

TRABAJO FIN DE GRADO

EFICACIA, SEGURIDAD Y PARÁMETROS RELEVANTES EN EL ENTRENAMIENTO DE BAJA INTENSIDAD CON RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEO: Revisión bibliográfica

Autor: Rubén Granada Jaraba.

Director: Miguel Barajas Vélez.

Titulación: Fisioterapia.

Curso académico: 2017-2018.

Convocatoria de defensa: junio 2018.

Universidad: Universidad Pública de Navarra.



upna

Universidad Pública de Navarra
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

RESUMEN

Antecedentes: El entrenamiento de fuerza de alta intensidad es realizado para aumentar la fuerza y generar hipertrofia muscular. Una alternativa terapéutica y de entrenamiento que está adquiriendo relevancia es el entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo, ya que permite obtener dichas ganancias de fuerza e hipertrofia con menor carga y menor estrés mecánico.

Objetivos: Evaluar la evidencia científica del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo como una herramienta eficaz y segura para su implantación en clínica y reunir parámetros relevantes para realizar un uso óptimo del mismo según el paciente y patología a tratar.

Metodología: La búsqueda y selección de los artículos se realizó mediante las bases de datos PubMed, Cochrane y PEDro. Las palabras clave utilizadas han sido “Blood Flow Restriction Training” y los filtros utilizados “humanos” y últimos “10 años”.

Resultados: 19 ECAS fueron seleccionados mostrando significancia ($p < 0,05$) en términos de fuerza e hipertrofia en un 93,75 % y en un 83,33 % respectivamente. Fueron positivos los hallazgos en cuanto a la seguridad del método y se encontraron aspectos relevantes a considerar previo a la prescripción del entrenamiento con BFR.

Conclusiones: El entrenamiento con restricción de flujo es una herramienta de rehabilitación clínica útil, eficaz y segura para aumentar la fuerza y la hipertrofia muscular en un amplio rango de edades y estados físicos, siendo especialmente interesante para aquella población que, por limitaciones físicas, no puedan beneficiarse de un entrenamiento de alta intensidad.

Palabras clave: “Entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo” “kaatsu” “entrenamiento de oclusión” “fuerza”, “hipertrofia”, “seguridad”.

Número de palabras del documento: 14100.

ABSTRACT

Background: High intensity strength training is performed to increase strength and muscle hypertrophy. A therapeutic and training alternative is acquiring relevance is the low intensity training with flow restriction, since it allows to achieve both strength and hypertrophy gains to with less training intensity and mechanical stress.

Objectives: To verify the scientific evidence of blood flow restriction training as a safe and effective tool for its implementation in the clinic and to gather relevant parameters to make optimal use of it according to the patient and pathology.

Methodology: The retrieval and selection of the articles was carried out using the PubMed, Cochrane and PEDro databases. The key words used were "Blood Flow Restriction Training" and the filters used were "human" and the last "10 years".

Results: 19 randomized clinical trials were selected showing statistical significance ($p < 0,05$) in terms of strength and hypertrophy in 93,75% and 83,33% respectively. The findings were positive in terms of safety and highlight relevant aspects to consider prior to prescribing BFR training.

Conclusions: The blood flow restriction training is a useful, effective and safe clinical rehabilitation tool to increase strength and muscular hypertrophy in a wide range of ages and physical states, being especially interesting for those people who, due to physical limitations, cannot benefit from high intensity training.

Key words: "blood flow restriction training" "kaatsu" "occlusion training" "strength", "hypertrophy", "safety".

Number of words in document: 14100.

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ABI: Índice tobillo-brazo.

ABI: Presión tobillo-brazo.

b-SBP: Presión arterial sistólica del brazo.

c-AIx: Índice de aumento central.

CAVI: Prueba de índice vascular cardio-tobillo.

CK: Creatina quinasa.

c-SBP: Presión arterial sistólica central.

FC: Frecuencia cardiaca.

FDP: Producto de degradación de fibrina.

GH: Hormona de crecimiento.

HL: High load.

HsCRP: Proteína C reactiva de alta sensibilidad.

IMC: Índice de masa corporal.

LL: Low load.

MAP: Presión arterial media.

m-TOR: Expresión del factor de transmission.

NC: Conducción nerviosa.

NE: Norepinefrina.

PAS: Presión Arterial Sistólica.

PT: Tiempo de protombina.

PWV: Velocidad de onda de pulso.

Q: Flujo.

RHI: Índice de hiperemia reactiva.

RPE: Rating of perceived exertion.

RPP: Rating of perceived pain.

TcP02: Presión de oxígeno transcutáneo.

Tpa: Activador del plasminógeno tisular.

VEGF: factor de crecimiento vascular endotelial.

VWF: Factor de Von Willebrand.

ÍNDICE

| | | |
|-----|---|----|
| 1. | INTRODUCCIÓN | 1 |
| 2. | OBJETIVOS..... | 11 |
| 3. | MÉTODOS..... | 13 |
| 3.1 | ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS | 13 |
| 3.2 | CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD | 13 |
| 3.3 | CALIDAD DEL ESTUDIO | 13 |
| 3.4 | OBTENCIÓN DE DATOS | 14 |
| 3.5 | ANÁLISIS ESTADÍSTICO | 15 |
| 4. | RESULTADOS | 19 |
| 4.1 | FUERZA E HIPERTROFIA MUSCULAR..... | 23 |
| 4.2 | SEGURIDAD Y EVENTOS ADVERSOS | 29 |
| 4.3 | ASPECTOS RELEVANTES..... | 30 |
| 5. | DISCUSIÓN | 35 |
| 5.1 | FUERZA..... | 35 |
| 5.2 | HIPERTROFIA | 37 |
| 5.3 | SEGURIDAD Y EVENTOS ADVERSOS..... | 38 |
| 5.4 | ASPECTOS RELEVANTES..... | 40 |
| 6. | CONCLUSIONES | 45 |
| 7. | PROPUESTA DE PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO | 47 |
| 7.1 | INTRODUCCIÓN | 47 |
| 7.2 | OBJETIVOS..... | 49 |
| 7.3 | METODOLOGÍA..... | 50 |
| 8. | LIMITACIONES | 57 |
| 9. | AGRADECIMIENTOS..... | 59 |
| 10. | BIBLIOGRAFÍA..... | 61 |
| 11. | ANEXOS | 65 |

1. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales aspectos con los que a menudo cursan las lesiones musculoesqueléticas, además del dolor, es la debilidad muscular. Este fenómeno no solo acompaña a lesiones osteomusculares, sino que también es común en población sedentaria, inactiva, y en personas mayores con riesgo de sarcopenia. La debilidad muscular y la atrofia muscular, a menudo se traducen en una pérdida de funcionalidad, por lo que es de vital importancia considerar ambos aspectos en el ámbito de la rehabilitación y/o el ejercicio físico como forma de prevenir lesiones y enfermedades.

Para hacer frente a este problema, el entrenamiento de fuerza de alta intensidad es una herramienta eficaz y comúnmente utilizada en el ámbito clínico para el tratamiento de diferentes patologías, aunque tiene sus limitaciones y no todo el mundo se puede beneficiar del mismo, debido al estrés mecánico e intensidad que este requiere.

Tradicionalmente y según el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ACSM), para conseguir resultados en ganancia de fuerza e hipertrofia muscular, se recomienda entrenar con cargas entorno al 60% de 1RM para sujetos principiantes en el entrenamiento de fuerza, sin embargo, para individuos entrenados estos valores se sitúan en torno al 80% de 1RM y, en el caso de atletas, a más de 85% de 1RM para obtener los mejores resultados (1).

En la actualidad, los entrenamientos de fuerza de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo están adquiriendo relevancia como alternativa para el entrenamiento convencional de fuerza en aquellos pacientes o población que requieran de dichos beneficios o características de este método de entrenamiento y/o rehabilitación.

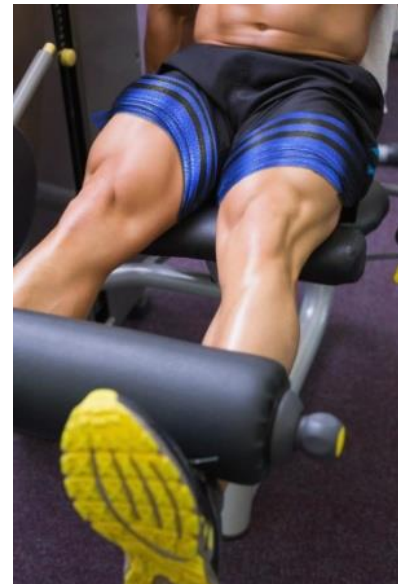


Imagen 1: En azul, manguitos de restricción del flujo sanguíneo.

El entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo o Kaatsu, fue inventado y popularizado en Japón hace años por Yoshiaki Sato. Este tipo de entrenamiento permite trabajar, según lo encontrado en la literatura, con cargas livianas en torno al 20-30% de 1RM para conseguir efectos similares en fuerza e hipertrofia respecto a un entrenamiento convencional de fuerza con cargas del 60-85% 1RM (2).

Dicha restricción del flujo sanguíneo es llevada a cabo mediante un manguito situado en la parte más proximal de la extremidad que se va a entrenar, el cual hace la función de torniquete.

El estrés mecánico y el dolor articular son dos aspectos que a menudo imposibilitan tanto la prescripción como la adherencia al entrenamiento de fuerza a la población con patología ósea y/o articular (3), lo que les hace más susceptibles al sedentarismo, a la pérdida de fuerza, de funcionalidad, aumentando además el riesgo de lesión o empeoramiento de su patología.

Por todo ello, el entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo (BFR, del inglés, Blood Flow Restriction) se está convirtiendo en una alternativa terapéutica muy interesante, ya que estimula el crecimiento muscular y la fuerza muscular sin necesidad de hacer uso del levantamiento de cargas pesadas que puedan generar ese estrés mecánico y dolor. Esto resulta realmente oportuno para aquellas personas que por algún motivo, no estén o no se sientan preparadas para un entrenamiento tan pesado como el convencional (4,5).

Por ello, el interés en el uso del entrenamiento BFR como una herramienta de rehabilitación clínica está aumentando.

Es especialmente, en los últimos 4 años, cuando este tipo de entrenamiento está siendo más estudiado en el ámbito de la investigación y utilizado en clínicas de fisioterapia y en centros deportivos como forma de optimizar el entrenamiento, aunque, cabe destacar que en dichos ámbitos de población sana (gimnasios), podrían hacerlo, al igual que el entrenamiento convencional, a altas intensidades. Sin embargo, el entrenamiento BFR permitiría el aporte de los beneficios de la restricción del flujo que se comentarán más adelante.

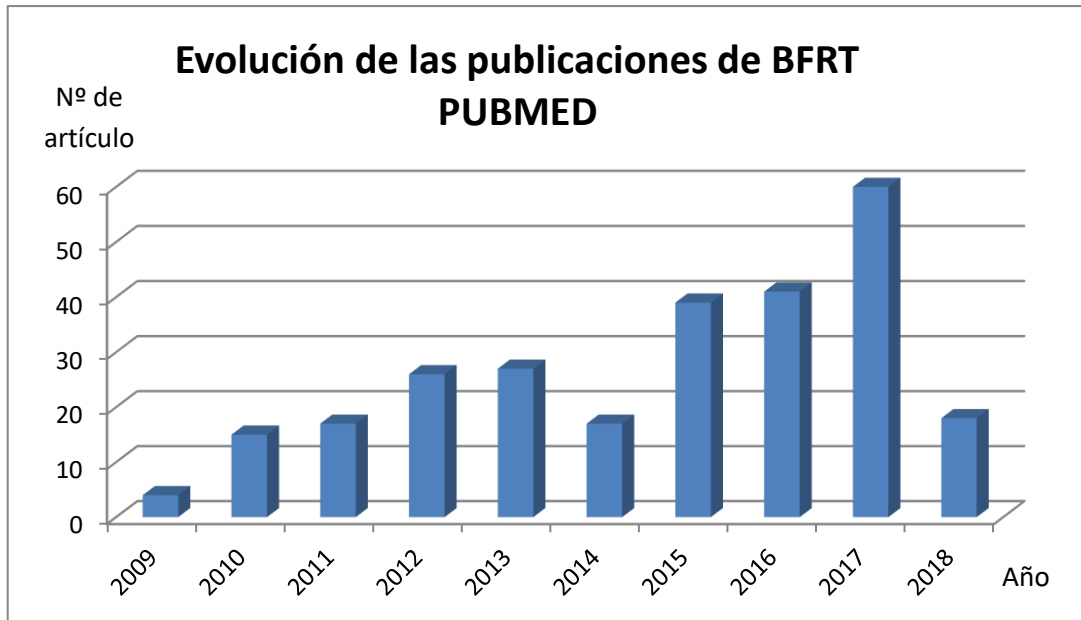


Ilustración 1: Evolución de las publicaciones en PUBMED de BFRT.

Los estudios y ensayos clínicos han sido realizados principalmente en población sana (6–8) pero año tras año, se hace notoria la publicación de artículos científicos que estudian la aplicación de este sistema de entrenamiento como propuesta de rehabilitación en población con diferentes patologías, tales como: OA (4,5), dolor patelofemoral (3) personas mayores con riesgo de sarcopenia (9–12) polimiositis y dermatomiositis (13), postoperatorio tras rotura de ligamento cruzado anterior (14) así como otras patologías entre las que se encuentran las cardiopatías y la rotura del tendón de aquiles (datos no mostrados).

Además se están desarrollando nuevos estudios, en especial ensayos clínicos que investigan la aplicación de BFR en patologías musculoesqueléticas tales como tenodesis del bíceps (15), OA de rodilla (16), lesiones de ligamento cruzado anterior (17), tendinopatía aquilea y dolor lumbar recurrente (datos no mostrados).

También, quizá de mayor relevancia por la susceptibilidad de los sujetos, se están llevando a cabo estudios en pacientes con insuficiencia cardiaca crónica (18), enfermedad arterial coronaria (19) y síndrome de fragilidad en ancianos (datos no mostrados).

Los manguitos utilizados para la restricción del flujo sanguíneo son muy variados y todavía no se ha estandarizado un modelo concreto u otro en función de los

propósitos a conseguir, aunque sí se está estudiando la diferencia en los efectos según la aplicación de los distintos modelos y sus anchuras correspondientes (7,20). Además, también la variación en las presiones aplicadas están siendo estudiadas para ver si se consiguen resultados distintos en función de la presión de oclusión externa (7,8,20). Existen de distintos tamaños y de distintos materiales, pudiendo ser flexibles o rígidos. La marca comercial más utilizada en los diferentes ensayos clínicos es “Kaatsu máster” (Anexo 1) siendo actualmente Fisaude, el primero y único distribuidor oficial de esta tecnología en España (21).

1.1 PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO

Una estructura estándar comúnmente utilizada para este entrenamiento de baja intensidad es una carga del 20-30% de 1 RM con una restricción de flujo del 60-80% y un volumen de 75 repeticiones en 4 series (es decir, 30/15/15/15) con periodos de descanso de 30 segundos entre series (9,11). Se realiza 2-3 días a la semana, durante al menos 3 semanas para ver los efectos.

El tiempo bajo oclusión de dicha estructura de entrenamiento suele ser de aproximadamente 5 minutos.

La recomendación para la frecuencia de los entrenamientos según ACLM (52) es 2-3 días/semana para entrenamiento de principiante, 3-4 días/semana para entrenamiento intermedio, y 4-5 días/semana para entrenamiento avanzado. De los estudios analizados también podemos concluir que las velocidades de ejecución más rápidas (1-1) son más efectivas en comparación con velocidades moderadas (1-2), para las ganancias de rendimiento y tasas de fuerza muscular. A su vez, como principio de progresión se recomienda que se aplique un aumento del 2-10% en la carga cuando individuo puede realizar la carga de trabajo actual de una a dos repeticiones sobre el número deseado (1).

En los diferentes estudios publicados se respeta como mínimo este volumen de entrenamiento mencionado y se modifica en sus diversos parámetros de volumen, carga, tiempos de descanso y presión del manguito, velocidad de ejecución, frecuencia de entrenamientos para comparar y comprobar diferentes hipótesis.

Esta modalidad de entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo ha sido estudiada en entrenamientos de resistencia tales como la marcha, la carrera y el ciclismo, pero mayoritariamente se está poniendo más en práctica en entrenamientos de ganancia de fuerza e hipertrofia muscular. En este sentido, se han realizado diferentes ejercicios acompañados de esta restricción en las extremidades: prensa de pierna (Anexo 2), extensión de rodilla (Anexo 3) y flexión de rodilla, sentadillas, flexión de codo, prensa de banca pectoral y se han valorado en todos ellos los cambios en fuerza e hipertrofia muscular (22).

Concretamente hablando en esta revisión del entrenamiento de fuerza, se conoce que diferentes cargas de entrenamiento producen distintos efectos en el metabolismo agudo, neural, hormonal, y respuesta cardiovascular (1). Estas variables, se están estudiando en el entrenamiento con BFR, y todavía se desconoce con exactitud cuál es el mecanismo definido que explique la efectividad en cuanto a las ganancias de fuerza e hipertrofia.

1.2 BASES/PRINCIPIOS DE FUERZA E HIPERTROFIA

Los entrenamientos de fuerza de alta intensidad (>60% de 1 RM) están orientados a activar y reclutar fibras musculares tipo II para progresar significativamente en el aumento de masa muscular y fuerza (20).

La tensión mecánica y el estrés metabólico son impulsos primarios de la hipertrofia muscular inducidos por el entrenamiento convencional de fuerza (1), proporcionando efectos sinérgicos y aditivos, sin embargo, a pesar del bajo nivel de tensión mecánica asociada al entrenamiento de resistencia con BFR los resultados siguen siendo notables. Por ello, se piensa que aunque posiblemente ambos factores jueguen un papel decisivo y activen mecanismos parecidos que estimulen la hipertrofia muscular, el estrés metabólico juegue un papel principal o dominante (23).

Durante el entrenamiento, las unidades motoras, y por ende las fibras musculares son reclutadas siguiendo el “principio de tamaño”, en el cual, unidades motoras más pequeñas, tipo I, se activan a intensidades bajas y las unidades motoras tipo II, más

grandes, sean reclutadas a intensidades de ejercicio mayores, con el aumento del nivel de fuerza de contracción.

En un entrenamiento de fuerza corriente a alta intensidad hay más tensión mecánica y menos estrés metabólico, en cambio en el entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo es al contrario, exige menos tensión mecánica, pero proporciona un estrés metabólico considerable al músculo.

1.3 MECANISMO DE ACCIÓN

En cuanto al porcentaje de restricción sobre la extremidad, se debe aplicar una restricción externa suficiente como para ocluir el flujo de retorno venoso sin ocluir por completo el flujo arterial. Se cree que este flujo sanguíneo reducido es suficiente para inducir un ambiente de isquemia, de hipoxia, que mejora el efecto de entrenamiento aun entrenando con carga liviana.

Los mecanismos sugeridos para estimular el crecimiento muscular a partir del estrés metabólico inducido por el ejercicio y / o la tensión mecánica incluyen el aumento del reclutamiento de fibras de contracción rápida tipo II antes mencionadas, mecanotransducción, daño muscular, producción sistémica y localizada de hormonas anabólicas, testosterona, hormona de crecimiento, lactato, hinchazón celular y la producción de ROS (especies reactivas de oxígeno) y sus variantes, incluyendo óxido nítrico (NO) y activación de proteínas de choque térmico (23–26).

Un aumento de H⁺, del lactato, proporcionan un ambiente de ácido intramuscular, lo que se ha relacionado con una secreción de la hormona de crecimiento (GH) mayor en el grupo de entrenamiento con BFR que en grupos sin BFR para una misma intensidad de ejercicio.

Incrementos de H⁺ y Lactato estimulan los quimiosensores de los músculos esqueléticos, los cuales luego activan el sistema nervioso simpático durante el entrenamiento, por lo que se puede decir que la actividad nerviosa simpática es más elevada durante el entrenamiento con sobrecarga de BFR que durante el entrenamiento de resistencia sin BFR (26), porque además la norepinefrina (NE) es significativamente mayor después del entrenamiento con BFR (24,25).

Otras sustancias como IL-6 (interleucina-6) IGF-6, (factor de crecimiento similar a la insulina) una proteína vinculada al crecimiento muscular, y la expresión del factor de transmisión m-TOR han sido estudiadas con discrepancias entre las conclusiones de diferentes artículos (23).

A pesar del estudio de los mecanismos mencionados y sus posibles explicaciones, estos requieren de mayor investigación ya que resulta complicado aislar cada variable para poder discernir a qué factores estaría ligada en mayor medida a cada una, si a la tensión mecánica o al estrés mecánico.

Una mejor explicación de estos procesos y mecanismos nos ayudaría a desarrollar protocolos de entrenamiento óptimos para inducir los cambios fisiológicos y morfológicos más deseados en función de la población a aplicar. Sería, por lo tanto, de gran utilidad, especialmente en un entorno clínico donde los tiempos de recuperación de la lesión son de especial interés, sobre todo si nos referimos al ámbito del deporte.

Además, no solamente se están estudiando los mecanismos directos que ocurren en el propio miembro ocluido sino que también se están llevando a cabo en menor medida investigaciones acerca de si dicha restricción de flujo sanguíneo pudiera tener un efecto en el organismo a nivel sistémico (25,27). En este sentido se buscan beneficios sistémicos de la oclusión en miembros entrenados aplicando la restricción de flujo en los otros miembros.

Se hace referencia en algún estudio también de la posibilidad de existencia de una transferencia cruzada de la fuerza, en relación con la aplicación de la restricción de flujo (25).

1.4 PRINCIPALES VARIABLES ESTUDIADAS

Las variables de resultado más relevantes y estudiadas en la bibliografía son la fuerza muscular y la hipertrofia muscular (Mostradas en la tabla 1).

La fuerza muscular ha sido medida principalmente mediante la prueba o test de una repetición máxima (4–6,8,11,24,25,27–31) o en sus variantes de estimación, como son el 10 RM. Dicha prueba se realiza principalmente en máquina de extensión de

pierna, y prensa de pierna. En la valoración muscular de los brazos se utilizaron mancuernas (25,27,28,32), y en algún caso prensa de banca y remo (24).

En otros casos se utiliza un dinamómetro para medir los picos de fuerza máxima (3,10,31,33) especialmente en piernas.

La hipertrofia muscular ha sido medida mediante resonancia magnética en la mayoría de los estudios (3,8,10,11,14,28,29,34), de la cual se ha extraído el área de sección transversal muscular previa y posterior a la intervención. También ha sido medida mediante tomografía computarizada en alguno estudio (4,27). Incluso, en un artículo hasta la fecha, ha sido valorada mediante biopsia muscular (31).

El porcentaje de restricción de flujo sanguíneo también se ha medido en la mayoría de estudios al aplicar una presión determinada, aunque hay autores que utilizan una presión estandarizada para ocluir a todos los sujetos de estudio independientemente de sus características morfológicas (5,11,25).

El porcentaje de flujo sanguíneo restringido se ha observado mediante ecografía doppler vascular localizando la arteria principal de la extremidad. En extremidades superiores se busca el pulso de la arteria braquial y/o radial y en extremidades inferiores el de la arteria femoral principalmente, aunque hay estudios que lo han valorado en la arteria tibial posterior. Esto dependerá del tamaño del manguito ya que, si se trata de un manguito ancho que ocupe gran parte de la pierna del paciente, puede dificultar la valoración del pulso en la arteria femoral, por ello, como se ha mencionado, algunos autores prefieren medir distalmente en la arteria tibial.

La presión de oclusión ejercida sobre el miembro es valorada mediante un tensiómetro, a veces incorporado en el mismo manguito de entrenamiento. El manguito es inflado hasta que el ruido del pulso auscultatorio desaparece, y a partir de ese momento, se va desinflando hasta alcanzar el porcentaje de restricción de flujo sanguíneo deseado. En otras ocasiones se mide la presión arterial sistólica y se le aplica al manguito el 130% (33) o 150% (10) de dicha PAS (esto correspondería al 100% de oclusión).

1.5 METABOLITOS EN SANGRE

El entrenamiento BFR es capaz de incrementar la presencia de algunos metabolitos en sangre, entre los que destacan el producto de degradación de fibrina, Dímero-D, la creatina-quinasa, la hormona de crecimiento, la testosterona, IL-6 (interleucina-6) IGF-6, (factor de crecimiento similar a la insulina), m-TOR, lactato, activador del plasminógeno tisular (tPA), proteína C-reactiva de alta sensibilidad (hsCRP), norepinefrina, factor de crecimiento vascular endotelial (VEGF) (11,23–26).

Estas sustancias se han medido en diversos estudios con el fin de intentar entender el proceso fisiológico por el cual se producen las ganancias de hipertrofia y fuerza muscular. A su vez, en alguno de ellos también con el motivo de intentar determinar la seguridad de la aplicación de este método de entrenamiento.

1.6 SEGURIDAD

La seguridad de este entrenamiento no es un aspecto que haya sido abordado en profundidad en comparación con su eficacia en cuanto a ganancias de fuerza e hipertrofia, aunque la información publicada hasta la fecha es consistente y parece respaldar este tipo de entrenamiento sin que se hayan presentado efectos adversos. En este sentido, los estudios que valoran la seguridad y los posibles efectos adversos de este tipo de entrenamiento son escasos, habiendo además controversia entre alguno de ellos (35).

Valoraciones del sistema cardiovascular (central y periférico), daño muscular, marcadores de coagulación, estrés oxidativo respuestas de la velocidad de conducción nerviosa han sido realizadas en varios artículos (24,33,36,37).

1.7 JUSTIFICACIÓN

Aplicar el entrenamiento BFR como herramienta de rehabilitación clínica resultaría muy interesante siempre y cuando podamos confirmar la seguridad del mismo y definir mejor el protocolo más adecuado para asegurar su eficacia sin comprometer el bienestar y/o la salud del paciente. Es importante, por tanto, seguir investigando sobre la seguridad de los protocolos que se están desarrollando respecto a este tipo de entrenamiento, así como sobre su eficacia y los parámetros más relevantes que deberían tenerse en cuenta para su prescripción.

La presente revisión pretende revisar y reunir artículos con una alta credibilidad (alto puntaje en la escala PEDro) y publicados en revistas de alto impacto (Q1-Q2), para que las conclusiones que se obtengan tengan la mayor evidencia científica posible hasta la fecha respecto a su eficacia, seguridad y aspectos importantes a la hora de prescribir y realizar esta modalidad de ejercicio.

Además, la propuesta de protocolo que se desarrollará está encaminada a establecer un programa de entrenamiento seguro y eficaz en ganancias de fuerza e hipertrofia de manera optimizada gracias a los hallazgos obtenidos en esta revisión.

2. OBJETIVOS

Los objetivos que se han planteado para el desarrollo de la presente revisión bibliográfica son los siguientes:

1. Determinar la evidencia científica del entrenamiento con BFR como una herramienta segura y eficaz para su implantación en clínica.
2. Evidenciar los parámetros más relevantes en el entrenamiento BFR para realizar un uso óptimo del mismo según el paciente o patología a tratar.

3. MÉTODOS

3.1 ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA Y SELECCIÓN DE ARTÍCULOS

La búsqueda bibliográfica se ha llevado a cabo en PubMed, Cochrane y PEDro. Las palabras clave utilizadas han sido “Blood Flow Restriction Training”, y se utilizaron los filtros “humanos” y “últimos 10 años”.

Los títulos y resúmenes de los artículos encontrados fueron evaluados por un revisor. En caso de que el resumen no aportara suficiente información se leyó el texto completo.

El resultado de la búsqueda viene representado más adelante en el diagrama PRISMA.

3.2 CRITERIOS DE ELEGIBILIDAD

Los artículos fueron elegidos para su inclusión si cumplían los siguientes criterios:

- Entrenamientos de fuerza muscular en humanos, en los que se comparara un entrenamiento con BFR respecto de otro a una intensidad igual o diferente sin BFR.
- Evaluación de la fuerza muscular previa y posterior al entrenamiento: dinámica, isométrica o isocinética.
- Evaluación de la hipertrofia muscular previa y posterior al entrenamiento, mediante resonancia magnética, tomografía computarizada, ultrasonografía o biopsia muscular.
- Evaluación de seguridad y efectos adversos.
- Escala PEDro igual o mayor de 5 y factor de impacto Q1-Q2 en JCR y SJR.

3.3 CALIDAD DEL ESTUDIO

La calidad del estudio se evaluó con la Escala PEDro (Anexo 1) y el factor de impacto mediante JCR (Journal Citation Report) y SJR (Scimago Journal and country Rank).

La escala PEDro tiene 11 criterios, de los cuales solo se valoran los 10 últimos. El criterio 1 evalúa la validez externa, del criterio 2 al 9 se evalúa la validez interna y los

criterios 10 y 11 evalúan la validez estadística. Fueron seleccionados únicamente los artículos que tenían una puntuación igual o mayor a 5 en la escala de PEDro.

El factor de impacto pretende medir la repercusión que ha obtenido una revista en la comunidad científica, y para ello, se basa en el número de veces que se cita por término medio un artículo publicado en dicha revista. En cambio, el cuartil, es un indicador que sirve para evaluar la importancia relativa de una revista dentro del total de revistas de su área.

Todos los artículos debían estar en revistas de alto factor de impacto, Q1 Y Q2 tanto en Journal Citation Report (JCR) como en Scimago Journal and country Rank (SJR).

3.4 OBTENCIÓN DE DATOS

Un único revisor llevó a cabo la extracción de datos según: la base de datos, el autor, el tipo de artículo, la revista, el impacto, el año de publicación, la muestra, el tamaño y edad de la muestra, la lesión/patología si existía, lo comparado en cada artículo, el protocolo de ejercicio llevado a cabo (tipo de ejercicio, presión de oclusión y aparato de medición de la misma, el tamaño de los manguitos, la carga y volumen de trabajo, los tiempos de descanso, el calentamiento, las sesiones por semana y el tiempo de intervención), las variables externas medidas (grado de esfuerzo percibido, hinchazón muscular, área de sección transversal, fuerza, funcionalidad, velocidad de marcha, calidad de vida, EMG), e internas: (lugar de medición, cuándo se ha medido, metabolitos y sustancias en sangre) y por último los efectos adversos encontrados en cada artículo.

La búsqueda inicial obtuvo 244 artículos, de los cuales se excluyeron 44 estudios duplicados. Después de esta búsqueda inicial se leyeron el título y resumen de los estudios restantes y se excluyeron 140 de los mismos. Los 60 artículos restantes fueron completamente leídos y cribados según los criterios de exclusión presentados en el apartado de metodología. Finalmente, se introducen en esta revisión un total de 32 artículos, 19 de los cuales son ensayos clínicos aleatorizados. Además, fueron seleccionados 6 artículos cruzados para la realización de la propuesta de protocolo. Dicho proceso de búsqueda se muestra en la figura 1, un diagrama de flujo PRISMA,

en el que se detalla paso a paso cómo ha sido la selección y la exclusión de los diferentes artículos, así como los finalmente reunidos para elaborar este trabajo.

3.5 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

El “valor de p” que indica que la asociación es estadísticamente significativa ha sido arbitrariamente aceptado por consenso; y, en clínica, se admite 0,05. Dicho en otros términos, esto representa una seguridad del 95% de que la asociación que estamos estudiando no sea por el azar; por lo que, si queremos trabajar con un margen de seguridad de 99%, éste lleva implícito un valor de p inferior a 0,01. Los valores, por tanto, que se presentan en la tabla 3 de resultados, se expresan en estos términos para todos los estudios, pudiendo así hacer comparaciones fiables entre ellos.



PRISMA 2009 Diagrama de Flujo (versión española)

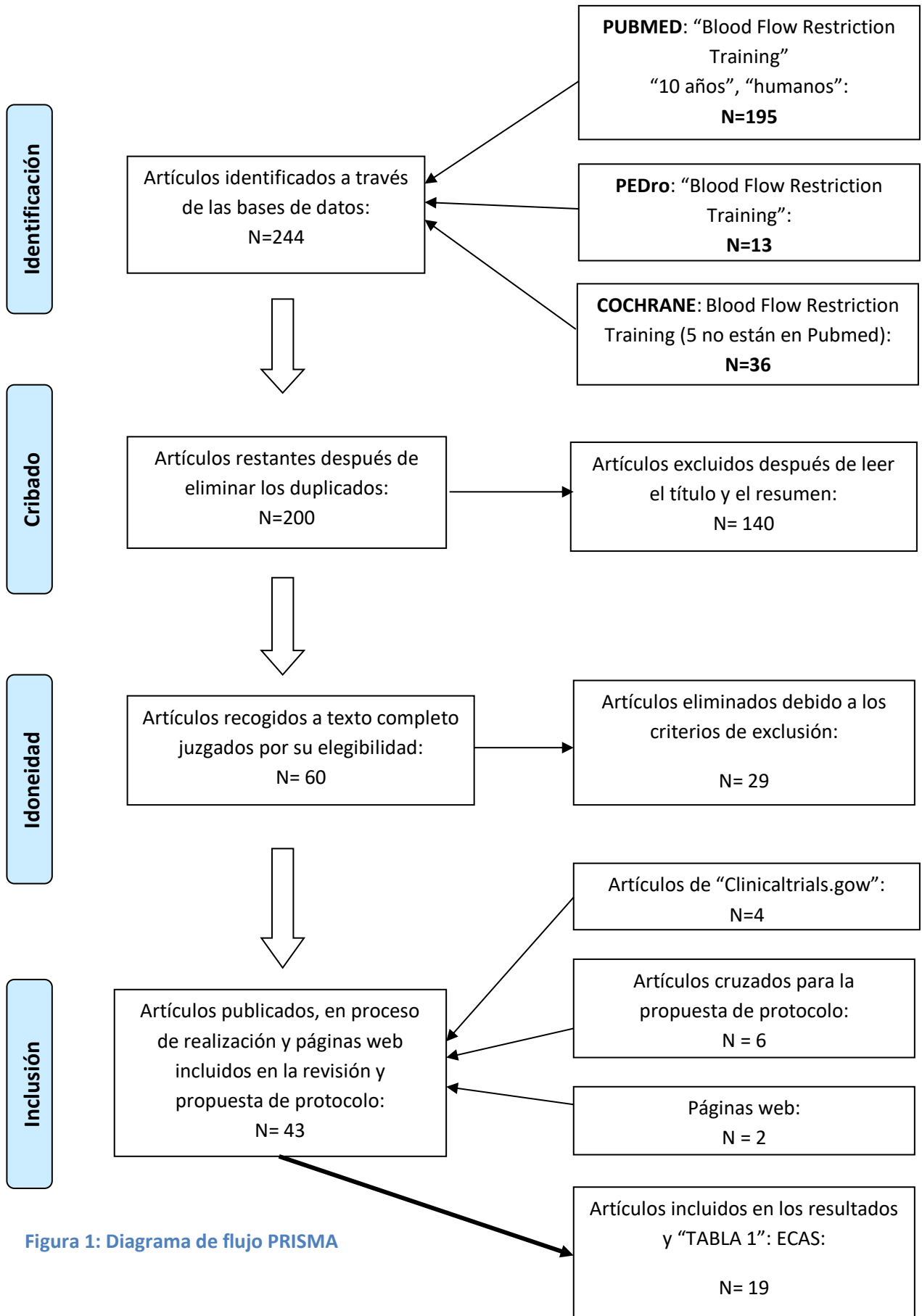


Figura 1: Diagrama de flujo PRISMA

| |
|---------------------|
| ESCALA PEDRO |
|---------------------|

| ARTÍCULOS | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | TOTAL |
|---------------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|----|----|-------|
| Ferraz RB et al. 2017 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Luebbers PE et al. 2017 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | 7 |
| Cook SB et al.2017 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Giles L et al. 2017 | ■ | ■ | ■ | ■ | | ■ | | ■ | ■ | ■ | ■ | 9 |
| Bryk FF et al. 2016 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | ■ | ■ | ■ | ■ | ■ | 9 |
| Loenneke JP et al 2012 | ■ | ■ | | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 6 |
| Yasuda T et al. 2017 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | ■ | ■ | | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | 5 |
| Clark BC et al. 2011 | ■ | ■ | ■ | | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 7 |
| May AK et al 2018 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Shimizu R et al 2016 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Laurentino GC et al 2016 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | 6 |
| Vechin, FC. Et al 2015 | | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | 5 |
| Brandner CR et al. 2015 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Madarame et al. 2008 | | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 7 |
| Erik Iversen et al. 2016 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| karabulut et al. 2010 | ■ | | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 6 |
| C. A. Libardi et al 2015 | ■ | ■ | ■ | ■ | | | | ■ | ■ | ■ | ■ | 8 |
| Nielsen et al 2012 | ■ | ■ | | ■ | | | | ■ | | ■ | ■ | 5 |

Tabla 1: Escala PEDro. Evaluación de la credibilidad de los estudios incluidos en la revisión. En color verde se muestran aquellos criterios que fueron positivos para el estudio evaluado.

TRABAJO FIN DE GRADO - FISIOTERAPIA

| FACTOR DE IMPACTO | | | JCR* | | | SJR* | | |
|---------------------|------|--|-------------------|---------|-----------------------|-------------------|---------|-----------------------|
| AUTOR | AÑO | REVISTA | Factor de impacto | Cuartil | Posición en categoría | Factor de impacto | Cuartil | Posición en categoría |
| Ferraz RB | 2017 | Medicine and Science in Sports and Exercise | 4,141 | Q1 | 6/81 | 1962 | Q1 | 17/77 |
| Luebbers PE | 2017 | Journal of Strength and Conditioning Research | 2,066 | Q2 | 28/81 | 1,277 | Q1 | 12/47 |
| Lixandrao ME | 2018 | Sports Medicine | 6,832 | Q1 | 2/81 | 3,136 | Q1 | 3/42 |
| Martín-Hernández J | 2017 | Clinical journal of sport medicine | 2,189 | Q2 | 23/81 | | Q1 | 25/42 |
| Cook SB | 2017 | Experimental Gerontology | 3,340 | Q1 | 12/49 | 1,584 | Q1 | 398 |
| Giles L | 2017 | British Journal of Sports Medicine | 6,557 | Q1 | 3/81 | 3,253 | Q1 | 2/42 |
| Hughes L | 2017 | British Journal of Sports Medicine | 6,557 | Q1 | 3/81 | 3,253 | Q1 | 2/42 |
| Bryk FF | 2016 | Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy | 3,227 | Q1 | 8/75 | 1,793 | Q1 | 13/128 |
| Loenneke JP | 2012 | European Journal of Applied Physiology | 2,660 | Q1 | 12/84 | 1,201 | Q1 | 55/528 |
| Neto GR | 2018 | Journal of sports sciences | 2,539 | Q1 | 17/81 | 1,189 | Q1 | 58/497 |
| Yasuda T | 2017 | Oncotarget | 5,168 | Q1 | 44/217 | 1,927 | Q1 | 470/6670 |
| Hunt JE | 2016 | European journal of applied physiology | 2,130 | Q2 | 24/81 | 1,006 | Q1 | 46/240 |
| Manoel E. Lixandrão | 2015 | European journal of applied physiology | 2,328 | Q1 | 18/82 | 1,278 | Q1 | 49/515 |
| Mattar MA | 2014 | Arthritis Research and Therapy | 3,753 | Q2 | 9/31 | 1,988 | Q1 | 453/6717 |
| Clark BC | 2011 | Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports | 2,867 | Q1 | 10/85 | 1,140 | Q1 | 50/507 |
| Ingram JW | 2017 | Journal of Science and Medicine in Sport | 3,857 | Q1 | 7/81 | 1,691 | Q1 | 26/297 |
| Loenneke JP | 2012 | European Journal of Applied Physiology | 2,66 | Q1 | 12/81 | 1,201 | Q1 | 55/528 |
| Patterson SD | 2018 | Journal of sports sciences | 2,539 | Q1 | 17/81 | 1,198 | Q1 | 55/497 |
| Loenneke JP | 2011 | Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports | 2,867 | Q1 | 10/85 | 1,140 | Q1 | 50/507 |
| May AK | 2018 | | 2,130 | Q2 | 24/81 | 1,006 | Q1 | 46/240 |
| Shimizu R | 2016 | European journal of applied physiology | 2,130 | Q2 | 24/81 | 1,006 | Q1 | 46/240 |
| Laurentino GC | 2016 | Medicine and Science in Sports and Exercise | 4,141 | Q1 | 6/81 | 1,962 | Q1 | 5/169 |
| ACSM | 2009 | Medicine and science in sports and exercise | 3,707 | Q1 | 2/73 | 1,608 | Q1 | 16/436 |
| Pearson SJ | 2015 | Sports Medicine | 5,579 | Q1 | 2/82 | 2,601 | Q1 | 8/515 |
| Vechin, FC, | 2015 | Journal of Strength and Conditioning Research | 1,978 | Q2 | 25/82 | 1,277 | Q1 | 17/169 |
| Brandner CR | 2015 | Scandinavian Journal of Medicine and Science in Sports | 3,331 | Q1 | 9/81 | 1,283 | Q1 | 13/171 |
| Madarame | 2008 | Medicine and science in sports and exercise | 3,399 | Q1 | 4/71 | 1,587 | Q1 | 4/128 |
| Erik Iversen | 2016 | Journal of Sport and Health Science | 2,531 | Q1 | 18/81 | 0,680 | Q2 | 49/169 |
| karabulut | 2010 | Eur. J. Appl. Physiol | 2,214 | Q2 | 23/80 | 1,004 | Q1 | 41/200 |
| C. A. Libardi | 2015 | International Journal of Sports Medicine | 2,528 | Q1 | 15/82 | 1,249 | Q1 | 30/128 |
| Nielsen | 2012 | Journal of physiology | 4,38 | Q1 | 11/80 | 2,562 | Q2 | 8/528 |
| Shigeru Takagi | 2017 | Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy | 3,227 | Q1 | 11/81 | 1,793 | Q1 | 13/128 |
| Mat S | 2015 | Age and ageing | 4,201 | Q1 | 7/49 | 1,683 | Q1 | 634/6708 |
| Toda Y | 2008 | The Journal of rheumatology | 2,910 | Q1 | 4/23 | 0,828 | Q1 | 1282/5782 |
| Jan MH | 2008 | Physical Therapy | 2,190 | Q1 | 4/28 | 1,152 | Q1 | 8/128 |
| Topp R | 2000 | Archives of physical medicine and rehabilitation | 1,409 | Q1 | 2/21 | 0,837 | Q1 | 9/94 |
| Richmond SA | 2013 | Journal of orthopaedic and sports physical therapy | 2,376 | Q1 | 15/81 | 1,433 | Q1 | 11/168 |

Tabla 2: FACTOR DE IMPACTO: Evaluación de la repercusión que han obtenido los estudios incluidos en esta revisión y propuesta de protocolo en una revista en la comunidad científica. En color verde claro se muestran los cuartiles Q2 y en verde los Q1.

4. RESULTADOS

Un total de 628 pacientes fueron valorados en los 19 ECAS, haciendo una media para cada artículo de una muestra de 33 personas. El número máximo de individuos que han participado en un estudio de restricción de flujo sanguíneo ha sido 116, en el estudio de Loenneke *et al.* en 2012 (20). El número mínimo fue de 11 individuos para el estudio de Laurentino GC *et al* en 2016 (28).

De los artículos seleccionados, un 15% los realizan solo con mujeres (3 artículos), un 31% solo con hombres (7 artículos) y un 54% mixtos (8 artículos). Estos datos se muestran más adelante en la Tabla 6.

El rango de edad de todos los estudios fue de 15-86 años.

Las patologías en las que se ha estudiado la restricción de flujo en los artículos seleccionados en esta revisión son: OA (4,5), dolor patelofemoral (3) y reconstrucción de ligamento cruzado anterior (14). Hay más patologías en las que se ha estudiado la aplicación de BFR, pero no han superado la criba de elegibilidad, ya que muchos estudios no superan el cuartil exigido para la inclusión en este trabajo.

El estado funcional ha sido estudiado en varias poblaciones, desde jóvenes adolescentes y jóvenes deportistas, hasta personas que no practicaban ningún tipo de ejercicio regular y ancianos (Tabla 3).

Los ejercicios realizados en la mayoría de los estudios han sido prensa de pierna, extensión de pierna y sentadillas para los miembros inferiores. En varios estudios no se ha hecho solo uno de ellos, sino que se han realizado 2 de ellos (Tabla 3).

En miembro superior se han realizado curls de bíceps (25,27,28,32), y en alguna ocasión remo y prensa de banca (24).

La intensidad media de ejercicio con RFS es: 24,11 de 1 RM, es decir, 9 artículos utilizaron el 30% de 1 RM y 7 artículos utilizaron el 20% de 1 RM (Tabla 6). Esto fue aplicado en las propias máquinas de gimnasio para todos los estudios menos para uno de ellos (11) que utilizó bandas elásticas correspondientes a las intensidades de 30 % de 1 RM.

El rango del tamaño de los manguitos utilizados fue de 4-18 cm.

Las presiones utilizadas son expresadas en porcentaje o directamente en valor de mmHG. En cuanto al porcentaje de restricción de flujo, se han utilizado presiones que restringen desde el 40% de flujo sanguíneo, hasta el 80%. En cuanto al valor absoluto de presión se han ejercido presiones desde 70 mmHg a 240 mmHg, la cual en principio correspondería a un 100% de restricción de flujo en el miembro aplicado. También, algunos autores, aplican un 130 % de presión respecto a la presión arterial sistólica (33) o 150 % (10).

El rango de semanas de aplicación del entrenamiento varió desde 3 semanas hasta 12 semanas. Estas 12 semanas de duración del entrenamiento es el periodo de tiempo más elegido por un mayor número de estudios respecto de otros periodos de tiempo inferiores.

La frecuencia media semanal es 2 veces a la semana para 10 de los estudios, 3 veces a la semana para 4 estudios, 4 veces a la semana para 1 estudio, 2 veces al día para 2 estudios.

Todos estos datos se encuentran resumidos en la Tabla 3.

| AUTORES | N | EDAD | SEXO | PATOLOGÍA | STATUS FUNCIONAL | EJERCICIO | INTENSIDAD %1RM | CUFF. | P ó %BFR | F | TIEMPO | PROTOCOLO | VARIABLES |
|---------------------------------|-----|------------------|------|---------------------|--|---------------------------------------|---|-----------------|--------------------------|-------|--------|---|--|
| Ferraz RB et al. 2017 | 48 | 50-65 | M | OA | No activas | Prensa y extensión de rodilla | HI 80% 1RM BFR 30% 1 RM | 17,5 cm | 70% 97,4 mmHg | 2/sem | 12 sem | HI: 4X10 BFR: 4X15 | Flujo - VD CSA - CT Fuerza - RM |
| Luebbers PE et al. 2017 | 25 | 15-16 | HYM | NO | Activos | Sentadilla | HI 60% 1RM Li 30% 1 RM LIBFR 30 % 1RM | 7,6 cm | NO SALE | 2/sem | 6 sem | HI 3x10 Li 1x30 + 3x15 LIBFR 1x30 + 3x15 | Fuerza - RM/test |
| Cook SB et al. 2017 | 36 | 69-78 | HYM | NO | Débiles y en riesgo de limitación de la movilidad | Flexión, extensión y prensa de pierna | HI 70% 1RM BFR 30% 1 RM | 6 cm | 184 ± 25 mmHg 1.5 PAS | 2/sem | 12 sem | HI 3 x 10 BFR 3 x 10 (x 3 ejercicios) | CSA - MRI y MTH Fuerza - MVC (Dinamómetro) |
| Giles L et al. 2017 | 69 | 18-40 (Media 28) | HYM | Dolor patelofemoral | No entreno de fuerza en piernas en 6 meses | Extensión y prensa de pierna | HI 70-90% 1RM BFR 30% 1 RM | 5 cm | 60% | 2/sem | 8 sem | HI: 3x(7-10) BFR: 1X30 + 3X15 x2 ejercicios | CSA - MRI Fuerza - dinamómetro |
| Bryk FF et al. 2016 | 34 | 60 + 6 | M | OA | No entrenamiento de fuerza en 3 meses | Varios | HI 70% 1RM BFR 30% 1 RM | ... | 200 mmHg | 3/sem | 6 sem | Multicomponente | Fuerza - RM Test |
| Loenneke et al 2012 | 116 | 18-32 | HYM | NO | ... | ... | ... | 5 cm 13,5 cm | ... | ... | ... | ... | Presión y BFR |
| Yasuda T et al. 2017 | 30 | 61-86 | M | NO | Activos pero no entrenamiento de fuerza en 6 meses | Sentadilla y extensión de pierna | OMNI 5-9 HI: 2X LIBFRx | 5cm | 160-200 mmHg | 2/sem | 12 sem | HI: 3x12 BFR: 1X30 + 3X15 (x2ejercicios) | CSA - MRI Fuerza - RM Test |
| Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | 23 | 20-40 | H | NO | No activos | Extensión unilateral de pierna | BFR: 20%, 40% HI: 80% | 17 cm | 40% y 80% | 2/sem | 12 sem | HI: 3X10 BFR: 3X15 | CSA - MRI Fuerza - RM Test |
| Clark BC et al. 2011 | 16 | 18-30 | HYM | NO | No entreno de fuerza ni ejercicio regular en 1 año | Extensión bilateral de pierna | HI 80% 1RM BFR 30% 1 RM | 6 cm | 1.3 PAS | 3/sem | 4 sem | HI: 3X12 BFR: 3X12 | Fuerza - MVC Dinamómetro |

| AUTORES | N | EDAD | SEXO | PATOLOGÍA | STATUS FUNCIONAL | EJERCICIO | INTENSIDAD %1RM | CUFF. | P ó %BFR | F | TIEMPO | PROTOCOLO | VARIABLES |
|--------------------------|----|-------|------|----------------------|--|--|---|--------------------------|--|---------|------------------|---|---|
| MayAK et al 2018 | 24 | 22+4 | H | NO | Jóvenes recreativamente activos | Flexión de codo, Flexión y extensión de pierna | Brazo: 50% 1 RM Pierna: 30% 1 RM con y sin BFR | 10 cm | 60% | 3/sem | 8 sem | Brazo: 3x10 Pierna: 1x30 + 3x15 (x2 ejercicios) | CSA - pOCT Fuerza - RMTest |
| Shimizu Ret al. 2016 | 40 | 70+4 | H YM | NO | No activos | Extensión y prensa de pierna, remo y press banca | LI 20% 1RM BFR 20% 1 RM | 7cm brazo 10cm pierna | Pierna 168mmHg Brazo 132mmHg | 3/sem | 4 sem | HI: 3X20 BFR:3X20 (x2 ejercicios) | Fuerza - RMTest |
| Laurentino GC et al 2016 | 11 | 25+6 | H | NO | Activos pero no entrenamiento de fuerza | Flexión de codo | BFR 20% 1 RM | 5 cm / 10 cm | 80% mmHg: 148-5cm 109-10 cm | 2/sem | 12 sem | BFR:3X15 | CSA - MRI Fuerza RMTest |
| Vechin, FC. Et al 2015 | 23 | 59-71 | H YM | NO | No entreno de fuerza en 6 meses | Prensa de pierna | HI 80% 1RM BFR 30% 1 RM | 18cm | 50%+71 mmHg | 2/sem | 12 sem | HI: 4x10 LIBFR:30 +3x15 | CSA - MRI Fuerza RMTest |
| Brandner CR et al. 2015 | 12 | 23+3 | H | NO | Activos pero no entreno de fuerza en 6 meses | Flexión de codo | HI 80% 1RM BFR-C 20% 1 RM BFR-I 20% 1 RM | 10cm | BFR-C 80% 91+mmHg BFR-I 130% 151+mmHg | 1/sem | 4 sem | HI: 4x8 BFR: 30 +3x15 | Respuesta cardiaca y hemodinámica |
| Madarame et al. 2008 | 15 | 21+2 | H | NO | Sin experiencia previa en entreno de fuerza | Flexión de codo, pierna y extensión de pierna | Brazo: 50% 1RM Pierna: 30% 1RM | 4 cm | 160-220 mmHg | 2/sem | 10 sem | Brazo: 3x10 BFR pierna: 1X30 + 2X15 (2 ejercicios) | CSA - MRI Fuerza RMTest e Isométrico |
| Erik Iversen et al. 2016 | 24 | 18-40 | H YM | ACL hamstring tendon | Activos, deportistas. | Contracción isométrica cuádriceps | ... | 14 cm | 130-180 mmHg | 2/día | 2-16 días postOX | 20x5 (x2 sesiones) | CSA - MRI |
| karabulut et al. 2010 | 37 | 50-64 | H | NO | Recreativamente activos | Prensa y extensión de rodilla | HI 80% 1RM BFR 20% 1 RM | ... | 160-240 mmHg | 1/sem | 6 sem | HI: 3x8 BFR: 1x30 + 2x15 | Fuerza - RMTest |
| C. A. Libardi et al 2015 | 25 | 65+4 | H YM | NO | Sedentarios | Prensa de pierna | HI 80% 1RM BFR 20% 1 RM | 18 cm | 50% 70+ mmHg | 4/sem | 12 sem | HI: 4x10 LIBFR: 30 + 3x15 | CSA - MRI Fuerza RMTest |
| Nielsen et al 2012 | 20 | 23+2 | H | NO | No entrenamiento de fuerza en 1 año | Extensión de pierna | LI 20% 1RM BFR 20% 1 RM | 15 cm | 100 mmHg | 1-2/día | 3 sem | LIBFR: 4 series al fallo. | Hipertrofia - Biopsia Fuerza - dinamómetro |

Tabla 3: RESUMEN. En esta tabla se encuentran estructurados y resumidos por autor y variables los 19 ensayos clínicos aleatorizados que se han utilizado para llevar a cabo los resultados de este trabajo.

4.1 FUERZA E HIPERTROFIA MUSCULAR

La valoración de la fuerza muscular se hizo principalmente con el test de RM, concretamente en 12 de los estudios (4–6,8,11,24,25,27–31), y con dinamómetro en 4 de los estudios (3,10,31,33).

La valoración de la hipertrofia muscular ha sido llevada a cabo principalmente mediante imagen de resonancia magnética (3,8,10,11,14,28,29,34), también por tomografía computarizada (4,27) y en un estudio se realizó mediante biopsia muscular (31).

Diecisiete de los 19 ECAS muestran resultados de fuerza y/o hipertrofia muscular, lo cual denota la importancia que tienen estas dos variables en la literatura.

En la Tabla 4 se muestran la significancia estadística de los resultados de fuerza e hipertrofia muscular publicados en cada uno de los ECAS. Además, se presentan no solamente los resultados del efecto del entrenamiento respecto de los valores iniciales sino también las diferencias significativas entre grupos.

El único estudio en el que no se alcanzaron ganancias significativas de fuerza fue en el estudio llevado a cabo por de Vechin *et al.* (29), aunque mostró cierta tendencia a la significancia estadística con un $p=0,067$.

En cuanto a hipertrofia muscular, los estudios que no obtuvieron una mejora significativa respecto al estado previo a la intervención fueron los publicados por Giles *et al.* (3) ($p=0,507$) y el estudio de Erik Iversen *et al.* (14) (reducción significativa de CSA de cuádriceps, $p=0,0001$).

Además de presentar los resultados de todos los artículos en la tabla anterior, también se desgranaron estos resultados para cada variable analizada. Esto se hizo con el propósito de buscar algún tipo de correlación con la eficacia en incrementos de fuerza e hipertrofia muscular según el tipo de variable. Fueron seleccionadas las variables de edad, sexo, intensidad y tamaño del manguito junto con el tamaño de la muestra en cada una de ellas para presentarse en las siguientes tablas: Tabla 5: Edad, Tabla 6: Sexo, Tabla 7: Intensidad y Tabla 8: Tamaño manguito.

TRABAJO FIN DE GRADO - FISIOTERAPIA

| AUTORES | DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS PRE-POST | | DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE GRUPOS | |
|---------------------------------|---|---|---|--|
| | Fuerza | Hipertrofia | Fuerza | Hipertrofia |
| Ferraz RB et al. 2017 | HI-RT (p < 0,0001) BFRt (p = 0,0004) | HI-RT (p < 0,0001) BFRt (p = 0,0001) | (p > 0,05) no diferencias | (p = 0,77) no diferencias |
| Luebbers PE et al. 2017 | Hi-RT (p=0,142) Li (p=1,00) LiBFR (p=0,005) | | | |
| Cook SB et al. 2017 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI>BFR (p<0,01) si diferencias | |
| Giles L et al. 2017 | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,018) BFR (p<0,507) | BFR>HI (P=0,073) | 0,2 no diferencia |
| Bryk FF et al. 2016 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | | No diferencias significativas entre grupos | |
| Loenneke et al 2012 | ... | ... | ... | ... |
| Yasuda T et al. 2017 | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | M-HI (p<0,871) (Media-alta intensidad) BFR (p<0,001) | | |
| Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) excepto BFR20/40 | p = 0,036 BFR40/80 vs RT80 (Si diferencias) | p=0,989 en BFR40/80 vs RT80 no diferencias |
| Clark BC et al. 2011 | HI (p<0,01) BFR (p<0,01) | | P=0,28 no diferencias | |
| May AK et al 2018 | Brazo EXP (p<0,05) Extensión pierna BFR (p<0,05) | LiBFR (P<0,001) LI(p<0,001) | Si diferencias en fuerza absoluta entre grupos (p<0,01) en extensión de pierna y flexión de codo (entrenado) a las 8 semanas. | Brazo y pierna (P > 0,05) No diferencia |
| Shimizu R et al. 2016 | LI (P>0'05) BFR (p<0'05) | | | |
| Laurentino GC et al 2016 | BFR-N (P = 0,001) BFR-W (P = 0,008) | BFR-N (P = 0,017) BFR-W (P = 0,006) | P = 0,9663 no diferencias | P = 0,9731 no diferencias |
| Vechin, FC. Et al 2015 | HI (p<0,001) BFR (p<0,067) tendencia a mejorar. | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | | |
| Brandner CR et al. 2015 | ... | ... | ... | ... |
| Madarama et al. 2008 | Solo BFR p<0,05 en isométrico pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR (no -bfr NO) 1RM pierna y brazo incrementaron ambos (p<0,05) | BFR (p<0,05) pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR | ... | P<0,05 hay diferencias entre grupos |
| Erik Iversen et al. 2016 | | Reducción significativa (p<0,0001) de CSA del cuádriceps en ambos grupos: con BFR y sin | | P>0,05 no diferencias entre grupos |
| karabulut et al. 2010 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | | No diferencias en parte superior ni prensa de pierna (p>0,05) pero si en extensión de pierna. | |
| C. A. Libardi et al 2015 | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | P > 0,05 no diferencias entre grupos | P > 0,05 no diferencias entre grupos |
| Nielsen et al 2012 | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) | | BFR>Li (p<0,01) Si diferencia entre grupos |

Tabla 4: RESULTADOS. En esta tabla se muestran los resultados de fuerza e hipertrofia muscular de todos los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en esta revisión. Se presentan en términos de diferencia significativa respecto a los valores iniciales de cada grupo, y las diferencias significativas entre los valores de ambos grupos.

| | AUTORES | N | EDAD | FUERZA | HIPERTROFIA |
|------------|---------------------------------|----|--------|---|--|
| 15-50 AÑOS | Luebbers PE et al. 2017 | 25 | 15-16 | Hi-RT ($p=0,142$) Li ($p=1,00$) LiBFR ($p=0,005$) | ... |
| | Giles L et al. 2017 | 69 | 18-40 | HI ($p<0,001$) BFR ($p<0,001$) | ... |
| | Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | 23 | 20-40 | HI ($p<0,05$) BFR ($p<0,05$) | HI ($p<0,05$) BFR ($p<0,05$) excepto BFRT20/40 |
| | Clark BC et al. 2011 | 16 | 18-30 | HI ($p<0,01$) BFR ($p<0,01$) | ... |
| | May AK et al 2018 | 24 | 22+4 | Brazo EXP ($p<0,05$) Extensión pierna BFR ($p<0,05$) | LiBFR ($P<0,001$) LI ($p<0,001$) |
| | Laurentino GC et al 2016 | 11 | 25+6 | BFR-N ($P = 0,001$) BFR-W ($P = 0,008$) | BFR-N ($P = 0,017$) BFR-W ($P = 0,006$) |
| | Madarame et al. 2008 | 15 | 21+2 | Solo BFR $p<0,05$ en Isométrico pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR (no -bfr NO) 1RM pierna y brazo incrementaron ambos ($p<0,05$) | BFR ($p<0,05$) pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR |
| | Erik Iversen et al. 2016 | 24 | 18-40 | ... | Reducción significativa ($p<0,0001$) de CSA del cuádriceps en ambos grupos: con BFR y sin BFR. |
| | Nielsen et al 2012 | 20 | 23+2 | LI ($p>0,05$) BFR ($p<0,001$) | LI ($p>0,05$) BFR ($p<0,001$) |
| 50-86 AÑOS | Ferraz RB et al. 2017 | 48 | 50-65 | HI-RT ($p < 0,0001$) BFRT ($p = 0,0004$) | HI-RT ($p < 0,0001$) BFRT ($p = 0,0001$) |
| | Cook SB et al. 2017 | 36 | 69-78 | HI ($p<0,05$) BFR ($p<0,05$) | HI ($p<0,05$) BFR ($p<0,05$) |
| | Bryk FF et al. 2016 | 34 | 60 + 6 | HI ($p<0,05$) BFR ($p<0,05$) | |
| | Yasuda T et al. 2017 | 30 | 61-86 | HI ($p<0,001$) BFR ($p<0,001$) | M-HI ($p<0,871$) (Media-alta intensidad) BFR ($p<0,001$) |
| | Shimizu R et al. 2016 | 40 | 70+4 | LI ($P>0,05$) BFR ($p<0,05$) | |
| | Vechin, FC. Et al 2015 | 23 | 59-71 | HI ($p<0,001$) BFR ($p<0,067$) tendencia a mejorar | HI ($p<0,001$) BFR ($p<0,001$) |
| | karabulut et al. 2010 | 37 | 50-64 | HI ($p<0,05$) BFR ($p<0,05$) | |
| | C. A. Libardi et al 2015 | 25 | 65+4 | HI ($p<0,001$) BFR ($p<0,001$) | HI ($p<0,001$) BFR ($p<0,001$) |

Tabla 5: EDAD. En esta tabla se presentan los resultados de fuerza e hipertrofia muscular de todos los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en esta revisión ordenados en función de la edad.

| | AUTORES | N | SEXO | FUERZA | HIPERTROFIA |
|-------------------|---------------------------------|----|-------|---|---|
| MUJERES | Ferraz RB et al. 2017 | 48 | M | HI-RT (p < 0,0001) BFRT (p = 0,0004) | HI-RT (p < 0,0001) BFRT (p = 0,0001) |
| | Bryk FF et al. 2016 | 34 | M | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | |
| | Yasuda T et al. 2017 | 30 | M | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | M-HI (p<0,871) (Media-alta intensidad) BFR (p<0,001) |
| | | | | | |
| HOMBRES | Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | 23 | H | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) excepto BFRT20/40 |
| | May AK et al. 2018 | 24 | H | Brazo EXP (p<0,05) Extensión pierna BFR (p<0,05) | LIBFR (P<0,001) LI(p<0,001) |
| | Laurentino GC et al. 2016 | 11 | H | BFR-N (P = 0,001) BFR-W (P = 0,008) | BFR-N (P = 0,017) BFR-W (P = 0,006) |
| | Madarama et al. 2008 | 15 | H | Solo BFR p<0,05 en Isométrico pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR (no -bfr NO) 1RM pierna y brazo incrementaron ambos (p<0,05) | BFR (p<0,05) pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR |
| | karabulut et al. 2010 | 37 | H | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | |
| | Nielsen et al. 2012 | 20 | H | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) |
| | | | | | |
| HOMBRES Y MUJERES | Luebbers PE et al. 2017 | 25 | H Y M | Hi-RT (p=0,142) Li (p=1,00) LIBFR (p=0,005) | |
| | Cook SB et al.2017 | 36 | H Y M | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) |
| | Giles L et al. 2017 | 69 | H Y M | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,018) BFR (p<0,507) |
| | Clark BC et al. 2011 | 16 | H Y M | HI (p<0,01) BFR (p<0,01) | |
| | Shimizu R et al. 2016 | 40 | H Y M | LI (P>0,05) BFR (p<0,05) | |
| | Vechin, FC. Et al. 2015 | 23 | H Y M | HI (p<0,001) BFR (p<0,067) tendencia a mejorar | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) |
| | Erik Iversen et al. 2016 | 24 | H Y M | | Reducción significativa (p<0,0001) de CSA del cuádriceps en ambos grupos: con BFR y sin BFR. |
| | C. A. Libardi et al. 2015 | 25 | H Y M | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) |

Tabla 6: SEXO. En esta tabla se presentan los resultados de fuerza e hipertrofia muscular de todos los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en esta revisión ordenados en función del sexo.

| INTENSIDAD | AUTORES | N | FUERZA | HIPERTROFIA |
|------------|---------------------------------|----|---|---|
| 30 % 1 RM | Ferraz RB et al. 2017 | 48 | HI-RT (p<0,0001) BFRT (p=0,0004) | HI-RT (p < 0,0001) BFRT (p = 0,0001) |
| | Luebbers PE et al. 2017 | 25 | Hi-RT (p=0,142) Li (p=1,00) LiBFR (p=0,005) | |
| | Cook SB et al. 2017 | 36 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) |
| | Giles L et al. 2017 | 69 | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,018) BFR (p<0,507) |
| | Bryk FF et al. 2016 | 34 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | |
| | Clark BC et al. 2011 | 16 | HI (p<0,01) BFR (p<0,01) | |
| | May AK et al 2018 | 24 | Brazo EXP (p<0,05) Extensión pierna BFR (p<0,05) | LiBFR (P<0,001) LI(p<0,001) |
| | Vechin, FC. Et al 2015 | 23 | HI (p<0,001) BFR (p<0,067) tendencia a mejorar... | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) |
| | Madarame et al. 2008 | 15 | Solo BFR p<0,05 en Isométrico pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR (no -bfr NO) 1RM pierna y brazo incrementaron ambos (p<0,05) | BFR (p<0,05) pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR |
| 20 % 1 RM | Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | 23 | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) excepto BFRT20/40 |
| | Shimizu R et al. 2016 | 40 | LI (P>0,05) BFR (p<0,05) | |
| | Laurentino GC et al 2016 | 11 | BFR-N (P = 0,001) BFR-W (P = 0,008) | BFR-N (P = 0,017) BFR-W (P = 0,006) |
| | Brandner CR et al. 2015 | 12 | ... | ... |
| | C. A. Libardi et al 2015 | 25 | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) |
| | Nielsen et al 2012 | 20 | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) |

Tabla 7: INTENSIDAD. En esta tabla se presentan los resultados de fuerza e hipertrofia muscular de todos los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en esta revisión ordenados en función de la intensidad del ejercicio calculado por el test de RM.

| TAMAÑO | AUTORES | N | CUFF | FUERZA | HIPERTROFIA |
|------------------|---------------------------------|----|---------|---|--|
| CUFF > o = 10 cm | Ferraz RB et al. 2017 | 48 | 17,5 cm | HI-RT (p < 0,0001) BFRT (p = 0,0004) | HI-RT (p < 0,0001) BFRT (p = 0,0001) |
| | Manoel E. Lixandrão et al. 2015 | 23 | 17 cm | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0'05) BFR (p<0,05) excepto BFRT20/40 |
| | May AK et al 2018 | 24 | 10 cm | Brazo EXP (p<0,05) Extensión pierna BFR (p<0,05) | LiBFR (P<0,001) LI(p<0,001) |
| | Vechin, FC. Et al 2015 | 23 | 18cm | HI (p<0,001) BFR (p<0,067) tendencia a mejorar... | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) |
| | Erik Iversen et al. 2016 | 24 | 14 cm | | Reducción significativa (p<0,0001) de CSA del cuádriceps en ambos grupos: con BFR y sin BFR. |
| | C. A. Libardi et al 2015 | 25 | 18 cm | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) |
| | Nielsen et al 2012 | 20 | 15 cm | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) | LI (p>0,05) BFR (p<0,001) |
| CUFF < 10 cm | Luebbers PE et al. 2017 | 25 | 7,6 cm | Hi-RT (p=0,142) Li (p=1,00) LiBFR (p=0,005) | |
| | Cook SB et al. 2017 | 36 | 6 cm | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) | HI (p<0,05) BFR (p<0,05) |
| | Giles L et al. 2017 | 69 | 5 cm | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | HI (p<0,018) BFR (p<0,507) |
| | Yasuda Tet al. 2017 | 30 | 5cm | HI (p<0,001) BFR (p<0,001) | M-HI (p<0,871) (Media-alta intensidad) BFR (p<0,001) |
| | Clark BC et al. 2011 | 16 | 6 cm | HI (p<0,01) BFR (p<0,01) | |
| | Madarame et al. 2008 | 15 | 4 cm | Solo BFR p<0,05 en Isométrico pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR (no -bfr NO) 1RM pierna y brazo incrementaron ambos (p<0,05) | BFR (p<0,05) pierna y solo en brazo entrenado del grupo BFR |

Tabla 8: TAMAÑO MANGUITO. En esta tabla se presentan los resultados de fuerza e hipertrofia muscular de todos los ensayos clínicos aleatorizados incluidos en esta revisión ordenados en función del tamaño del manguito. Tamaño ancho, mayor de 10 cm, y tamaño estrecho, menor de 10 cm.

4.2 SEGURIDAD Y EVENTOS ADVERSOS

Respecto a la seguridad de la aplicación de este método de entrenamiento y rehabilitación clínica, en los ensayos clínicos seleccionados para esta revisión no se registró ningún tipo de efecto adverso causado por la restricción de flujo.

Shimizu *et al.* (24), investigaron los efectos del entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo en la función vascular endotelial y la circulación sanguínea periférica en personas mayores (71±4 años).

No hubo hallazgos anormales en FC y ECG durante el entrenamiento. FC, PAS, PAD, Lactato, NE, el VEGF y la GH después del entrenamiento inicial fueron significativamente más altos en el grupo de BFR en comparación con el grupo sin BFR ($P < 0,01$).

RHI fue significativamente mayor ($p < 0,01$) solo en el grupo con BFR (diferencia entre grupos: $p < 0,05$) después del entrenamiento de fuerza de 4 semanas.

VWF disminuyó significativamente en el grupo con BFR ($P < 0,05$) y TcPO₂ aumento significativamente en el grupo BFR.

Clark BC *et al.* (33) evaluaron los cambios en la función sanguínea, vascular y nerviosa en jóvenes sanos durante el entrenamiento de fuerza de baja intensidad en comparación con un entrenamiento convencional de fuerza en un periodo de 4 semanas.

No se percibieron cambios en PWV, ABI, PT o NC después del entrenamiento para ninguno de los grupos ($p > 0,05$). Además, el antígeno tPA aumentó 30-40% inmediatamente después de episodios agudos de BFRE y HLE ($p = 0,01$). No se observaron cambios en fibrinógeno, dímero D o hsCRP ($p > 0,05$).

Brandner CR *et al.* (32) examinaron en hombres jóvenes las respuestas hemodinámicas agudas al ejercicio de BFR continuo de baja presión e intermitente de alta presión en comparación con métodos de ejercicio de resistencia más tradicionales, de alta intensidad HLRE y de baja intensidad LLRE.

Los principales hallazgos mostraron que la FC, las presiones sanguíneas, la Q y la RPP fueron significativamente mayores durante la HL y BFR-I, en comparación con LL

($p < 0,05$), mientras que la magnitud de las respuestas hemodinámicas durante BFR-C residió entre HL / BFR-I y LL.

Después del ejercicio también observamos, independientemente de la prueba, un retorno rápido a la línea base de todas las variables hemodinámicas.

Yasuda T *et al.* (11) examinaron el efecto del entrenamiento con banda elástica con BFR en el tamaño del muslo y la función vascular en mujeres mayores. Se midieron las variables antes de la intervención y después de las 12 semanas de entrenamiento en los 3-7 días posteriores a la última sesión.

Respecto a los parámetros hemodinámicos y vasculares, la FC fue medida en todas las sesiones de entrenamiento, antes de empezar y después del último ejercicio. Fue mayor en el grupo de BFR para la extensión de rodilla ($p = 0,047$) pero no para las sentadillas ($p = 0,515$). Con respecto a c-SBP, c-AIx, CAVI y ABI, no hubo cambios entre los resultados previos y posteriores a los resultados entre los tres grupos.

En cuanto a los sistemas de coagulación (FDP y Dímero – D) y al daño muscular (CK) no tuvieron cambios significativos ($p > 0,05$) a las 12 semanas de intervención.

4.3 ASPECTOS RELEVANTES

TAMAÑO Y PRESIONES DEL MANGUITO

Laurentino GC *et al.* (28) realizaron un estudio cuyo objetivo fue determinar la influencia de diferentes anchos de manguito (N=5 cm y N=10 cm) sobre la fuerza y el tamaño muscular, además de investigar si un manguito más ancho daría lugar a una menor adaptación en comparación con un manguito estrecho cuando estos se inflan a la misma presión relativa (80% presión de oclusión).

La flexión de codo en 1RM y la CSA del brazo aumentó significativamente ($p < 0,05$) en ambas condiciones (BFR + N = 13,5% y 9% frente a BFR + W = 11,9% y 11,2%, respectivamente). El flujo sanguíneo arterial se redujo significativamente cuando se aplicó el 80% de la presión de oclusión arterial en ambas condiciones (BFR + N = 61,2% y BFR + W = 63,5%). No hubo diferencias significativas en el volumen de entrenamiento, RPE o calificación del dolor percibido entre las condiciones ($p > 0,05$).

Loenneke *et al.* (28) realizaron un estudio para determinar la diferencia en la presión del manguito que ocluye la sangre arterial para dos tipos diferentes de anchuras que se utilizan en la literatura (13,5 cm y 5 cm). Además, también tuvieron como objetivo determinar qué factores como el tamaño de la pierna, la presión arterial y la composición de la extremidad, deberían tenerse en cuenta para prescribir la restricción de flujo en esta técnica.

Se observaron diferencias significativas entre el tipo de manguito utilizado y la oclusión arterial ($p=0,001$).

La circunferencia del muslo se observó como la mayor determinante de las presiones de oclusión arterial.

Hunt JW *et al.* (7) realizaron este estudio con el objetivo establecer las características que deben tenerse en cuenta al prescribir las presiones del manguito requeridas para el BFR parcial. En este caso utilizaron un manguito de 13 cm.

Los diámetros de las arterias poplítea y braquial comenzaron a disminuir (efecto principal de ANOVA bidireccional para la presión del manguito, $p<0,001$) con presiones externas de 130 y 110 mmHg ($p=0,015$ y $p<0,001$, respectivamente).

La respuesta del diámetro de la arteria a la presión incremental difirió entre los sexos en la arteria braquial pero no en la arteria poplítea (ANOVA de 2 vías, presión por interacción sexual, $p=0,025$ y $p=0,744$)

El análisis combinado reveló una diferencia significativa en la presión del manguito requerida para obtener un 60% de BFR en las arterias poplítea (111 ± 12 mmHg) y braquial (101 ± 12 mmHg, $p=0,0002$). Parcial BFR (60%) se logró en la arteria poplítea a distintas presiones del manguito para los hombres (114 ± 15 mmHg) y las mujeres (105 ± 10 mmHg) ($p=0,03$).

Ecuaciones de regresión para la predicción de la restricción del flujo sanguíneo:

Arteria poplítea: Con una PAD de 72 mmHg y un IMC de 22,5 kg / m², la presión del manguito prevista para el 60% de BFR estaba entre 103 y 119 mmHg con aproximadamente 68% de precisión o 94-128 mmHg con aproximadamente 95% de precisión.

Arteria braquial: Los valores medios para el brazo AT (8,1 mm) y el PAD (72 mmHg) se ingresaron en la ecuación de regresión.

La presión pronosticada del manguito requerida para 60% BFR estaba entre 93 y 109 mmHg con aproximadamente 68% de precisión o 86-116 mmHg con aproximadamente 95% de precisión.

La presión arterial media (MAP) y el espesor adiposo (AT) fueron los mayores determinantes independientes de la oclusión parcial del cuerpo inferior y superior (60% BFR), respectivamente.

PRESIONES E INTENSIDADES

Manoel E. Lixandrão *et al.* (8) evaluaron los efectos de diferentes porcentajes de BFR a diferentes intensidades de ejercicio. Los protocolos de BFRT se realizaron a 20 o 40% de 1 RM con 40 o 80% de presión de oclusión: BFRT20 / 40, BFRT20 / 80, BFRT40 / 40 y BFRT40 / 80. La RT convencional se realizó a 80% 1-RM (RT80) sin restricción de flujo sanguíneo.

En cuanto a la masa muscular, el aumento de la presión de restricción fue solamente efectivo a muy baja intensidad (BFRT20 / 40 0,78% vs. BFRT20 / 80 3,22%). No se observó un incremento adicional a mayores intensidades (BFRT40 / 40 4,45% vs. BFRT40 / 80 5,30%), sin diferencias entre los últimos protocolos y RT80 (5,90%).

Ni la intensidad del ejercicio ni la manipulación de la presión de oclusión produjeron aumentos significativamente diferentes en la fuerza muscular al comparar los protocolos de BFRT (todos $p > 0,05$ para las comparaciones entre BFRT). Además, todos los grupos BFRT mostraron una tendencia significativa o al menos una tendencia hacia incrementos significativamente menores en la fuerza dinámica máxima en comparación con RT80 (es decir, BFRT20 / 40, BFRT20 / 80, BFRT40 / 40 y BFRT40 / 80 frente a RT80, $p = 0,006$, $p = 0,029$, $p = 0,031$, $p = 0,036$, respectivamente).

FACTOR TIEMPO

James W. Ingram *et al.* (38) investigaron la influencia del tiempo, dentro y entre días, en la presión de oclusión arterial. Realizaron 4 mediciones a veintidós participantes a

las 08:00 y 18:00 h, con 48 h de diferencia. Se observaron diferencias significativas ($p < 0,05$) para la presión de oclusión arterial entre la mañana del día 2 [132 (14) mmHg, $p < 0,05$], y todas las demás visitas [mañana día 1: 138 (16); Tarde día 1: 139 (17); Tarde día 2 138 (14) mmHg]. Se observó un efecto de tiempo para bSBP, con una prueba post-hoc que reveló que la mañana del día 2 era diferente de todas las demás visitas.

5. DISCUSIÓN

Esta revisión bibliográfica fue realizada con el objetivo de aunar la evidencia científica que existe en torno al entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo. Las principales cuestiones revisadas fueron la eficacia en cuanto a ganancias de fuerza e hipertrofia respecto a entrenamientos convencionales de alta intensidad y entrenamientos de baja intensidad sin restricción de flujo. A su vez, también se han reunido datos que conciernen a la seguridad de dicho tipo de entrenamiento y otros aspectos importantes que nos permitan el poder implantarlo como herramienta de rehabilitación clínica.

Para cumplir con los objetivos propuestos, se revisó uno a uno los protocolos de los 19 ensayos clínicos aleatorizados que cumplieron los criterios de selección.

5.1 FUERZA

De los 16 artículos que han medido la fuerza muscular, 15 de ellos, el 93,75 % de los grupos BFR obtuvo mejoras significativas en parámetros de fuerza respecto al grupo control y/o sus valores iniciales de fuerza.

De estos 15, 6 artículos, aportaron que no tuvieron diferencias significativas respecto al grupo de entrenamiento convencional de fuerza (3–5,30,33,34), y 3 artículos (8,10,27) sí que observaron diferencias significativas entre las ganancias de fuerza del grupo de baja intensidad con BFR y el entrenamiento convencional de fuerza sin BFR, siendo mayores valores para el entrenamiento convencional de fuerza. El resto de artículos (5 artículos) no dieron este dato.

En el artículo de Giles L *et al.* (3) el grupo BFR no obtuvo diferencia significativa en el aumento de la fuerza respecto al grupo de entrenamiento convencional, pero hubo una tendencia a la significancia, $p=0,073$, lo cual podría resultar positivo para los pacientes con dolor patelofemoral.

Tal y como se ha podido comprobar, los resultados en términos de ganancia de fuerza claramente van a favor del entrenamiento con restricción de flujo independientemente de las distintas variables mostradas en la presente revisión.

Se desgranaron los resultados de cada artículo en función de las distintas variables mostradas en las tablas, reflejando todas las variables significación estadística, sin observar una diferencia clara entre los valores de p , ya que se encontraban entre $p=0,05$ y $p=0,0001$. Esto puede ser debido a que hay pocos artículos similares que difieran en una sola variable para poder compararse entre ellos. Por el contrario, la mayoría varían en edad, sexo, patología, estado funcional, tipo de ejercicio, intensidad del entrenamiento, tamaño del manguito, frecuencia, tiempo y volumen de entrenamiento.

El único estudio que no se alcanzaron ganancias significativas de fuerza fue en el de Vechin *et al.* (29), aunque hubo tendencia a ello, $p=0,067$. En este estudio se aplicó una restricción de flujo del 50%, menor a lo comúnmente aplicado en el resto de los artículos evaluados en esta revisión. Además, el volumen de entrenamiento fue de un solo ejercicio con 75 repeticiones (30-15-15-15) al 30% de 1 RM dos veces a la semana (150 repeticiones a la semana). Otro estudio, el de Libardi *et al.* (34), realizó el mismo protocolo y la selección de las variables de entrenamiento casi idéntico excepto una, los días de entrenamiento a la semana, 2 para el estudio de Vechin *et al.* y 4 para el de Libardi *et al.* El volumen de entrenamiento fue el doble en el estudio de Libardi, 300 repeticiones a la semana, frente a las 150 repeticiones de Vechin. En este estudio, en cambio, sí que se consiguieron claras diferencias significativas ($p<0,001$), por lo que cabe destacar la importancia del volumen semanal del entrenamiento.

En este contexto, el estudio de Ferraz *et al.*,(36) se diferenció del estudio de Libardi en la distribución del volumen, menos días a la semana (2 en vez de 4) pero más repeticiones por sesión (150, frente a 75). El volumen de entrenamiento al final de la semana era el mismo, y ambos artículos han sido los únicos de los incluidos en esta revisión que han conseguido diferencias significativas en aumento de fuerza e hipertrofia muscular ($p<0,001$) y no diferencias entre grupos HL y LLBFR tanto en fuerza como en hipertrofia muscular ($p>0,05$). Con estos resultados, podemos suponer que, aunque la restricción de flujo sea tan solo del 50%, si el volumen de entrenamiento se sitúa en torno a las 300 repeticiones por semana con las mismas

variables que estos artículos, sería suficiente para alcanzar la significancia en términos de fuerza e hipertrofia muscular.

Importante también mencionar los resultados positivos en un estudio que utilizó gomas elásticas (29) para realizar los ejercicios en vez de máquinas convencionales de gimnasio. Esto es un dato realmente interesante ya que se trata de una alternativa barata y cómoda de utilizar en clínica. Además, los sujetos son personas mayores, con los que quizá la aprensión a una máquina de gimnasio les limite.

Según lo observado en la literatura y reunido en esta revisión, el entrenamiento con BFR parece ser una herramienta válida y efectiva para aumentar la fuerza muscular en un amplio espectro de edades y capacidades físicas.

5.2 HIPERTROFIA

Diez de los 12 estudios en los que se determinó la hipertrofia muscular (83,33%) los grupos con BFR mostraron mejoras significativas en parámetros de hipertrofia respecto al grupo control y/o sus valores iniciales de CSA.

De estos 10 artículos, 4 aportaron que no tuvieron diferencias significativas de CSA respecto al grupo de entrenamiento convencional de fuerza (3,4,8,34) mientras que el resto de artículos no aportaron información a este respecto. Otro artículo (31) de los 10 que comparaba entrenamiento de baja intensidad (20% de 1 RM) con y sin restricción de flujo presentó diferencias significativas en aumento de hipertrofia del grupo BFR respecto al de baja intensidad sin BFR ($p < 0,01$).

Los estudios que no obtuvieron mejora significativa en ganancia de hipertrofia respecto al estado previo a la intervención fueron el publicado por Giles *et al.* ($p = 0,507$) así como el de Erik Iversen *et al.* (3,14).

El estudio de Giles *et al.* fue el que tenía la mayor muestra (69 sujetos) respecto a los otros 11 artículos que valoraron la hipertrofia muscular. El tamaño del manguito fue de 5 cm, considerado así un manguito estrecho, inferior a la media de todos los artículos. La restricción de flujo también fue la mínima en comparación con los demás, 60%. Todo ello quizá fue insuficiente para generar las ganancias de hipertrofia, aunque no podemos definirlo con exactitud ya que, como explicábamos

en el apartado de fuerza, no hay artículos que difieran en una sola variable para poder compararlo entre ellos.

El artículo de Erik Iversen *et al.* (14) se trataba de un post-operatorio de cruzado, es decir, fase aguda de la rehabilitación. Hubo una reducción significativa de CSA de cuádriceps ($p=0,0001$) en ambos grupos de entrenamiento, independientemente de la aplicación de la restricción de flujo. En este último, lo más destacable es la variable volumen de entrenamiento, la cual fue menor que en todos los demás estudios, además de que los ejercicios también fueron distintos debido a la fase aguda postoperatoria.

El trabajo de Nielsen *et al.* (31) es el único que ha realizado una biopsia muscular para determinar el grado de hipertrofia muscular. El tiempo de la intervención fue menor que para cualquier otro de los estudios seleccionados en esta revisión, tan solo 3 semanas. Por el contrario, el volumen de entrenamiento fue mayor respecto a los demás estudios, se entrenó una o dos veces al día. Los resultados fueron muy positivos tanto para ganancia de fuerza como para hipertrofia muscular. Además, permitió una mejor explicación de los mecanismos fisiológicos que subyacen a las ganancias de fuerza e hipertrofia muscular.

Al igual que hemos comentado para la variable fuerza, los valores de significación estadística para la hipertrofia no se explican según el tipo de variable representada en la tabla de resultados. Todas las diferencias son significativas, entre $p=0,05$ y $p=0,0001$.

Por lo tanto, en cuanto a términos de ganancia de hipertrofia, los resultados mostrados en la presente revisión también son claros a favor de las ganancias de hipertrofia con la aplicación de restricción de flujo.

5.3 SEGURIDAD Y EVENTOS ADVERSOS

La seguridad de esta modalidad de entrenamiento o rehabilitación está siendo estudiada cada vez más, aunque no son todavía muchos los artículos que nos aportan información relevante de la misma. La preocupación en este tema gira en torno a posibles complicaciones cardiacas, hemodinámicas y de coagulación principalmente.

En esta revisión hemos reunido 4 artículos (ver Tabla 9) que cumplían con los criterios de selección y que nos aportan información acerca de la función vascular y parámetros hemodinámicos, sistemas de coagulación y daño muscular.

| AUTORES | VALORACIÓN |
|--------------------------------|--|
| Shimizu R <i>et al.</i> 2016 | FUNCIÓN VASCULAR ENDOTELIAL Y CIRCULACIÓN PERIFÉRICA |
| Clark BC <i>et al.</i> 2011 | FUNCIÓN VASCULAR, COAGULANTE Y CONDUCCIÓN NERVIOSA |
| Brandner CR <i>et al.</i> 2015 | FUNCIÓN VASCULAR Y HEMODINÁMICA |
| Yasuda T <i>et al.</i> 2017 | FUNCIÓN COAGULANTE Y DAÑO MUSCULAR |

Tabla 9. Resumen de la valoración de diferentes funciones y parámetros en relación con la seguridad de la aplicación del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo.

Cabe destacar, que los demás artículos ECAS incluidos en este trabajo no aportaron ningún evento adverso en ningún sujeto asociado al entrenamiento de baja intensidad con la aplicación de la restricción de flujo sanguíneo. Esto es relevante dada la gran variedad de protocolos y el importante número de diferencias entre las variables ilustradas en la tabla resumen 3.

Por otra parte, también cabe mencionar que 15 de estos 19 estudios están realizados en población sana. Respecto a población patológica, se han seleccionado en esta revisión dos artículos en pacientes con OA (4,5), un artículo con dolor patelofemoral (3) y otro de postoperatorio de ligamento cruzado anterior (14).

En cuanto a la edad, solamente uno de ellos tuvo una muestra en la que alguno de los sujetos superaba los 80 años (61-86), tal y como se refleja en la tabla 5. Esto tiene relevancia puesto que la población anciana es más susceptible tanto de posibles complicaciones como, por otro lado, beneficiarse del ejercicio físico siempre y cuando la restricción sea un método seguro.

Shimizhu *et al.* (24) determinaron que el entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo en pacientes mayores 70+-4 mejoraba la función vascular endotelial y la circulación periférica. Además, al depender los aumentos de la PA y la FC de cambios metabólicos durante este entrenamiento, este podía ser interesante para prevenir la inestabilidad hemodinámica en personas mayores incluso ser más seguro que el entrenamiento de alta intensidad.

Clark BC *et al.* (33), también afirmaron anteriormente que la función vascular, función coagulante o la conducción nerviosa no se veían alteradas. Es interesante mencionar que en este estudio se utilizó una presión de restricción muy elevada, superior a la media de los artículos seleccionados, utilizando una presión de 130% de la PAS. Por lo tanto, podemos suponer que, si a tal presión no se han encontrado alteraciones, presiones más bajas deberían ser aún más seguras si cabe que las utilizadas en este estudio. Solo hay un artículo que utilizó una presión mayor, 150% de la PAS (10), y tampoco informó de ningún tipo de evento adverso relacionado con la BFR.

Yasuda *et al.* (11), tampoco observó cambios significativos en el sistema de coagulación al igual que Clark BC, además, tampoco hubo diferencias en el daño muscular.

Brandner CR *et al.* (32) observaron que para limitar el estrés hemodinámico era mejor la aplicación de restricción de flujo continuo a bajas presiones (80% de PAS) frente al intermitente a altas presiones (130 % de PAS) o el entrenamiento convencional de alta intensidad. Este es el único estudio que compara la restricción intermitente frente a la continua.

5.4 ASPECTOS RELEVANTES

Uno de los objetivos de la presente revisión consistió en recopilar algunos parámetros y protocolos que podían ser importantes a considerar a la hora de prescribir esta modalidad de entrenamiento. A su vez, otro de los propósitos fue aclarar aquellos aspectos que servirían para realizar con más fiabilidad los siguientes estudios que se vayan publicando en torno a este entrenamiento.

Las principales variables en las que nos hemos fijado han sido el tamaño del manguito, las presiones ejercidas, las intensidades del entrenamiento y el factor

tiempo a la hora de realizar las mediciones de flujo y recalibración de las presiones de oclusión.

Laurentino GC *et al.* (28) determinaron que independientemente del ancho del manguito, 5 o 10 cm, para una misma presión relativa, el entrenamiento fue igualmente eficaz en términos de fuerza e hipertrofia muscular. Para ello en los dos protocolos establecieron una restricción de flujo del 80 %, pero destacando que el grupo del manguito estrecho de 5 cm logró dicha restricción de flujo a una presión media de 148 mmHg mientras que el grupo del manguito ancho de 10 cm lo hizo con 109 mmHg. Esta información es relevante para evitar estandarizar una presión a la que ocluir un % de flujo sanguíneo determinado, puesto que se observan variaciones en función del tamaño de los manguitos.

Loenneke *et al.* (20) también observaron en miembros inferiores que manguitos más anchos restringen el flujo sanguíneo a una presión más baja que los manguitos estrechos. Estos autores observaron que, en algunos casos, 100 mmHg en manguitos anchos (13'5 cm) y 120 mmHg en manguitos estrechos (5 cm) eran suficientes para ocluir el flujo total arterial. Además, aportaron también un dato muy útil para la predicción de la presión del manguito a la que ocluir un determinado % de flujo sanguíneo. Por otra parte, comprobaron que la medición de la circunferencia de la pierna, en lugar de medir la composición de la extremidad en el laboratorio, sería adecuado para determinar el valor de la presión de restricción del manguito.

Estos mismos autores también afirmaron que el mayor impacto en BFR para los manguitos anchos sería la circunferencia del muslo, ABP y DBP. El mayor impacto en la BFR en cambio, para los manguitos estrechos sería la circunferencia del muslo y DBP.

Esto fue llamativo puesto que muchos de los estudios establecen las presiones de restricción en función de la SBP (PAS) en lugar de lo comentado.

Hunt JE *et al.* (7) también aportan nueva información acerca de las presiones de oclusión, en este caso con un manguito de 13,5 cm determinando que para alcanzar el 60 % de BFR, la arteria poplítea requirió mayores presiones que la arteria braquial. Además, observaron en extremidad superior diferencias significativas en cuanto a la

presión ejercida para determinar un mismo % de oclusión del flujo sanguíneo en hombres y en mujeres. En la arteria poplítea, los hombres precisaron de mayores presiones que las mujeres para alcanzar el 60 % de restricción de flujo sanguíneo.

Algunos artículos que utilizan una presión estándar basada en otros protocolos (5,11,14,25,30) dificultan el poder sacar conclusiones entre estudios. Este problema es debido a la gran variabilidad de porcentaje de restricción de flujo sanguíneo para una misma presión dada según el sexo, la composición de la extremidad y cualquier otra variable, como hemos visto en esta revisión.

Además, se sugiere que establecer una presión de oclusión individualizada puede ser un enfoque más apropiado en entrenamiento con BFR, evitando subestimación o sobreestimación de la presión de oclusión, haciendo posible así la prescripción de ejercicio más precisa que en protocolos generalizados y no individualizados.

En cuanto a la relación que existe entre presiones e intensidades de ejercicio, Manoel E. Lixandrão *et al.* (8) mostraron que los protocolos BFRT se beneficiaban de una mayor presión de oclusión (80%) cuando se realizan ejercicios a intensidades muy bajas. Por el contrario, la presión de oclusión pareció ser secundaria a la intensidad del ejercicio en los protocolos de BFRT más intensos (40% 1-RM). Aun así, los entrenamientos convencionales de fuerza de alta intensidad siguen siendo más efectivos en ganancia de fuerza que los de baja intensidad con restricción de flujo.

En la literatura reunida en este trabajo, ninguno de los artículos superó la intensidad de 30% de 1RM, y las presiones de oclusión fueron predominantemente altas. Esto quizá explique los buenos resultados en la mayoría de los estudios seleccionados, aunque todavía no se pueda asumir que dichas variables sean principalmente las claves de la eficacia del método. Como hemos dicho en apartados anteriores, dada la gran variedad de los protocolos nos difícil separar, considerar y comprobar los diferentes resultados en función de la modificación de solo una o dos variables concretas.

El estudio de James W. Ingram *et al.* (38), nos advierten de otro de los aspectos importantes que no se suelen tener en cuenta a la hora de realizar las mediciones y comprobaciones de las presiones sanguíneas: el factor tiempo. Estos autores

observaron cómo había modificaciones en las presiones de restricción del flujo sanguíneo entre mañana y tarde, incluso entre mañanas de días distintos. Esto nos debe hacer pensar de la importancia de tener un protocolo estricto con un horario bien definido para realizar las valoraciones sanguíneas y comprobaciones posteriores más fiables.

Además, por este motivo, pueden ser necesarias múltiples mediciones de oclusión a lo largo de un experimento para tener en cuenta las oscilaciones potenciales en la presión y proporcionar el estímulo restrictivo relativo deseado. Por otra parte, aunque alguno de los estudios citados tiene protocolos muy estrictos con estas indicaciones (11) no es habitual en la literatura científica publicada hasta la fecha, lo que puede dar lugar resultados y conclusiones erróneas al haber establecido mal de partida las presiones necesarias de restricción.

6. CONCLUSIONES

Las principales conclusiones que se derivan de la presente revisión bibliográfica son:

1. El entrenamiento de baja intensidad con BFR resulta más eficaz en cuanto a ganancias de fuerza e hipertrofia que el mismo entrenamiento de baja intensidad sin BFR e igualmente eficaz que el entrenamiento convencional de fuerza de alta intensidad en la mayoría de ocasiones.
2. Hasta la fecha, son claras las afirmaciones de seguridad del método puesto que no ha habido efectos adversos, aunque falta todavía estudio, especialmente en condiciones patológicas específicas.
3. Es necesario establecer una prescripción individualizada de las condiciones del entrenamiento para minimizar el riesgo del paciente y aumentar la eficacia en los resultados de fuerza e hipertrofia.
4. El entrenamiento de baja intensidad con BFR es una herramienta de rehabilitación clínica muy útil en un amplio espectro de edades y capacidades físicas, siendo especialmente interesante para aquella población que, por limitaciones físicas, no puedan beneficiarse de un entrenamiento de alta intensidad.

7. PROPUESTA DE PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO

7.1 INTRODUCCIÓN

La Artrosis u Osteoartritis (OA) es un trastorno reumático crónico común de tipo degenerativo, causado por la alteración del cartílago de las articulaciones. Esta degeneración del cartílago viene acompañada por una proliferación del tejido óseo circundante, lo que provoca rigidez, dolor y pérdida progresiva de la movilidad de la articulación afectada. Esta patología presenta una alta prevalencia que se ve incrementada con la edad.

La OA provoca alteraciones en las funciones del cuerpo y el funcionamiento físico, que a menudo conduce a moderadas o graves limitaciones en la movilidad y provoca una disminución de la calidad de vida. Tiene una alta incidencia en la sociedad y precisa de un alto coste sanitario para tratarla.

Las lesiones articulares, la obesidad y la actividad ocupacional están asociadas con un mayor riesgo de OA de rodilla y cadera (39).

La debilidad muscular del cuádriceps se considera un factor de riesgo importante para la OA de rodilla (40), por lo tanto, el abordaje terapéutico tendrá que ir encaminado hacia el fortalecimiento muscular. Además, el ejercicio físico se ha visto que mejora los síntomas de dicha enfermedad y es concretamente el entrenamiento de fuerza, quien permite un mejor sostén y protección de la articulación.

Se ha observado que entrenamientos de fuerza de baja y alta intensidad (41) son efectivos para mejorar la situación clínica del paciente, aunque viéndose mayores efectos con el entrenamiento de alta intensidad (42).

Actualmente, el entrenamiento de fuerza de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo resulta igualmente efectivo que el entrenamiento de alta intensidad para aumentar la fuerza muscular, la masa muscular y la funcionalidad en pacientes con OA de rodilla (4,5). Además, también es capaz de mejorar el dolor a la vez que induce menos estrés articular, emergiendo como un adyuvante terapéutico factible y efectivo en el tratamiento de la OA (4,5).

JUSTIFICACIÓN DE LA PROPUESTA DE PROTOCOLO

Actualmente, hay gran variedad de protocolos diferentes para poner en práctica el entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo; sin embargo, todavía no se ha establecido el protocolo ideal, el protocolo más eficaz en incrementos de fuerza e hipertrofia muscular.

En la revisión de este trabajo, se han encontrado algunas consideraciones que nos pueden servir para establecer un protocolo definido y más eficaz, apoyado por la literatura científica con el objetivo de conseguir una correcta implantación clínica del entrenamiento con BFR.

Teniendo en cuenta las necesidades de tratamiento de OA de rodilla, el vacío en la literatura respecto al protocolo ideal con BFR, y los aspectos encontrados relevantes para prescribir un correcto entrenamiento con BFR, hemos querido establecer esta guía y procedimiento de actuación.

Además, esta patología, es una de las pocas en las que más se ha puesto el foco en los estudios con restricción de flujo sanguíneo.

7.2 OBJETIVOS

1. Establecer un protocolo definido y una serie de recomendaciones para asegurar la seguridad y la eficacia en ganancias de fuerza e hipertrofia en la aplicación del entrenamiento de baja intensidad con restricción de flujo sanguíneo en pacientes con OA de rodilla.
2. Aproximar el entrenamiento con restricción de flujo a la clínica de la patología de OA de rodilla de forma estructurada y respaldada por la evidencia científica siendo coste-efectivo aplicable en clínica.

7.3 METODOLOGÍA

Para llevar a cabo la selección de aquellos pacientes susceptibles de ser tratado con BFR se tendrán en cuenta los siguientes criterios de exclusión de acuerdo con la literatura científica estudiada en la anterior revisión bibliográfica.

- Mayores de 70 años y menores de 20.
- Enfermedades cardiovasculares y/o trastornos musculoesqueléticos que impidan la participación en el ejercicio.
- Fumadores.
- Estar clasificado como obeso (IMC > 30 kg - m²)
- Escala visual numérica de dolor de rodilla (EVA) inferior a 1 ó superior a 8 (Anexo 5)
- Grado radiográfico Kellgren-Lawrence de 1 ó 4 (Anexo 6).
- Uso de antiinflamatorios no esteroideos durante los últimos tres meses.
- Infiltración intraarticular con ácido hialurónico e infiltración de corticosteroides durante los últimos seis meses.

Previamente a la descripción de cada una de las variables del protocolo de entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo, estableceremos una serie de consideraciones y recomendaciones que nos ayudarán en el correcto desarrollo de este método de rehabilitación.

RECOMENDACIONES

Factor tiempo: La prescripción del método tendrá en cuenta la hora del día a la que se hacen de forma sistemática e individualizada las mediciones oportunas para la correcta determinación de la presión y porcentaje de restricción de flujo sanguíneo. A su vez, se aconseja controlar la temperatura de la habitación para evitar variaciones hemodinámicas tal y como ya se ha tenido en cuenta en algunos estudios (7,38).

Indicaciones previas: A cada paciente se le indicarán una serie de pautas a seguir previamente a las mediciones, entre las que cabe destacar: 1. No comer en las 4 horas anteriores y no hacer ejercicio durante las 24 horas anteriores a las pruebas vasculares. 2. Las mujeres que se encuentren en semana de periodo menstrual deberán informar para hacer la valoración de la presión arterial por si pudiera haber

variaciones. Además, a parte de la primera medición individualizada para establecer un determinado porcentaje de flujo sanguíneo, se llevará a cabo una comprobación de las mismas cada 4 semanas, para asegurar la eficacia y seguridad del entrenamiento.

Progresión de las cargas: Se realizará un seguimiento de la intensidad de los ejercicios y de las progresiones en el número de veces que se puede realizar una sola repetición con un peso determinado. Para ello, se recomienda la realización del test de 1 RM, o al menos uno de los que puedan dar un resultado aproximado, como el test de 3 RM o 5 RM, que resultarán más seguros y fáciles de gestionar por el paciente. Todo ello, con el objetivo de entrenar a la par y en función de las adaptaciones del paciente. Como principio de progresión se recomienda que se aplique un aumento del 2-10% en la carga cuando el individuo puede realizar la carga de trabajo actual de una a dos repeticiones sobre el número deseado (1).

Levantamientos: Se educará y motivará al paciente para realizar la “Intención de velocidad” en intentar aplicar la máxima velocidad en la fase concéntrica de cada repetición, tal y como se recomienda en el artículo del colegio americano de medicina deportiva para las cargas bajas o moderadas (1).

PROTOCOLO

Tal y como se ha definido en la revisión bibliográfica, las variables más importantes a tener en cuenta en la aplicación de este entrenamiento son las que se desarrollan en el siguiente apartado:

| EDAD | SEXO | PATOLOGÍA | STATUS FUNCIONAL | EJERCICIO | INTENSIDAD %1RM | CUFF. | P Ó %BFR | F | TIEMPO | PROTOCOLO |
|------|------|-----------|------------------|-----------|-----------------|-------|----------|---|--------|-----------|
|------|------|-----------|------------------|-----------|-----------------|-------|----------|---|--------|-----------|

Edad: Debido a que todavía es escasa la literatura del entrenamiento con RFS en personas mayores a los 70 años y a pesar de que ya se ha comprobado la seguridad en esta población, de forma preventiva, hasta que se establezca una mayor evidencia científica, limitaremos la edad a los 70 años (Tabla 5).

Sexo: Según la Arthritis Foundation (43) la OA afecta a hombres y mujeres. Hasta los 50 años, la OA es más común en hombres y después de esta edad, es más común en las mujeres. Este protocolo será aplicable tanto a mujeres como a hombres, siempre

y cuando se individualicen cada una de las variables del método como planteamos en este protocolo.

Patología y status funcional: Las lesiones articulares, la obesidad y la actividad ocupacional están asociadas con un mayor riesgo de OA de rodilla y cadera (39). Por lo tanto, son este tipo de pacientes los que más se podrían beneficiar de este protocolo de entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo. A pesar de esto, en este protocolo se excluirá a los individuos obesos ($IMC > 30 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$) puesto que la literatura actual no aporta información acerca de la seguridad y eficacia en los mismos.

Ejercicio: Los ejercicios que más se han realizado en los estudios seleccionados en la revisión han sido, prensa de pierna, extensión de rodilla y sentadillas (Tabla 3). Para este protocolo utilizaremos el ejercicio de prensa de pierna, puesto que es fácilmente adaptable a la intensidad que queramos aplicar, al mismo tiempo que nos permite realizar el test de RM de forma cómoda y rápida. El ejercicio de extensión de pierna lo elegiremos por el mismo motivo. Las sentadillas, aunque son una muy buena opción, especialmente a nivel funcional, las omitiremos en este protocolo debido a una mayor complejidad para regular la intensidad del ejercicio al no precisar de máquina de gimnasio con cargas regulables. Además, con el ejercicio de prensa de pierna ya tenemos un ejercicio muy parecido y funcional, en cadena cinética cerrada.

Intensidad: Elegiremos una intensidad de 30 % de 1 RM. En el estudio de Manoel E. Lixandrão *et al.* (8) se comprobó que para un mismo % de restricción del flujo sanguíneo, una mayor intensidad, en su caso 40% de 1 RM, dio como resultado mayores ganancias que para el entrenamiento con 20% de 1 RM.

Por este motivo, aparte de ser la intensidad más utilizada en la literatura, elegiremos esta intensidad de 30% de 1 RM para optimizar la eficacia de nuestro entrenamiento en cuanto a incrementos de fuerza e hipertrofia muscular.

Manguitos: Utilizaremos manguitos flexibles anchos de 18 cm, ya que resultan más cómodos para el paciente, por lo que aumentamos la adherencia terapéutica. Además, nos permiten ejercer menor presión para restringir un determinado flujo sanguíneo en comparación con los manguitos estrechos (20). Otro motivo de la

elección de este tamaño son los buenos resultados en los estudios de Ferraz *et al.* (4) y Libardi *et al.* (34) como se ha comentado en la discusión de la revisión.

Presión o % de restricción de flujo sanguíneo: La presión será la necesaria para restringir un 60 % del flujo sanguíneo. Por debajo de esto, especialmente de 50% se han visto resultados negativos (29), por lo que pudiera ser un factor a evitar, ya que quizá condicione la efectividad en cuanto a las mejoras de fuerza e hipertrofia muscular. Sin embargo, los estudios que mejores resultados obtuvieron se realizaron con un 50% de restricción de flujo sanguíneo (4,34), acompañado de un volumen alto de entrenamiento (300 repeticiones semanales). Como todavía no hay consistencia científica que avale estas afirmaciones, utilizaremos una presión superior al 50%, es decir, 60 %, junto con un volumen semanal de 300 repeticiones, para asegurarnos de la eficacia de la intervención.

Muchos otros estudios ocluyen el 100 % del flujo arterial, lo que se ha comprobado que no es necesario para alcanzar la significancia en ganancias de fuerza e hipertrofia y además puede aumentar el riesgo de eventos adversos. Por lo tanto, no se llegará nunca a tal situación y reduciremos la restricción de 80% de flujo sanguíneo comúnmente utilizada para aumentar la comodidad del paciente.

Por todos estos motivos, creemos que el 60% de restricción de flujo sanguíneo, junto con las demás variables propuestas en este protocolo serán suficiente para lograr unas adaptaciones óptimas en la musculatura del paciente.

Frecuencia: Estableceremos 3 días intercalados a la semana con el fin de alcanzar el volumen mínimo de 300 repeticiones a la semana. En la mayoría de estudios se realiza este entrenamiento 2 veces a la semana, en muchos otros 3 días a la semana y en raras ocasiones 4 veces a la semana, 1 vez a la semana y 1-2 veces al día. Consideramos que 3 días intercalados a la semana puede ser asumible por el paciente y, además, los datos meta-analíticos han mostrado que los aumentos de fuerza en individuos no entrenados fueron mayores con una frecuencia de 3 días a la semana (1).

Tiempo: El entrenamiento durará 12 semanas ya que este es uno de los periodos comúnmente utilizados en la literatura. Se han visto buenos resultados con tan solo

3 semanas de intervención, pero utilizaron un volumen muy alto de entrenamiento (1-2 veces al día). Con menos de 12 semanas también se observaron mejoras significativas en fuerza e hipertrofia, pero diferían en alguna variable respecto a nuestro protocolo.

Por lo tanto, 12 semanas es el tiempo que consideramos óptimo para poder avanzar progresivamente en carga y volumen de entrenamiento y conseguir así las mejores adaptaciones en la musculatura de nuestros pacientes.

Volumen: Se realizarán dos ejercicios y se irá incrementando la carga y el número de series conforme vayan avanzando las semanas, tal y como se indica en la siguiente tabla.

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|-------------|
| PRENSA DE PIERNA | | 3x15 | | 3x15 | 4x15 | | 4x15 | 1x30 + 3x15 | | 1x30 + 3x15 |
| EXTENSIÓN DE RODILLA | TEST | 3x15 | TEST | 3x15 | 4x15 | TEST | 4x15 | 1x30 + 3x15 | TEST | 1x30 + 3x15 |
| Repeticiones/semana | RM | 270 | RM | 270 | 360 | RM | 360 | 450 | RM | 450 |
| SEMANAS | | 1-2 | | 3-4 | 5-6 | | 7-8 | 9-10 | | 11-12 |

Este diseño ha sido elegido de acuerdo con la literatura contrastada en esta revisión del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo y con las aportaciones del estudio del Colegio Americano de Medicina Deportiva (1).

Se tuvo en cuenta el volumen de 300 repeticiones que utilizaron Ferraz *et al.* (4) y Libardi *et al.* (34) para sus estudios, en los que, aunque difirieron en el % de restricción de flujo (70% y 50% respectivamente) ambos tuvieron un volumen similar de entrenamiento y consiguieron buenos resultados en fuerza e hipertrofia muscular. Nuestro estudio mantiene ese volumen, y lo supera conforme avanzan las semanas, pero organizado en 3 días a la semana en vez de en 2 o 4 días respectivamente como los estudios mencionados.

Finalmente, mostramos en el siguiente apartado de forma ilustrativa las características de nuestra propuesta de protocolo de entrenamiento.

PROTOCOLO DE ENTRENAMIENTO DE BAJA INTENSIDAD CON RESTRICCIÓN DE FLUJO SANGUÍNEOS EN PACIENTES CON OSTEOARTRITIS DE RODILLA

| EDAD | SEXO | PATOLOGÍA | STATUS FUNCIONAL | EJERCICIO | INTENSIDAD %1RM | CUFF. | P ó %BFR | F | TIEMPO | PROTOCOLO |
|-------|------|-----------|------------------|--|-----------------|-------|----------|-------|--------|---|
| 20-70 | HyM | OA | No activos | Prensa de pierna extensión de rodilla | 30% | 18 cm | 60% | 3/sem | 12 sem | 0-4 sem: 3x15 4-8 sem: 4x15 8-12 sem: 1x30 + 3x15 |

| | | | | | | | | | | |
|----------------------|------|------|------|------|------|------|------|-------------|------|-------------|
| PRENSA DE PIERNA | | 3x15 | | 3x15 | 4x15 | | 4x15 | 1x30 + 3x15 | | 1x30 + 3x15 |
| EXTENSIÓN DE RODILLA | TEST | 3x15 | TEST | 3x15 | 4x15 | TEST | 4x15 | 1x30 + 3x15 | TEST | 1x30 + 3x15 |
| Repeticiones/semana | RM | 270 | RM | 270 | 360 | RM | 360 | 450 | RM | 450 |
| SEMANAS | | 1-2 | | 3-4 | 5-6 | | 7-8 | 9-10 | | 11-12 |

Calentamiento: 5 minutos en bicicleta estática a moderada intensidad sin restricción de flujo sanguíneo.

Tiempo de descanso: 30 segundos entre series y 2 minutos entre ejercicios.

Tiempo de entrenamiento bajo restricción:

- Semanas 1-4: 7 minutos
- Semanas 5-8: 9 minutos.
- Semanas 9-12: 10 minutos.

Días de entrenamiento a la semana: lunes, miércoles y viernes.

8. LIMITACIONES

Durante el desarrollo de la revisión bibliográfica se han detectado una serie de limitaciones que, de haberse superado, podrían haber incidido de manera positiva en los resultados que han obtenido los diferentes estudios incluidos. Entre ellas destacan:

- Dificultad de cegamiento de los sujetos, científicos e investigadores.
- Pocos estudios solo de mujeres.
- Pocos protocolos similares que puedan compararse entre ellos.
- Pocas patologías en las que se ha estudiado la aplicación del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo.
- Revisión llevada a cabo por una única persona, sin la colaboración de otros revisores.
- Once de los 19 estudios revisados presentan una muestra menor a 30 sujetos. Sería deseable que el tamaño muestral sea mayor para minimizar el margen de error e incrementar el nivel de confianza.

9. AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Miguel Barajas por su disponibilidad y profesionalidad en la tutorización de este trabajo. También por sus consejos y ayuda en todo este proceso que me han sido realmente útiles y de guía en el desarrollo de este documento.

En segundo lugar, hacer especial mención a mi padre Máximo y a Mitxelko por la ayuda que he recibido de su parte en cuanto a formato del trabajo en word.

10. BIBLIOGRAFÍA

1. American College of Sports Medicine. American College of Sports Medicine position stand. Progression models in resistance training for healthy adults. *Med Sci Sports Exerc.* marzo de 2009;41(3):687-708.
2. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Berton R, Vechin FC, Conceição MS, Damas F, et al. Magnitude of Muscle Strength and Mass Adaptations Between High-Load Resistance Training Versus Low-Load Resistance Training Associated with Blood-Flow Restriction: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med Auckl NZ.* 17 de octubre de 2017;
3. Giles L, Webster KE, McClelland J, Cook JL. Quadriceps strengthening with and without blood flow restriction in the treatment of patellofemoral pain: a double-blind randomised trial. *Br J Sports Med.* diciembre de 2017;51(23):1688-94.
4. Ferraz RB, Gualano B, Rodrigues R, Kurimori CO, Fuller R, Lima FR, et al. Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis. *Med Sci Sports Exerc.* mayo de 2018;50(5):897-905.
5. Bryk FF, Reis AC dos, Fingerhut D, Araujo T, Schutzer M, Cury R de PL, et al. Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 1 de mayo de 2016;24(5):1580-6.
6. Luebbbers PE, Witte EV, Oshel JQ. The Effects Of Practical Blood Flow Restriction Training On Adolescent Lower Body Strength. *J Strength Cond Res.* 27 de octubre de 2017;
7. Hunt JEA, Stodart C, Ferguson RA. The influence of participant characteristics on the relationship between cuff pressure and level of blood flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* 2016;116:1421-32.
8. Lixandrão ME, Ugrinowitsch C, Laurentino G, Libardi CA, Aihara AY, Cardoso FN, et al. Effects of exercise intensity and occlusion pressure after 12 weeks of resistance training with blood-flow restriction. *Eur J Appl Physiol.* diciembre de 2015;115(12):2471-80.
9. de Souza TMF, Libardi CA, Cavaglieri CR, Gáspari AF, Brunelli DT, de Souza GV, et al. Concurrent Training with Blood Flow Restriction does not Decrease Inflammatory Markers. *Int J Sports Med.* 9 de noviembre de 2017;
10. Cook SB, LaRoche DP, Villa MR, Barile H, Manini TM. Blood flow restricted resistance training in older adults at risk of mobility limitations. *Exp Gerontol.* 1 de diciembre de 2017;99:138-45.

11. 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*. 23 de mayo de 2016;7(23):33595-607.
12. Amano S, Ludin AFM, Clift R, Nakazawa M, Law TD, Rush LJ, et al. Effectiveness of blood flow restricted exercise compared with standard exercise in patients with recurrent low back pain: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials* [Internet]. 12 de febrero de 2016 [citado 10 de febrero de 2018];17. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC4751635/>
13. Mattar MA, Gualano B, Perandini LA, Shinjo SK, Lima FR, Sá-Pinto AL, et al. Safety and possible effects of low-intensity resistance training associated with partial blood flow restriction in polymyositis and dermatomyositis. *Arthritis Res Ther*. 25 de octubre de 2014;16(5):473.
14. Iversen E, Røstad V, Larmo A. Intermittent blood flow restriction does not reduce atrophy following anterior cruciate ligament reconstruction. *J Sport Health Sci*. 1 de abril de 2015;13.
15. BFR After Bicep Tenodesis - Full Text View - ClinicalTrials.gov [Internet]. [citado 11 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03437239>
16. Blood Flow Restriction Training Following Total Knee Arthroplasty - Tabular View - ClinicalTrials.gov [Internet]. [citado 30 de enero de 2018]. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/record/NCT02763488?cond=blood+flow+restriction+training&rank=1>
17. Blood Flow Restriction to Improve Muscle Strength After ACL Injury - Full Text View - ClinicalTrials.gov [Internet]. [citado 11 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03141801>
18. Blood Flow Restriction Training in Chronic Heart Failure: an Effective Training Strategy? - Full Text View - ClinicalTrials.gov [Internet]. [citado 11 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03342833>
19. Low Intensity Resistance Training With Vascular Occlusion in Coronary Heart Disease Patients - Full Text View - ClinicalTrials.gov [Internet]. [citado 11 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://clinicaltrials.gov/ct2/show/NCT03087292>
20. Loenneke JP, Fahs CA, Rossow LM, Sherk VD, Thiebaud RS, Abe T, et al. Effects of cuff width on arterial occlusion: implications for blood flow restricted exercise. *Eur J Appl Physiol*. agosto de 2012;112(8):2903-12.
21. Kaatsu master - la auténtica revolución en el trabajo de fuerza - Kaatsu, entrenamiento oclusivo - Material de fisioterapia - Tienda fisaude [Internet]. [citado 11 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://tienda.fisaude.com/kaatsu-master-nueva-evolucion-trabajo-fuerza-p-47801.html>

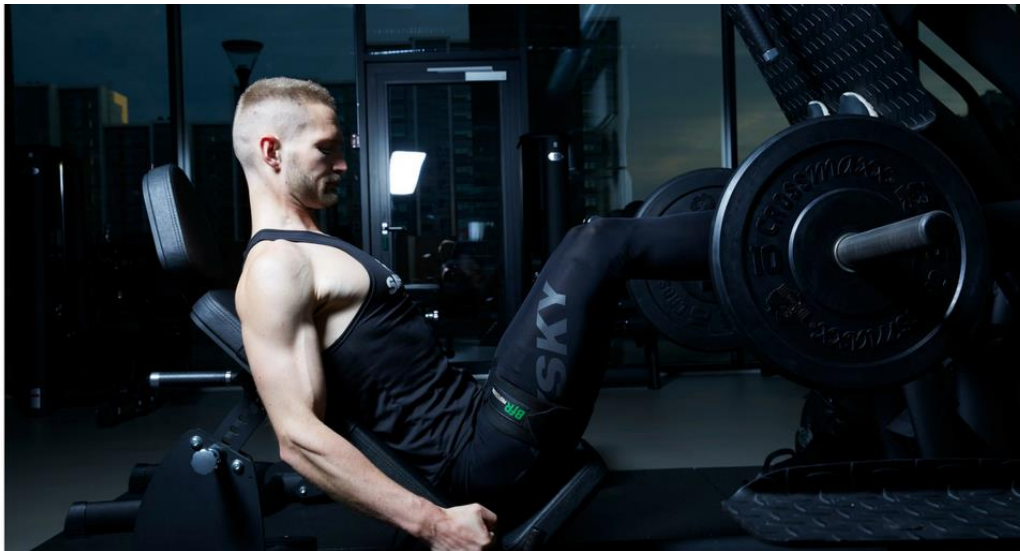
22. Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, Bembem MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol.* mayo de 2012;112(5):1849-59.
23. Pearson SJ, Hussain SR. A review on the mechanisms of blood-flow restriction resistance training-induced muscle hypertrophy. *Sports Med Auckl NZ.* febrero de 2015;45(2):187-200.
24. Shimizu R, Hotta K, Yamamoto S, Matsumoto T, Kamiya K, Kato M, et al. Low-intensity resistance training with blood flow restriction improves vascular endothelial function and peripheral blood circulation in healthy elderly people. *Eur J Appl Physiol.* abril de 2016;116(4):749-57.
25. Madarama H, Neya M, Ochi E, Nakazato K, Sato Y, Ishii N. Cross-transfer effects of resistance training with blood flow restriction. *Med Sci Sports Exerc.* febrero de 2008;40(2):258-63.
26. Loenneke JP, Wilson GJ, Wilson JM. A mechanistic approach to blood flow occlusion. *Int J Sports Med.* enero de 2010;31(1):1-4.
27. May AK, Russell AP, Warmington SA. Lower body blood flow restriction training may induce remote muscle strength adaptations in an active unrestricted arm. *Eur J Appl Physiol.* marzo de 2018;118(3):617-27.
28. Laurentino GC, Loenneke JP, Teixeira EL, Nakajima E, Iared W, Tricoli V. The Effect of Cuff Width on Muscle Adaptations after Blood Flow Restriction Training. *Med Sci Sports Exerc.* mayo de 2016;48(5):920-5.
29. Vechin FC, Libardi CA, Conceição MS, Damas FR, Lixandrão ME, Berton RPB, et al. 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.* abril de 2015;29(4):1071-6.
30. Karabulut M, Abe T, Sato Y, Bembem MG. The effects of low-intensity resistance training with vascular restriction on leg muscle strength in older men. *Eur J Appl Physiol.* enero de 2010;108(1):147-55.
31. Nielsen JL, Aagaard P, Bech RD, Nygaard T, Hvid LG, Wernbom M, et al. Proliferation of myogenic stem cells in human skeletal muscle in response to low-load resistance training with blood flow restriction. *J Physiol.* 1 de septiembre de 2012;590(17):4351-61.
32. Brandner CR, Kidgell DJ, Warmington SA. Unilateral bicep curl hemodynamics: Low-pressure continuous vs high-pressure intermittent blood flow restriction. *Scand J Med Sci Sports.* diciembre de 2015;25(6):770-7.
33. Clark BC, Manini TM, Hoffman RL, Williams PS, Guiler MK, Knutson MJ, et al. Relative safety of 4 weeks of blood flow-restricted resistance exercise in young, healthy adults. *Scand J Med Sci Sports.* octubre de 2011;21(5):653-62.

34. Libardi CA, Chacon-Mikahil MPT, Cavaglieri CR, Tricoli V, Roschel H, Vechin FC, et al. Effect of concurrent training with blood flow restriction in the elderly. *Int J Sports Med.* mayo de 2015;36(5):395-9.
35. Martín-Hernández J, Santos-Lozano A, Foster C, Lucia A. Syncope Episodes and Blood Flow Restriction Training. *Clin J Sport Med Off J Can Acad Sport Med.* 6 de octubre de 2017;
36. Loenneke JP, Wilson JM, Wilson GJ, Pujol TJ, Bemben MG. Potential safety issues with blood flow restriction training. *Scand J Med Sci Sports.* agosto de 2011;21(4):510-8.
37. Neto GR, Novaes JS, Salerno VP, Gonçalves MM, Batista GR, Cirilo-Sousa MS. Does a resistance exercise session with continuous or intermittent blood flow restriction promote muscle damage and increase oxidative stress? *J Sports Sci.* enero de 2018;36(1):104-10.
38. Ingram JW, Dankel SJ, Buckner SL, Counts BR, Mouser JG, Abe T, et al. The influence of time on determining blood flow restriction pressure. *J Sci Med Sport.* agosto de 2017;20(8):777-80.
39. Richmond SA, Fukuchi RK, Ezzat A, Schneider K, Schneider G, Emery CA. Are joint injury, sport activity, physical activity, obesity, or occupational activities predictors for osteoarthritis? A systematic review. *J Orthop Sports Phys Ther.* agosto de 2013;43(8):515-B19.
40. Takagi S, Omori G, Koga H, Endo K, Koga Y, Nawata A, et al. Quadriceps muscle weakness is related to increased risk of radiographic knee OA but not its progression in both women and men: the Matsudai Knee Osteoarthritis Survey. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc Off J ESSKA.* 26 de abril de 2017;
41. Topp R, Woolley S, Hornyak J, Khuder S, Kahaleh B. The effect of dynamic versus isometric resistance training on pain and functioning among adults with osteoarthritis of the knee. *Arch Phys Med Rehabil.* septiembre de 2002;83(9):1187-95.
42. Jan M-H, Lin J-J, Liao J-J, Lin Y-F, Lin D-H. Investigation of clinical effects of high- and low-resistance training for patients with knee osteoarthritis: a randomized controlled trial. *Phys Ther.* abril de 2008;88(4):427-36.
43. Arthritis Foundation | Symptoms Treatments | Prevention Tips | Pain Relief Advice [Internet]. [citado 4 de mayo de 2018]. Disponible en: <https://www.arthritis.org/>

11. ANEXOS



ANEXO 1: Kaatsu Master.



ANEXO 2: Ejercicio de prensa de pierna con restricción de flujo. Fuente: BFRpro.



ANEXO 3: Ejercicio de extensión de cuádriceps con restricción de flujo sanguíneo. Fuente: HSNstore.

Escala PEDro-Español

| | |
|---|--|
| 1. Los criterios de elección fueron especificados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos) | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 3. La asignación fue oculta | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 5. Todos los sujetos fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por “intención de tratar” | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |

La escala PEDro está basada en la lista Delphi desarrollada por Verhagen y colaboradores en el Departamento de Epidemiología, Universidad de Maastricht (*Verhagen AP et al (1998). The Delphi list: a criteria list for quality assessment of randomised clinical trials for conducting systematic reviews developed by Delphi consensus. Journal of Clinical Epidemiology, 51(12):1235-41*). En su mayor parte, la lista está basada en el consenso de expertos y no en datos empíricos. Dos ítems que no formaban parte de la lista Delphi han sido incluidos en la escala PEDro (ítems 8 y 10). Conforme se obtengan más datos empíricos, será posible “ponderar” los ítems de la escala, de modo que la puntuación en la escala PEDro refleje la importancia de cada ítem individual en la escala.

El propósito de la escala PEDro es ayudar a los usuarios de la bases de datos PEDro a identificar con rapidez cuales de los ensayos clínicos aleatorios (ej. RCTs o CCTs) pueden tener suficiente validez interna (criterios 2-9) y suficiente información estadística para hacer que sus resultados sean interpretables (criterios 10-11). Un criterio adicional (criterio 1) que se relaciona con la validez externa (“generalizabilidad” o “aplicabilidad” del ensayo) ha sido retenido de forma que la lista Delphi esté completa, pero este criterio no se utilizará para el cálculo de la puntuación de la escala PEDro reportada en el sitio web de PEDro.

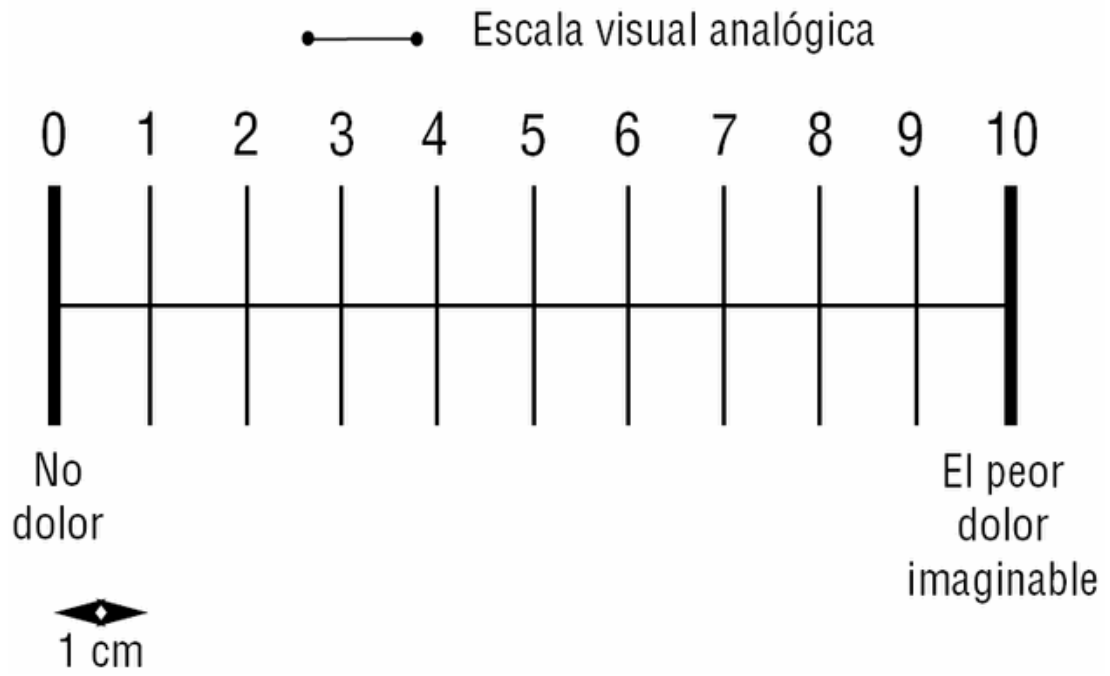
La escala PEDro no debería utilizarse como una medida de la “validez” de las conclusiones de un estudio. En especial, avisamos a los usuarios de la escala PEDro que los estudios que muestran efectos de tratamiento significativos y que puntúan alto en la escala PEDro, no necesariamente proporcionan evidencia de que el tratamiento es clínicamente útil. Otras consideraciones adicionales deben hacerse para decidir si el efecto del tratamiento fue lo suficientemente elevado como para ser considerado clínicamente relevante, si sus efectos positivos superan a los negativos y si el tratamiento es costo-efectivo. La escala no debería utilizarse para comparar la “calidad” de ensayos realizados en las diferentes áreas de la terapia, básicamente porque no es posible cumplir con todos los ítems de la escala en algunas áreas de la práctica de la fisioterapia.

Última modificación el 21 de junio de 1999. Traducción al español el 30 de diciembre de 2012

Notas sobre la administración de la escala PEDro:

- Todos los criterios **Los puntos solo se otorgan cuando el criterio se cumple claramente.** Si después de una lectura exhaustiva del estudio no se cumple algún criterio, no se debería otorgar la puntuación para ese criterio.
- Criterio 1 Este criterio se cumple si el artículo describe la fuente de obtención de los sujetos y un listado de los criterios que tienen que cumplir para que puedan ser incluidos en el estudio.
- Criterio 2 Se considera que un estudio ha usado una designación al azar si el artículo aporta que la asignación fue aleatoria. El método preciso de aleatorización no precisa ser especificado. Procedimientos tales como lanzar monedas y tirar los dados deberían ser considerados aleatorios. Procedimientos de asignación cuasi-aleatorios, tales como la asignación por el número de registro del hospital o la fecha de nacimiento, o la alternancia, no cumplen este criterio.
- Criterio 3 *La asignación oculta* (enmascaramiento) significa que la persona que determina si un sujeto es susceptible de ser incluido en un estudio, desconocía a que grupo iba a ser asignado cuando se tomó esta decisión. Se puntúa este criterio incluso si no se aporta que la asignación fue oculta, cuando el artículo aporta que la asignación fue por sobres opacos sellados o que la distribución fue realizada por el encargado de organizar la distribución, quien estaba fuera o aislado del resto del equipo de investigadores.
- Criterio 4 Como mínimo, en estudios de intervenciones terapéuticas, el artículo debe describir al menos una medida de la severidad de la condición tratada y al menos una medida (diferente) del resultado clave al inicio. El evaluador debe asegurarse de que los resultados de los grupos no difieran en la línea base, en una cantidad clínicamente significativa. El criterio se cumple incluso si solo se presentan los datos iniciales de los sujetos que finalizaron el estudio.
- Criterio 4, 7-11 *Los Resultados clave* son aquellos que proporcionan la medida primaria de la eficacia (o ausencia de eficacia) de la terapia. En la mayoría de los estudios, se usa más de una variable como una medida de resultado.
- Criterio 5-7 *Cegado* significa que la persona en cuestión (sujeto, terapeuta o evaluador) no conocía a que grupo había sido asignado el sujeto. Además, los sujetos o terapeutas solo se consideran “cegados” si se puede considerar que no han distinguido entre los tratamientos aplicados a diferentes grupos. En los estudios en los que los resultados clave sean auto administrados (ej. escala visual analógica, diario del dolor), el evaluador es considerado cegado si el sujeto fue cegado.
- Criterio 8 Este criterio solo se cumple si el artículo aporta explícitamente *tanto* el número de sujetos inicialmente asignados a los grupos *como* el número de sujetos de los que se obtuvieron las medidas de resultado clave. En los estudios en los que los resultados se han medido en diferentes momentos en el tiempo, un resultado clave debe haber sido medido en más del 85% de los sujetos en alguno de estos momentos.
- Criterio 9 El análisis por *intención de tratar* significa que, donde los sujetos no recibieron tratamiento (o la condición de control) según fueron asignados, y donde las medidas de los resultados estuvieron disponibles, el análisis se realizó como si los sujetos recibieran el tratamiento (o la condición de control) al que fueron asignados. Este criterio se cumple, incluso si no hay mención de análisis por intención de tratar, si el informe establece explícitamente que todos los sujetos recibieron el tratamiento o la condición de control según fueron asignados.
- Criterio 10 Una comparación estadística *entre grupos* implica la comparación estadística de un grupo con otro. Dependiendo del diseño del estudio, puede implicar la comparación de dos o más tratamientos, o la comparación de un tratamiento con una condición de control. El análisis puede ser una comparación simple de los resultados medidos después del tratamiento administrado, o una comparación del cambio experimentado por un grupo con el cambio del otro grupo (cuando se ha utilizado un análisis factorial de la varianza para analizar los datos, estos últimos son a menudo aportados como una interacción grupo x tiempo). La comparación puede realizarse mediante un contraste de hipótesis (que proporciona un valor “p”, que describe la probabilidad con la que los grupos difieran sólo por el azar) o como una estimación de un tamaño del efecto (por ejemplo, la diferencia en la media o mediana, o una diferencia en las proporciones, o en el número necesario para tratar, o un riesgo relativo o hazard ratio) y su intervalo de confianza.
- Criterio 11 Una *estimación puntual* es una medida del tamaño del efecto del tratamiento. El efecto del tratamiento debe ser descrito como la diferencia en los resultados de los grupos, o como el resultado en (cada uno) de todos los grupos. Las *medidas de la variabilidad* incluyen desviaciones estándar, errores estándar, intervalos de confianza, rango intercuartílicos (u otros rangos de cuantiles), y rangos. Las estimaciones puntuales y/o las medidas de variabilidad deben ser proporcionadas gráficamente (por ejemplo, se pueden presentar desviaciones estándar como barras de error en una figura) siempre que sea necesario para aclarar lo que se está mostrando (por ejemplo, mientras quede claro si las barras de error representan las desviaciones estándar o el error estándar). Cuando los resultados son categóricos, este criterio se cumple si se presenta el número de sujetos en cada categoría para cada grupo.

ANEXO 4: Escala PEDro y cada uno de los criterios detallados.



ANEXO 5: Escala Visual Analógica para medir el dolor.

| Grado | Característica radiográfica |
|-----------------|---|
| 0 | Normal |
| 1 (OA dudosa) | Dudoso estrechamiento del espacio articular Posibles osteofitos |
| 2 (OA leve) | Posible estrechamiento del espacio articular Osteofitos |
| 3 (OA moderada) | Estrechamiento del espacio articular Osteofitos moderados múltiples Leve esclerosis Posible deformidad de los extremos de los huesos |
| 4 (OA grave) | Marcado estrechamiento del espacio articular Abundantes osteofitos Esclerosis grave Deformidad de los extremos de los huesos |

ANEXO 6: Clasificación radiológica de OA según Kellgren y Lawrence.