar totalmente su rodilla?

Siempre	Frecuentemente	Algunas veces	Rara vez	Nunca
<input type="checkbox"/>				

Rigidez

Las siguientes preguntas son en relación a la intensidad de la rigidez que ha sentido durante los **últimos siete días** en su rodilla. Rigidez es la sensación de restricción o lentitud que siente cuando mueve la articulación de su rodilla.

S6. ¿Qué tan severa fue la rigidez en su rodilla al despertarse en la mañana?

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

S7. **En el transcurso del día**, ¿qué tan severa ha sido la rigidez en su rodilla al estar(a), sentado(a), recostado(a) o haber descansado?

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

Dolor

¿Cuánto dolor ha sentido en su rodilla en los últimos siete días durante las siguientes actividades?

P1. ¿Con qué frecuencia ha sentido usted dolor en la rodilla?

Nunca	Una vez al mes	Una vez a la semana	A diario	Siempre
<input type="checkbox"/>				

P2. Torciendo/rotando su rodilla

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P3. Enderezando totalmente su rodilla

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P4. Doblando totalmente su rodilla

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P5. Al caminar en una superficie plana

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P6. Al subir o bajar escaleras

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P7. Por la noche, al estar en la cama

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P8. Al estar sentado(a) o recostado(a)

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

P9. Al estar de pie

Ninguno	Un poco	Moderado	Severo	Extremo
<input type="checkbox"/>				

Funcionamiento en actividades cotidianas

Las siguientes preguntas se refieren a su funcionamiento físico en general o sea, a su habilidad para moverse y tener cuidado de sí mismo(a). Para cada una de las siguientes actividades, por favor indique el grado de dificultad que ha sentido en su funcionamiento físico durante los últimos siete días debido a su rodilla afectada.

A1. Al bajar las escaleras

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

A2. Al subir las escaleras

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

Para cada una de las siguientes actividades, por favor indique el grado de dificultad que ha sentido en su funcionamiento físico durante los últimos siete días debido a su rodilla afectada.

A3. Al levantarse después de estar sentado(a)	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A4. Al estar de pie	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A5. Al agacharse en cuclillas a recoger un objeto del piso	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A6. Al caminar en una superficie plana	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A7. Al subirse o bajarse de un carro	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A8. Al ir de compras	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A9. Al ponerse los calcetines o las medias	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A10. Al levantarse de la cama	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A11. Al quitarse los calcetines o las medias	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A12. Al estar recostado(a) en la cama (cuando se voltea y al mantener la posición de la rodilla)	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A13. Al entrar o salir de la tina (bañadera)	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A14. Al estar sentado(a)	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				
A15. Al sentarse o levantarse del inodoro [excusado (W.C.)]	Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
	<input type="checkbox"/>				

Para cada una de las siguientes actividades, por favor indique el grado de dificultad que ha sentido en su funcionamiento físico durante los últimos siete días debido a su rodilla afectada.

A16. Trabajo pesado en la casa (moviendo cajas pesadas, fregando el piso, etc.)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

A17. Trabajo liviano en la casa (cocinando, desempolvando, etc.)

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

Funcionamiento en actividades deportivas y recreación

Las siguientes preguntas se refieren al funcionamiento físico cuando está haciendo actividades intensas. Debería contestar las preguntas pensando en el grado de dificultad que ha sentido durante los últimos siete días debido a su rodilla.

SP1. Sentándose en cuclillas

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

SP2. Corriendo

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

SP3. Saltando

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

SP4. Torciendo/rotando en su rodilla afectada

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

SP5. Arrodillándose

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

Calidad de vida

Q1. ¿Con qué frecuencia está conciente del problema en su rodilla?

Nunca	Una vez al mes	Una vez a la semana	A diario	Constantemente / Siempre
<input type="checkbox"/>				

Q2. ¿Ha cambiado su estilo de vida para evitar actividades que podrían ser peligrosas para su rodilla?

De ninguna manera	Un poco	Moderadamente	Seramente	Totalmente
<input type="checkbox"/>				

Q3. ¿Qué tanto le preocupa la falta de confianza en su rodilla?

De ninguna manera	Un poco	Moderadamente	Seramente	Totalmente
<input type="checkbox"/>				

Q4. Generalmente, ¿cuánta dificultad tiene con su rodilla?

Ninguna	Un poco	Moderada	Severa	Extrema
<input type="checkbox"/>				

Muchas gracias por contestar a todas las preguntas en este cuestionario.

Figura 6: KOOS (Fuente: www.clinicadolorpilar.com/images/KOOS.pdf)