

TESINA

Presentada para acceder al título de grado de la carrera

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA Título:

“Efectos del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo sobre la fuerza y la hipertrofia muscular en los pacientes con artrosis de rodilla”.

Autor/es:

Grgicevic, Santiago. Nro de libreta: IUGR-9418

Sergiani, Ignacio. Nro de libreta: IUGR-9553

Director/a:

Lic. Amelong Manuel

Co-director/a:

Lic. Fanucchi Augusto

Rosario

Fecha de Presentación: 8 de julio del 2024

Firma de autores



RESUMEN

Introducción: La artrosis de rodilla es la enfermedad articular más frecuente en el mundo. Su prevalencia aumenta notablemente con la edad avanzada y en las mujeres. Una de las principales consecuencias son los cambios degenerativos a nivel articular, afectando primordialmente al cartílago y al hueso subcondral, y a nivel periférico la pérdida de fuerza y trofismo muscular. El tratamiento propuesto es orientado a la terapia activa con el objetivo de aumentar la fuerza y el trofismo muscular.

Objetivo: Analizar mediante una revisión bibliográfica los efectos del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo en el desarrollo de la fuerza e hipertrofia muscular en pacientes con artrosis de rodilla.

Métodos: Fue realizada una revisión bibliográfica en las bases de datos de PubMed, Portal Regional de la Biblioteca Virtual en Salud (BVS) y PEDro. Se tuvieron en cuenta artículos publicados dentro de los últimos diez años (2013 al 2023).

Resultados: En total fueron recuperados 60 artículos. Luego de haber utilizado los filtros de búsqueda y descartar artículos por tener aviso de retracción, estar repetidos y no abordar específicamente la temática del estudio de investigación, se incluyeron finalmente 7 artículos para esta investigación.

Conclusión: En base a los resultados obtenidos en esta investigación sobre los diferentes estudios científicos, se concluyó que hay una mejoría moderada en cuanto a el entrenamiento BFR en comparación al entrenamiento sin BFR. Esta terapia innovadora podría ser utilizada como una opción terapéutica para la ganancia de fuerza y trofismo muscular en pacientes con osteoartrosis de rodilla.

Palabras clave: Artrosis de rodilla; Entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo; Fuerza muscular; Hipertrofia muscular; Ejercicio físico.

ÍNDICE

I.	INTRODUCCIÓN.....	1
II.	OBJETIVOS.....	2
	A. OBJETIVOS GENERALES.....	2
	B. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	2
III.	MARCO TEÓRICO.....	3
	A. ARTROSIS DE RODILLA.....	3
	1. Anatomía y biomecánica de la rodilla.....	3
	2. Artrosis.....	8
	3. Fisiopatología.....	9
	B. ENTRENAMIENTO.....	11
	1. Entrenamiento en pacientes con artrosis de rodilla.....	11
	2. Entrenamiento BFR.....	13
IV.	JUSTIFICACIÓN.....	17
V.	MATERIALES Y MÉTODOS.....	18
	A. Estrategias de búsqueda.....	18
	B. Palabras clave.....	19
	C. Combinación de palabras clave.....	19
	D. Criterios de selección.....	20
VI.	RESULTADOS.....	21
	A. Diagrama de flujo.....	21
	B. Cuadros comparativos.....	22
	C. Análisis de resultados.....	32
	D. Gráficos.....	37
VII.	DISCUSIÓN.....	39
VIII.	CONCLUSIÓN.....	43
IX.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	44
X.	ANEXOS.....	48

I. INTRODUCCIÓN

La osteoartrosis es la enfermedad articular más frecuente en el mundo y afecta principalmente la articulación de la rodilla. Esta patología tiene una etiología multifactorial y dentro de ella incluimos: la edad avanzada, la obesidad, el sedentarismo, traumatismos y cirugías previas de rodilla, factores genéticos, posturas repetitivas asociadas a la ocupación del paciente (actividades deportivas de alto impacto, cargas de torsión, exceso de uso). La prevalencia de esta patología aumenta notablemente con la edad avanzada y es más frecuente en las mujeres. La evolución de esta afección es muy variable debido a que mejora en algunos pacientes, permanece estable en varios y empeora gradualmente en otros. La osteoartrosis de rodilla afecta la articulación de forma focal y no uniforme, generando la afección en alguno de sus tres compartimentos articulares. El compartimento tibiofemoral lateral se afecta en un 80% de los casos, y el porcentaje restante se atribuye al compartimento tibiofemoral medial y al compartimento patelofemoral.

Una de las principales consecuencias de esta patología son los cambios degenerativos a nivel articular afectando principalmente al cartílago y al hueso subcondral, la debilidad y atrofia de los músculos periarticulares, los cuales son afecciones progresivas que crean un círculo vicioso de daño en la articulación y sus estructuras periféricas. Esto produce una alteración del desempeño funcional del paciente por su compromiso tanto en el equilibrio como en la propiocepción, que genera mayor riesgo de sufrir caídas y fracturas.

A partir de estos cambios a nivel periférico está evidenciado que se produce gradualmente una pérdida de la fuerza y el trefismo muscular. El músculo, que está conformado por elementos contráctiles y no contráctiles, los cuales dentro de ellos se encuentra la matriz extracelular, líquido sarcoplásmico y la actividad de células satélites (factor de crecimiento insulínico tipo 1, hormona de crecimiento, insulina, etc.). Desde el punto de vista de la mecánica, la fuerza se define como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo y desde el punto de vista de la fisiología es la capacidad que tiene el músculo de producir tensión al activarse. Para concluir, la fuerza es la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante una tensión muscular (concéntrica, excéntrica o isométrica). Por otro lado, el crecimiento del tejido muscular lo vamos a denominar como hipertrofia muscular.

La forma de mejorar estas variables es a partir del entrenamiento a alta carga, que genera mayor ganancia de fuerza e hipertrofia muscular en comparación con el entrenamiento a baja carga. Dado al proceso degenerativo a nivel articular que presentan

los pacientes con osteoartrosis de rodilla, poseen dificultad para entrenar la fuerza muscular a altas cargas.

En este contexto surge el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo (BFR, por sus siglas en inglés) que consiste en la aplicación de un manguito neumático de presión en la extremidad proximal de un miembro, el cual restringe el retorno venoso completo permitiendo la entrada de sangre arterial durante el ejercicio. Este método de entrenamiento produce la ganancia de fuerza e hipertrofia del músculo esquelético a través de una variedad de mecanismos. Entre estos mecanismos propuestos se incluyen el aumento del reclutamiento de fibras musculares de contracción rápida, la acumulación metabólica, la síntesis de proteínas musculares, la producción de especies reactivas a oxígeno y la inflamación celular en un ambiente anaeróbico, teniendo en cuenta que estos funcionan de manera conjunta. El BFR implica la realización de ejercicios de resistencia a baja carga el cual tiene efectos similares a ejercicios de resistencia de alta carga (sin restricción de flujo), con el objetivo de aliviar el estrés articular y evitar altas cargas de compresión.

En base a lo expuesto sobre la osteoartrosis de rodilla, este proceso degenerativo a nivel articular y en sus componentes periféricos no solo dependen de la patología, sino de las variables como la fuerza y la hipertrofia muscular, que pueden mejorar dentro de la rehabilitación. A partir de esta introducción podemos decir que el entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo es una opción innovadora y emergente en la actualidad como complemento para la rehabilitación de dichos pacientes, con el objetivo de producir la ganancia de fuerza y trofismo muscular lo cual podría mejorar, enlentecer y tratar el proceso degenerativo a nivel articular.

Por lo tanto, la pregunta de investigación de este trabajo es:

¿Cuáles son los efectos del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo sobre la fuerza y la hipertrofia muscular en los pacientes con artrosis de rodilla?

II. OBJETIVOS

II. A. Objetivo general:

- Analizar a través de una revisión bibliográfica los efectos de la utilización del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo en el desarrollo de la fuerza e hipertrofia muscular en pacientes con artrosis de rodilla.

II. B. Objetivos específicos:

- Explicar los mecanismos fisiopatológicos de la artrosis de rodilla.
- Explicar el mecanismo de acción y los efectos fisiológicos del BFR (entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo).
- Analizar los resultados sobre la ganancia de fuerza en pruebas de 1RM.
- Analizar los resultados sobre el tamaño muscular, a través de la medición del CSA.
- Establecer una comparación en los resultados de ganancia de fuerza e hipertrofia muscular en pacientes que utilizaron BFR (entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo) y en pacientes que no lo utilizaron.

III. MARCO TEÓRICO

III. A. Artrosis de rodilla

III. A. 1. Anatomía y biomecánica de la rodilla.

La rodilla es un complejo articular conformado por tres huesos, el fémur, la rótula y la tibia. A la misma, se la considera una articulación de tipo sinovial y está conformada por dos articulaciones y 3 compartimentos articulares. Una de ellas es la articulación femorotibial que posee 2 compartimentos y la otra es la articulación femoropatelar que es unicompartimental.⁽¹⁾

La articulación femorotibial es la que articula el fémur con la tibia. Es una articulación de tipo diartrosis que posee mucha movilidad y de subtipo bicondílea, ya que está conformada por los dos cóndilos femorales ubicados en el extremo distal del fémur, los cuales articulan con los cóndilos o mesetas tibiales ubicados en el extremo proximal de la tibia. Dado a la presencia de los dos cóndilos femorales y patillos tibiales, esta articulación se separa en dos compartimentos articulares, el compartimento femorotibial medial o interno y el compartimento femorotibial lateral o externo.⁽¹⁾

Sobre la descripción anatómica del fémur distal debemos destacar la relación de sus cóndilos, en donde el cóndilo interno desciende más que el externo y es por eso que ese compartimento tiene la principal función de generar estabilidad y soporte de cargas, en comparación con el compartimento externo que se encarga principalmente de la movilidad. Ambos compartimentos con sus funciones acompañan al movimiento rotacional que genera la tibia. Otra característica es la presencia de el valgo fisiológico que presenta esta articulación generando un aumento de la presión en el compartimento externo. De forma contraria, en los procesos degenerativos articulares de la rodilla como es la artrosis, se presenta una mayor afección en el compartimento medial y eso se correlaciona con el genu varo, o varo de rodilla, que produce una hiperpresión en el compartimento medial y lesiona tanto los tejidos articulares como los tejidos periarticulares.^(1;2)

Por otro lado, la articulación femororrotuliana es la que articula el fémur con la rótula y es unicompartimental. Es una articulación de tipo diartrosis y subtipo troclear, en la cual la rótula en su cara posterior con sus dos facetas articulares y su cresta vertical va a articular con la tróclea femoral ubicada en la región anterior del extremo distal del fémur.⁽¹⁾

Otra estructura que debemos destacar son los meniscos. Los meniscos son fibrocartílagos que se sitúan sobre los patillos tibiales, los cuales cumplen la función de generar un mejor receptáculo entre las superficies articulares, absorber cargas de

compresión sin dañar la articulación y aumentar la profundidad de la superficie articular para que esta pueda coaptar de forma óptima. Por un lado tenemos el menisco lateral o externo, que es un fibrocartilago casi circular con forma de “O”, ubicado por debajo del cóndilo femoral lateral el cual no tiene inserción ligamentaria y facilita la movilidad del compartimento lateral. Gracias a esa movilidad no genera tanta compresión de cargas como el compartimento medial y es por eso que sufre menos compresión articular y menor daño. Por el lado opuesto tenemos el menisco medial o interno que es un fibrocartilago que posee forma de “C”, ubicado en la meseta tibial medial, el cual posee inserción ligamentaria con ligamento colateral medial lo cual restringe la movilidad del mismo y le otorga la función de estabilización en el compartimento medial. Dado a las anteriores características nombradas este menisco es el más suele lesionarse por procesos de hiperpresión o aumentos de cargas de soporte las cuales exceden la tolerancia del tejido y son perjudiciales para el mismo.^(1;3)

Las superficies articulares están unidas entre sí por una cápsula articular revestida en su cara interna por la membrana sinovial y rodeada por ligamentos anteriores, posteriores, colaterales y cruzados, que la refuerzan. Los ligamentos anteriores están compuestos por el ligamento o tendón rotuliano que es la continuación de la inserción de los cuatro vastos del músculo cuádriceps, por el retináculo rotuliano lateral y por el retináculo rotuliano medial. Los ligamentos posteriores, en cambio, se encuentran conformados por el ligamento poplíteo oblicuo y por el ligamento poplíteo arqueado. Por otra parte se encuentran los ligamentos colaterales. El ligamento colateral medial o tibial refuerza a la cápsula articular en su cara medial y posee la función de estabilizador medial primario en la rodilla resistiendo las fuerzas de valgo, las cuales generan mayor compresión en el compartimento femorotibial externo. Este ligamento es muy fuerte y resistente ya que tiene un fascículo superficial y otro fascículo profundo el cual se inserta en el menisco interno y restringe su movilidad. Luego el ligamento colateral lateral o peroneo tiene la función de resistir fuerzas en varo sobre todo cuando la rodilla se encuentra en extensión y al no tomar contacto con el menisco externo posee mayor movilidad. Las fuerzas en varo producen un aumento de carga en el compartimento femorotibial interno.^(1;2;3)

Por último los ligamentos cruzados, que son intraarticulares y extracapsulares, se ubican en la profundidad de la articulación y permiten la estabilización anteroposterior de la rodilla. Están conformados por el ligamento cruzado anterior, que es responsable aproximadamente del 80% de la resistencia anterior de la tibia, es uno de los principales encargados de limitar su desplazamiento anterior y el ligamento cruzado posterior que opone resistencia al desplazamiento posterior de la tibia limitando ese movimiento. Si bien estos ligamentos son estructuras pasivas que estabilizan la articulación y fijan la movilidad

de la rodilla, tienen un papel muy importante a nivel propioceptivo en conjunto con los músculos del muslo que son los responsables de movilizar la articulación y dentro de ellos tenemos al cuádriceps como músculo motor primario en la extensión de rodilla y a los músculos isquiosurales que son el semimembranoso, semitendinoso y bíceps femoral que se encargan de realizar la flexión de rodilla. Es muy importante la relación propioceptiva que posee este complejo músculo ligamentario, ya que si no es buena esa comunicación entre músculo y ligamento se generan micromovimientos por inestabilidad en la rodilla y esa es una de las principales causas del deterioro a nivel articular que produce patología de rodilla como la osteoartritis.^(1;2;3)(Fig.1)

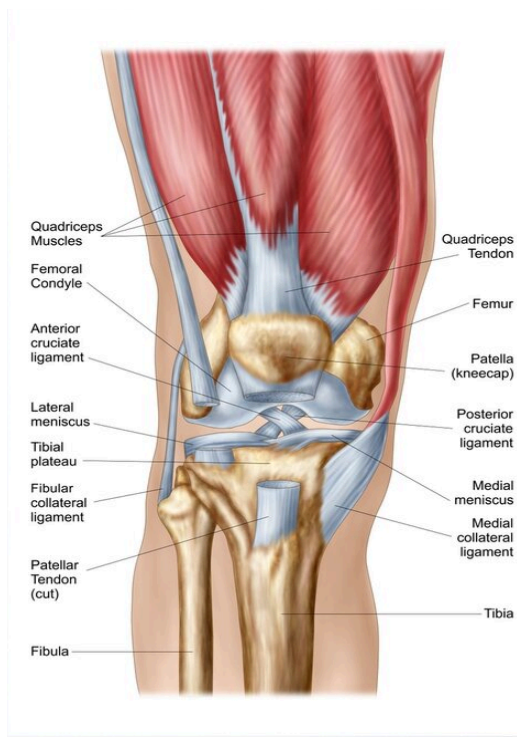


Figura 1. Imagen que demuestra la descripción anatómica de la rodilla con sus respectivos componentes articulares y periarticulares.⁽²⁾

Luego de haber explicado la anatomía de este complejo articular debemos adentrarnos en la biomecánica del análisis de movimientos. La rodilla tiene como principal movimiento la flexión y la extensión la cual la realiza a partir de un eje transversal que se observa en un plano sagital. También puede realizar movimientos de rotación interna o rotación externa a partir de un eje longitudinal que se observa en un plano transversal. Cabe destacar que este último movimiento solamente lo puede realizar si la rodilla se encuentra flexionada. Si la rodilla está extendida no se deben generar movimientos rotacionales, en el caso que se produzcan, hay un compromiso ligamentario.⁽³⁾

Entre la cadera, la rodilla y el tobillo se forma un eje vertical de alineación y distribución de cargas. En la articulación femorotibial existe un eje normal de distribución de cargas entre los cóndilos y patillos tibiales, el cual es equilibrado y equitativo. Si este eje se inclina hacia un lado se genera una hiperpresión sobre el lado inclinado y una hipopresión del lado contrario, y esta discrepancia de cargas produce daño articular.⁽³⁾

Otro eje que vamos a encontrar es el que sale desde el cuello del fémur y baja hasta el centro de la rótula marcando un ángulo de 5°-6° que se lo denomina valgo fisiológico. Si las rodillas se desplazan hacia el medio se denomina valgo y si se desplaza hacia afuera se denomina varo. Es por eso que debemos hablar de estas desviaciones biomecánicas que pueden comprometer la integridad articular. El valgo de rodilla distiende el ligamento colateral medial y los músculos de la pata de ganso y la carga axial aumenta sobre el compartimento externo dañando el tejido cartilaginoso y menisco externo. Por el contrario el varo de rodilla distiende el ligamento colateral externo y la carga axial aumenta en el compartimento interno dañando el cartílago y menisco interno.⁽³⁾

Si bien hablamos de los movimientos que realiza esta articulación no describimos la amplitud de los mismos. La extensión de la rodilla es de 0° y es una posición de movimiento relativa, ya que todo lo que tengo de flexión lo tengo de extensión. La hiperextensión o recurvatum se tolera con una normalidad de 3°- 4°. La flexión activa de rodilla es de 120° - 125° y se limita por el choque muscular entre gemelos e isquiosurales. La flexión pasiva puede alcanzar los 140° y la hiperflexión hasta 160°. En el caso del movimiento de rotaciones, la rotación interna de forma activa puede alcanzar los 30° y la pasiva 35°. En cambio, la rotación externa activa es de 40° y la pasiva llega a los 45°-50°.⁽³⁾

En la artrocinemática de la articulación se genera el movimiento de los cóndilos sobre los patillos tibiales. Los cóndilos sobre los patillos tibiales ruedan hasta cierto punto y luego se deslizan para poder lograr la flexión o la extensión. Los meniscos se adaptan a estos movimientos y cada vez que el cóndilo empieza a rodar el menisco se desplaza. En la flexión los meniscos se desplazan para atrás, el interno 6 mm y lo realiza el músculo semimembranoso y el externo 12 mm por el músculo poplíteo. En la extensión los meniscos se mueven hacia adelante. Los meniscos se adaptan a estos movimientos y cada vez que el cóndilo empieza a rodar, el menisco se desplaza para no ser pisado y genera información propioceptiva para que el cóndilo empiece a deslizarse, es por eso que este fibrocartilago junto al complejo músculo-ligamentario de la rodilla son fundamentales en el papel propioceptivo de la articulación.⁽³⁾

III . A. 2. Artrosis

La osteoartrosis - en adelante OA - es la enfermedad articular degenerativa más frecuente en el mundo que afecta a todas las articulaciones, pero principalmente a la articulación de cadera y rodilla, que entre las tantas funciones que tienen son las que se encargan de soportar el peso axial del cuerpo y las fuerzas de compresión.^(4;5)

Esta patología se caracteriza por desarrollarse de forma crónica produciendo un deterioro progresivo tanto en el cartílago articular, como en el hueso subcondral, ligamentos, meniscos, membrana sinovial, cápsula articular y músculos periarticulares.^(4;5)

La OA de rodilla tiene una etiología multifactorial y su prevalencia aumenta notablemente con la edad a partir de los 60 años, principalmente siendo más común en mujeres que en hombres debido a que poseen una cinemática articular diferente por su anatomía. Esta misma está conformada por fémures más estrechos, rótulas más delgadas, mayores ángulos de los cuádriceps y diferencias en el tamaño de los cóndilos tibiales.^(5;6)

Además hay factores de riesgo que pueden predisponer a padecer esta patología como el aumento del índice de masa corporal (IMC), una lesión y/o cirugía previa de rodilla, menor amplitud de movimiento, actividad física intensiva y de alto impacto, ciertas actividades físicas ocupacionales, factores genéticos, el aumento de la densidad mineral ósea, la falta de entrenamiento adecuado y el sedentarismo en el cual una disminución en la fuerza y trofismo muscular provoca una mayor susceptibilidad a sufrir daños en la rodilla debido a articulaciones menos estables y débiles.^(6;7;8)

La OA de rodilla se caracteriza por ser una patología de tipo no focal que afecta de forma no uniforme tanto a uno como a varios compartimentos, ya sea el compartimento tibiofemoral medial, el compartimento tibiofemoral lateral y el compartimento femoro rotuliano. Dentro de ellos, el componente medial es el más afectado en un 80% en la mayoría de los casos, y a medida que el hueso se desgasta medialmente desarrolla una deformidad en varo. El porcentaje restante se le atribuye al compartimento lateral en la cual la rodilla reproduce una deformidad en valgo, y al compartimento femorrotuliano que experimenta deformidades en rotación de la tibia que causan subluxación rotuliana.^(6;9)

El síntoma principal de la OA de rodilla es el dolor de tipo mecánico, el cual cede con el reposo y en estadios avanzados de la patología suele ser un dolor persistente que incluso puede aparecer en reposo y con exacerbaciones nocturnas. Algunas actividades cotidianas como subir y bajar escaleras, caminatas de largas distancias y levantarse de una silla, pueden agravar los síntomas. Además estos pacientes, en los estadios iniciales de la patología cursan con rigidez articular de duración menor a 30 minutos y se presenta luego de un periodo de inactividad prolongado o por la mañana, por la fibrosis capsular y el

bloqueo mecánico osteofitario. La rigidez afecta principalmente el movimiento de flexión de rodilla y cuando el deterioro progresa, al igual que el dolor, la rigidez se presenta de forma cotidiana, limita la funcionalidad del paciente y altera su calidad de vida. Otros síntomas que experimentan estos pacientes son la deformidad articular en varo o en valgo, crepitaciones, disminución de la fuerza y trofismo muscular. Este conjunto de síntomas conllevan a alteraciones en la funcionalidad del paciente progresando a la discapacidad.⁽¹⁰⁾(Fig.2)



Figura 2. Imagen radiográfica que demuestra una imagen radiográfica de una rodilla izquierda que padece un proceso artrósico con vista anteroposterior y lateral.⁽¹⁴⁾

III. A. 3. Fisiopatología.

Al desarrollar la fisiopatología de la OA debemos tener los conocimientos suficientes sobre sus componentes. Tradicionalmente el concepto de OA se centraba en la degradación del cartílago articular, pero con el paso de los años se descubrió que también involucra al resto de las estructuras anatómicas circundantes.

El cartílago articular se encuentra conformado en un 70% de agua y de componentes orgánicos de la matriz extracelular como el colágeno tipo II, agregano, versicano y otros proteoglicanos.^(11;12) Por otra parte, el hueso subcondral compuesto principalmente por colágeno tipo I, tiene la función de ayudar al cartílago a proporcionar una superficie para el movimiento articular. Los meniscos absorben cargas, disminuyendo de esta manera el estrés compresivo sobre el cartílago, esta función la realiza debido a su gran estructura de agua, proteoglicanos y colágeno. Finalmente el líquido sinovial compuesto por ácido hialurónico y lumbricina es producido por la membrana sinovial, el cual posee

propiedades viscoelásticas y se encarga de lubricar el espacio articular evitando el desgaste de los cartílagos por las fuerzas de fricción y cizallamiento.⁽¹³⁾

Existe un equilibrio dinámico ante los factores de estimulación ya sean, mecánicos o inflamatorios, detectado por condrocitos que poseen receptores en la matriz extracelular, entre la formación o síntesis y la degradación continua del cartílago, que está regulado por influencias anabólicas como factores de crecimiento y por influencias metabólicas como interleucina y metaloproteinasas - en adelante MMP -.^(12;13)

En un primer estadio de la OA, ocurren alteraciones en la estructura del colágeno, proteoglicanos y meniscos, donde aquí hasta cierto punto los mecanismos de formación compensan las influencias nocivas y limitan el daño articular. Luego, en una última instancia, causan daño al menisco y erosiones del cartílago articular.^(13;14)

El cartílago al sufrir erosiones experimenta cambios en su material con pérdida de flujo de agua, incrementando su susceptibilidad a la disrupción del mismo, en respuesta a esta situación los condrocitos en un primer intento se vuelven hipertróficos para reparar la matriz cartilaginosa, pero culminan produciendo productos de degradación de cartílago y mediadores pro inflamatorios que desregulan aún más la función de los condrocitos.

La última etapa conlleva la apoptosis de los condrocitos, que implica la destrucción del cartílago. Esta etapa conduce a un desequilibrio total entre la formación y catabolismo del colágeno y proteoglicanos, a favor del catabolismo. En este contexto, los mediadores pro inflamatorios se diseminan hacia las demás estructuras articulares, provocando cambios en el tejido sinovial y en hueso sinovial, que genera esclerosis ósea y aumento del grosor de la membrana sinovial y cápsula. Además se producen hendiduras en la superficie del cartílago, con fragmentos de cartílagos libres que propagan aún más la condición inflamatoria sinovial y también la producción de MMP, la cual disminuye la síntesis de moléculas sinoviales, como lubricina y ácido hialurónico, provocando que el líquido sinovial pierda su capacidad viscoelástica y también su capacidad para hidratar al cartílago, induciendo una mayor degeneración. Además, la senescencia celular de los condrocitos se asocia con una reducción progresiva de la actividad del ciclo celular hasta que finalmente se detiene, y también se asocia con una mayor liberación de factores, ya mencionados anteriormente, como citoquinas y enzimas metabólicas, conocidas como fenotipo secretor asociado a la senescencia (SASP), que estimula aún más el estado inflamatorio de la articulación.^(13;15) De esta manera se genera un proceso inflamatorio crónico que sensibiliza a los receptores expuestos a causa de la enfermedad produciendo un círculo vicioso, sumado además a que la reparación del cartílago es limitada ya que es una estructura avascular y aneural por lo tanto posee una baja actividad mitótica.⁽¹⁶⁾(Fig.3)

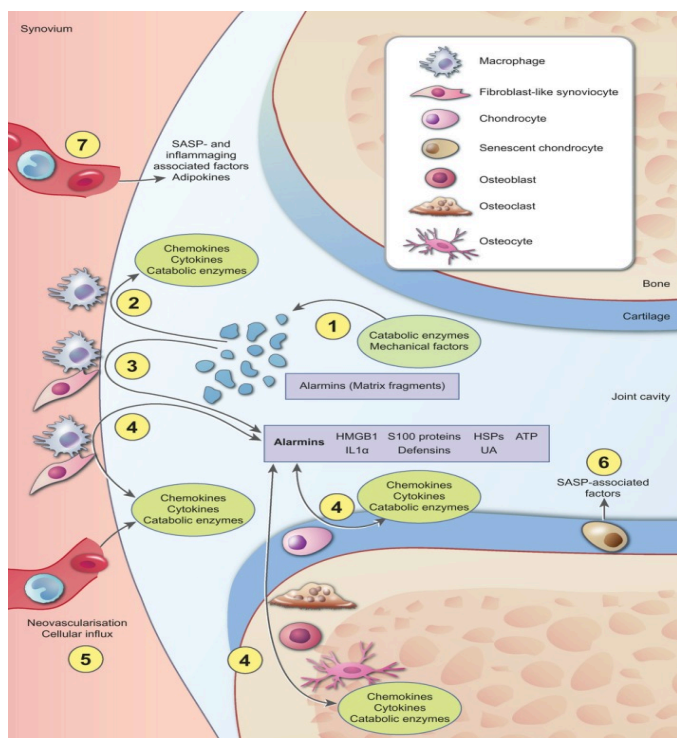


Figura 3. Imagen esquemática que demuestra el proceso inflamatorio en la OA. ⁽¹⁵⁾

III. B. ENTRENAMIENTO

III. B. 1. Entrenamiento en pacientes con artrosis de rodilla

En general, los pacientes con OA tienen un nivel más bajo de actividad física que la población general, y sin actividad física realizada de forma regular, la fuerza y el trefismo muscular disminuyen progresivamente.⁽¹⁷⁾

La fuerza, desde el punto de vista de la mecánica, se define como la capacidad de la musculatura para deformar un cuerpo o para modificar la aceleración del mismo. Desde el punto de vista de la fisiología es la capacidad que tiene el músculo de producir tensión al activarse o al contraerse, y esta tensión ocurre en relación a factores como el número de puentes cruzados de miosina que interactúan con los de actina, número de sarcómeros en paralelo, la longitud de la fibra, el tipo de fibra y de músculo, la tensión que una fibra muscular puede ejercer por unidad de sección transversal y factores facilitadores e inhibidores de la activación muscular.⁽¹⁸⁾ En resumen, podemos esclarecer que la fuerza es la capacidad de vencer u oponerse ante una resistencia externa mediante una tensión muscular que puede ser concéntrica, excéntrica o isométrica. La contracción concéntrica ocurre al realizar acciones en las cuales se vencen resistencias en contra de la influencia de la gravedad llevando a a aproximación de los puntos de origen e inserción del músculo que

se trabaje, la contracción excéntrica ocurre al resistir cargas y se genera un alargamiento muscular alejando puntos de origen e inserción muscular y por último la contracción isométrica que se realiza fuerza manteniendo fija la posición articular sin modificar los puntos de origen e inserción.⁽¹⁹⁾

Por otro lado, la hipertrofia muscular es un aumento en el tamaño del tejido muscular. Durante el proceso hipertrófico, los elementos contráctiles aumentan de tamaño y la matriz extracelular se expande para soportar crecimiento que se produce añadiendo sarcómeros, aumentando los elementos no contráctiles, líquido sarcoplasmático y células satélites. La hipertrofia contráctil puede ocurrir añadiendo sarcómeros en paralelo o en serie, aunque la mayoría de las ganancias en la masa muscular resultan de un aumento de sarcómeros añadidos en paralelo.⁽²⁰⁾ Dentro de este proceso debemos destacar los efectos hormonales sistémicos que se producen, como el aumento de la hormona de crecimiento (GH) y la testosterona las cuales son elementos anabólicos que estimulan el crecimiento muscular, y a su vez la liberación de factores de crecimiento como: IGF-1 la cual es una proteína que regula el crecimiento muscular, el aumento de la insulina que es una hormona anabólica que capta glucosa y aminoácidos promoviendo la síntesis de proteínas, la liberación de mioquinas que estimula a su vez la adaptación muscular al tipo de ejercicio y su crecimiento. Otro factor importante del componente hormonal hipertrófico es la disminución del cortisol que induce al catabolismo del tejido muscular, lo que estimula aún más el crecimiento muscular.⁽²⁰⁾

Ante la falta de tratamientos curativos para la OA, las recomendaciones se basan en un tratamiento no farmacológico, el cual se centra principalmente en una tríada conformada por la educación, el ejercicio y el descenso de peso como primera línea, abordados por un equipo multidisciplinar.⁽¹⁷⁾

El ejercicio terapéutico en estos pacientes debe prescribirse con una dosificación gradual y apuntar a mejorar el control neuromotor, el rango de movimiento de las articulaciones, la capacidad aeróbica, y uno de los objetivos más primordiales del ejercicio en estos pacientes, es mejorar la fuerza y la hipertrofia muscular debido a la debilidad marcada ya mencionada que experimentan los pacientes con OA de rodilla. Niveles mayores de fuerza pueden modificar la biomecánica de la rodilla produciendo una disminución de las cargas articulares internas sobre el cartílago articular, retrasando de esta manera la progresión de la enfermedad. Además el aumento de la fuerza y la hipertrofia de la musculatura periférica que protege a la articulación lesionada, produce una disminución del dolor y una mejora en la condición física dando como resultado una mejor calidad de vida.⁽²¹⁾

La fuerza se mejora levantando cargas más pesadas con menos repeticiones, se realizan 3-4 series de 4 a 8 repeticiones con una intensidad del 75-85% de 1RM, un descanso de 2-3 minutos y una frecuencia semanal de 3 a 4 días. Mientras que la hipertrofia muscular se puede mejorar utilizando diferentes cargas de entrenamiento, y una estrategia es levantando pesos más ligeros con más repeticiones, hasta el punto de falla voluntaria, se recomienda que se realice un volumen de 4 a 6 series, de 8 a 12 repeticiones con una intensidad del 60-80% de 1RM, un descanso de 30 a 90 segundos y una frecuencia semanal de 4 a 6 días.^(22;23;24)

Al realizar la planificación para el entrenamiento se debe tener en cuenta la presencia de dolor pudiendo ser una barrera para producir un estímulo eficiente en el músculo. Dado al proceso degenerativo a nivel articular que presentan los pacientes con OA de rodilla, que poseen dificultad para entrenar la fuerza muscular y la hipertrofia muscular a altas cargas, surge en este contexto el entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo.⁽²⁵⁾

III. B. 2. Entrenamiento BFR.

El entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo o por sus siglas en inglés "BFR" (blood flow restriction) es un método innovador de ejercitación el cual se lleva a cabo a partir de la restricción parcial de flujo sanguíneo arterial y completa de flujo venoso en la musculatura de miembros superiores y/o inferiores. Este método se originó en Japón por el Dr. Yoshiaki Sato en 1985, el cual se conocía como entrenamiento Kaatsu, que significa "entrenamiento con presión añadida". Actualmente este se realiza en todo el mundo y se lo conoce comúnmente como entrenamiento BFR.^(26;27;28)

La técnica del entrenamiento BFR consiste en la aplicación de una presión externa en la región proximal de un miembro (en la extremidad inferior sobre el pliegue inguinal y/o en la extremidad superior distal al deltoides), mediante un manguito de presión neumática el cual genera un inadecuado suministro de oxígeno en la musculatura creando un ambiente de isquemia e hipoxia en el miembro a trabajar. A partir de ello se planifican diversos ejercicios los cuales van a ser ejecutados a baja carga, que es lo que caracteriza al entrenamiento BFR, y es de total relevancia ya que es una opción emergente y novedosa para pacientes con lesiones musculoesqueléticas que no pueden tolerar el estrés mecánico del ejercicio con cargas pesadas.^(26;27;28)

Los parámetros técnicos a tener en cuenta a la hora de la dosificación y forma de aplicación del BFR son los elementos que producen la restricción del flujo sanguíneo, y con eso hacemos referencia al manguito de presión neumática. La presión del manguito es indispensable para poder llevar a cabo este entrenamiento de forma adecuada y está

determinada por características propias de la extremidad y del manguito (forma, ancho, longitud del manguito, tamaño del miembro, presión arterial del paciente, etc.). La mejor forma de determinar la presión del manguito es que se infle hasta el punto donde cese el flujo sanguíneo (100%) palpando las arterias distales del miembro a trabajar (arteria peroneal para miembro inferior y arteria radial para miembro superior). Ese 100% se lo va a denominar presión de oclusión arterial completa. El 40-80% de esa presión de oclusión arterial completa es la que se aplicará para el BFR. Si se aplican presiones mayores al 80% puede aumentar el trabajo del sistema cardiovascular y generar molestias en el ejercicio.^(28;34)

La presión del manguito está directamente relacionada con el ancho del manguito. Por lo que un manguito más ancho requiere una presión más baja por la mayor superficie de aplicación de presión. El ancho del manguito puede variar de 3 a 18 centímetros. Se debe destacar que hay una disminución del crecimiento muscular de la extremidad sobre el lugar de aplicación del manguito, mientras que desde el lugar de su aplicación hacia la región distal de la extremidad se genera el crecimiento muscular. El material del manguito puede ser de diversos tipos, dentro de los cuales destacamos el elástico o nylon, pero no es de relevancia esta característica y en la práctica del BFR ningún material demostró ser mejor que otro.^(28;34)

Este entrenamiento tiene amplia evidencia de solidez científica en la ganancia de fuerza e hipertrofia muscular. Demostró ser efectivo en poblaciones de jóvenes, adultos y pacientes que deben ser sometidos a rehabilitación por diversos tipos de patologías, especialmente patologías músculo esqueléticas donde el entrenamiento con altas cargas está contraindicado. Es por eso que el entrenamiento BFR a baja carga puede lograr una mejora en estas variables equivalente a la del entrenamiento de resistencia a alta carga. También el entrenamiento BFR puede tener beneficios adicionales de hipertrofia en los músculos proximales que no se ven directamente comprometidos por la restricción de flujo sanguíneo. Un ejemplo de ello es el aumento del tórax en los pectorales (al realizar el ejercicio press banca) y del glúteo mayor (al realizar sentadillas). Esto surge a partir de un fenómeno de mayor reclutamiento de los sinergistas más próximos al final de la serie, cuando los músculos con restricción sanguínea fallan.^(29;30;31;32)

Este tipo de entrenamiento ocasiona isquemia e hipoxia en la extremidad generando altos niveles de estrés metabólico, sumado a la tensión mecánica que se obtiene al usar el BFR activan diversos mecanismos que estimulan el crecimiento muscular. Dentro de estos mecanismos tenemos el aumento de niveles de hormona de crecimiento (GH) que se produce ante el aumento progresivo del lactato. La hormona de crecimiento (GH) estimula el crecimiento muscular a través del factor de crecimiento insulínico tipo 1 (IGF-1). Por otro

lado está la señalización intramuscular anabólica, la cual aminora la respuesta del cortisol al ejercicio y la respuesta anticatabólica que disminuye los niveles de creatinquinasa. Otros mecanismos son el aumento del reclutamiento de fibras tipo II (de contracción rápida), la inflamación celular que amenaza la integridad de la membrana celular promoviendo una respuesta anabólica aumentando la síntesis de proteína muscular y disminuyendo la proteólisis, la generación de especies reactivas de oxígeno, etc.^(30;31;32)

El entrenamiento BFR se puede aplicar durante un ejercicio de resistencia, un ejercicio aeróbico o de forma pasiva sin ejercicio. Si bien tiene diversas modalidades de ejecución, su principal característica es que se realiza a bajas cargas lo cual permite que se lo emplee como una nueva metodología de trabajo apropiada para la rehabilitación en etapas tempranas. En la planificación del entrenamiento BFR debemos tener en cuenta que los grupos musculares que se entrenan pueden ser pequeños o grandes dependiendo el tipo de ejercicio que se aplica, pudiendo ser analítico o funcional. También cabe destacar que se pueden ejercitar de forma unilateral o bilateral dependiendo la condición del paciente y objetivo a cumplir dentro del entrenamiento o rehabilitación.^(30;32;33)

A partir de esto podemos establecer que en la planificación de ejercicios de resistencia con BFR, estos se pueden ejecutar con una frecuencia de 2-3 veces a la semana y hasta dos veces al día, con una carga del 20-40% de 1 RM. Las cantidades de repeticiones por ejercicios son 75 las cuales se dividen en 4 series, en donde la primera se realiza 30 repeticiones seguidas de las 3 series restantes de 15 repeticiones, o series al fallo entre el 40-80% de la presión de oclusión arterial completa. El descanso estimado entre series es de 30-60 segundos, y el tiempo de restricción es de 5-10 minutos por ejercicio, ya que el manguito de presión debe retirarse entre estímulos para permitir la reperfusión del miembro a entrenar. La velocidad de ejecución es de 1-2 segundos produciendo una contracción concéntrica y excéntrica las cuales deben ejecutarse hasta completar el esquema de repeticiones planificado o al fallo concéntrico.^(30;32;33)

Por otro lado la planificación del entrenamiento BFR durante un ejercicio aeróbico como lo que puede ser la marcha o el ciclismo tiene una frecuencia de 2-3 veces a la semana con una intensidad menor al 50% VO₂ Máx. En esta forma de aplicación el tiempo de restricción por ejercicio es de 5-20 minutos y la presión de oclusión puede ser entre el 40-80% de la presión de oclusión arterial completa.^(30;32;33)

Por último debemos destacar las complicaciones que pueden manifestarse durante el ejercicio. Las molestias y los hematomas son de las principales alteraciones que se presentan dentro del entrenamiento BFR. En él se pueden desarrollar efectos secundarios como hemorragias subcutáneas, entumecimiento y sensaciones de frío (por la compresión de la musculatura y el nervios periféricos). Por otro lado, menos comunes pero

potencialmente graves son los problemas vasculares, y es por eso que debemos tener en cuenta las contraindicaciones para esta terapia y sus posibles consecuencias. Los pacientes que posiblemente corren riesgo de sufrir alteraciones adversas son los que padecen diabetes, obesidad, hipertensión grave, compromiso renal, sistema vascular deficiente, entre otros. Las contraindicaciones absolutas son el tromboembolismo venoso, embolia pulmonar, infección en la extremidad, linfedema, cáncer, tumor, rabiomolisis, función renal alterada o el consumo de fármacos que aumenten el riesgo de coagulación.
(34;35)

Si bien el entrenamiento BFR tiene posibles complicaciones y alteraciones de alta complejidad, actualmente es un método novedoso y seguro para entrenar en deportistas y para rehabilitar, principalmente en pacientes con lesiones musculoesqueléticas.(Fig.4) Es por eso que todos los pacientes deben ser evaluados previamente antes de aplicarlo.^(34;35)

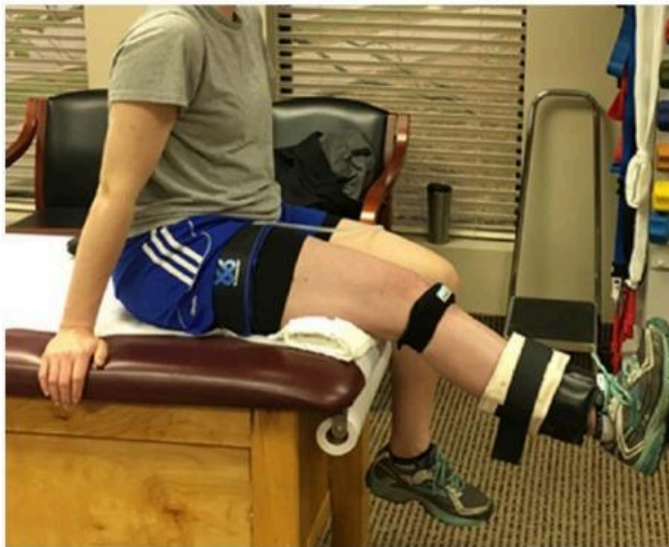


Figura 4. Imagen de la aplicación del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en un ejercicio de extensión de rodillas.⁽³¹⁾

IV. JUSTIFICACIÓN

Los pacientes con artrosis de rodilla se caracterizan por presentar deterioro a nivel del cartílago articular lo cual progresivamente lleva a una limitación de la funcionalidad con los síntomas de dolor, rigidez articular, debilidad y atrofia muscular. A partir de este contexto se debería planificar una rehabilitación en la cual se obtengan mejoras en las variables de fuerza y trofismo muscular sin generar mayor estrés articular. Debido a esta circunstancia, es de gran relevancia llevar a cabo una investigación sobre el entrenamiento con restricción con flujo sanguíneo en estos pacientes. Este podría ser utilizado como una terapia coadyuvante en la cual se realizan ejercicios a baja carga utilizando un manguito de presión neumática generando efectos similares a los ejercicios de alta carga en cuanto a la mejora de fuerza y trofismo muscular, con la diferencia de que este método de entrenamiento innovador generaría menor estrés mecánico y menor deterioro articular, ya que esta condición patológica impide a la articulación tolerar altas cargas de compresión.

De esta forma estos pacientes se beneficiarían en la mejora de la fuerza y trofismo muscular, que se correlaciona con un enlentecimiento del proceso degenerativo articular, mejoras en la funcionalidad y la sintomatología.

V. MATERIALES Y MÉTODOS

A. Estrategias de búsqueda:

Para alcanzar los objetivos propuestos se realizó una revisión bibliográfica a través de la cual se seleccionaron estudios de investigación sobre el tema a desarrollar. Estos fueron obtenidos de la base de datos biomédica PubMed, Portal Regional de la Biblioteca Virtual en Salud (Bireme) y PEDro.

Los artículos científicos encontrados fueron filtrados por año, siendo el período de publicación consultado comprendido entre los años 2013 y 2023, incluyendo aquellos en idioma español, inglés y portugués. Fueron incluidos ensayos controlados aleatorizados, estudios observacionales, metaanálisis y revisiones sistemáticas.

En primer lugar, se realizó la búsqueda de los términos DeCs y MeSh para las palabras claves, también se incluyó en la búsqueda términos libres que se asocien con el tema a desarrollar. En la siguiente tabla se expusieron las palabras claves con sus correspondientes términos DeCs, MeSh y términos libres, y las combinaciones que se realizaron con ellos.

B. Palabras clave:

Palabra clave	MeSh	DeCS	Término libre
Artrosis de rodilla	Osteoarthritis; Knee	Gonartrosis	
Entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo	Blood flow restriction therapy	Terapia con restricción de flujo sanguíneo	Blood flow restriction training; BFR; Vascular occlusion; occlusion training
Fuerza muscular	Muscle Strength	Fuerza muscular	
Hipertrofia muscular	Skeletal muscle enlargement	Crecimiento del músculo esquelético	Muscle CSA
Ejercicio físico	Physical exercise	Ejercicio físico	

C. Combinación de palabras claves:

- Búsqueda realizada en PubMed: ("osteoarthritis, knee"[MeSH Terms] OR "knee osteoarthritis"[All Fields] OR ("osteoarthritis, knee"[MeSH Terms] OR ("osteoarthritis"[All Fields] AND "knee"[All Fields]) OR "knee osteoarthritis"[All Fields] OR ("knee"[All Fields] AND "osteoarthritis"[All Fields])))

- Búsqueda realizada en PubMed: "Blood Flow Restriction Therapy"[All Fields] OR "Blood Flow Restriction Therapy"[All Fields] OR "Blood flow restriction training"[All Fields] OR "BFR"[All Fields] OR "Blood flow restriction"[All Fields] OR "vascular occlusion"[All Fields] OR "occlusion training"[All Fields]
- Búsqueda realizada en PubMed: (("osteoarthritis, knee"[MeSH Terms] OR "knee osteoarthritis"[All Fields] OR ("osteoarthritis, knee"[MeSH Terms] OR ("osteoarthritis"[All Fields] AND "knee"[All Fields]) OR "knee osteoarthritis"[All Fields] OR ("knee"[All Fields] AND "osteoarthritis"[All Fields]))) AND ("Blood Flow Restriction Therapy"[All Fields] OR "Blood Flow Restriction Therapy"[All Fields] OR "Blood flow restriction training"[All Fields] OR "BFR"[All Fields] OR "Blood flow restriction"[All Fields] OR "vascular occlusion"[All Fields] OR "occlusion training"[All Fields])) AND (Physical exercise[MeSH Terms])
- Búsqueda realizada en BVS: (blood flow restriction therapy) AND (knee osteoarthritis)
- Búsqueda realizada en PEDro: *osteoarthritis knee *muscle CSA *muscle strength

D. Criterios de selección:

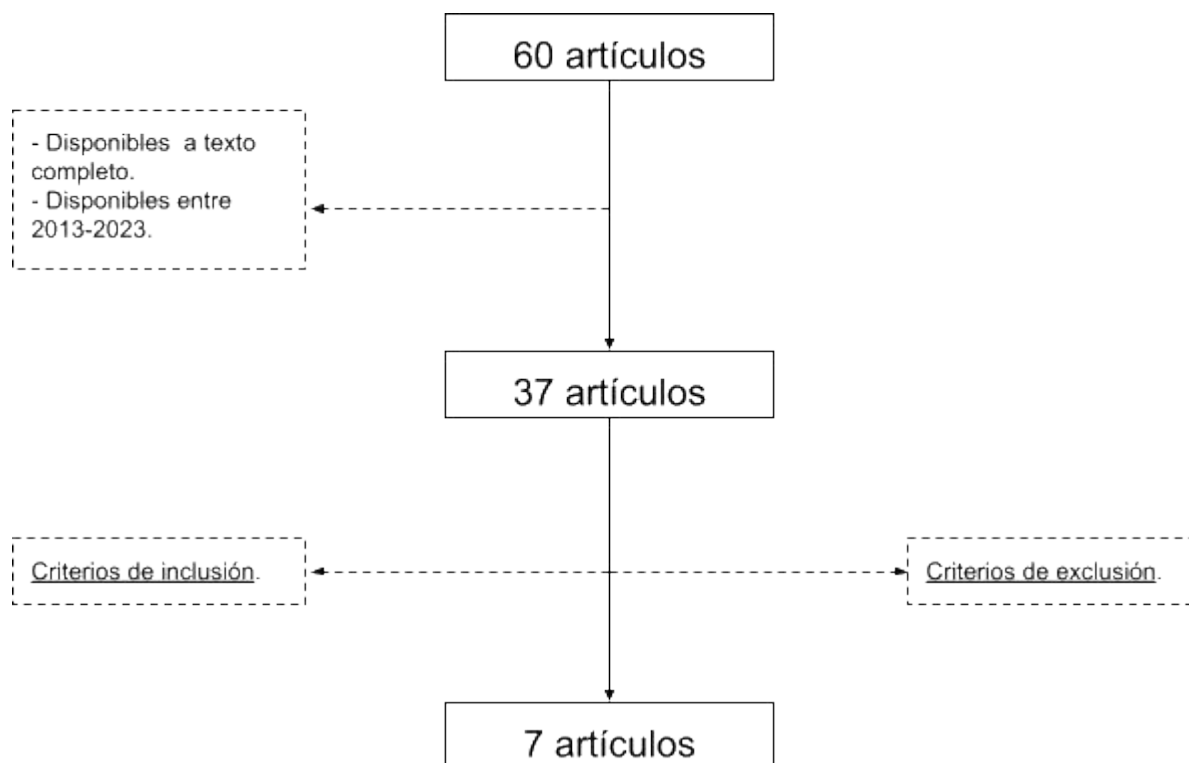
- Criterios de inclusión:
 - Ensayos controlados aleatorizados, estudios casos controles, metaanálisis y revisiones sistemáticas.
 - Personas diagnosticadas con artrosis de rodilla, cualquiera sea su tipo o clasificación respecto a la gravedad y diagnosticadas mediante estudios por imágenes.
 - Grupo etario mayor a 45 años.
 - Ambos géneros y sin restricción de raza.
 - Aplicación de Blood flow restriction en pacientes con artrosis de rodilla.
- Criterios de exclusión:
 - Estudios realizados en animales.
 - Estudios repetidos.
 - Estudio con aviso de retracción.

VI. RESULTADOS

En total fueron recuperados 60 artículos utilizando las combinaciones de palabras claves mencionadas anteriormente. De esos 60 artículos, 27 fueron obtenidos en la Biblioteca Virtual de Salud (BVS), 8 en PEDro y 25 en PubMed. Luego de haber utilizado los filtros de búsqueda (Estudio observacional, ensayos controlados aleatorizados, ensayos clínicos, metaanálisis, revisiones sistemáticas y fecha de publicación desde el 2013 al 2023) se obtuvieron 37 artículos.

De esos 37 artículos se incluyeron finalmente 7 para formar parte de este estudio de investigación. Los artículos restantes fueron descartados: 2 por aviso de retracción, 4 por estar repetidos y 24 por no abordar específicamente la temática del estudio de investigación.

A. Diagrama de flujo:



B. Cuadros comparativos:

En el siguiente apartado se han dividido por cuadros los artículos analizados. Cada cuadro muestra el enfoque de cada artículo con su objetivo, características de la muestra, variables, intervención y resultados.

Cuadros comparativos de ensayos clínicos aleatorizados y caso control.

Autor/es - Año	Título	Objetivo	Características de la muestra (n°)	Variables	Intervención	Resultados
- Ferraz, Rodrigo Blanco; Gualano,	Beneficios del entrenamiento de	Evaluar los efectos de un programa de	Se incluyeron 48 mujeres con OA de rodilla de entre 50 y	Se evaluó: La fuerza a partir de Test de 1RM de	Los pacientes se sometieron a un programa de 12	En la variable fuerza se observaron aumentos en el ejercicio de prensa de

<p>Bruno; Rodrigues Reynaldo ; Kurimori Ceci Obara;Fuller , Ricardo; Lima Fernanda Rodrigues; De Sá-pinto,Ana Lucia; Roschel, Hamilton. (2018)</p>	<p>resistencia con restricción de flujo sanguíneo en la osteoartritis de rodilla.</p>	<p>entrenamiento de resistencia de baja intensidad (LI-RT) asociado a restricción parcial del flujo sanguíneo en resultados clínicos seleccionados en pacientes con osteoartritis de rodilla (OA).</p>	<p>65 años.</p>	<p>miembros inferiores con los ejercicios de prensa de piernas y extensión de rodilla; el área de sección transversal (CSA) muscular del cuádriceps mediante tomografía computarizada; la funcionalidad mediante Times-Stands Test (TST-Test) y Timed Up and Go Test (TUG-Test); la calidad de vida autoinformada mediante la escala Western Ontario McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) (Anexo 1) y el Cuestionario de Salud Short Form-36 (SF-36) antes (PRE) y después de (POST) el</p>	<p>semanas de entrenamiento . Las sesiones de ejercicio se realizaron 2 veces por semana, el programa estuvo compuesto por ejercicios bilaterales de prensa de piernas y extensión de rodilla utilizando máquinas de entrenamiento de fuerza convencionales. Se permitió 1 minuto de descanso entre serie para todos los grupos y la carga de ejercicio se ajustó cada 4 semanas reevaluando la 1RM de los pacientes.</p>	<p>piernas y extensión de rodilla de 1RM, en grupo HI-RT y grupo BFRT . Grupo LI-RT en ejercicios de prensa de piernas de 1RM y extensión de rodilla de 1RM se mantuvieron inalteradas. En el CSA muscular hubo aumentos significativamente mayores en CSA en grupo HI-RT y grupo BFRT en comparación con grupo LI-RT . En las variables dolor y calidad de vida, la escala de WOMAC (Anexo 1) = (Grupo HI-RT, -39 %, ES = -1,23, P = 0,016; Grupo LI-RT, -42 %, ES = -0,79, P = 0,005; Grupo BFRT: -46%, ES = -1,3,P = 0,008). En el cuestionario SF-36= No hubo diferencias significativas entre los grupos.</p>
--	---	--	-----------------	---	---	--

				protocolo.		
- Rida Shakeel; Atif Ahmad Khan; Aisha Ayyub; Zahra Masood. (2021)	Impacto de los ejercicios de fortalecimiento con y sin restricción del flujo sanguíneo en el cuádriceps de pacientes con osteoartritis de rodilla	Determinar el efecto de la restricción del flujo sanguíneo con ejercicios de fortalecimiento en pacientes con osteoartritis de rodilla.	Se incluyeron 30 pacientes, 15 (50%) estaban en cada uno de los dos grupos. Había 20 (66,7%) mujeres y 10 (33,3%) hombres con una edad media general de $66,5 \pm 6,5$ años.	Se evaluó la CSA muscular con la ayuda de una cinta flexible en pulgadas midiendo la masa muscular del muslo, el dolor se evaluó mediante la escala visual analógica (VAS) (Anexo 2) y el dolor el Cuestionario de puntuación Kujala (para evaluar el índice de discapacidad de la articulación de la rodilla). Las evaluaciones y mediciones fueron realizadas por el terapeuta al inicio y al final de la intervención.	Los integrantes del grupo intervención recibieron ejercicios de fortalecimiento de cuádriceps, isquiotibiales y músculos de la pantorrilla con BFR, mientras que los participantes del grupo control recibieron ejercicios de fortalecimiento de cuádriceps, isquiotibiales y pantorrillas sin BFR. Ambos grupos realizaron los ejercicios durante 4 semanas con un total de 16 sesiones de entrenamiento (4 sesiones por semana). Durante cada sesión, los participantes realizaron un calentamiento de 5 minutos en una bicicleta estática seguido de	La evaluación del dolor arrojó una mejoría en ambos grupos. En cuanto al índice de discapacidad de la rodilla también hubo una mejora significativa en ambos grupos. En la evaluación de la circunferencia muscular sólo el grupo BFR mostró una mejora significativa.

					ejercicios de fortalecimiento en posición decúbito supino a velocidad moderada con 5 segundos de descanso entre cada contracción y un total de 3 series de 10 repeticiones.	
-Fernando Schorr Grossl; Marzo Edir Da Sila Grigolettos; Fátima Ferretti; Sedinei Lopes Copatti; Vanessa da Silva Corralo; Clodoaldo Antônio De Sá. (2023)	El uso de un único ejercicio de resistencia con o sin restricción del flujo sanguíneo en el tratamiento o del dolor en la osteoartritis de rodilla: un ensayo clínico aleatorizado.	El objetivo es analizar los efectos de 12 semanas de entrenamiento o de resistencia de baja intensidad con y sin restricción del flujo sanguíneo (BFR) sobre el control del dolor y la mejora de la fuerza en pacientes con KOA (osteoartritis de rodilla).	Se reclutaron 26 sujetos con osteoartritis de rodilla de edades entre 45 y 70 años. 10 hombres y 16 mujeres fueron asignados aleatoriamente a dos grupos experimentales : Grupo de ejercicio de resistencia de baja intensidad con restricción del flujo sanguíneo (LI+BFR donde incluyeron 13 participantes), y ejercicio de resistencia de baja intensidad sin restricción del flujo sanguíneo (LI donde incluyen 13	La evaluación de la fuerza muscular se realizó en pruebas de 1RM en el ejercicio de extensión de rodilla. Para evaluar la intensidad del dolor, se utilizó la escala visual analógica (VAS) (Anexo 2). La evaluación del torque máximo medio para la extensión unilateral de la articulación de la rodilla se realizó utilizando un dinamómetro isocinético. Para evaluar la fuerza	El protocolo consistió en realizar 2 sesiones semanales de ejercicio de extensión bilateral de la articulación de la rodilla en silla de extensión, durante 12 semanas. La carga utilizada fue equivalente al 30% de una 1RM.	En la evaluación del dolor no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los tratamientos en la reducción del dolor. En cuanto a la fuerza máxima no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos en las pruebas 1RM. Para la fuerza funcional no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre los tratamientos.

			participantes).	funcional de los miembros inferiores se utilizó el test de la silla (que consiste en levantarse de una silla sin reposabrazos , realizar una extensión completa de las articulaciones de la rodilla y la cadera (mantener el torso erguido y regresar a la posición inicial lo más posible. con la mayor frecuencia posible en 30 segundos).		
- Waleed S. Mahmoud; Ahmed Osailan; Ahmed S; Ahmed; Ragab K. Elnaggar; Nadia L. Radwan. (2021)	Parámetros óptimos de restricción del flujo sanguíneo y entrenamiento de resistencia sobre la fuerza y el área transversal del cuádriceps y el dolor en la	El estudio comparó los efectos de dos intensidades de restricción parcial del flujo sanguíneo (BFR) con entrenamiento de resistencia de baja intensidad sobre la fuerza del	Se incluyeron 35 pacientes masculinos ambulatorios con edades comprendidas entre 50 y 65 años con OA sintomática. (18 pacientes en el grupo A y 17 pacientes en el grupo B).	Las variables fueron el CSA muscular en cm, mediante ecografía Doppler, fuerza del cuádriceps en Nm y el dolor en la escala visual analógica (VAS) (Anexo 2). La evaluación se realizó al inicio de la intervención y	Los pacientes del grupo A recibieron BFR parcial (50 % de la presión de oclusión total), mientras que a los pacientes del grupo B se les administró BFR parcial (70 % de la presión de oclusión total). La mitad de los pacientes	Los resultados del CSA muscular del cuádriceps establecieron que usar el 70% de la presión de oclusión total con el 30% de 1RM tuvo un efecto más significativo. Los resultados en la fuerza del cuádriceps demostraron que usar el 70% de la presión de oclusión total con el 30% de 1RM tuvo un efecto más significativo. En cuanto al dolor,

	osteoartritis de rodilla.	cuádriceps y el área transversal (CSA) y el dolor en personas con osteoartritis de rodilla.		se reevaluar a las ocho semanas de la intervención.	de cada grupo se sometió a uno de los entrenamientos de resistencia de baja intensidad (10% de 1RM y 30% de 1RM), y la segunda mitad entrenó con la otra intensidad. Los pacientes realizaron el ejercicio de prensa de piernas en una máquina de prensa horizontal, con una frecuencia de 3 sesiones por semana, durante 8 semanas.	los resultados establecieron que mejoró más al 70% de la presión de oclusión total, con el 30% de 1RM que 50% de presión de oclusión total con 10% de 1RM.
--	---------------------------	---	--	---	--	--

Cuadros comparativos de revisión sistemática y metaanálisis.

Autor/es - Año	Título	Objetivo	Características de la muestra (n°)	Variables	Intervención	Resultados
- Sue Barber;	Entrenamiento	Determinar si BFRT	El BFRT se utilizó en 165	La fuerza muscular se	La mayoría de los estudios	En la variable fuerza los estudio de Segal

<p>Fran R. Noyes (2018)</p>	<p>restringido del flujo sanguíneo para la debilidad muscular de las extremidades inferiores debido a la patología de la rodilla: una revisión sistemática.</p>	<p>mejora la fuerza muscular y el área de la sección transversal (CSA) para la atrofia crónica de las extremidades inferiores relacionada con la patología de rodilla y si previene la atrofia muscular después de la cirugía de rodilla.</p>	<p>pacientes (93 mujeres, 72 hombres) cuya edad media era de 42,2 años. Había 170 participantes de grupo control (100 mujeres, 70 hombres) cuya edad media era de 40,6 años.</p>	<p>evaluó con Test de 1RM y se realizaron ejercicios de prensa de piernas y extensión de rodilla, también se tuvieron en cuenta valores de presión de piernas. Para la evaluación del CSA muscular se utilizaron imágenes de tomografía computarizada.</p>	<p>realizaron 2 o 3 sesiones por semana integrados por ejercicios como prensa de piernas, extensión de rodilla, prensa inversa. En los estudios de Segal (2015a y 2015b) se realizaron durante 4 semanas, en el estudio de Bryk (2016) durante 6 semanas y en el de Ferraz (2018) durante 12 semanas. El grupo BFRT realizó los ejercicios en una intensidad del 30% de 1RM y el grupo control con promedio entre 70-80% de 1RM.</p>	<p>determinaron que no hubo una diferencia entre hombres con osteoartritis de rodilla, pero las mujeres del grupo BFRT tuvieron un mayor aumento en comparación con el grupo control. El estudio de Ferraz determinó cambios en 1RM en los valores de presión de piernas y extensión de rodilla entre el grupo BFRT y 2 grupos de control (HR y LR). El grupo HR tuvo mejoras significativas similares al grupo BRFT. Sin embargo, el grupo LR no logró mejoras significativas. En la CSA muscular Segal detectó aumentos insignificantes en el volumen del cuádriceps tanto en el grupo BFRT como en los grupos de control. Ferraz informó aumentos significativos en la CSA en el grupo BRFT como en el grupo de control HR, pero no hubo cambios en el grupo LR.</p>
<p>- Cristina Bobes Alvarez, Paloma</p>	<p>Comparación del entrenamiento de</p>	<p>Revisar sistemáticamente una comparación</p>	<p>Participaron 364 pacientes, 214 mujeres y 146 hombres.</p>	<p>La fuerza muscular se evaluó mediante la</p>	<p>La intervención se basó en aplicar BFR</p>	<p>En el estudio de Ferraz se observó un aumento significativo en la fuerza en el</p>

<p>Issa-Khozou z Santamaria, Ruben Fernandez-Marias, Daniel Pecos-Martín, Alexander Achalandabaso- Ochoa, Samuel Fernandez-Carnero, Antonio Martinez-Amat y Tomas Gallego-Izquierdo. (2020)</p>	<p>restricción de flujo sanguíneo versus el entrenamiento no oclusivo en pacientes con reconstrucción de ligamento cruzado anterior u osteoartritis de rodilla: una revisión sistemática.</p>	<p>sobre la fuerza muscular, el área de sección transversal muscular (CSA), la función y el dolor, entre el entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo versus el entrenamiento no oclusivo.</p>	<p>En total, 166 pacientes recibieron una intervención con BFR y 198 sin BFR. Se estudió en 204 personas con OA de rodilla y 160 personas con reconstrucción de ligamento cruzado anterior.</p>	<p>medición de la fuerza extensora isocinética (Harper 2019), fuerza isocinética en ejercicio de prensa bilateral (kg/kg) y máxima fuerza extensora isocinética (Nm/kg) (Segal 2015), contracción isométrica voluntaria máxima (Bryk 2016), y la prueba 1RM en ejercicios de prensa de piernas y extensión de rodilla (Ferraz 2018). Por otro lado, el CSA muscular del cuádriceps se examinó mediante tomografía computarizada y resonancia magnética. El dolor se evaluó con la escala Western Ontario y McMaster</p>	<p>en la zona proximal del muslo mientras se realizaban ejercicios como extensión de pierna, flexión de pierna y prensa de piernas, de carga alta, media o baja. Las intervenciones en los grupos control realizaron los mismos ejercicios pero sin BFR. Grupo BFRT utilizó una intensidad de 20-30% de 1RM y grupo control con promedio entre 70-80% de 1RM.</p>	<p>grupo BFR y en el grupo control de carga alta (HR), en comparación con el control de carga baja (LR). En el estudio de Segal realizado en mujeres, la fuerza aumentó significativamente en el grupo BFR en comparación con el grupo control, y la fuerza isocinética mejoró en el grupo BFRT en comparación al grupo control también. En el estudio Segal realizado en hombres, no hubo diferencias significativas entre los grupos. En el estudio de Bryk se encontró una mejoría en la fuerza del grupo BFRT comparado con el control, pero esta diferencia no fue significativa entre los grupos. Harper en su estudio encontró una mejoría en el grupo control en comparación del BFRT. El estudio Ferraz en la medición del CSA muscular mostró aumentos significativos en el grupo BFRT y el grupo control de carga alta (HR), pero no hubo mejora en el grupo control de baja</p>
---	---	---	---	---	---	---

				<p>Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) (Anexo 1), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) y Escala de Calificación Numérica del Dolor (NPRS) (Anexo 3). La calidad de vida y funcionalidad se evaluó mediante el cuestionario de salud Short Form-36 (SF-36), el cuestionario de Lequesne, el Late Life Function and Disability Instrument (LLFDI) y el Short Physical Performance Battery (SPPB) y la prueba de funcionalidad Timed Up and Go (TUG Test).</p>		<p>carga (LR). Para la evaluación del dolor Ferraz utilizó la escala Western Ontario y McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC) (Anexo 1) y el dolor disminuyó en el grupo de baja carga (LR) y en grupo BFRT pero no en el grupo de carga alta (HR). Segal utilizó la escala Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) en mujeres no hubo empeoramiento de dolor en ningún grupo; en hombres no hubo diferencia significativa entre los grupos. Bryk utilizó la Escala de Calificación Numérica del Dolor (NPRS) (Anexo 3) y obtuvo una leve mejoría en el grupo BFRT. Harper utilizó la escala WOMAC (Anexo 1) y el dolor disminuyó en el grupo control comparado al grupo BFRT. En cuanto a la función y calidad de vida los estudios analizados mostraron mejoras dentro del grupo BFRT y el grupo control, pero en la mayoría de los casos, esta mejora no fue significativa entre los</p>
--	--	--	--	--	--	---

						grupos.
- Brayden Grantham, Vasileios Korakabis, Kieran O' Sullivan (2021)	¿El entrenamiento de restricción del flujo sanguíneo mejora los resultados clínicos en la osteoartritis de rodilla: una revisión sistemática y un metanálisis?	Revisar sistemáticamente la eficacia del entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo en personas con OA de rodilla.	Se incluyeron 199 participantes: 147 mujeres y 52 hombres, con una edad media de 60,3 años.	Para la evaluación de la fuerza se utilizó la prueba de fuerza muscular en ejercicios de prensa de pierna y extensión de rodilla, dinamometría manual isométrica, dinamometría isocinética y fuerza isocinética. La CSA muscular del cuádriceps se calculó mediante tomografía computarizada e imágenes por resonancia magnética. La función física objetiva se evaluó mediante el Timed Up and Go Test (TUG Test), cuestionario Lequesne, escala Western Ontario and McMaster Universities	Los estudios que se utilizaron para esta investigación realizaron 2 o 3 sesiones de ejercicio a la semana con una variabilidad de 4 a 12 semanas de extensión de protocolo de entrenamiento. Ambos grupos tanto BFRT como grupo control realizaron ejercicios similares como ejercicios prensa de piernas, extensión de rodilla, prensa inversa. El grupo BFRT realizó los ejercicios en una intensidad del 20-30% de 1RM y el grupo control con promedio entre 70-80% de 1RM.	En la evaluación de la fuerza muscular tres de los cinco (Bryk, Ferraz, Segal) no informaron ganancias de fuerza entre el grupo BFRT y grupo RT convencional. El estudio de Segal en mujeres indicó mayores ganancias de fuerzas en grupo BFRT, mientras que el estudio de Harper sugirió ganancias inferiores con el grupo BFRT. En cuanto a la hipertrofia muscular, sólo un estudio informó diferencias significativas dentro del grupo en HI-RT y en el grupo BFRT, pero no en el grupo LI-RT. No hay diferencia en la reducción de dolor entre grupo BFRT y grupo LI-RT o HI. También se informó que no hay diferencias en la discapacidad funcional entre grupo BFRT y grupo HI-RT, y tampoco entre BFRT y LI-RT. No hay diferencia en las pruebas funcionales entre grupo LI-RT, BFRT y HI-RT y tampoco entre LI-BFRT y LI-RT.

				<p>Osteoarthritis Index (WOMAC)</p> <p>(Anexo 1). El dolor se evaluó con la Escala de Calificación Numérica del Dolor (NPRS)</p> <p>(Anexo 3), la escala visual analógica (VAS) (Anexo 2), la escala de Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS).</p>	
--	--	--	--	--	--

C. Análisis de resultados:

Posterior al análisis de resultados de los 7 artículos seleccionados, debemos mencionar que todos los autores evaluaron la fuerza muscular, menos Fernando Schorr Grossl y cols.⁽³⁹⁾. La fuerza muscular se evaluó mediante pruebas de 1-RM en 5 artículos: Grantham y cols.⁽²⁵⁾; Beber y cols.⁽³¹⁾; Alvarez y cols.⁽³⁷⁾; Schorr Grossl y cols.⁽³⁹⁾; Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾. Además en otros 5 artículos también se realizó la evaluación de la fuerza mediante pruebas de fuerza isocinética: Grantham y cols.⁽²⁵⁾; Beber y cols.⁽³¹⁾; Alvarez y cols.⁽³⁷⁾; Schorr Grossl y cols.⁽³⁹⁾; Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾ y mediante pruebas de fuerza isométrica en 3 artículos: Grantham y cols.⁽²⁵⁾; Beber y cols.⁽³¹⁾; Alvarez y cols.⁽³⁷⁾.

Por otro lado, la hipertrofia muscular se evaluó en 6 artículos, ya sea mediante tomografía computarizada: Grantham y cols.⁽²⁵⁾; Ferraz⁽³⁶⁾; Beber y cols.⁽³¹⁾; Alvarez y cols.⁽³⁷⁾.

Mediante resonancia magnética: Grantham y cols⁽²⁵⁾; Alvarez y cols⁽³⁷⁾, cinta flexible en pulgadas⁽³⁸⁾ y ecografía Doppler.⁽⁴⁰⁾

Fuerza muscular

El tercer y el quinto objetivo específico serán descritos en el siguiente apartado.

De los estudios incluidos, Ferraz⁽³⁶⁾ realizó la evaluación de la fuerza de extremidades inferiores basada en 1RM% previo y posterior al entrenamiento en un plazo de 12 semanas.(Fig- 5;6). Se determinaron cambios en los valores de prensa de piernas y extensión de rodillas bilaterales entre el grupo BFRT y 2 grupos control. La 1º semana el grupo HR (alta resistencia) realizó 4 series de 10 repeticiones, el grupo LR (baja resistencia) y BFRT realizaron 4 series de 15 repeticiones. A partir de la 2º semana comenzó a aumentar la intensidad del entrenamiento (% de RM). A partir de la 5º semana todos los grupos aumentaron el número a 5 series. Los pacientes del grupo control HR que realizaron ejercicios al 80% de 1RM tuvieron mejoras significativas similares a los valores del grupo BFRT, que realizaron ejercicios al 30% de 1RM + BFR, y los pacientes del grupo control LR que realizaron ejercicios al 30% de 1RM no lograron mejorar significativamente los índices de fuerza. El grupo BFRT obtuvo una mejoría del 26% en la prensa de piernas y una mejoría del 23% en el ejercicio de extensión de rodillas, el grupo HR obtuvo un porcentaje del 33% en la prensa de piernas y un 22% en la extensión de rodillas, y por último el grupo LR obtuvo un puntaje de 8% en prensa de piernas y 7% en la extensión de rodillas. Es necesario aclarar que el grupo BFRT utilizó el 70% de la presión de oclusión arterial media (97,4 mm Hg) el cual se infló durante los periodos de entrenamiento y descanso.

En los artículos realizados por Sau Beber y cols⁽³¹⁾; Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾, se analizaron dos estudios del autor Segal, en el cual también se evaluaron los cambios en 1RM kg. (Fig- 6). Segal comparó el valor de fuerza en ejercicio de prensa de piernas previo al entrenamiento con el valor obtenido posterior al entrenamiento, al finalizar la investigación a las 4 semanas. Ambos estudios realizaron 3 sesiones por semana, con la ejecución de 4 series de 15 repeticiones por ejercicio. (Fig-5). En ambos estudios el grupo de intervención realizó ejercicios al 30% de 1RM + BFR utilizando una presión de oclusión entre 160-200 mm Hg, inflando el manguito de presión 5 minutos durante el ejercicio y desinflando el mismo con 1,5 minutos de descanso entre series, y el grupo control realizó ejercicios al 30% de 1RM. El estudio de Segal que se realizó en hombres, el valor que se registró en el grupo BFRT (11.3 kg ± 14.0 kg) no tuvo

una mejoría (3.1%) por sobre el grupo control (13.5 kg \pm 16.8 kg) - (4.7%) en el ejercicio de prensa de piernas 1RM kg. En el estudio de Segal que se realizó en mujeres el grupo BFRT (28.3 kg \pm 4.8 kg) demostró un aumento mayor en comparación con el grupo control (15.6 kg \pm 4.5 kg) en la prensa de piernas 1RM kg.

Fernando Schorr Grossl y cols.⁽³⁹⁾ en su estudio evaluaron la fuerza muscular utilizando la prueba de 1RM, con el ejercicio de extensión bilateral de rodilla en silla de extensión durante 12 semanas de tratamiento con una frecuencia de 2 sesiones semanales. (Fig.5;6). Las 2 primeras sesiones se realizó 1 serie de 15 repeticiones, en las 2 sesiones posteriores aumentó a 2 series de 15 repeticiones y a partir de la 5^o sesión realizaron 3 series de 15 repeticiones hasta el final de la intervención. Se comparó el grupo LI+BFR que utilizó el 30% de 1RM más el BFR con una presión utilizada en los torniquetes que correspondió al 70% de la presión de oclusión completa de la arteria tibial posterior medida por Doppler Vascular y el grupo LI utilizó el mismo protocolo (30% de 1RM). En cuanto a la fuerza muscular no se encontró diferencia estadísticamente significativa entre las pruebas 1RM, con el grupo LI+BFR (1.00%) y grupo LI (1.12%).

Por otra parte, otros estudios también analizaron la ganancia de fuerza muscular con el entrenamiento de restricción de flujo sanguíneo en pacientes con OA de rodilla a partir de la evaluación de fuerza isocinética e isométrica. En los artículos mencionados anteriormente de Sau Beber y cols⁽³¹⁾; Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾; que analizaron los resultados del autor Segal, el cual también realizó el análisis de la fuerza muscular del cuádriceps iso-cinéticamente medida a 60 grado/s N·m/kg y se analizaron también los resultados del autor Bryk que realizó la medición de fuerza de forma isométrica. (Fig.6).

El estudio de Segal realizado en hombres registró al finalizar el entrenamiento en el grupo BFRT (-0.1 \pm 3.3 N·m/kg) el cual no tuvo una mejoría (0.4%) por sobre el grupo control (7.0 \pm 3.0 N·m/kg) - (6.7%). El estudio de Segal realizado en mujeres, se registró en el grupo BFRT (0.07 \pm 0.03) el cual tuvo una diferencia no estadísticamente significativa por sobre el grupo control (-0.05 \pm 0.03).

El estudio de Bryk midió la fuerza del cuádriceps isométricamente, utilizando la medida kg de fuerza isométrica/kg de peso corporal mediante un dinamómetro portátil, donde el grupo BFRT entrenó al 30% de 1-RM que utilizó una presión de 200 mm Hg durante los ejercicios de cuádriceps, previo al entrenamiento registró (23.2 \pm 8.4) y posterior al entrenamiento registró (40.0 \pm 0.2) donde hubo una mejora (17%). El grupo control que entreno al 70% de 1 RM, previo al entrenamiento registró (24.1 \pm 10.1) y posterior al entrenamiento registró (33.5 \pm 12.9) donde hubo una mejora del (9%). Aunque no hubo diferencias significativas entre los grupos, tanto el grupo BFRT como el grupo control,

ambos tuvieron mejoras significativas. Este estudio tuvo la duración de 6 semanas con la frecuencia de 3 sesiones de entrenamiento por semana. (Fig.5).

Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾ en su investigación , también incluyeron al estudio que realizó Harper donde se evaluó la fuerza utilizando dinamometría isocinética (N.m.) en ejercicios de prensa de piernas, extensión de piernas, flexión de pantorrillas y flexión de piernas, en un plazo de 12 semanas de tratamiento con la frecuencia de 3 sesiones por semana, con series de repeticiones al fallo muscular. (Fig.5;6). Se comparó el grupo BFRT que utilizó el valor de fuerza 20% de 1RM, en el cual la presión del manguito se individualizó para cada participante y el grupo control utilizó el valor de fuerza de 60% de 1RM (carga moderada). Después de 12 semanas de tratamiento, la fuerza aumentó en el grupo control por sobre el grupo BFRT (-10.96 ± 7.23) - (-1.87 %).

Waleed S. Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾ evaluaron la fuerza muscular utilizando dinamómetro isocinético (N.m.) (Fig.6). Previo a la realización de los ejercicios se midió 1RM en cada paciente para poder dosificar las cargas de ejecución. Los pacientes del grupo A recibieron BFR parcial (50 % de la presión de oclusión total), mientras que a los pacientes del grupo B se les administró BFR parcial (70 % de la presión de oclusión total). Realizaron ejercicios de prensa de piernas en máquina de prensa horizontal, 3 sesiones por semana durante 8 semanas.(Fig.5). Un grupo completó un total de 4 series de 15 repeticiones durante 4 semanas, con una carga correspondiente al 10% de 1RM y luego aumentaron a 30 repeticiones durante las otras cuatro semanas. El otro grupo realizó 4 series de 15 repeticiones al 30% de 1RM en las primeras 4 semanas de entrenamiento y luego para las otras 4 semanas subieron a 30 repeticiones por serie. Los resultados establecen que hubo una mejora significativa en la fuerza del cuádriceps en el grupo B, a partir de la utilización del BFR con el 70% de la oclusión vascular total, con la carga del 30% de 1RM (169.37.46 ± 4.11), en comparación con el grupo A que utilizó el 10% de 1RM (127.98 ± 6.83).

Hipertrofia muscular

En relación al cuarto y quinto objetivo específico serán descritos en el siguiente apartado.

Ferraz⁽³⁶⁾ realizó una medición del área de sección transversal (CSA) del músculo cuádriceps mediante tomografía computarizada a las 12 semanas de entrenamiento. (Fig.7). Los resultados mostraron aumentos significativos en el grupo BFRT (+7%) y en el grupo control HR (+8%), pero no hubo mejora significativa en el grupo control LR (+2%).

Por otro lado, Sau Barber y cols⁽³¹⁾; junto con Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾; analizaron los resultados del estudio de Segal, el cual realizó una medición del CSA muscular del

cuádriceps mediante imágenes por resonancia magnética a las 4 semanas de entrenamiento demostrando aumentos no estadísticamente significativos en el estudio realizado en mujeres, tanto del grupo BFRT (1.3%) como en el grupo control (0.01%). (Fig.7).

En el estudio de Rida Shakeel y cols.⁽³⁸⁾ se evaluó el CSA muscular utilizando una cinta flexible en pulgadas.(Fig.7). Ambos grupos se sometieron a un programa de entrenamiento de 4 semanas con una frecuencia de 4 sesiones por semana. (Fig.5).Durante cada sesión cada participante realizó un calentamiento de 5 minutos en bicicleta estática seguido de ejercicios de fortalecimiento con un total de 3 series de 10 repeticiones por sesión. En los resultados de esta investigación se confirmó que sólo el grupo BFR mostró una mejora significativa (0.33 ± 0.48) por sobre el grupo control (0.06 ± 0.25).

El estudio de Waleed S. Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾ evaluaron la CSA muscular en cm² mediante Ecografía Doppler. (Fig.7). Los resultados establecen que el grupo BFR que utilizó el 70% de presión de oclusión completa con el 30% de 1RM aumentó significativamente el CSA muscular (77.37 ± 5.06 cm²) sobre el grupo BFR que utilizó 10% de 1RM (67.96 ± 2.9 cm²).

En la siguiente Tabla, podemos observar el porcentaje de intensidad que utilizó cada autor para llevar a cabo los ejercicios en los distintos grupos estudiados.

Autores	Grupo BFR	Grupo Control
Ferraz	30% 1-RM	80% 1-RM 30% 1-RM
Segal	30% 1-RM	30% 1-RM
Schoor	30% 1-RM	30% 1-RM
Bryk	30% 1-RM	70% 1-RM
Harper	20% 1-RM	60% 1-RM
Mahmoud	30% 1-RM 10% 1-RM	-

Shakeel	No especifica	No especifica
---------	---------------	---------------

Tabla 1. Porcentaje de intensidad de 1-RM utilizados para realizar los ejercicios.

D. Gráficos

Dosificación

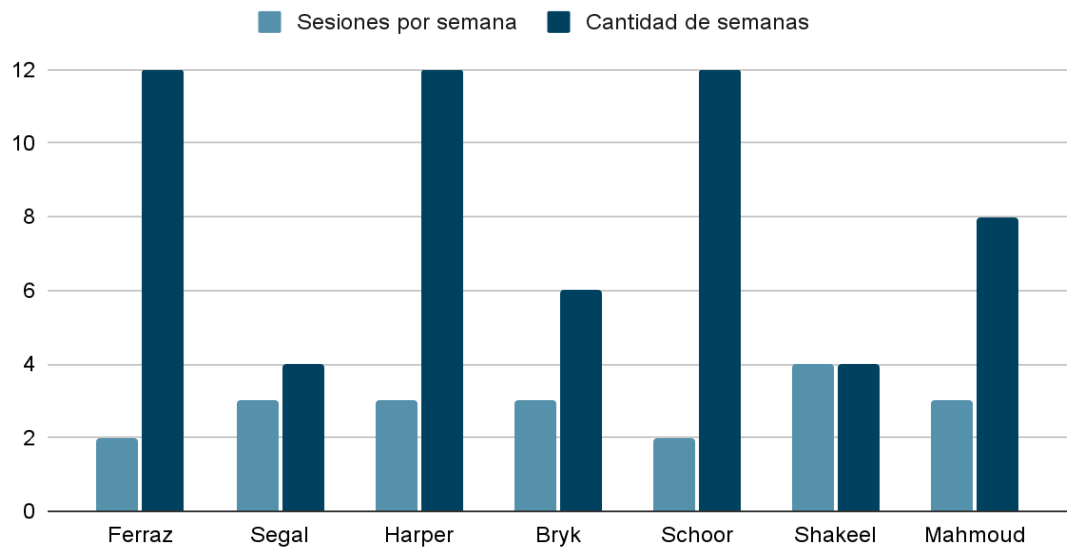


Figura 5. Dosificación de sesiones por semana y duración en semanas del tratamiento según los autores.

Formas de evaluar la fuerza muscular

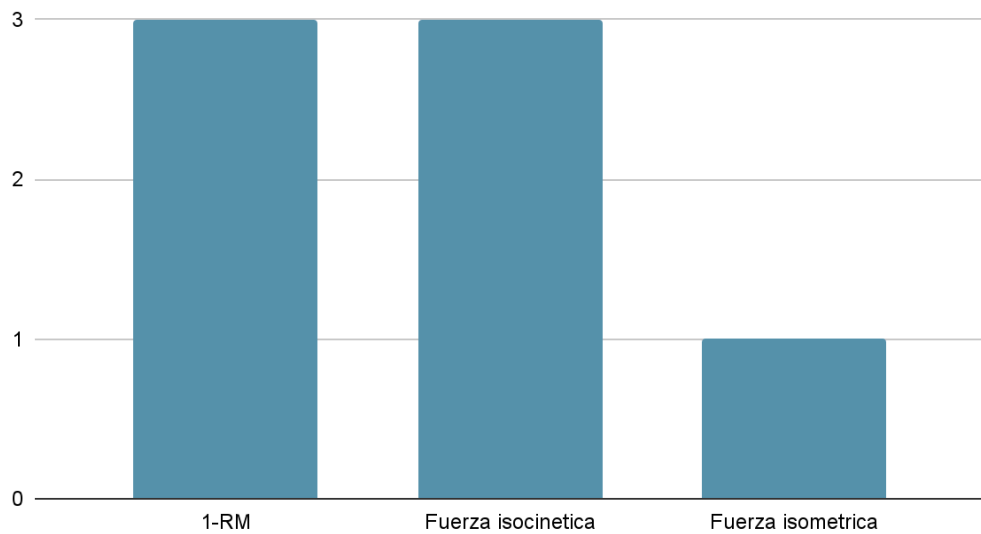


Figura 6. Evaluaciones de la fuerza muscular.

De los 7 autores, Ferraz, Segal y Schorr utilizaron pruebas de 1-RM. Segal, Harper y Mahmoud utilizaron la fuerza isocinética, y Bryk la fuerza isométrica.

Formas de evaluar el Área de Sección Transversal Muscular

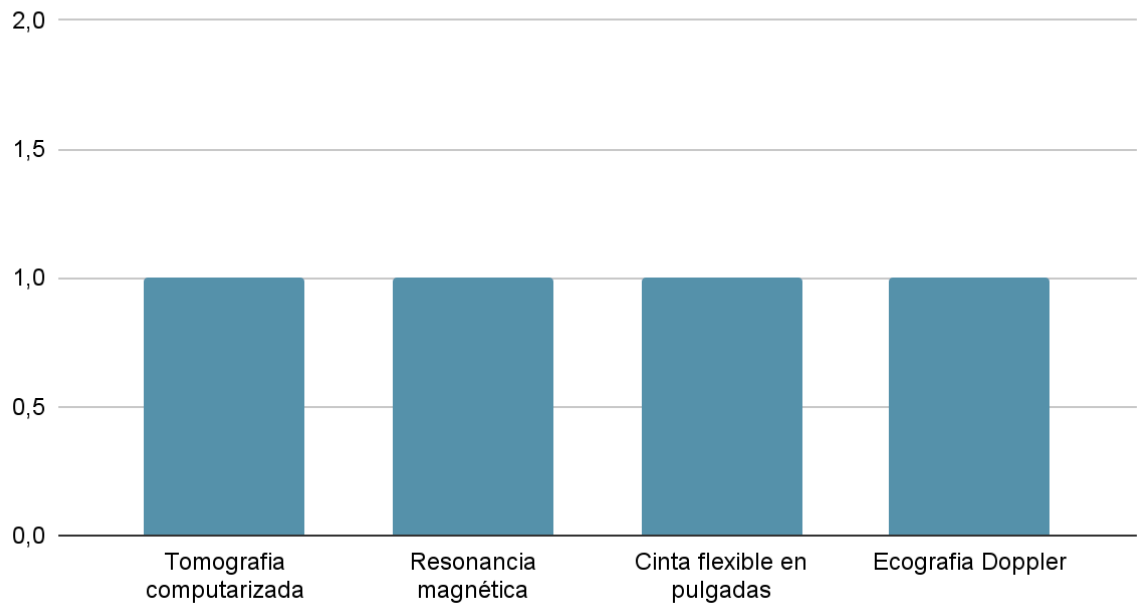


Figura 7. Evaluaciones de la Hipertrofia muscular.

Ferraz utilizó la tomografía computarizada; Segal resonancia magnética; Shakeel cinta flexible en pulgadas; y Mahmoud ecografía Doppler.

VII. DISCUSIÓN

El actual trabajo de investigación tuvo como objetivo general analizar, a través de una revisión bibliográfica, los efectos de la utilización del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo en el desarrollo de la fuerza e hipertrofia muscular en pacientes con artrosis de rodilla. Con este objetivo se encontraron 7 artículos, dentro de los cuales incluimos: Ferraz y cols⁽³⁶⁾; Sau Beber y cols⁽³¹⁾; Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾; Rida Shakeel y cols⁽³⁸⁾; Fernando Schorr Grossl y cols⁽³⁹⁾ y Waleed S. Mahmoud y cols⁽⁴⁰⁾.

En relación al tercer específico, el cual reside en analizar los resultados sobre la ganancia de fuerza en pruebas de 1RM, los investigadores Alvarez⁽³⁷⁾, Barber⁽³¹⁾ y Grantham⁽²⁵⁾ analizaron los estudios de Segal. También Ferraz⁽³⁶⁾ y Schorr⁽³⁹⁾ sacaron conclusiones sobre este objetivo.

Ferraz⁽³⁶⁾, encontró mejoras significativas a las 12 semanas de entrenamiento a nivel de la fuerza muscular, tanto en el grupo de pacientes que realizó entrenamiento con BFR y el grupo HI-RT (entrenamiento de resistencia de alta intensidad), pero no encontró mejoras significativas en el grupo LI-RT (entrenamiento de resistencia de baja intensidad). Es necesario aclarar que la puntuación de la escala WOMAC, luego de la realización de los ejercicios se redujo significativamente el dolor en LI-RT y BFRT, pero no en HI-RT. Además 4 pacientes del grupo HI-RT fueron excluidos del seguimiento debido al dolor de rodilla inducido por el ejercicio. Por lo tanto el entrenamiento de resistencia de alta intensidad produjo ganancias de fuerza similares al grupo BFRT, pero a expensas de un mayor porcentaje de dolor en los pacientes. Una limitación de este estudio es que sólo fue realizado en mujeres por tener más prevalencia de OA de rodilla en comparación a los hombres, por lo cual los resultados no se pueden extrapolar a toda la sociedad.

Por otra parte, en el estudio de Segal que se realizó en hombres no se encontraron diferencias significativas entre el grupo que utilizó BFR y el grupo LI-RT. En cambio, el estudio de Segal realizado en mujeres, si encontró una mejoría en el grupo BFR, en comparación al grupo control de entrenamiento de resistencia de baja intensidad (LI-RT). Este estudio posee algunas limitaciones, ya que la evaluación se realizó tanto en mujeres y hombres con diagnóstico de OA de rodilla radiografica sin síntomas, como en personas con factores de riesgo para el desarrollo de la OA, sin discriminar los resultados en las distintas poblaciones. Además la evaluación se realizó en un plazo de 4 semanas de duración y también el resultado podría estar afectado por el nivel de actividad física previa que presentaban los pacientes, ya que un mayor acondicionamiento muscular previo a la evaluación podría influir en las ganancias de fuerza.

Schoor⁽³⁹⁾ en su investigación no encontró diferencias significativas en el aumento de la fuerza muscular entre el grupo BFR y el grupo LI-RT (entrenamiento de resistencia de baja intensidad), es necesario aclarar que los pacientes sólo realizaron una frecuencia de entrenamiento de 2 estímulos semanales y un solo ejercicio de fortalecimiento que fue la extensión bilateral de rodillas en silla de extensión, lo que podría haber afectado las ganancias de fuerza muscular. Otra limitación que tuvo el estudio es que la muestra en la cual se llevó a cabo la investigación fue muy pequeña (n=26).

En los artículos anteriormente mencionados de Sau Beber y cols⁽³¹⁾; Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾; se analizaron los resultados de la evaluación de los autores Segal y Bryk. Además por su parte Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾ analizaron también los resultados del autor Harper. Estos autores utilizaron distintas variables de medición de la fuerza muscular, diferentes a las pruebas 1-RM.

Segal realizó la evaluación de la fuerza muscular isocinética mediante un dinamómetro. Los resultados en el estudio realizado en hombres arrojaron que no existió una diferencia estadísticamente significativa entre el grupo BFR y el grupo control, y en el estudio realizado en mujeres hubo una diferencia no estadísticamente significativa del grupo BFR sobre el grupo control. Como mencionamos anteriormente el plazo de entrenamiento para la posterior evaluación fue sólo de 4 semanas. Un seguimiento más largo podría ser más favorable para evidenciar los resultados del grupo BFR sobre la fuerza en pacientes con OA de rodilla. También otra limitación del estudio es que se realizó en personas con OA radiográfica de rodilla y en personas con factores de riesgo para el desarrollo de esta patología. Tampoco se evaluó el nivel de actividad física de los pacientes pre y post evaluación, por lo tanto este resultado podría estar afectado por la actividad física previa realizada por los pacientes, ya que un acondicionamiento muscular mayor podría influir en las ganancias de fuerza.

Bryk, no encontró diferencias significativas en las ganancias de la fuerza muscular entre el grupo BFR y el grupo control (sin BFR) que entrenó al 70% de 1-RM, aunque es necesario aclarar que los pacientes del grupo BFR experimentaron una disminución del dolor en la Escala de Calificación Numérica del Dolor (NPRS) en comparación al grupo control al realizar los ejercicios. Por lo tanto el grupo control mejoró la fuerza muscular pero a expensas de un mayor dolor. Este estudio tiene limitaciones como la falta de seguimiento a largo plazo, un número pequeño de pacientes, así como la falta de otras variables como diferentes presiones del manguito durante el ejercicio.

Harper, por su parte, encontró mejoras significativas a nivel de la fuerza muscular en el grupo control de carga moderada que entrenó al 60% de 1RM en comparación al grupo BFR. Esto pudo haberse debido a la baja carga que realizó los ejercicios el grupo BFR, el

cual entrenó a una intensidad del 20% de 1-RM, y no al 30% de 1-RM como sí lo hicieron en el resto de los estudios. Además, 14 pacientes experimentaron efectos adversos relacionados con el dolor de rodilla, de los cuales, solo 3 pacientes eran participantes del grupo BFR y 11 formaban parte del grupo MIRT. El estudio tiene algunas limitaciones como la cantidad de participantes (n=35).

Por último el estudio de Waleed S. Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾ concluyeron que el grupo que realizó entrenamiento con BFR al 70% de la oclusión vascular completa con una intensidad del 30% de 1-RM, obtuvo un porcentaje de mayor ganancia a nivel de la fuerza muscular comparado con el grupo que entrenó al 50% de la oclusión vascular con una intensidad del 10% de 1-RM. Por lo tanto, una oclusión vascular y una intensidad de entrenamiento mayor incrementaron las ganancias de fuerza muscular en personas con OA de rodilla. Una de las limitaciones que tuvo este estudio es que no se realizó una comparación con un grupo de pacientes que no haya utilizado la aplicación de BFR, por lo que no nos permite establecer una comparación y brindar información sobre si el BFR es más beneficioso a nivel de ganancia de fuerza que el entrenamiento convencional. Además, el número de personas en el cual se realizó el tratamiento fue pequeño (n=35).

En cuanto al objetivo específico número cuatro, el cual consiste en analizar los resultados sobre el tamaño muscular, a través de la medición del CSA, fue analizado por 5 artículos Ferraz⁽³⁶⁾; Sau Barber y cols⁽³¹⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾; Rida Shakeel y cols.⁽³⁹⁾; Waleed S. Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾

Ferraz⁽³⁶⁾ en su estudio concluyó que el grupo BFRT junto con el grupo HI-RT experimentaron un aumento del CSA del cuádriceps, pero el grupo LI-RT no obtuvo ganancias de tamaño muscular. Al igual que lo comentado en la evaluación de la fuerza muscular, los pacientes del grupo HI-RT padecieron un mayor dolor constatado en la escala WOMAC.

Sau Barber y cols⁽³¹⁾; Cristina Alvarez y cols⁽³⁷⁾; Brayden Grantham y cols⁽²⁵⁾; en sus respectivos estudios realizaron el análisis de los resultados del autor Segal, el cual realizó una evaluación del CSA mediante resonancia magnética en mujeres y no encontró aumentos estadísticamente significativos tanto en el grupo BFR como en el grupo control LR (baja carga). Este estudio posee algunas limitaciones que ya fueron mencionadas anteriormente.

Rida Shakeel y cols.⁽³⁸⁾ en su estudio encontró que el grupo que utilizó BFR obtuvo un aumento del CSA muscular en comparación con el grupo control. Las limitaciones de este estudio son que no especifica el grado de oclusión vascular con el que los pacientes del grupo BFR realizaron los ejercicios y tampoco especifica a qué porcentaje de intensidad

entreno cada grupo. Por otra parte, el tamaño de la muestra es pequeño (n=30) y la duración del estudio fue solo de 4 semanas.

Por último, Waleed S. Mahmoud y cols.⁽⁴⁰⁾ realizó una medición en cm^2 del CSA, en la cual el grupo BFR que utilizó el 70% de presión de oclusión completa con el 30% de 1RM aumentó significativamente el CSA muscular sobre el grupo BFR que utilizó 10% de 1RM . Como hemos mencionado anteriormente, este autor no incluyó en su estudio un grupo control que no haya utilizado BFR por lo cual imposibilita la realización de una comparación entre grupo BFR y entrenamiento convencional, pero deja en evidencia que el entrenamiento con BFR al 70% de la oclusión vascular y al 30% de 1 RM se obtienen mayores resultados a nivel del CSA sobre una oclusión e intensidad de entrenamiento menor. Además, como mencionamos con anterioridad el número de personas en el cual se realizó el tratamiento fue pequeño (n=35).

VIII. CONCLUSIÓN

En base a los resultados obtenidos, se concluyó que hay una mejoría moderada en cuanto a la fuerza y trofismo muscular en el entrenamiento BFR en comparación al entrenamiento convencional.

El método de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo ha demostrado cambios positivos en el desarrollo de la fuerza muscular en comparación a pacientes que realizaron entrenamiento de resistencia de alta y moderada carga, ya que los dos grupos obtuvieron porcentajes similares de ganancia de fuerza, pero los grupos control experimentaron un mayor dolor al realizar estos ejercicios, por lo que estos pacientes podrían beneficiarse con este método de entrenamiento y rehabilitación. En cuanto a la comparación entre el grupo BFR y el grupo de entrenamiento de baja carga, solo dos estudios han evidenciado una mejoría mayor en el grupo BFR y en los demás estudios los pacientes han experimentado resultados similares entre grupos.

Por otra parte, el grupo BFR en la medición del área de sección transversal obtuvo resultados similares en comparación al grupo de alta intensidad, y como mencionamos anteriormente el grupo intervención experimentó un menor dolor al realizar los ejercicios. En la comparación entre el grupo BFR y el grupo de baja intensidad, dos estudios pudieron demostrar un aumento en el grupo BFR.

Si bien los resultados obtenidos en la búsqueda son alentadores, debemos destacar que aún hay muy pocos estudios sobre este enfoque terapéutico aplicados en esta patología y los estudios utilizados en esta revisión bibliográfica sufren limitaciones, por lo cual se establece que se debe seguir investigando para poder mejorar la futura terapéutica de esta patología con este nuevo método.

IX. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1-** Latarjet M, Ruiz Liard A. Anatomía Clínica. 2ª ed. Buenos Aires: Médica Panamericana; 2014.
- 2-** Netter FH. Flashcards de Anatomía 4ª ed. ELSEVIER ESPAÑA; 2017.
- 3-** Kapandji A. I. Fisiología Articular 6ª ed. Médica Panamericana; Tomo 2; 2010.
- 4-** Rodriguez-Veiga D, González-Martín C, Pertega-Díaz S, Seoane-Pillado T, Barreiro-Quintás M, Balboa-Barreiro V. [Prevalencia de artrosis de rodilla en una muestra aleatoria poblacional en personas de 40 y más años de edad]. Gac Med Mex. 2019;155(1):39–45.
- 5-** Primorac D, Molnar V, Rod E, Jeleč Ž, Čukelj F, Matišić V, et al. Knee Osteoarthritis: A Review of Pathogenesis and State-Of-The-Art Non-Operative Therapeutic Considerations. Genes [Internet]. 2020 Jul 26;11(8). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/genes11080854>
- 6-** Felson DT. Clinical practice. Osteoarthritis of the knee. N Engl J Med. 2006 Feb 23;354(8):841-8. doi: 10.1056/NEJMcp051726. Erratum in: N Engl J Med. 2006 Jun 8;354(23):2520. PMID: 16495396.
- 7-** Blagojevic M, Jinks C, Jeffery A, Jordan KP. Risk factors for onset of osteoarthritis of the knee in older adults: a systematic review and meta-analysis. Osteoarthritis Cartilage [Internet]. 2010 Jan;18(1):24–33. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.joca.2009.08.010>
- 8-** Zhang L, Lin C, Liu Q, Gao J, Hou Y, Lin J. Incidence and related risk factors of radiographic knee osteoarthritis: a population-based longitudinal study in China. J Orthop Surg Res [Internet]. 2021 Jul 31;16(1):474. Available from: <http://dx.doi.org/10.1186/s13018-021-02577-1>
- 9-** Robert C. Manske ,M. Nigrini, y S. Brent Brotzman. Artrosis de la extremidad inferior. Rehabilitación ortopédica clínica: un enfoque basado en la evidencia, Tercera Edición. España: Elsevier;20.p. 371-386.
- 10-** Sanchez Martin MM, Vasallo Prieto JL, Vega Castrillo A. Patología degenerativa de la rodilla. En: Manual SECOT de cirugía ortopédica y traumatología. 2º Edición. Editorial Médica Panamericana. 2010. Madrid.
- 11-** Jang S, Lee K, Ju JH. Recent Updates of Diagnosis, Pathophysiology, and Treatment on Osteoarthritis of the Knee. Int J Mol Sci [Internet]. 2021 Mar 5;22(5). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms22052619>
- 12-** Basso PR, Carava' E, Protasoni M, Reguzzoni M, Raspanti M. The synovial surface of the articular cartilage. Eur J Histochem [Internet]. 2020 Jul 1;64(3). Available from: <http://dx.doi.org/10.4081/ejh.2020.3146>

- 13-** Giorgino R, Albano D, Fusco S, Peretti GM, Mangiavini L, Messina C. Knee Osteoarthritis: Epidemiology, Pathogenesis, and Mesenchymal Stem Cells: What Else Is New? An Update. *Int J Mol Sci* [Internet]. 2023 Mar 29;24(7). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/ijms24076405>
- 14-** Michael JWP, Schlüter-Brust KU, Eysel P. The epidemiology, etiology, diagnosis, and treatment of osteoarthritis of the knee. *Dtsch Arztebl Int* [Internet]. 2010 Mar;107(9):152–62. Available from: <http://dx.doi.org/10.3238/arztebl.2010.0152>
- 15-** van den Bosch MHJ. Inflammation in osteoarthritis: is it time to dampen the alarm(in) in this debilitating disease? *Clin Exp Immunol* [Internet]. 2019 Feb;195(2):153–66. Available from: <http://dx.doi.org/10.1111/cei.13237>
- 16-** Szponder T, Latałski M, Danielewicz A, Krać K, Kozera A, Drzewiecka B, et al. Osteoarthritis: Pathogenesis, Animal Models, and New Regenerative Therapies. *J Clin Med Res* [Internet]. 2022 Dec 20;12(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm12010005>
- 17-** Gay C, Chabaud A, Guilley E, Coudeyre E. Educating patients about the benefits of physical activity and exercise for their hip and knee osteoarthritis. Systematic literature review. *Ann Phys Rehabil Med* [Internet]. 2016 Jun;59(3):174–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rehab.2016.02.005>
- 18-** Juan J.Gonzalez Badillo, Juan Ribas Serna. La fuerza en relación con el rendimiento deportivo. Bases de la programación del entrenamiento de fuerza. INDE publicaciones. Barcelona- España 2002.p.11-19.
- 19-** Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing maximal neuromuscular power: part 2 - training considerations for improving maximal power production. *Sports Med* [Internet]. 2011 Feb 1;41(2):125–46. Available from: <http://dx.doi.org/10.2165/11538500-000000000-00000>
- 20-** Brad Schoenfeld. Hypertrophy-Related Responses and Adaptations to Exercise Stress. *Science and Development of Muscle Hypertrophy*. Second edition. Champaign,IL : Human Kinetics (2021).p.1-16
- 21-** Fransen M, McConnell S, Harmer AR, Van der Esch M, Simic M, Bennell KL. Exercise for osteoarthritis of the knee: a Cochrane systematic review. *Br J Sports Med* [Internet]. 2015 Dec;49(24):1554–7. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2015-095424>
- 22-** Vincent K R, Vincent H K. Resistance exercise for knee osteoarthritis. *PMR*. 2012;4(5):45-52.
- 23-** Lopez P, Radaelli R, Taaffe DR, Newton RU, Galvão DA, Trajano GS, et al. Resistance Training Load Effects on Muscle Hypertrophy and Strength Gain: Systematic Review and Network Meta-analysis. *Med Sci Sports Exerc* [Internet]. 2021 Jun 1;53(6):1206–16. Available from: <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000002585>

- 24-** Lee Brown. Tipos de Ejercicio de Fuerza y Potencia. Entrenamiento de la Fuerza. Editorial Medica Panamericana, S. A. Madrid, España; 2008.p.113-132.
- 25-** Grantham B, Korakakis V, O'Sullivan K. Does blood flow restriction training enhance clinical outcomes in knee osteoarthritis: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport* [Internet]. 2021 May;49:37–49. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.01.014>
- 26-** Lorenz DS, Bailey L, Wilk KE, Mangine RE, Head P, Grindstaff TL, et al. Blood Flow Restriction Training. *J Athl Train* [Internet]. 2021 Sep 1;56(9):937–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.4085/418-20>
- 27-** Hughes L, Paton B, Rosenblatt B, Gissane C, Patterson SD. Blood flow restriction training in clinical musculoskeletal rehabilitation: a systematic review and meta-analysis. *Br J Sports Med* [Internet]. 2017 Jul;51(13):1003–11. Available from: <http://dx.doi.org/10.1136/bjsports-2016-097071>
- 28-** Patterson SD, Hughes L, Warmington S, Burr J, Scott BR, Owens J, et al. Blood Flow Restriction Exercise: Considerations of Methodology, Application, and Safety. *Front Physiol* [Internet]. 2019 May 15;10:533. Available from: <http://dx.doi.org/10.3389/fphys.2019.00533>
- 29-** Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, König D. Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* [Internet]. 2019 Jan;49(1):95–108. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s40279-018-0994-1>
- 30-** Ryan J. Wortman,* BS, Symone M. Brown,y MPH, Ian S. Elliot,y MD, Zachary J. Finley,y MD, and Mary K. Mulcahey,yz MD Investigation performed at the School of Medicine, Tulane University, New Orleans, Louisiana, USA
- 31-** Barber-Westin S, Noyes FR. Blood Flow-Restricted Training for Lower Extremity Muscle Weakness due to Knee Pathology: A Systematic Review. *Sports Health* [Internet]. 2019 Jan/Feb;11(1):69–83. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/1941738118811337>
- 32-** Loenneke JP, Wilson JM, Marin PJ, Zourdos MC, Bembien MG. Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol* [Internet]. 2012 May;112(5):1849–59. Available from: <http://dx.doi.org/10.1007/s00421-011-2167-x>
- 33-** Wortman RJ, Brown SM, Savage-Elliott I, Finley ZJ, Mulcahey MK. Blood Flow Restriction Training for Athletes: A Systematic Review. *Am J Sports Med* [Internet]. 2021 Jun;49(7):1938–44. Available from: <http://dx.doi.org/10.1177/0363546520964454>
- 34-** DePhillipo NN, Kennedy MI, Aman ZS, Bernhardson AS, O'Brien L, LaPrade RF. Blood Flow Restriction Therapy After Knee Surgery: Indications, Safety Considerations, and Postoperative Protocol. *Arthrosc Tech* [Internet]. 2018 Oct;7(10):e1037–43. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.eats.2018.06.010>

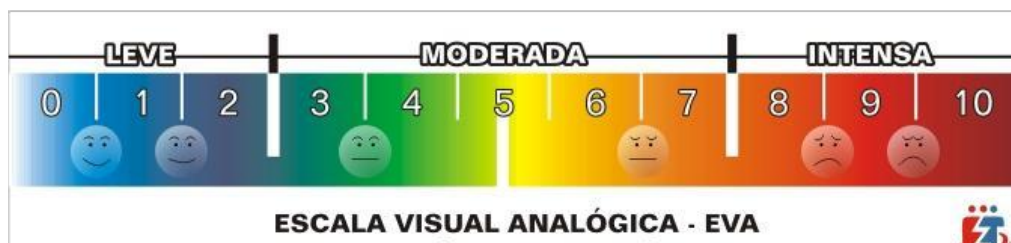
- 35-** Buford TW, Fillingim RB, Manini TM, Sibille KT, Vincent KR, Wu SS. Kaatsu training to enhance physical function of older adults with knee osteoarthritis: Design of a randomized controlled trial. *Contemp Clin Trials* [Internet]. 2015 Jul;43:217–22. Available from: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cct.2015.06.016>
- 36-** 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* [Internet]. 2018 May;50(5):897–905. Available from: <http://dx.doi.org/10.1249/MSS.0000000000001530>
- 37-** Bobes Álvarez C, Issa-Khozouz Santamaría P, Fernández-Matías R, Pecos-Martín D, Achalandabaso-Ochoa A, Fernández-Carnero S, et al. Comparison of Blood Flow Restriction Training versus Non-Occlusive Training in Patients with Anterior Cruciate Ligament Reconstruction or Knee Osteoarthritis: A Systematic Review. *J Clin Med Res* [Internet]. 2020 Dec 27;10(1). Available from: <http://dx.doi.org/10.3390/jcm10010068>
- 38-** Shakeel R, Khan AA, Ayyub A, Masood Z. Impact of strengthening exercises with and without blood flow restriction on quadriceps of knee osteoarthritis patients. *J Pak Med Assoc* [Internet]. 2021 Sep;71(9):2173–6. Available from: <http://dx.doi.org/10.47391/JPMA.377>
- 39-** Website [Internet]. Available from: Grossl, F. S., Da-Sila-Grigoletto, M. E., Ferretti, F., Copatti, S. L., Corralo, V. da S., & De-Sá, C. A. (2023). The use of a single resistance exercise with or without blood flow restriction in the treatment of pain in knee osteoarthritis: a randomized clinical trial. *Brazilian Journal Of Pain*, 6(1). <https://doi.org/10.5935/2595-0118.20230023-en>
- 40-** Mahmoud WS, Osailan A, Ahmed AS, Elnaggar RK, Radwan NL. Optimal parameters of blood flow restriction and resistance training on quadriceps strength and cross-sectional area and pain in knee osteoarthritis. *Isokinet Exerc Sci* [Internet]. 2021;29(4):393–402. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3233/ies-200235>

X. ANEXOS

1- WOMAC Osteoarthritis Index: Reliability, validity, and responsiveness in patients with arthroscopically assessed osteoarthritis.

Ítem	¿Cuánto dolor tiene...	Ninguno	Peso	Bastante	Mucho	Muchísimo
W-1	...al andar por un terreno llano?	0	1	2	3	4
W-2	...al subir o bajar escaleras...	0	1	2	3	4
W-3	...por la noche en la cama?	0	1	2	3	4
W-4	...al estar sentado o tumbado?	0	1	2	3	4
W-5	...al estar de pie?	0	1	2	3	4
Ítem	¿Cuánta rigidez nota.....	Ninguno	Peso	Bastante	Mucho	Muchísimo
W-6	...después de despertarse por la mañana?	0	1	2	3	4
W-7	...durante el resto del día después de estar sentado, tumbado o descansando?	0	1	2	3	4
Ítem	¿Qué grado de dificultad tiene al...	Ninguno	Peso	Bastante	Mucho	Muchísimo
W-8	...bajar escaleras?	0	1	2	3	4
W-9	...subir escaleras?	0	1	2	3	4
W-10	...levantarse después de estar sentado?	0	1	2	3	4
W-11	...estar de pie?	0	1	2	3	4
W-12	...agacharse para coger algo del suelo?	0	1	2	3	4
W-13	...andar por un terreno llano?	0	1	2	3	4
W-14	...entrar y salir de un coche?	0	1	2	3	4
W-15	...ir de compras?	0	1	2	3	4
W-16	...ponerse las medias o los calcetines?	0	1	2	3	4
W-17	...levantarse de la cama?	0	1	2	3	4
W-18	...quitarse las medias a los calcetines?	0	1	2	3	4
W-19	...estar tumbado en la cama?	0	1	2	3	4
W-20	...entrar y salir de la ducha/bañera?	0	1	2	3	4
W-21	...estar sentado?	0	1	2	3	4
W-22	...Sentarse y levantarse del retrete?	0	1	2	3	4
W-23	...hacer tareas domesticas pesadas?	0	1	2	3	4
W-24	...hacer tareas domesticas ligeras?	0	1	2	3	4

2- Crichton, N. (2001). Visual analogue scale (VAS). *J Clin Nurs*, 10(5), 706-6.



3- Vicente-Herrero, M. T., Delgado-Bueno, S., Bandrés-Moyá, F., & Capdevilla-García, L.

(2018). Valoración del dolor. Revisión comparativa de escalas y cuestionarios. *Revista de la Sociedad Española del dolor*, 25(4), 228-236.

Severidad		
ASQ (American Society for Quality)		
Clasificación	Efecto	Criterio: Severidad de Efecto Definido (proceso)
10	Critico Peligroso: Sin Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afectan la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá SIN AVISO.
9	Critico Peligroso: Con Aviso	Puede poner en peligro al operador. Modo de fallas afecta la operación segura y/o involucra la no conformidad con regulaciones gubernamentales. La falla ocurrirá CON AVISO.
8	Muy Alto	Interrupción mayor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea desechado. Ítem inoperable, pérdida de su función primaria. Cliente muy insatisfecho.
7	Alto	Interrupción menor a la línea de producción. Producto probablemente deba ser clasificada y una porción (menor al 100%) desechada. Ítem operable, pero a un nivel reducido de rendimiento. Cliente insatisfecho.
6	Moderado	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) probablemente deba ser desechada (no clasificada). Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia inoperables. Clientes experimentan incomodidad.
5	Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. 100% del producto probablemente sea retrabajado. Ítem operable, pero algunos ítems de confort/ conveniencia operables a un nivel reducido de rendimiento. Cliente experimenta alguna insatisfacción.
4	Muy Bajo	Interrupción menor a la línea de producción. El producto probablemente deba ser clasificado y una porción (menor al 100%) retrabajada. Defecto percibido por la mayoría de los clientes.
3	Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en línea pero fuera de la estación de trabajo. Defecto es percibido por el cliente promedio.
2	Muy Pequeño	Interrupción menor a la línea de producción. Una porción (menor al 100%) del producto probablemente deba ser retrabajada en la línea y en la estación de trabajo. Defecto es percibido solo por clientes expertos.
1	Ninguno	Ningún efecto.