



RIDUNAJ
Repositorio Institucional
Digital UNAJ



Tesinas de Grado

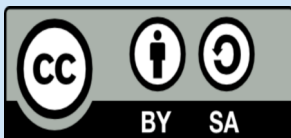
Amato, Diego Gabriel

Efecto del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo en pacientes con artrosis de rodilla

Instituto de Ciencias de la Salud

*Carrera: Licenciatura en Kinesiología y
Fisiatría*

2025



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons.

Atribución – Compartir igual 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>

Documento descargado de RID - UNAJ Repositorio Institucional Digital de la Universidad Nacional Arturo Jauretche

Cita recomendada:

Amato, D. G. (2025). *Efecto del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo en pacientes con artrosis de rodilla* [Tesis de grado, Universidad Nacional Arturo Jauretche]. <https://rid.unaj.edu.ar/handle/123456789/3446>



Instituto de Ciencias de la Salud

TESINA DE GRADO

Presentado para solicitar su inscripción

en el marco normativo vigente de la carrera de

LICENCIATURA EN KINESIOLOGÍA Y FISIATRÍA

Título:

**“EFECTO DEL ENTRENAMIENTO CON RESTRICCIÓN DE FLUJO
SANGUÍNEO EN PACIENTES CON ARTROSIS DE RODILLA”**

AUTOR: AMATO, DIEGO GABRIEL

DNI: 41.164.208

Director/a: LIC. LUCIANO DAVAGNINO

Fecha de presentación:

Firma de autor:

ABREVIATURAS

AINEs: Antiinflamatorios no esteroideos

BFR: Restricción de flujo sanguíneo

ECAs: Ensayos clínicos aleatorizados

HI: Alta intensidad

KOOS: Puntuación de lesiones de rodilla y osteoartritis

KOA: Osteoartrosis de rodilla

LI: Baja intensidad

MI: Moderada intensidad

MMP: Metaloproteasas

OA: Osteoartrosis

SPPB: Batería de rendimiento físico breve

TST: Prueba cronometrada de pie

TUG: Subida cronometrada

VAS: Escala Visual Analógica

WOMAC: Índice de Osteoartritis de las Universidades Western Ontario y McMaster

1RM: Una repetición máxima

ÍNDICE

I. INTRODUCCIÓN	3
II. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	5
III. OBJETIVOS	6
1. GENERAL	6
2. ESPECÍFICOS	6
IV. JUSTIFICACIÓN	6
V. MARCO TEÓRICO	7
1. LA RODILLA	7
A. Anatomía	7
B. Biomecánica	9
2. Osteoartrosis de rodilla	10
A. Definición	10
B. Prevalencia	11
C. Factores de riesgo	11
D. Proceso fisiopatológico	13
E. Síntomas, diagnóstico y clasificación	16
F. Manejo terapéutico	19
3. Entrenamiento general para pacientes con KOA	23
A. Método Kaatsu: entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo	25
VI. MÉTODOS	28
VII. CONTEXTO DE ANÁLISIS	31
1. Descripción de los artículos incluidos	31
2. Cuadro comparativo	43
VIII. RESULTADOS	45
1. Dosificación de entrenamiento	45
2. Fuerza muscular	47
3. Hipertrofia muscular	48
4. Funcionalidad y calidad de vida	48
IX. CONCLUSIONES	49
X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

ÍNDICE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de hallazgos radiológicos de Kellgren y Lawrence.....	19
Tabla 2. Palabras claves para la búsqueda de material bibliográfico.....	30
Tabla 3. Combinaciones de palabras claves a utilizarse y elemento booleano.....	31
Tabla 4. Características de los artículos incluidos.....	44
Tabla 5. Comparación de programas de entrenamiento utilizados en los ECAs evaluados.....	46

ÍNDICE FIGURAS

Figura 1. Descripción anatómica de la rodilla con sus respectivos componentes.....	10
Figura 2. (A) Elementos articulares en condiciones normales. (B) Elementos articulares frente a KOA.....	15
Figura 3. Cambios radiológicos en la KOA.....	19
Figura 4. Entrenamiento de BFR en un ejercicio de extensión de rodilla.....	27

I. INTRODUCCIÓN

La osteoartrosis (OA) es una enfermedad articular degenerativa crónica que afecta principalmente a las articulaciones, provocando el desgaste progresivo del cartílago que recubre las superficies articulares. Esto provoca dolor, rigidez, pérdida de movilidad y, en etapas avanzadas, deformidad. Además, la degeneración del propio cartílago desencadena afecciones al hueso subcondral, ligamentos y músculos periarticulares (Fernández, 2023).

En Argentina, las estimaciones del año 2010 en Argentina indicaron que había aproximadamente 900,000 personas con artrosis de cadera, 1,500,000 con artrosis de rodilla y 600,000 con artrosis de manos en el país (Sociedad Argentina de Reumatología, 2010).

Esta patología tiene un origen multifactorial, que involucra una combinación de factores de riesgo tanto locales como sistémicos entre los que se incluyen la edad avanzada, obesidad, sexo, factores genéticos, ocupación, actividad, traumatismo y lesiones articulares previas. Estos factores pueden aumentar la probabilidad de desarrollar la enfermedad o acelerar su progresión (Oteo Álvaro, 2021).

La prevalencia tiende a aumentar con la edad, siendo más común en personas mayores de 55 años. De hecho, se estima que alrededor del 37% de los adultos mayores de 60 años presentan algún grado de OA de rodilla. Asimismo, se ha demostrado que es más prevalente en mujeres que en hombres, especialmente después de la menopausia. Se anticipa que la incidencia de esta enfermedad se incremente a través de los años, debido al envejecimiento de la población y el incremento de la obesidad (Fernández, 2023).

La OA de rodilla (KOA) es una de las formas más comunes de OA y afecta a un número creciente de personas en todo el mundo, lo que la convierte en la articulación más frecuentemente afectada por esta enfermedad. La rodilla es una articulación compleja, donde los compartimentos y las estructuras asociadas juegan un papel crucial en su estabilidad y funcionalidad. En la OAR se producen una serie de cambios degenerativos que afectan tanto a los componentes de la articulación como a los tejidos subyacentes (Fernández, 2023).

Esta afección crónica y progresiva causa el desgaste gradual del cartílago articular, así como otros cambios en los componentes de la articulación tales como el hueso

subcondral, cápsula articular, membrana sinovial, ligamentos, meniscos, almohadilla grasa de Hoffa y músculos circundantes. La misma deriva en una destrucción gradual del cartílago articular asociada con un crecimiento de hueso subcondral y osteofitos generando dolor y discapacidad funcional, por lo que el equilibrio y la propiocepción de la rodilla terminan viéndose alterados. Esto puede mermar la bipedestación y el estado físico limitando la marcha de las personas que la padecen. Es así que, esta dolencia es considerada una de las principales causas de incapacidad a nivel mundial. Por este motivo, resulta de suma importancia demostrar cómo se puede actuar sobre la reducción del dolor y también sobre la mejora funcional de los pacientes con KOA (Fernández, 2023; Ortiz, 2017).

Adicionalmente, se ha comprobado que la KOA está íntimamente relacionada con el cuádriceps, generando a su vez una incapacidad al ejercicio. Es así que mejorar la fuerza de los músculos isquiotibiales y la fuerza del cuádriceps son de vital importancia, ya que ambos músculos suelen estar atrofiados cuando los pacientes con KOA cursan la patología con dolor (Fernández, 2023).

Los tratamientos para la osteoartritis de rodilla incluyen enfoques no farmacológicos, farmacológicos y quirúrgicos. Entre las opciones no farmacológicas destacan el ejercicio físico de bajo impacto y la fisioterapia, que ayudan a mejorar la movilidad y reducir el dolor. En cuanto a los tratamientos farmacológicos, el uso de analgésicos, las inyecciones de ácido hialurónico, las inyecciones de células madres y plasma rico en plaquetas han mostrado ser prometedoras para aliviar el dolor y regenerar el tejido. Además, las nuevas inyecciones de hidrogel ofrecen una alternativa mínimamente invasiva con resultados duraderos. En casos avanzados, el reemplazo total o parcial de rodilla sigue siendo la opción más eficaz (Fernández Cuadros et al., 2022; Henriksen et al., 2018; Porcar, 2023).

En este contexto, el entrenamiento con restricción al flujo sanguíneo (BFR) aparece como una nueva alternativa terapéutica. Consiste en una técnica que utiliza un manguito para aplicar presión en la extremidad durante ejercicios con cargas ligeras, consiguiendo así beneficios de hipertrofia y fuerza muscular en pacientes que no pueden realizar ejercicios con cargas mayores. Este método ha ganado popularidad en la kinesiología debido a su eficacia en la rehabilitación de lesiones musculoesqueléticas, permitiendo

mejorar la fuerza y reducir el dolor en diversas poblaciones de pacientes (Villalba, 2022).

El procedimiento para aplicar el BFR comienza con la selección adecuada del paciente. Una vez que se ha determinado que el paciente es apto, se coloca el manguito de presión lo más proximal posible en la extremidad a entrenar. La presión se ajusta entre el 40% y el 80% de la presión de oclusión arterial, que se puede medir utilizando un ultrasonido Doppler o un oxímetro de pulso. A esto se le suma el entrenamiento, que puede incluir ejercicios aeróbicos o de resistencia. Para el ejercicio aeróbico, se sugiere una duración de 5 a 20 minutos a una intensidad menor al 50% de la frecuencia cardíaca de reserva. En el caso de los ejercicios de resistencia, se recomienda utilizar una carga del 20-40% de la repetición máxima (1RM), realizando entre 2 y 4 series de 75 repeticiones distribuidas en bloques (Villalba, 2022).

Diversos estudios han demostrado que el entrenamiento con BFR puede ser efectivo para incrementar la masa muscular y la fuerza en diferentes poblaciones, incluyendo personas mayores y atletas. Estudios recientes indican que el BFR puede ser una alternativa viable al entrenamiento de alta carga, especialmente en pacientes con que no toleran ejercicios intensos debido al dolor articular. Además, se ha observado que esta técnica promueve la hipertrofia muscular y mejora la función articular con una carga mínima sobre la articulación afectada. Sin embargo, su impacto en pacientes con KOA no ha sido ampliamente investigado (Abdelkader Abdallah, 2020; Sørensen et al., 2023).

Dada la naturaleza debilitante de la KOA y las limitaciones de los tratamientos actuales, es crucial explorar alternativas terapéuticas que puedan ofrecer mejores resultados y mejorar la calidad de vida de los pacientes. En base a las investigaciones realizadas hasta la actualidad, el entrenamiento con BFR podría considerarse una herramienta innovadora y emergente en la actualidad como complemento para la rehabilitación de pacientes con KOA, con el objetivo de aumentar la fuerza muscular mejorando así la sintomatología inherente de la enfermedad y retrasando la degeneración articular.

II. PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN

En base a estos antecedentes. la **pregunta de investigación** de este trabajo es:

“¿Es efectivo el entrenamiento con BFR para mejorar la fuerza muscular, la capacidad funcional, los niveles de dolor y la calidad de vida en pacientes con KOA?”

III. OBJETIVOS

1. GENERAL

Analizar, a partir de una revisión sistemática, el impacto del entrenamiento con BFR sobre la mejora de la función física, la reducción del dolor y el aumento de la fuerza muscular, para su implementación en programas de rehabilitación de pacientes con KOA a fin de optimizar su calidad de vida.

2. ESPECÍFICOS

- Evaluar el aumento de la fuerza muscular y la funcionalidad de la rodilla tras un programa de entrenamiento con BFR.
- Investigar la reducción del dolor durante y después de las sesiones de entrenamiento con BFR.
- Comprobar si esta forma de entrenamiento es beneficiosa y efectiva para ser aplicada como terapia en pacientes con trastornos degenerativos de la rodilla, asegurando un alivio en la sintomatología y previniendo el empeoramiento de la articulación.

IV. JUSTIFICACIÓN

La KOA de rodilla es una patología degenerativa de alta prevalencia a nivel global, y Argentina no es la excepción registrándose alrededor de 1,2 millones de personas que padecen de forma sintomática. Esta enfermedad se convierte, entonces, en una de las principales causas de discapacidad y limitación funcional en la población adulta lo cual afecta significativamente su calidad de vida (Rillo, 2018).

A pesar de los tratamientos convencionales para la KOA, como la fisioterapia y los medicamentos, muchos pacientes continúan experimentando dolor y limitaciones funcionales impactando no sólo sobre su calidad de vida si no también en su desarrollo social. De forma que, las terapias disponibles ofrecen sólo un alivio temporal pero no abordan la progresión de la enfermedad. Esta carencia de tratamientos efectivos también impone una carga significativa sobre el sistema de salud y la economía del país

(Burgos-Vargas et al., 2014; Martínez Figueroa, Martínez Figueroa, Calvo Rodriguez, et al., 2015).

En base a estos antecedentes, resalta la necesidad de investigar el desarrollo de nuevas estrategias terapéuticas más efectivas que tanto alivien los síntomas como también detengan o ralenticen el desarrollo de la KOA. Esto podría reducir también costos económicos, aliviando el gasto público en salud y mejorando la productividad y la calidad de vida de los pacientes. Además, debemos recordar que la prevalencia de esta afección aumenta con la edad por lo que con una población envejecida y en constante crecimiento, el impacto de esta enfermedad sería considerable en los próximos años lo que hace que la búsqueda de nuevos tratamientos sea aún más urgente.

El entrenamiento con BFR ha emergido como una alternativa prometedora en el campo de la rehabilitación y el tratamiento de diversas patologías musculoesqueléticas, incluida la KOA. Esta técnica permite a los pacientes realizar ejercicio con cargas más ligeras, estimulando la hipertrofia muscular y el aumento de la fuerza sin agravar el dolor articular. La evidencia emergente sugiere que puede ser efectiva para mejorar la funcionalidad de la rodilla, a la vez que reduce la sintomatología y mejora la calidad de vida de los pacientes con KOA (González Pérez et al., 2020).

Estos resultados sugieren que el BFR puede ser una alternativa viable, menos costosa y menos invasiva respecto a los tratamientos convencionales y otros tratamientos emergentes como las biológicas, lo cual es especialmente relevante en un contexto donde la población envejece y la prevalencia de la KOA aumenta.

V. MARCO TEÓRICO

1. LA RODILLA

A. Anatomía

La rodilla es la articulación más grande y compleja de la extremidad inferior. Se trata de una articulación de tipo biaxial y condílea, en la cual una superficie cóncava se desliza sobre otra convexa alrededor de 2 ejes. Combina características de movilidad y estabilidad conectando con los tres huesos principales que la conforman: fémur, tibia y rótula. Consta de tres articulaciones, dos femorotibiales (medial y lateral) que son las

que transfieren el peso corporal a la pierna y una femorrotuliana (rótula) (Villalba, 2022).

A pesar de que la rodilla tiene una gran estabilidad, también presenta una notable incongruencia ósea. Esto significa que las superficies óseas del fémur y la tibia no encajan perfectamente entre sí, lo que puede influir en el movimiento y la función de la articulación. La incongruencia de las superficies articulares es compensada por los meniscos, estructuras fibrocartilaginosas situadas entre los cóndilos femorales y las mesetas tibiales, cuya función es amortiguar las fuerzas y mejorar la congruencia articular (Felson, 2006).

La articulación de la rodilla está compuesta por los siguientes componentes (**Figura 1**):

- **Cartílagos articulares:** Están cubiertos por cartílago hialino, y son los cóndilos femorales y las superficies adyacentes de la cara superior de los cóndilos tibiales. Cumple una función crucial ya que su zona superficial está expuesta a fuerzas de tensión, compresión y cizallamiento.
- **Cápsula fibrosa:** Rodea toda la articulación, proporcionando contención y protección. En su interior, la membrana sinovial produce líquido sinovial, que lubrica y nutre el cartílago articular, reduciendo la fricción entre las superficies articulares durante el movimiento. Por fuera, se rodea por ligamentos.
- **Membrana sinovial:** Reviste todas las superficies articulares que no están cubiertas por cartílago articular.
- **Ligamentos extracapsulares:** Estabilizan el movimiento de la bisagra de la rodilla, y son el ligamento colateral peroneo y colateral lineal, el ligamento rotuliano y el ligamento poplíteo oblicuo.
- **Ligamentos intracapsulares:** Son los ligamentos cruzados anterior y posterior, se ubican en la región intercondílea y conectan al fémur y la tibia entrecruzándose en el plano sagital. Además, mantienen el contacto de las superficies articulares durante la flexión de la rodilla.
- **Meniscos:** Mejoran la incongruencia entre los cóndilos femorales y tibiales. Son dos en forma de “C”: uno medial, insertado en la cápsula articular y al ligamento colateral tibial, y otro lateral conectado al tendón del músculo poplíteo. Su

función principal es amortiguar y distribuir las cargas, además de mejorar la incongruencia articular al cubrir entre un medio y dos tercios de la superficie.

- **Músculos:** El cuádriceps y el isquiotibial aumentan la estabilidad estática de la rodilla.



Figura 1. Descripción anatómica de la rodilla con sus respectivos componentes (Felson, 2006).

B. Biomecánica

En el complejo de la rodilla, los movimientos primarios son la flexión y extensión, y, en menor amplitud, la rotación interna y la externa; éstos últimos ocurren sólo en la articulación femorotibial (Leonardo Girard, 2008; Panesso et al., 2018).

El movimiento de flexión y extensión de la rodilla es uno de los dos grados de libertad con los que cuenta esta articulación. Se realiza en un plano sagital, con un eje horizontal que pasa a través de los cóndilos femorales. Esto permite aproximar o alejar el extremo del miembro del centro de gravedad del cuerpo o regular la distancia del cuerpo con respecto al suelo (Panesso et al., 2018).

Además, se puede describir otro sentido de libertad, lo que serían las rotaciones. La rotación externa e interna se realizan sobre el eje vertical de la pierna y sólo aparecen cuando la rodilla se encuentra con flexión de a partir de 90° sentado en una silla o mesa

Desde el punto de vista mecánico, la articulación de la rodilla es sorprendente ya que realiza dos funciones que pueden ser contradictorias (Panesso et al., 2018):

- Debe poseer mucha estabilidad cuando se encuentra en extensión completa, en este punto es donde la rodilla soporta el peso del cuerpo.

- Debe poseer gran movilidad en la flexión, ya que durante la marcha debe proveer al pie una buena orientación.

2. Osteoartrosis de rodilla

A. Definición

Las enfermedades de tipo reumáticas son aquellas que afectan principalmente al sistema músculo esquelético. Son altamente prevalentes en la comunidad representando una causa importante de morbilidad y altos costos tanto para los servicios de salud como para el paciente y sus familiares (Frías Tejederas, 2006; Vázquez, 2013).

La OA es una de las enfermedades reumáticas más prevalentes, que se denominará dependiendo la zona donde se presente. Por sus características la OA no puede ser descrita como una única enfermedad, sino como un grupo heterogéneo de patologías que afectan a la articulación, es decir el área de contacto entre los huesos, un hueso y un cartílago, o entre tejido óseo y los dientes. Se caracterizan por la presencia de cambios estructurales degenerativos, regenerativos y de reparación en todos los tejidos que forman parte de la articulación, entre los que se incluyen el cartílago, el hueso subcondral, el tejido sinovial, la cápsula articular y los tejidos blandos periarticulares (Buendía López, 2015; Frías Tejederas, 2006).

Aunque puede presentarse en cualquier articulación del sistema esquelético, una de las principales articulaciones donde esta patología se presenta es en la rodilla (Vázquez, 2013).

La KOA tiene una etiología multifactorial y su prevalencia aumenta notablemente con la edad a partir de los 60 años siendo más común, principalmente, 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 (Panesso et al., 2018; Quispe Melgarejo, 2022).

Se caracteriza por ser una patología de tipo no focal que afecta de forma no uniforme tanto a uno como a varios compartimentos. Dentro de ellos, el componente medial suele ser 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 (Cieza A et al., 2020; Panesso et al., 2018).

B. Prevalencia

La OA es la enfermedad articular más frecuente y afecta principalmente a personas mayores de 50 años siendo más prevalente en mujeres e individuos con exceso de peso con historial de lesiones en la rodilla o intervenciones quirúrgicas anteriores. Esta patología se ubica entre las primeras 10 causas de atención hospitalaria y es una de las primeras causas de discapacidad en el mundo (R. Morales Espinosa et al., 2018).

De acuerdo con Pérez, la frecuencia de esta enfermedad es relativamente proporcional a la edad. En personas de 70 a 74 años, la prevalencia de KOA puede alcanzar hasta el 40% (Felson, 2006; Fernández, 2023; Oteo Álvaro, 2021; Pérez, 2016).

Se estima que el 80% de las personas mayores de 65 años presentan evidencias radiográficas y manifestaciones clínicas de la enfermedad. Sin embargo, en el 50% de los pacientes los síntomas no se correlacionan con las alteraciones radiológicas; por ende, no todas las personas que muestran hallazgos radiográficos de KOA serán sintomáticas. De hecho, un estudio mostró que sólo el 15% de los pacientes con evidencia (Fernández, 2023; Martínez Figueroa, Martínez Figueroa, & Calvo Rodríguez, 2015; Ortiz, 2017).

El hecho de que la incidencia de OA es más elevada en mujeres que en hombres, podría estar vinculado a factores hormonales (menopausia), biomecánicos y genéticos. Las investigaciones indican que aproximadamente el 13% de las mujeres y el 10% de los hombres mayores de 60 años sufren de KOA sintomática (Fernández, 2023).

Las estadísticas reflejan que, según la Organización Mundial de la Salud, en 2019, aproximadamente 365 millones de personas en el mundo padecían KOA lo que representa una proporción significativa de los casos de artrosis. No obstante, este número ha ido e irá en aumento debido a dos factores claves: el envejecimiento de la población y la creciente epidemia de obesidad. En Argentina, aunque los datos específicos pueden variar, se estima que la prevalencia de KOA sigue una tendencia similar a la de otros países desarrollados, con un impacto significativo en la calidad de vida de las personas mayores (Cieza A et al., 2020; Fernández, 2023; Michael et al., 2010).

C. Factores de riesgo

La KOA tiene una etiología multifactorial y compleja, ya que en la actualidad se reconocen diversas lesiones que causan daño en el cartílago articular. Existen una serie de factores biomecánicos, bioquímicos y genéticos que actuarían de manera concurrente hasta el deterioro articular. El origen se produce por alteraciones mecánicas del cartílago que afectan a otras estructuras, como el hueso subcondral, la cápsula articular y la membrana sinovial, entre otras (Fernández, 2023; Ortiz, 2017; Oteo Álvaro, 2021).

Los factores de riesgo pueden ser tanto sistémicos (intrínsecos) como locales (extrínsecos). Los primeros incluyen el origen étnico, la edad, el género y la genética. Dentro del segundo grupo, se consideran lesiones articulares previas, obesidad y estilo de vida. La fisiopatología multifactorial de esta enfermedad se debe, generalmente a la interacción entre estas dos categorías (Peña Ayala & Fernández-López, 2007; Vázquez, 2013).

El principal componente que predispone a padecer esta patología es la edad avanzada preponderantemente, donde el paso de los años genera un desgaste en el cartílago articular. En base a los niveles establecidos por la Liga Europea contra el Reumatismo, una edad mayor a 40 años sería considerada un factor de riesgo. Para el Colegio Americano de Reumatología, estiman una edad mayor a 50 años como uno de sus criterios (Oteo Álvaro, 2021; Vázquez, 2013; Velasco Castro et al., 2023).

La raza se reporta como otro factor de riesgo importante, donde se ha reportado que la KOA es altamente prevalente en la población caucásica. Con respecto al sexo, se ha evidenciado una prevalencia mayor en mujeres mayores de 50 años. Considerando el factor genético, se ha determinado que existe un patrón hereditario sobre el desarrollo de esta afección (Vázquez, 2013).

En los jóvenes el primer componente asociado a la KOA está dado por la ocupación donde tareas como levantar objetos y posición de cuclillas, movimientos repetitivos, deportes de alto rendimiento como saltar o correr y/o antecedentes de fracturas o lesiones de tejidos blandos aumentan las probabilidades de desarrollarla. Asimismo, los trabajadores de la construcción, especialmente aquellos que realizan labores en cuclillas,

tienen un riesgo significativamente mayor de desarrollar KOA (Oteo Álvaro, 2021; Velasco Castro et al., 2023).

El sobrepeso también se ha relacionado con un aumento en la incidencia de la enfermedad, especialmente para la KOA, describiéndose un riesgo relativo de 2 para personas con sobrepeso y 2,96 para obesos (Frías Tejederas, 2006).

Mientras tanto, la actividad física no ha logrado ser identificada como un factor de riesgo para el inicio o la progresión de la KOA, pero las lesiones articulares previas se reconocen como capaces de influir en el desarrollo del fenómeno degenerativo articular. Los traumatismos en la rodilla que causan una ruptura meniscal o del ligamento cruzado anterior y que requieren reparación quirúrgica son factores de riesgo para desarrollar esta enfermedad (Frías Tejederas, 2006; Martínez Figueroa, Martínez Figueroa, Calvo Rodríguez, et al., 2015; Oteo Álvaro, 2021; Primorac et al., 2020).

Nuevos factores de riesgo sistémicos se han reconocido en los últimos años destacando el síndrome metabólico; la presencia de 2 de sus componentes condiciona un riesgo de KOA de 2,3 veces, mientras que con 3 o más componentes el riesgo se eleva a 9,8 veces (Martínez Figueroa, Martínez Figueroa, Calvo Rodríguez, et al., 2015).

D. Proceso fisiopatológico

Como se mencionó anteriormente, la KOA se caracteriza por la pérdida de manera progresiva e irreversible del cartílago articular. Tradicionalmente el concepto se centraba sólo en la degradación del cartílago articular, pero con el paso de los años se descubrió que también el resto de las estructuras anatómicas se ven afectadas de forma secundaria, como el hueso, la cápsula articular y musculatura (Chama Aviles, 2023; Grgicevic & Sergiani, 2024).

Recordando los componentes de una articulación, 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. Un componente en menor proporción, pero no menos importante son los condrocitos, las células principales que conforman el cartílago. Estos tendrán una función crucial en el mantenimiento y la reparación del tejido ya que permite producen y regulan los componentes de la matriz

extracelular que le otorgaran al cartílago su resistencia y elasticidad (Grgicevic & Sergiani, 2024; Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

Por otra parte, el hueso subcondral está compuesto principalmente por colágeno tipo I, tiene la función de ayudar al cartílago a proporcionar una superficie para el movimiento articular. A su vez, 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, y posee propiedades viscoelásticas encargándose de lubricar el espacio articular y evitando así el desgaste de los cartílagos por las fuerzas de fricción y cizallamiento (Grgicevic & Sergiani, 2024).

Existe un equilibrio dinámico en el metabolismo de síntesis y degradación del cartílago del cual son responsables los condrocitos que responden ante factores de estimulación ya sean, mecánicos o inflamatorios, gracias a receptores que presentan en la matriz extracelular. Por ende, van a desencadenar la formación o la degradación continua del cartílago, siendo regulados por influencias anabólicas como factores de crecimiento y por influencias metabólicas como interleucina y metaloproteinasas (MMP) (Frías Tejederas, 2006; Grgicevic & Sergiani, 2024).

En un primer estadio de la KOA, ocurren alteraciones en la estructura del cartílago, donde hasta cierto punto los mecanismos de formación y reparación compensan las influencias nocivas y limitan el daño articular. Luego, en una última instancia, causan daño al menisco y erosiones del cartílago articular (**Figura 2**) (Frías Tejederas, 2006; Grgicevic & Sergiani, 2024).

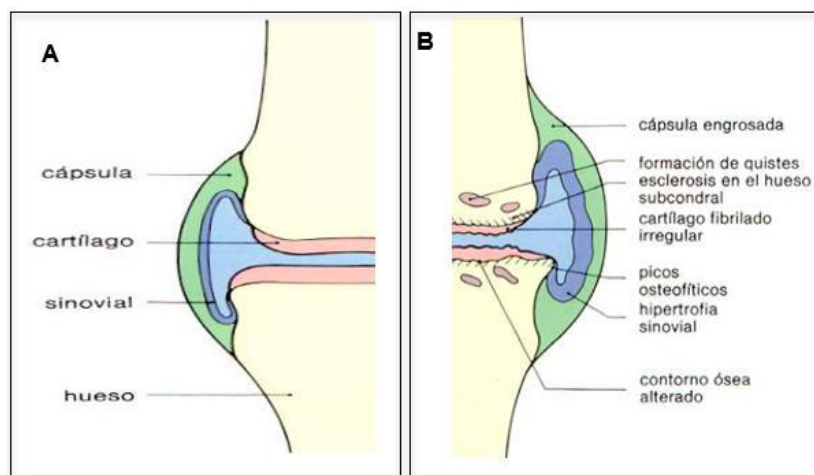


Figura 2. (A) Elementos articulares en condiciones normales. **(B)** Elementos articulares frente a KOA (Frías Tejederas, 2006).

Al inicio de la enfermedad, el cartílago al sufrir erosiones termina experimentando cambios en su material con pérdida de flujo de agua y alteraciones de proteoglicanos, lo que incrementa su susceptibilidad a la disrupción. 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 estas células (Frías Tejederas, 2006; Grgicevic & Sergiani, 2024).

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 la degradación del colágeno y proteoglicanos, a favor de su eliminación. En este contexto, los mediadores pro inflamatorios se diseminan hacia las demás estructuras articulares, provocando cambios en el tejido sinovial y en hueso subcondral, que genera esclerosis ósea y aumento del grosor de la membrana sinovial y cápsula. Esto se aprecia clínicamente con la formación de osteofitos, quistes óseos y disminución del espacio articular (Frías Tejederas, 2006; Grgicevic & Sergiani, 2024).

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, lo cual disminuye la síntesis de moléculas sinoviales provocando que el líquido sinovial pierda su capacidad viscoelástica y también su capacidad para hidratar al cartílago, induciendo una mayor degeneración aún. 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, como citoquinas y enzimas metabólicas, que estimula aún más el estado inflamatorio de la articulación (Frías Tejederas, 2006; Grgicevic & Sergiani, 2024).

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 miotática (Frías Tejederas, 2006; Grgicevic & Sergiani, 2024).

En pocas palabras, la KOA se caracteriza por la pérdida de la integridad del cartílago hialino, la formación de osteofitos y la fibrosis de la membrana sinovial. Estos cambios estructurales no solo afectan la función articular, sino que también generan dolor y limitación funcional en los pacientes.

E. Síntomas, diagnóstico y clasificación

En la KOA el síntoma más común por el que los pacientes consultan es el dolor. Este es intermitente con intensidad leve a moderada y suele ceder con el reposo al principio de la enfermedad; pero en estadios avanzados suele ser persistente e, incluso, puede aparecer en reposo y con exacerbaciones nocturnas, lo que impacta progresivamente la calidad de vida e incrementa la fatiga (Fernández, 2023).

El dolor puede ser consecuencia del estiramiento de las terminaciones nerviosas en el periostio, microfracturas del hueso subcondral, angina ósea ocasionada por la alteración del flujo sanguíneo medular, hipertensión medular, activación de nociceptores debido a la inflamación de la membrana sinovial o la distensión de la cápsula articular. Se presentan en aproximadamente el 17% de las personas mayores de 45 años y en el 40% de las mayores de 65 años. Algunas actividades cotidianas como subir y bajar escaleras, caminatas de largas distancias y levantarse de una silla, pueden agravar los síntomas (Fernández, 2023; Ortiz, 2017; Velasco Castro et al., 2023).

En los estadios iniciales, además, los pacientes cursan rigidez articular de duración menor a 30 minutos que se presenta luego de un periodo de inactividad prolongado o por la mañana, debido a la fibrosis capsular y el bloqueo mecánico osteofitario. La rigidez afecta principalmente el movimiento de flexión de rodilla. Otros síntomas que podrían experimentar los pacientes son deformidades articulares, lo que afecta el rango de movimiento, produce crepitación y, en ocasiones, derrame articular. Este conjunto de síntomas puede progresar y cuando se presentan de forma cotidiana limitan la funcionalidad del paciente, alterando su calidad de vida y progresando hacia la discapacidad (Velasco Castro et al., 2023).

De forma general, el diagnóstico se realiza a partir de datos clínicos, examen físico e imágenes radiológicas, determinándose así también su gravedad (Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

El examen físico exhaustivo es fundamental para descartar otras causas de malestar en la rodilla. Los signos de KOA abarcan crujidos, remodelación ósea, reducción de la flexión articular, contractura de los músculos flexores, presencia de deformidades en varo o valgo y dolor acompañado de sensibilidad. Además, pueden notarse signos leves de inflamación, como enrojecimiento, calor e hinchazón. Sin embargo, es importante contemplar que, si la inflamación es más intensa, podría estar relacionada con otra patología, como la artritis aguda crónica (Fernández, 2023).

Para llevar a cabo un examen físico adecuado de la rodilla, se debe de comenzar con una inspección visual mientras el paciente está de pie. Se observan signos de la enfermedad y, luego, se solicita al paciente que camine unos metros para evaluar su marcha, buscando signos de dolor o movimientos anormales que puedan indicar inestabilidad ligamentosa. A continuación, se debe de examinar la piel para detectar cicatrices de cirugías previas, signos de traumatismos o daños en los tejidos blandos. Así también, es fundamental evaluar el rango de movimiento articular de la rodilla, tanto de manera activa como pasiva, y realizar la palpación de las estructuras óseas y los tejidos blandos (Fernández, 2023).

Aunque a menudo se pasa por alto, la angiogénesis es parte crucial en esta evaluación, por lo que es necesario realizar un examen neurovascular completo. Para ello, se deben evaluar la fuerza del cuádriceps y los músculos isquiotibiales ya que estos suelen estar atrofiados debido al dolor en la rodilla. Además, llevar a cabo un examen sensorial de los nervios femoral, peroneo y tibial, dado que pueden presentarse síntomas neurológicos. Finalmente, palpar los vasos poplíteos, dorsales del pie y tibiales posteriores para descartar problemas vasculares asociados (Fernández, 2023).

Estos resultados deben de complementarse con las imágenes radiológicas. Alguno de los hallazgos radiológicos que pueden apreciarse en pacientes con KOA son (**Figura 3**) (Frías Tejederas, 2006):

- Estrechamiento de la interlínea articular, debido a una pérdida de volumen del cartílago
- Esclerosis
- Quistes subcondrales

- Osteofitosis marginal

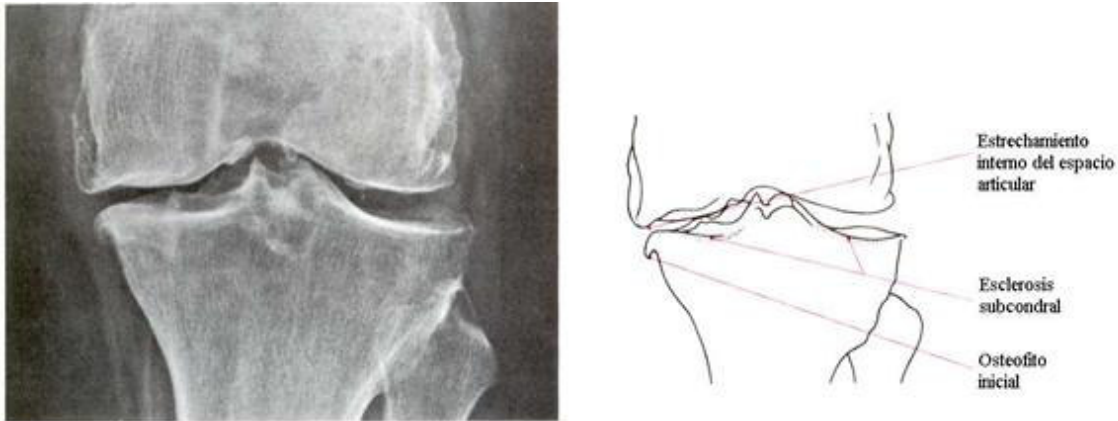


Figura 3. Cambios radiológicos en la KOA (Frías Tejederas, 2006).

La clasificación de la KOA se puede realizar siguiendo diferentes criterios (Chama Aviles, 2023; Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018):

- Existencia de antecedentes o factores causales (primaria o secundaria)
- Localización dentro de la articulación (focal o generalizada)
- Grado de severidad (leve, moderada o severa)
- Características clínicas y radiológicas (inflamatoria o erosiva)
- Cambios estructurales (hipertrófica o atrófica)

En base a los hallazgos radiológicos, la escala más utilizada es la descrita por Kellgren-Lawrence que clasifica la KOA en 5 grados (**Tabla 1**) (Chama Aviles, 2023; Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

Tabla 1. Clasificación de hallazgos radiológicos de Kellgren y Lawrence.

Grado	Hallazgo
0	Normal
1	Dudoso. Dudoso estrechamiento del espacio articular y posibles osteofitos.
2	Poco. Posible disminución del espacio articular y presencia de osteofitos.
3	Moderado. Estrechamiento del espacio articular con presencia de osteofitos, leve esclerosis y posible deformidad de los extremos de los huesos.

4	Grave. Marcada disminución del espacio articular, abundantes osteofitos, esclerosis grave y deformidad de los extremos de los huesos.
---	---

F. Manejo terapéutico

En términos generales, el tratamiento para la KOA se basa principalmente en el alivio de los signos y síntomas, evitar la rápida progresión, el mantenimiento y la mejora de la calidad de vida, así como la preservación de la funcionalidad del individuo. La prevención es la mejor manera de abordar esta patología, lo que incluye adoptar un estilo de vida saludable, realizar ejercicio regularmente y proporcionar el cuidado adecuado a la rodilla (Chama Aviles, 2023; Fernández, 2023).

Las recomendaciones de tratamiento consisten en medidas farmacológicas y no farmacológicas, y en última instancia aparece el tratamiento quirúrgico. Las medidas no farmacológicas son la clave en el tratamiento de la OA y abarcan medidas generales como la educación del paciente, modificaciones en el estilo de vida y la pérdida de peso, así como intervenciones específicas como la fisioterapia. Mientras que las farmacológicas son un complemento de las antes mencionadas (Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018; Michael et al., 2010).

La Asociación Americana de Cirujanos Ortopédicos indica que el tratamiento de primera línea para todos los pacientes debe incluir la educación y la fisioterapia. Esta última se orientará a restablecer la biomecánica normal de la articulación, reducir el dolor, la inflamación y la rigidez articular, recuperar los rangos de movimiento, prevenir la atrofia muscular y, por consiguiente, mejorar la fuerza (Ortiz, 2017).

Medidas no farmacológicas

Las medidas no farmacológicas más ampliamente utilizadas en el tratamiento de la artrosis son: pérdida de peso, educación sobre la enfermedad a pacientes y familiares, terapia física (ejercicios aeróbicos, programas de fortalecimiento muscular específicos, técnicas de *tapping*, terapia manual, etc), entre otros. Existe una fuerte evidencia que indica que la educación del paciente debe formar parte del manejo de la OA. La terapia física es otro de los pilares del tratamiento de la OA, produciendo una clara mejoría del

dolor y de la función. A continuación, se describirán una a una las medidas recomendadas.

1. Educación del paciente

El objetivo es educar a los pacientes sobre la KOA. Para ello, se le proporcionará información acerca del proceso de la enfermedad, su naturaleza, su pronóstico y las opciones de tratamiento. De este modo, se facilitan cambios en el comportamiento relacionado con la salud y se mejora la adherencia a las recomendaciones del médico (Fernández, 2023; Richmond et al., 2009).

Es importante informar al paciente sobre las actividades que generan sobrecarga en sus articulaciones, las cuales comprimen la rótula contra el fémur con fuerza, para que puedan minimizarse. Ejemplos de estas actividades incluyen subir y bajar escaleras, permanecer arrodillado y realizar ejercicios aeróbicos de alto impacto (Ortiz, 2017).

2. Terapia física

Dentro de la terapia física, las técnicas que mejor funcionan son los distintos programas de ejercicios. Son los que más se utilizan en esta patología y con los que se obtienen mejores resultados. El ejercicio terapéutico debe ser prescrito a los pacientes de la misma manera que los medicamentos, en caso de indicarse, junto con instrucciones claras para asegurar que se realicen de forma correcta (en cuanto a su frecuencia, intensidad y modalidad). Es fundamental incluir todas las dimensiones del ejercicio terapéutico e identificar qué subgrupos de pacientes se benefician más de las diferentes prescripciones de ejercicio. Por lo que, primeramente, será necesario realizar un diagnóstico adecuado y conocer sus preferencias para aumentar así la adherencia al tratamiento (Fernández, 2023; Marcelo et al., 2023).

El ejercicio terapéutico debe indicarse con una dosificación gradual y apuntar a mejorar el control neuromotor, el rango de movimiento de las articulaciones, la capacidad aeróbica, y mejorar la fuerza y la hipertrofia de músculos periarticulares como el

cuádriceps y los isquiotibiales, que juegan un papel importante en la protección del cartílago. 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 (Grgicevic & Sergiani, 2024; Higuera Díaz, 2022).

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 (Benito Peinado et al., 2010; Grgicevic & Sergiani, 2024).

Dentro de los ejercicios terapéuticos, también se recomiendan los aeróbicos de bajo impacto para mejorar el dolor y la discapacidad que son igual de efectivos en el tratamiento del dolor sintomático. Por lo que las recomendaciones de los organismos de investigación en KOA aconsejan realizar ambos tipos de ejercicios. No obstante, el entrenamiento con cargas ha demostrado una mayor eficiencia en la ganancia de fuerza y masa muscular. Dado que se conoce que la debilidad muscular es un factor de riesgo y la causa más importante de disfuncionalidad, el ejercicio de fuerza debería ser imprescindible para los pacientes con KOA. Pese a ello, el ejercicio aeróbico no deja de ser importante ya que mejora la capacidad de los pacientes en tareas que implican la transferencia del peso corporal, como caminar o subir y bajar escaleras (Benito Peinado et al., 2010; Richmond et al., 2009).

Adicionalmente, la combinación de ejercicio supervisado y un programa de ejercicios en casa puede mejorar aún más los resultados (Ortiz, 2017).

Otras alternativas son la fisioterapia donde se incluyen la termoterapia y la terapia manual. La termoterapia es una técnica utilizada por fisioterapeutas con el fin de conseguir distintos logros fisiológicos con el aumento de temperatura. Esta técnica utiliza el calor para conseguir un efecto relajante y antiinflamatorio. A su vez, la terapia manual consiste en el uso de las manos del terapeuta que con ellas realiza diferentes técnicas buscando principalmente el alivio del dolor a través de ellas (Marcelo et al., 2023).

3. Pérdida de peso

Dentro de los cambios de hábitos deseables, la pérdida de peso es crucial en todas las etapas de la KOA ya que aproximadamente el 60-80% del peso corporal se distribuye en el compartimento medial de la rodilla durante la fase de apoyo medio al caminar (Fernández, 2023; Ortiz, 2017).

Se recomienda esta indicación para pacientes con KOA sintomática que tienen un índice de masa corporal superior a 25. Cada kilogramo adicional representa dos kilogramos extra para la rótula, por lo que se aconseja mantener una alimentación adecuada. Además, existen estudios que demuestran que la pérdida de peso está relacionada con un deterioro más lento del cartílago, especialmente en el compartimento medial (Frías Tejederas, 2006).

La pérdida de peso, junto con el ejercicio, ha demostrado ser más eficaz que el ejercicio por sí solo en la reducción del dolor y la mejora de la función física. Por lo que, la mejor recomendación es una combinación de ambos factores (Felson, 2006; Frías Tejederas, 2006).

Medidas farmacológicas

La *European League Against Rheumatism* y la Sociedad Internacional de Investigaciones en Osteoartritis recomiendan utilizar medidas no farmacológicas como primer paso en el tratamiento, y combinarlas con tratamientos farmacológicos (orales, intraarticulares o tópicos) cuando sea necesario. Se sugieren analgésicos simples, antiinflamatorios no esteroideos, fármacos de acción lenta, analgésicos tópicos, infiltraciones locales y viscosuplementación con ácido hialurónico (Frías Tejederas, 2006; Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

Los medicamentos antiinflamatorios ayudan a disminuir el dolor, la inflamación y las molestias asociadas con esta condición. El paracetamol se utiliza como primer medicamento para el dolor, mientras que los medicamentos antiinflamatorios no esteroideos (AINEs) ayudan a reducir tanto el dolor como la inflamación. Si bien los AINEs son más eficaces que el paracetamol para el tratamiento del dolor, se recomienda el paracetamol como primera línea debido a su menor toxicidad (Higueras Díaz, 2022; Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

Otras opciones involucran las inyecciones de corticoides que son efectivas para disminuir la inflamación local, y las inyecciones intraarticulares de ácido hialurónico que actúan como un lubricante. El valor de estos tratamientos es cuestionable y aparentemente el alivio del dolor es equivalente bajo inyecciones de ambos componentes. Pero, el ácido hialurónico permite una mayor duración de acción. A pesar de ello, estas alternativas no deben constituir el único tratamiento de KOA (Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

Medidas invasiva

Dentro de este grupo de medidas se encuentra el lavado articular y el tratamiento quirúrgico (Frías Tejederas, 2006).

En 1995 la guía de actuación para el tratamiento de la KOA del Colegio Americano de Reumatología recomendaba el uso del lavado articular como medida a usar en pacientes que no respondían al tratamiento administrado, tanto farmacológico como no farmacológico. De cualquier forma, aún no hay consenso entre los reumatólogos sobre las indicaciones del lavado articular (Frías Tejederas, 2006).

Respecto al tratamiento quirúrgico en la KOA, sólo se reserva para los casos en los que el tratamiento conservador no es capaz de controlar el dolor y/o la función. La evidencia de la Academia Estadounidense de Cirujanos Ortopédicos sólo uno de cada cuatro pacientes con KOA requiere cirugía. Esta puede variar desde una limpieza de la articulación, extracción de tejido dañado, hasta el reemplazo del cartílago (Frías Tejederas, 2006; Mateo Sebastián & Martínez Jiménez, 2018).

Es fundamental informar al paciente que, antes de someterse a una cirugía, es importante que tome conciencia de sus hábitos diarios ya que estos cambios y un estilo de vida adecuado pueden evitar la necesidad de un procedimiento quirúrgico, teniendo en cuenta que el tratamiento debe ser individualizado (Ortiz, 2017).

3. Entrenamiento general para pacientes con KOA

En los años '90, se recomendaba a los pacientes reposar y tener precaución al realizar ejercicio ya que se creía que podría dañar las articulaciones. Sin embargo, hoy se reconoce que el ejercicio es un tratamiento conservador efectivo y de primera elección para pacientes con KOA. Antes de cualquier intervención terapéutica, la Organización Mundial de la Salud y otras entidades sugieren evaluar la calidad de vida del paciente mediante el cuestionario *Medical Outcomes Survey Short Form* que valora aspectos como función física, dolor corporal, salud general, vitalidad, función social, rol emocional y salud mental (Fernández, 2023; Ortiz, 2017).

Se proponen diversos programas de ejercicio que incluyen actividades aeróbicas y de resistencia, como caminar, subir escaleras y andar en bicicleta, siendo esta última especialmente útil para quienes requieren un deporte de bajo impacto. En el componente aeróbico, se recomienda comenzar con caminatas de 10 minutos, aumentando gradualmente hasta 30 minutos. También se sugieren ejercicios acuáticos y el uso de bicicleta estática o elíptica en terrenos planos y con calzado cómodo (Ortiz, 2017).

La hidroterapia ha ganado popularidad para tratar la KOA, ya que ofrece beneficios como turbulencia, viscosidad, presión hidrostática y flotabilidad, lo que ayuda a sostener el cuerpo, reducir la compresión y aliviar el dolor, promoviendo así la movilidad funcional y la calidad de vida. Se realiza en piscinas con agua tibia, lo que ayuda a reducir la inflamación y la rigidez articular, disminuyendo el impacto sobre las articulaciones, permitiendo movimientos más suaves y seguros. Además, la flotabilidad

del agua facilita la realización de ejercicios que serían difíciles en tierra firme (Ibarra Cornejo et al., 2015).

En cuanto al entrenamiento de fuerza, se incluyen ejercicios isométricos, isotónicos, isocinéticos y dinámicos para fortalecer grupos musculares como cuádriceps, aductores, isquiotibiales y pantorrillas, previniendo la inactividad física y la atrofia muscular, especialmente en personas mayores. El fortalecimiento se divide en isométrico, que consiste en contracciones sin desplazamiento articular, comenzando al 30% de la fuerza máxima y aumentando gradualmente, e isotónico, que incluye acciones concéntricas y excéntricas, siendo estas últimas más efectivas para aumentar la fuerza muscular (Grgicevic & Sergiani, 2024).

El programa de flexibilidad busca mejorar el rango de movimiento mediante estiramientos, especialmente en cuádriceps e isquiotibiales. Se recomienda estirar en un rango indoloro, 2 a 3 veces por grupo muscular, durante 30 segundos diariamente. En personas mayores, se sugiere evitar estiramientos excesivos y aplicar calor para reducir el dolor (Fernández, 2023; Ortiz, 2017).

Además, se incluyen actividades de equilibrio como Tai Chi o Pilates, que promueven movimientos lentos y suaves, mejorando la estabilidad y la carga de peso. Por último, los ejercicios de propiocepción son esenciales para pacientes con KOA, ya que mejoran la función sensoriomotora y aumentan la estabilidad articular (Ortiz, 2017).

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 KOA, que poseen dificultad para entrenar la fuerza muscular y la hipertrofia muscular a altas cargas, surge en este contexto el entrenamiento con BFR.

A. Método Kaatsu: entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo

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”. El objetivo principal con el que se investigó esta técnica hace 40 años era determinar si podría ayudar a aliviar la carga del sistema de salud japonés, reduciendo la dependencia de cuidados a largo plazo. Actualmente, se realiza en todo el mundo y se lo conoce comúnmente como entrenamiento BFR (Lorenz et al., 2021; Pellegrino, n.d.).

El entrenamiento de BFR ayuda a mitigar la debilidad muscular y la atrofia sin sobrecargar los tejidos en proceso de curación. Esta técnica ha demostrado ser una opción segura y efectiva en las primeras fases de rehabilitación. Utiliza presiones específicas para restringir el flujo sanguíneo, lo que promueve adaptaciones músculo-esqueléticas significativas, incluyendo mejoras en la fuerza, hipertrofia y función, incluso en pacientes que no pueden tolerar cargas elevadas (Pellegrino, n.d.).

La técnica implica aplicar una presión externa a la región más proximal de las extremidades superiores y/o inferiores, a través de un torniquete o cinta (**Figura 4**). Cuando se infla el manguito, hay una compresión mecánica gradual de la vasculatura debajo de éste, dando como resultado una restricción parcial del flujo sanguíneo arterial en las estructuras distales al manguito, pero que afecta principalmente al flujo venoso que hay debajo del manguito, impidiendo el retorno venoso. El nivel de acumulación de sangre puede verse influenciado por la cantidad de presión aplicada. La compresión de la vasculatura proximal al músculo esquelético produce una disminución del aporte de oxígeno (hipoxia local), de nutrientes y del aclaramiento metabólico de la musculatura sometida a tal esfuerzo que incrementa sustancialmente el estrés fisiológico, especialmente a nivel metabólico (Pellegrino, n.d.).



Figura 4. Entrenamiento de BFR en un ejercicio de extensión de rodilla (Peña Ayala & Fernández-López, 2007).

Es así que, la BFR durante el ejercicio genera efectos similares a los del ejercicio de alta intensidad, activando la señalización de la mTOR y la síntesis de proteínas musculares. Por otra parte, la acumulación de metabolitos resultante del estrés metabólico durante el ejercicio con BFR puede activar vías de señalización que promueven la hipertrofia muscular. Además, la hiperemia reactiva se produce tras liberar la restricción, lo que genera un aumento del flujo sanguíneo que contribuye a la recuperación y al crecimiento muscular. Estos mecanismos explicarían los beneficios del BFR (Grgicevic & Sergiani, 2024; Pellegrino, n.d.).

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 (Barber-Westin S & Noyes FR, 2019; Centner C et al., 2019; Loenneke JP et al., 2012).

La variabilidad en los métodos de entrenamiento y las circunstancias fisiológicas sugiere que es necesaria adaptar el enfoque del BFR para cada persona. Así también el uso de manguitos de diferentes materiales y tamaños influye en la efectividad. 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 (Grgicevic & Sergiani, 2024).

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. Se recomienda un enfoque de 2-3 series con una carga del 20-30% del 1RM hasta la fatiga, con un total de 45 a 75 repeticiones por ejercicio. 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 (Lorenz et al., 2021).

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 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. Algunos estudios han demostrado que el BFR no incrementa de manera significativa el riesgo de formación de coágulos o trombosis, aunque se debe tener cuidado en grupo de riesgo. 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, rabdomiolisis, función renal alterada o el consumo de fármacos que aumenten el riesgo de coagulación (Grgicevic & Sergiani, 2024).

Aun así, el riesgo de lesiones es similar al del ejercicio convencional, pero es crucial seguir pautas de aplicación que incluyen la selección adecuada de equipos, la presión y la colocación del manguito para maximizar la efectividad y minimizar riesgos. Se recomienda que los clínicos sigan pautas específicas de aplicación y consideren los riesgos y contraindicaciones asociados para garantizar un uso seguro y efectivo (Pellegrino, n.d.).

Si bien el entrenamiento BFR tiene posibles complicaciones, actualmente es un método novedoso y seguro para entrenar en deportistas y para rehabilitar, principalmente en pacientes con lesiones musculoesqueléticas tales como lo es la KOA.

VI. MÉTODOS

La presente revisión sistemática se basó en un análisis exhaustivo de literatura científica actual relacionada con el tema de estudio. Se estableció un período de publicaciones que abarcaba los últimos 10 años en idioma español y/o inglés. Este rango fue elegido para asegurar una mayor especificidad y actualidad en los temas tratados.

Los estudios seleccionados fueron obtenidos de bases de datos biomédicas públicas reconocidas, específicamente PubMed y Google Académico. Las palabras clave utilizadas se indican en la **Tabla 2**.

Tabla 2. Palabras claves para la búsqueda de material bibliográfico.

#	Término libre	DeCS	MeSH
#1	Osteoartrosis de rodilla	Artrosis de rodilla	<i>Osteoarthritis; Knee</i>
#2	BFR	Terapia de restricción del flujo sanguíneo	<i>Blood flow restriction therapy</i>

#3	Entrenamiento de Restricción del Flujo Sanguíneo	Ejercicio de restricción del Flujo Sanguíneo	<i>Blood flow restriction therapy o training</i>
#4	Fuerza muscular	Fuerza muscular	<i>Muscle strength</i>
#5	Entrenamiento de resistencia	Entrenamiento aeróbico	<i>Resistance training</i>
#6	Cuádriceps	Músculo cuádriceps	<i>Quadriceps muscle</i>
#7	Factores de riesgo	Población de riesgo	<i>Risk factors</i>
#8	Hipertrofia muscular	Crecimiento del músculo esquelético	<i>Skeletal muscle enlargement</i>
#9	Ejercicio físico	Ejercicio aeróbico	<i>Exercise</i>
#10	Eficacia	Eficacia	<i>Efficacy</i>

Los términos elegidos se combinaron empleando el operador booleano 'AND', según se indica en la **Tabla 3**.

Tabla 3. Combinaciones de palabras claves a utilizarse y elemento booleano.

	Término	Conector	Término	Conector	Término	Conector	Término
#11	1	AND	2	AND	4		
#12	1	AND	3	AND	5	AND	10
#13	5	AND	6	AND	8		
#14	1	AND	7	AND	9		
#15	3	AND	4	AND	5		
#16	1	AND	2	AND	3		

A continuación, se indican los criterios de selección seguidos para la búsqueda de artículos:

Criterios de Inclusión

1. Tipo de Artículo:

- Deben ser ensayos clínicos controlados y aleatorizados (ECAs).
- Publicados desde 2015 hasta la actualidad.
- Idiomas elegibles: inglés y español.

2. Tipo de Participantes:

- Sujetos mayores de 18 años.
- Diagnóstico de KOA.

3. Tipo de Intervención:

- Deben aplicar técnicas de BFR en pacientes con KOA.

Criterios de Exclusión

1. Exclusión de estudios cuasi-experimentales, descriptivos o de protocolo:

Esto se hace para centrarse en estudios que proporcionen evidencia más robusta, como ECAs que son considerados el estándar de oro en la investigación clínica. Los estudios cuasi-experimentales y descriptivos pueden no tener el mismo nivel de control sobre las variables, lo que puede afectar la validez de los resultados.

2. Intervención aplicada al grupo control:

Si la intervención principal se aplica también al grupo control, esto puede introducir sesgos y dificultar la evaluación del efecto de la intervención. Es fundamental que el grupo control no reciba la intervención para poder comparar adecuadamente los resultados entre ambos grupos.

3. Participantes menores de edad sin diagnóstico de KOA:

Este criterio se establece para limitar la población de estudio a aquellos que son relevantes para la intervención en cuestión. Los menores de edad pueden tener diferentes respuestas fisiológicas y psicológicas a las intervenciones, por lo que

excluirlos ayuda a obtener resultados más aplicables a la población adulta que se está estudiando.

4. Estudios realizados en animales, repetitivos, con retracción.

VII. CONTEXTO DE ANÁLISIS

Tras una exhaustiva búsqueda bibliográfica, un total de 10 artículos cumplieron con los criterios de inclusión y exclusión, siendo seleccionados para su análisis en la presente revisión sistemática. En todos ellos se evaluaron los siguientes parámetros, tras la aplicación de diferentes esquemas de entrenamiento, utilizando una amplia variedad de metodologías:

- Fuerza muscular y/o potencia
- Capacidad funcional
- Volumen o área muscular
- Dolor y/o calidad de vida

1. Descripción de los artículos incluidos

“Efficacy of Blood Flow-Restricted, Low-Load Resistance Training in Women with Risk Factors for Symptomatic Knee Osteoarthritis” y *“Efficacy of Blood Flow-Restricted Low-Load Resistance Training For Quadriceps Strengthening in Men at Risk of Symptomatic Knee Osteoarthritis”*

Segal NA, Williams GN, Davis M, Wallace RB y Mikesky A

Los trabajos de Segal et. al. (2015) tuvieron como objetivo evaluar la efectividad del entrenamiento de resistencia con BFR acoplado a entrenamiento LI para mejorar la fuerza del cuádriceps en pacientes con riesgo de KOA sintomática. En un primer estudio incluyeron sólo mujeres, y en un segundo, sólo hombres. Las mujeres tenían entre 45 y 65 años (45 participantes en total) y fueron asignadas aleatoriamente 23 al grupo experimental y 22 al grupo control; mientras que los hombres (42 participantes en total) eran mayores de 45 años con una edad promedio 56 años, siendo asignados 21 participantes aleatoriamente a cada grupo.

Se implementó un protocolo de entrenamiento de 4 semanas, con sesiones realizadas tres veces por semana. Cada sesión consistió en 4 series de ejercicios, con un total de

6.5 minutos de presión inflada, que incluía 5 minutos de ejercicio y 1.5 minutos de descanso entre series. Tanto en hombres como en mujeres, se utilizó un programa de entrenamiento de resistencia a LI, específicamente al 30% de su 1RM con BFR o sin BFR. En el Grupo BFR, se aplicó una presión inicial de 30 mm Hg durante la primera sesión, incrementándose en las sesiones posteriores hasta alcanzar un máximo de 180 mm Hg. Se evaluaron los parámetros: fuerza muscular (1RM isotónica e isocinética extensora de rodilla), volumen del cuádriceps, potencia muscular y dolor.

Respecto a las variables analizadas en mujeres, se observó un aumento de la fuerza de *press* de piernas (1RM isotónica) de 28.3 kg en el Grupo BFR frente a 15.6 kg en el Grupo control. En el grupo de hombres, por su parte, si bien ambos grupos mostraron mejoras en la fuerza 1RM isotónica (13.5 kg en el Grupo control frente a 11.3 kg en el Grupo BFR), la adición de BFR al entrenamiento de resistencia a LI no resultó en incrementos significativos en la fuerza del cuádriceps en comparación con el entrenamiento sin BFR.

En cuanto a la fuerza isocinética del extensor de la rodilla, en hombres se registró al finalizar el entrenamiento en el grupo con BFR una fuerza de -0.1 ± 3.3 N·m/kg lo que indica que no hubo una mejoría significativa, representando sólo un 0.4% de cambio respecto al Grupo control, que mostró una fuerza de 7.0 ± 3.0 N·m/kg lo que equivale a una mejora del 6.7%. En mujeres, el Grupo BFR registró una fuerza de 0.07 ± 0.03 N·m/kg, que tampoco mostró una diferencia estadísticamente significativa en comparación con el Grupo control, que presentó una fuerza de -0.05 ± 0.03 N·m/kg.

Por otro lado, Segal empleó resonancia magnética para investigar el volumen del cuádriceps en un pequeño grupo. Aunque se esperaba que el entrenamiento con BFR aumentará este volumen, no se encontraron diferencias significativas entre los grupos experimentales. Pese a ello, el Grupo BFR presentó un cambio del 1.3% en el volumen del cuádriceps, lo que sugiere que el estudio podría no haber tenido suficiente poder estadístico para detectar diferencias significativas posiblemente debido al pequeño tamaño de la muestra analizada por resonancia magnética. Además, otra limitación

podría deberse a que el diseño del estudio y la duración del programa podrían no haber sido adecuados para inducir cambios en el volumen muscular.

En este trabajo también se evaluó la potencia muscular de las extremidades inferiores para subir escaleras. Este parámetro se evaluó sobre en el grupo mujeres, resultando en una mejora que no fue significativa entre ambos grupos.

En cuanto al dolor, se midió utilizando la escala de puntuación KOOS. El Grupo control de hombres mostró una disminución del dolor del 14.2%, mientras que el Grupo BFR reportó sólo una disminución del 4.9%. Para las mujeres, no se observaron aumentos significativos en el dolor de rodilla en ninguno de los grupos, lo que indica que el entrenamiento en el grupo experimental no exacerbó los síntomas de la OA.

Ambos análisis se realizaron en pacientes con riesgo de KOA o con diagnóstico de KOA radiográfica. Sin embargo, los hallazgos en hombres mayores con riesgo de padecerla sugieren que pueden ser necesarias duraciones más prolongadas de entrenamiento con BFR para obtener mayores ganancias de fuerza que el entrenamiento de LI sólo, ya que el tratamiento propuesto no confirió ningún beneficio a los pacientes. Por lo tanto, la duración de 4 semanas del entrenamiento sería una limitación del estudio.

“Exercises with partial vascular occlusion in patients with knee osteoarthritis: a randomized clinical trial”

Fernandes Bryk F, Curcio dos Reis A, Fingerhut D, Araujo T, Schützer M, de Paula Leite Cury R, Duarte Jr A y Yukio Fukuda T

El estudio de Fernandes Bryk et. al. (2016) tuvo como objetivo evaluar la efectividad de un programa de rehabilitación que combinaba ejercicios de LI con BFR en mujeres con KOA, y compararlo con un programa de ejercicios de HI. Un total de 34 mujeres, con una edad media de 61 años y diagnosticadas con KOA, participaron en el ensayo. Fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos: el Grupo convencional, que realizó ejercicios de cuádriceps con una carga del 70% del 1RM (HI), y el Grupo BFR, que realizó un programa similar, pero utilizando una carga del 30% de 1RM combinado con BFR (LI-BFR), lograda a través de un manguito de presión inflado a 200 mmHg.

Ambos grupos completaron un total de 18 sesiones de tratamiento distribuidas tres veces por semana, durante un período de 6 semanas. La intervención incluyó ejercicios de fortalecimiento y estiramientos específicos para el cuádriceps, con un enfoque en la progresión de la carga basada en la tolerancia del paciente. Se evaluaron los parámetros: fuerza muscular de cuádriceps, dolor y funcionalidad.

La fuerza muscular del cuádriceps fue evaluada utilizando un dinamómetro manual que medía la contracción voluntaria isométrica máxima. Durante los ejercicios de cuádriceps, el Grupo BFR registró una fuerza de 23.2 ± 8.4 antes del entrenamiento y 40.0 ± 0.2 después del programa de entrenamiento, lo que representa una mejora del 17%. Por su parte, el Grupo control que entrenó al 70% de 1RM registró 24.1 ± 10.1 antes del entrenamiento y 33.5 ± 12.9 después del tratamiento, mostrando una mejora del 9%. Aunque no hubo diferencias significativas entre los grupos, tanto el Grupo BFR como el Grupo control mostraron mejoras significativas antes y después de la terapia.

Fernández Bryk empleó, a su vez, la prueba *Timed Up and Go* (TUG) para medir la movilidad funcional. En sus investigaciones, se observó una mejora en la movilidad, aunque no siempre se encontraron diferencias significativas entre los grupos evaluados. También se utilizó el cuestionario de Lequesne, junto con la prueba TUG, observando mejoras en la funcionalidad, aunque sin diferencias significativas. Estos hallazgos sugieren que, a pesar de las variaciones en los métodos, existe un consenso en que las intervenciones pueden conducir a mejoras en la funcionalidad y calidad de vida de los pacientes con KOA.

Por último, ambas intervenciones, tanto la de HI como la de LI con BFR, lograron mejoras significativas en el alivio del dolor. Un hallazgo notable fue que las pacientes del Grupo BFR experimentaron menos molestias en la parte anterior de la rodilla durante las sesiones de ejercicio en comparación con el Grupo de HI. Esto sugiere que el uso de BFR en combinación con ejercicios de LI ofrece beneficios similares a los de los ejercicios de HI, pero con la ventaja adicional de reducir el dolor durante el ejercicio.

“Benefits of Resistance Training with Blood Flow Restriction in Knee Osteoarthritis”

Ferraz RB, Gualano B, Rodrigues R, Obara Kurimori C, Pleno R, Rodrigues Lima F, De Sá-Pinto AL y Roschel H

El estudio de Ferraz et. al. (2018) se centró en comparar los efectos del entrenamiento con BFR acoplados al entrenamiento de resistencia de HI o de LI en mujeres con KOA. En total, 48 mujeres de entre 50 y 65 años, diagnosticadas con KOA fueron seleccionadas para participar en el estudio.

Las 48 participantes fueron asignadas aleatoriamente a uno de tres grupos: HI, LI o LI-BFR. El programa de entrenamiento consistió en sesiones realizadas dos veces por semana, durante 12 semanas. En el estudio se evaluaron: fuerza muscular, área de cuádriceps, funcionalidad y calidad de vida.

Respecto al esquema de entrenamiento, en el Grupo de HI, se realizaron cuatro series de 10 repeticiones al 50% de 1RM en la primera semana, aumentando a 80% de 1RM a partir de la segunda semana. En el Grupo de LI, se realizaron cuatro series de 15 repeticiones al 20% de 1RM en la primera semana, aumentando a 30% de 1RM a partir de la segunda semana. Por último, al Grupo de LI-BFR se le aplicó además un manguito inflable para restringir parcialmente el flujo sanguíneo, manteniendo la misma carga y progresión que el Grupo LI, pero con el manguito inflado al 70% de la presión necesaria para una restricción completa del flujo sanguíneo.

Los resultados mostraron que tanto HI como LI-BFR lograron aumentos significativos en la fuerza muscular (1RM) en comparación con LI. El Grupo LI-BFR mostró un aumento del 26% en la fuerza de la prensa de piernas y del 23% en la extensión de rodilla, mientras que el HI mostró aumentos del 33% y 22%, respectivamente. No hubo cambios significativos en el Grupo LI.

Ferraz utilizó tomografía computarizada para evaluar la hipertrofia muscular y encontró aumentos significativos en el área de sección transversal del cuádriceps en los grupos de entrenamiento de HI y de LI-BFR, con incrementos del 8% y 7%, respectivamente. En contraste, el Grupo de entrenamiento LI no mostró cambios significativos, con un aumento de sólo el 2%.

Además, se incorporaron otras pruebas funcionales. Se evidenció una mejora en la funcionalidad física de los grupos de HI y LI-BFR, medida a través de la prueba de *Timed Stands* (TST), con aumentos del 14% y 7%, respectivamente. El Grupo LI no mostró cambios significativos. A partir de la prueba TUG, se observó también una

mejora en la movilidad, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los grupos evaluados HI y LI-BFR.

Respecto a la calidad de vida de los pacientes, es importante resaltar que la puntuación de la escala WOMAC (*Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index*) mostró una reducción significativa del dolor tras la realización de los ejercicios: -45% para el Grupo LI y -39% en el Grupo BFR, pero no se observaron cambios en el Grupo HI. Un hallazgo notable fue que el 25% de los pacientes en el Grupo de HI se retiraron debido a dolor relacionado con el ejercicio, mientras que no se reportaron eventos adversos en el Grupo BFR. No se encontraron diferencias significativas entre los grupos en las puntuaciones del SF-36.

A partir de los hallazgos mencionados, tanto el entrenamiento HI como el LI-BFR fueron efectivos para aumentar la fuerza muscular, masa del cuádriceps y la funcionalidad de pacientes KOA. Aunque el entrenamiento de resistencia de HI produjo mayores ganancias de fuerza en comparación con el grupo LI-BFR, cabe destacar que esto ocurrió a expensas de un mayor porcentaje de dolor en los pacientes.

“Effect of blood flow restriction training with low load resistance on osteoarthritis of the knee”

Abdallah M, Fayaz NA, Mohammed MM y Fadel ME

Abdallah et. al. (2018) realizaron un ECA que incluyó a 40 mujeres con KOA unilateral de leve a moderada, con edades entre 45 y 60 años. Fueron asignadas aleatoriamente a dos grupos: el Grupo A realizó entrenamiento de resistencia de HI al 60% del 1RM y el Grupo B, entrenamiento de LI al 30% de su 1RM combinado con BFR. Para el BFR, se utilizó un manguito inflable que aplicaba presión de 200 mmHg en el muslo, ajustándose según la tolerancia del paciente. Este programa se aplicó tres veces por semana a lo largo de 4 semanas, en un total de 12 sesiones.

Los ejercicios incluían fortalecimiento y estiramiento de la musculatura del miembro inferior, como elevaciones de pierna recta con peso en el tobillo, extensiones de rodilla sentadas con peso en el tobillo, abducción y aducción de cadera con peso en el tobillo, elevaciones de talón y estiramiento de los músculos isquiotibiales.

Tras completarse el tratamiento, se analizó la movilidad funcional a partir de TUG. Los resultados mostraron una mejora en la movilidad, aunque no se encontraron diferencias significativas entre los grupos evaluados.

A pesar de que el estudio de Abdallah no se centró en la evaluación de la fuerza muscular, sí se observó que el uso del entrenamiento LI resultó en menos dolor anterior de rodilla durante las sesiones en comparación con el entrenamiento de HI.

“Blood-flow restriction resistance exercise for older adults with knee osteoarthritis: A pilot randomized clinical trial”

Harper S, Roberts PL, Layne A, Jaeger B, Gardner AK, Sibille KT, Wu SS, Vincent KR, Fillingim RB, Manini TM y Buford TW

El estudio de Harper et. al. (2019) evaluó la efectividad del entrenamiento de LI con BFR en comparación con un grupo de entrenamiento de resistencia de intensidad moderada (MI). En este estudio, 35 adultos mayores a 60 años con diagnóstico de KOA fueron reclutados y asignados aleatoriamente 17 participantes al Grupo BFR y 18 al Grupo MI. Los participantes realizaron ejercicios de resistencia tres veces por semana, durante 12 semanas.

El Grupo MI realizó cuatro ejercicios de extremidades inferiores (prensa de piernas, extensión de piernas, *curl* de piernas y flexión de pantorrillas) al 60% de su 1RM. Por otro lado, el Grupo BFR realizó los mismos ejercicios, pero al 20% de su 1RM con la adición de BFR a una presión de 180 mmHg. Tras completarse el esquema de entrenamiento, se evaluaron fuerza muscular, funcionalidad, dolor y biomarcadores. Los resultados obtenidos con biomarcadores no se tendrán en cuenta, ya que no son esenciales para cumplir los objetivos del presente trabajo.

Los resultados mostraron que el cambio en la fuerza de los extensores de rodilla fue de 9.96 Nm en ambos grupos, con una diferencia media entre grupos de -1.87 Nm, favoreciendo al Grupo MI. Aunque el BFR puede tener menor eficacia en términos de aumento de fuerza en comparación con el MI, esto pudo haberse debido a la baja carga que realizó el Grupo BFR que entrenó a una intensidad del 20% de 1RM, en comparación con el 30% de 1RM utilizado en otros estudios.

Se utilizó un dinamómetro isocinético para medir la fuerza de extensión de la rodilla en el miembro afectado por la KOA. Se midió el torque pico isocinético en tres velocidades de movimiento (60°, 90° y 120° por segundo). Se contempló un aumento de la fuerza en ambos grupos, pero el Grupo BFR mostró menor eficacia.

En cuanto al dolor, el Grupo BFR reportó solo 3 casos de dolor en comparación con 14 casos reportados en el Grupo MI. Esto sugiere que la disminución del dolor, medido a través de la escala WOMAC, puede estar relacionada con el mayor número de sesiones semanales y la duración del seguimiento, lo que convierte a este estudio en el que más sesiones se realizaron en total. Este hallazgo es similar a lo reportado en el estudio de Ferraz, fortaleciendo la hipótesis de que las ganancias de fuerza obtenidas en ambos grupos de entrenamiento de HI o MI fueron mayores, pero a expensas de un aumento en el dolor.

“Optimal parameters of blood flow restriction and resistance training on quadriceps strength and cross-sectional area and pain in knee osteoarthritis”

Mahmoud WS, Osailana A, Ahmeda AS, Elnaggara RK y Radwana NL

El estudio de Mahmouda et. al. (2021) tuvo como objetivo evaluar los efectos de dos intensidades de entrenamiento BFR, combinadas con entrenamiento de resistencia de LI en la fuerza del cuádriceps. 35 participantes con edad entre 50 a 65 años y con diagnóstico KOA completaron la intervención. Al final del estudio, 35 pacientes completaron la intervención, siendo asignados a dos grupos: el Grupo A (18 participantes) que recibió BFR al 50% de la presión de oclusión total, y el Grupo B (17 participantes) que recibió BFR al 70% de la presión de oclusión total.

Los participantes realizaron un programa de entrenamiento de resistencia de LI durante 8 semanas, con sesiones tres veces por semana, utilizando una máquina de prensa de piernas. El Grupo A realizó ejercicios con un 10% de su 1RM durante las primeras cuatro semanas, aumentando a 30 repeticiones en las siguientes cuatro semanas. El Grupo B, por su parte, realizó ejercicios con un 30% de su 1RM bajo una presión de oclusión del 70%, también aumentando a 30 repeticiones en la segunda mitad del programa. Luego, se examinaron el área transversal y la fuerza del cuádriceps, y el dolor.

Los resultados indicaron que la fuerza del cuádriceps, evaluada con dinamómetro isocinético, mejoró significativamente en el Grupo B con un 70% de presión de oclusión y 30% de 1RM, alcanzando un promedio de 169.37 Nm, en comparación con 127.98 Nm en el Grupo A que utilizó un 10% de 1RM. En este caso, una mayor resistencia BFR resultó en mayor fuerza muscular lo que se atribuye a la acumulación de metabolitos que inducen la fatiga muscular y a la activación de fibras musculares de contracción rápida, lo que puede estimular la hipertrofia muscular.

Además, se observó una correlación negativa moderada entre la fuerza del cuádriceps y el dolor en la rodilla, lo que sugiere que un aumento en la fuerza del cuádriceps puede contribuir a la reducción del dolor. El análisis de regresión múltiple reveló que los cambios en la fuerza del cuádriceps podrían predecir el nivel de dolor en la rodilla, indicando que cada aumento en la fuerza del cuádriceps se asocia con una disminución en la puntuación de dolor.

“The use of a single resistance exercise with or without blood flow restriction in the treatment of pain in osteoarthritis of the knee: a randomized clinical trial”

Schorr Grossl F, De-Sá CA, Da-Sila-Grigoletto E, Ferretti F, Lopes Copatti S y da Silva Corralo, V

El estudio de Schorr Grossl et. al. (2023) tuvo como objetivo analizar los efectos de 12 semanas de entrenamiento de resistencia de LI, con y sin BFR, sobre la mejora de la fuerza muscular y el control del dolor en pacientes con KOA. Se reclutaron 35 pacientes con diagnóstico clínico de KOA, de los cuales 26 cumplieron los criterios de inclusión siendo 10 de ellos hombres y 16 mujeres con edades entre 45 y 70 años. Los participantes fueron asignados a dos grupos en igual cantidad de participantes, uno con BFR (LI-BFR) y otro sin BFR (LI). Se evaluaron la fuerza muscular, la capacidad funcional y el dolor de rodilla.

Ambos grupos de experimentación realizaron ejercicios de resistencia de LI, específicamente la extensión de la rodilla en una silla extensora, utilizando el 30% de su 1RM. Las sesiones se llevaron a cabo dos veces por semana durante 12 semanas. En cuanto a la progresión del entrenamiento, se comenzó con un set de 15 repeticiones, aumentando a dos sets y, luego, a tres sets de 15 repeticiones a lo largo del estudio. Se utilizó un metrónomo digital para mantener un ritmo de tres segundos por repetición,

con un minuto de descanso entre sets. En el Grupo LI-BFR, se aplicaron torniquetes neumáticos en la parte proximal de los muslos, utilizando una presión equivalente al 70% de la presión de oclusión de la arteria tibial posterior.

Los resultados mostraron que ambos grupos aumentaron significativamente la fuerza máxima dinámica en la extensión de rodilla después de las 12 semanas. Sin embargo, no hubo diferencias significativas en la mejora de la fuerza máxima (1RM) entre los grupos con y sin BFR. Es decir que, la BFR no proporcionó beneficios adicionales en la mejora de la fuerza muscular. A pesar de ello, cabe destacar que ambos grupos lograron mejoras significativas en la fuerza muscular, lo que sugiere que el ejercicio de resistencia de LI fue suficiente para aumentar la fuerza en este grupo de pacientes con KOA.

Schorr también evaluó la eficacia del pico de torque para la extensión de rodilla, encontrando que este aumentó significativamente sólo en el grupo que combinó LI con BFR.

En cuanto a la fuerza funcional, se aplicó el *Chair-test*, encontrando que ambos grupos mejoraron después de 12 semanas, aunque sin diferencias significativas con o sin BFR.

Adicionalmente, ambos grupos de intervención mostraron mejoras significativas en la reducción del dolor tras 12 semanas de ejercicio. Sin embargo, no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre grupos, tal como se apreció con la fuerza máxima. Esto vuelve a reforzar la idea de que el ejercicio de resistencia por sí solo puede ser suficiente para lograr mejoras en la fuerza y el control del dolor.

Se reconocen limitaciones, como el tamaño reducido de la muestra. Pese a ello, en un primer análisis, podría pensarse que el ejercicio de resistencia de LI realizado dos veces por semana, es efectivo para reducir el dolor y mejorar la fuerza en pacientes con KOA, aunque debería de probarse en un número mayor de pacientes.

“Low-load resistance training with blood flow restriction versus traditional versus traditional training exercises in patients with osteoarthritis of the knee patients with knee osteoarthritis”

Abdelkader M, Fawzy E, Abdulrahman Shabara A, y Nabil A. Mohamed NA

El estudio de Abdelkader et. al. (2023) investigó el impacto del entrenamiento de resistencia de LI con BFR en comparación con el entrenamiento de HI en un total de 42 pacientes de ambos sexos (12 hombres y 30 mujeres) con KOA leve a moderada y edades entre 45 a 60 años. Fueron distribuidos aleatoriamente en dos grupos: uno para el tratamiento convencional con HI (Grupo HI) y otro para LI acoplado a BFR (Grupo LI-BFR).

Ambos grupos realizaron un programa de entrenamiento tres veces por semana a lo largo de 4 semanas, logrando un total de 12 sesiones. La duración de cada sesión fue de 30 a 60 minutos. Los ejercicios específicos para el Grupo HI incluyeron la extensión de rodilla isométrica del cuádriceps en posición sentada, ejercicios de estiramiento y fortalecimiento para los músculos de las extremidades inferiores, como la elevación de la pierna recta con carga, la flexión plantar del tobillo y ejercicios para los abductores y aductores de la cadera con pesas en los tobillos. Por otro lado, el Grupo LI-BFR realizó ejercicios similares, pero con una carga baja (30% del 1RM) e incluyendo BFR mediante un torniquete colocado en el muslo a una presión del 60% de la presión arterial oclusiva. Tras completarse el entrenamiento, se evaluaron la fuerza muscular, la funcionalidad (a partir del dolor) y la propiocepción.

La fuerza muscular del cuádriceps se evaluó utilizando un dinamómetro manual. Al final del tratamiento, el Grupo LI-BFR mostró una media de fuerza muscular mayor (144.52 ± 17.44 N) en comparación con el Grupo HI (132.95 ± 17.1 N). Esto indicaría que los ejercicios de resistencia de LI con BFR fueron más eficientes para mejorar la fuerza muscular en comparación con los ejercicios de HI.

Respecto al dolor, Abdelkader, utilizó el cuestionario WOMAC para medir la función de la rodilla reportando una mejora significativa, especialmente en el grupo que recibió entrenamiento de BFR que mostró mejores resultados en comparación con el Grupo de HI. El Grupo BFR presentó una puntuación media post-tratamiento de 42.71 ± 6.5 frente a 49.47 ± 4.91 en el Grupo HI.

A su vez, el Grupo LI-BFR mostró una mejoría en la propiocepción en comparación con el Grupo HI después del tratamiento. Por lo que, tras los resultados exhibidos, se concluye de este trabajo que el entrenamiento LI al 30% 1RM junto con BFR al 60% son efectivos para la mejora de los síntomas en pacientes con KOA.

“Vascular occlusion for optimising the functional improvement in patients with knee osteoarthritis: a randomised controlled trial”

Jacobs E, Stroobant L, Victor J, Elewaut D, Tampere T, Wallaert S, Witvrouw E, Schuermans J y Wezenbeek E

El estudio de Jacobs et. al. (2024) se centró en investigar los efectos del BFR en programas de ejercicio para pacientes con KOA. Este ensayo incluyó a 120 pacientes diagnosticados con KOA, reclutados en el Hospital Universitario de Gante. Los participantes fueron asignados aleatoriamente a uno de dos grupos: el Grupo control, que siguió un programa de ejercicio tradicional, y el Grupo BFR, que realizó un programa de ejercicio tradicional mejorado con la técnica de BFR.

El programa de entrenamiento tuvo una duración de 12 semanas, con un total de 24 sesiones (dos veces por semana). Ambos grupos realizaron ejercicios de fortalecimiento y movilidad, diseñados para mejorar la función y reducir el dolor en los pacientes. Las evaluaciones se realizaron en diferentes momentos: al inicio, a las 6 semanas, a las 12 semanas y a los 3 meses después de la intervención, para medir los resultados en términos de fuerza muscular, dolor y funcionalidad. El resultado primario de Jacobs fue el cuestionario KOOS a los tres meses de seguimiento, junto con la fuerza de rodilla y pruebas funcionales como resultados secundarios.

En primer lugar, en cuanto a los resultados relacionados con la fuerza muscular, se observó un aumento significativo en la fuerza del cuádriceps en el Grupo BFR, con un tamaño del efecto de 0.81 a las 12 semanas. Los beneficios observados en el Grupo BFR se mantuvieron incluso a los 3 meses, sugiriendo que la integración de BFR en programas de ejercicio tradicional no solo proporciona mejoras a corto plazo, sino que también tiene efectos duraderos.

Secundariamente, para el dolor, el grupo que recibió BFR mostró una mejora notable en la subescala medida por KOOS, con un tamaño del efecto de 0.58 a las 12 semanas. A los 3 meses de seguimiento, también continuaron mostrando mejoras en la subescala de dolor, síntomas y calidad de vida.

Para analizar la funcionalidad, se evaluaron diversas pruebas. Por un lado, se midió el tiempo requerido para subir y bajar 11 escalones en la prueba de subir escaleras, donde el Grupo BFR mostró mejoras significativas en comparación con el Grupo de control a las 12 semanas. Otra consistió en la prueba de levantarse de una silla durante 30 segundos, donde se contó el número de veces que el participante se levantó, con el Grupo BFR realizando 3.6 repeticiones más que el Grupo control a las 12 semanas. La prueba de 6 minutos de caminata midió la distancia recorrida, evidenciando un aumento en el Grupo BFR de 44 metros a las 6 semanas y de 62 metros a las 12 semanas. En la prueba de marcha rápida de 40 metros, el tiempo requerido se redujo en 2.3 segundos en el Grupo BFR a las 24 semanas. Finalmente, en la prueba de flexión de rodilla (30 segundos), se observó una mejora significativa en el Grupo BFR con 4.49 repeticiones más que el Grupo control a las 12 semanas.

En resumen, todos estos resultados mostraron que el Grupo con BFR obtuvo mejoras significativas en todas las pruebas funcionales en comparación con el Grupo de control, tanto a las 12 como a las 24 semanas, reflejando un aumento en la capacidad funcional, fuerza y resistencia física, así como una notable mejora en el manejo del dolor y la calidad de vida de los pacientes con KOA.

2. Cuadro comparativo

En la **Tabla 4** se ilustra un resumen de los trabajos analizados e incluidos, según su año de publicación, que se describieron en detalle en la sección anterior.

Tabla 4. Características de los artículos incluidos.

Autor	Muestra	Tipo de intervención	Variables evaluadas	Resultados
(Segal et al. 2015)	42 hombres, > 45 años, riesgo de KOA	4 semanas, 3 veces/semana - LI 30% 1RM + BFR - LI 30% 1RM	Fuerza (<i>press</i> de piernas, isocinética) y dolor (KOOS)	Hubo mejoras en fuerza y dolor en ambos grupos, pero no se confirmaron beneficios adicionando BFR al entrenamiento LI.
(Segal et al. 2015)	45 mujeres, 45-65 años, factores de riesgo para KOA	4 semanas, 3 veces/semana - LI 30% 1RM + BFR - LI 30% 1RM	Fuerza (isotónica, isocinética), volumen de cuádriceps (MRI) y dolor (KOOS)	BFR mostró mayor aumento en fuerza en piernas y rodilla, sin alterar el dolor.

(Bryk et al. 2016)	34 mujeres, media 61 años, diagnóstico de KOA	6 semanas, 3 veces/semana - HI 70% 1RM - LI -BFR 30% 1RM	Fuerza (dinamómetro), dolor (Escala Numérica) y funcionalidad (Lequesne y TUG)	Ambos grupos mejoraron en fuerza y funcionalidad, pero al acoplar BFR al entrenamiento causó menos dolor anterior de rodilla.
(Ferraz et al. 2018)	48 mujeres, 50-65 años, diagnóstico de KOA	12 semanas, 2 veces/semana - HI 80% 1RM - LI 30% 1RM - LI 30% 1RM + BFR	Fuerza (1RM), masa muscular (tomografía computada), funcionalidad (TS y TUG) y calidad de vida (WOMAC y SF-36)	HI y LI-BFR aumentaron fuerza, masa muscular y funcionalidad. Pero, sólo LI+BFR redujo dolor de manera efectiva (39%).
(Abdallah et al. 2018)	40 mujeres, 45-60 años, KOA tibiofemoral unilateral	4 semanas, 3 veces/semana -HI 60% 1RM - LI 30% 1RM + BFR	Movilidad funcional (TUG) y dolor (VAS)	Ambos grupos mejoraron la movilidad, pero con LI-BFR se reportó menos dolor.
(Harper et al. 2019)	35 pacientes, > 60 años, diagnóstico de KOA	12 semanas, 3 veces/semana - MI 60% 1RM - LI 20% 1RM + BFR	Fuerza (torque pico) velocidad de marcha, funcionalidad (SPPB y LLFDI) y dolor (WOMAC)	Ambos grupos mejoraron fuerza, y funcionalidad. LI-BFR incluso reportó menos dolor (3 vs 14 casos reportados).
(Mahmoud et al. 2021)	35 hombres, 50-65 años, diagnóstico de KOA	8 semanas, 3 veces/semana - LI (30% 1RM y 10% 1RM) + BFR 50% - LI (30% 1RM y 10% 1RM) + BFR 70%	Fuerza (dinamómetro), área transversal (ecógrafo doppler) y dolor (VAS)	BFR tuvo un impacto positivo con aumento significativo en volumen y fuerza de cuádriceps, y reducción de dolor. El grupo LI 30% 1RM + BFR al 70% mostró los mejores resultados.
(Schorr Grossl F et al. 2023)	26 participantes (10 hombres y 16 mujeres), 45-70 años, diagnóstico de KOA	12 semanas, 2 veces/semana - LI 30% 1RM - LI 30% 1RM + BFR	Fuerza (1RM), dolor (VAS) y fuerza funcional (<i>Chair-test</i>)	Ambos grupos aumentaron fuerza y funcionalidad, sin diferencias significativas.
(Abdelkader et al. 2023)	42 pacientes (21 hombres y 21 mujeres), 45-60 años, KOA leve a moderada.	4 semanas, 3 veces/semana - HI 70% 1RM - LI 30% 1RM + BFR	Fuerza (dinamómetro), funcionalidad (WOMAC) y propiocepción (inclinómetro)	No se encontraron diferencias significativas entre grupos, pero LI+BFR resultó ser más tolerable para los pacientes.
(Jacobs et al. 2024)	120 pacientes, 30-80 años, diagnóstico de KOA	12 semanas, 24 sesiones - Ejercicio tradicional - Ejercicio tradicional + BFR Hacen seguimiento semanas tras terminar el tratamiento	Fuerza del cuádriceps (dinamómetro), rendimiento, funcionalidad (pruebas funcionales y KOOS) y dolor (KOOS)	Grupo BFR mostró mejoras en fuerza del cuádriceps, dolor y capacidad funcional tanto a corto como a largo plazo.

VIII. RESULTADOS

Esta sección se dividirá según diferentes características a evaluarse a fines de mejorar la comprensión de resultados y, consecuentemente, responder con precisión a la pregunta de investigación del presente trabajo.

1. Dosificación de entrenamiento

En la **Tabla 5**, se ilustran los diferentes esquemas de entrenamiento efectuados en los ECAs incluidos. En la misma se contempla el porcentaje de intensidad que se llevó a cabo con los ejercicios mencionados y la progresión de entrenamiento en cada grupo respectivo.

Tabla 5. Comparación de programas de entrenamiento utilizados en los ECAs evaluados.

Estudio	Grupos experimentales			Ejercicios	Progresión de entrenamiento
(N. A. Segal et al., 2015)	30% 1RM	30% 1RM + BFR 180 mmHg		Prensa de piernas, fuerza extensora isocinética	4 series de 15 repeticiones, aumentando a 30 repeticiones en la segunda mitad del programa, 3 veces por semana durante 4 semanas (12 sesiones).
(N. Segal et al., 2015)					
(Bryk et al., 2016)	70% 1RM	30% 1RM + BFR 200 mmHg		Ejercicios de fortalecimiento y estiramiento del cuádriceps	3 veces por semana durante 6 semanas de intervención, con ajustes semanales de carga (18 sesiones totales).
(Ferraz et al., 2018)	80% 1RM	30% 1RM	30% 1RM + BFR al 70%	Prensa de piernas y extensión de rodilla	2 veces por semana durante 12 semanas. Aumento de series de 4 a 5 a partir de la 5ª semana; reevaluación del 1RM cada 4 semanas (24 sesiones).
(Abdallah et al., 2018)	60% 1RM		30% 1RM + BFR 200 mmHg	Elevaciones de pierna recta, extensiones de rodilla, abducción y aducción de cadera, elevaciones de talón	10 minutos de calentamiento, carga máxima revisada semanalmente, 3 veces por semana durante 4 semanas (12 sesiones).

(Harper et al., 2019)	60% 1RM	20% 1RM + BFR 180 mmHg	Prensa de piernas, extensión de piernas, flexión de piernas, flexión de pantorrillas	3 veces por semana durante 12 semanas. Ajustes de peso cada 3, 6, 9 y 12 semanas; ejercicios hasta el agotamiento voluntario (36 sesiones).
(Mahmoud et al., 2021)	30% 1RM y 10% 1RM + BFR al 50%	30% 1RM y 10% 1RM + BFR al 70%	Prensa de piernas horizontal	4 series de 15 repeticiones, aumentando a 30 repeticiones en la segunda mitad del programa, 3 veces por semana hasta llegar a las 8 semanas (24 sesiones totales).
(Schorr Grossl F et al., 2023)	30% 1RM	30% 1RM + BFR al 70%	Extensión de rodilla en silla extensora	Aumento de 1 set a 3 sets de 15 repeticiones, 2 veces por semana a lo largo de 12 semanas (24 sesiones).
(Abdelkader et al., 2023)	70% 1RM	30% 1RM + BFR al 60%	Extensión de rodilla isométrica, estiramiento de isquiotibiales, elevación de pierna recta	Ajustes semanales de carga según tolerancia, 3 veces por semana durante 4 semanas (12 sesiones en total).
(Jacobs et al., 2024)	Ejercicio tradicional	Ejercicio tradicional + BFR (no especifica)	Ejercicios de fortalecimiento y movilidad (no especifica presiones)	24 sesiones, 2 veces por semana durante 12 semanas. Evaluaciones en diferentes momentos.

A pesar de que los esquemas de entrenamiento difirieron entre los 10 trabajos evaluados, los porcentajes de carga y oclusión se repitieron en varios de ellos. En los dos estudios de Segal, el de Ferraz, el de Mahmoud y el de Schorr Groszl (5 en total) se trabaja con entrenamiento LI al 30% comparando su eficacia al combinarse con BFR o no. Ferraz también evalúa en comparación otro grupo de entrenamiento HI al 80%. A su vez, Mahmoud prueba dos intensidades distintas de LI, 10% 1RM y 30% 1RM combinado con dos porcentajes de oclusión sanguínea BFR distintos (50% y 70%). En los trabajos restantes (4 de ellos), a diferencia de estos primeros, se compara el entrenamiento LI con BFR frente al entrenamiento HI o MI. En todos ellos, el grupo LI trabaja al 30% 1RM, excepto en el estudio de Harper donde trabajan al 20%. Mientras que el grupo HI o MI trabaja a una intensidad moderada o alta de 60% 1RM y 70% 1RM.

Las presiones de BFR utilizadas variaron entre 180 mmHg a 200 mmHg, o al 60-70%, por lo que se puede estimar que no hubo grandes variaciones respecto a esta metodología.

Otra variación en el esquema de entrenamiento se basó en la frecuencia y duración del tratamiento. La frecuencia de entrenamiento varió entre 2 a 3 veces por semana, a lo largo. De esta forma, el número de sesiones totales oscilo en 12 a 24 semanas mayormente. Los grupos evaluados por Harper fueron los que mayores sesiones de tratamiento tuvieron, lo que constituyó un total de 36.

Por su parte, el trabajo de Jacobs no especifica presiones de entrenamiento. Pero cabe destacar este ECA, no menos importante, por hacer un seguimiento a los 3 meses proveyendo resultados tanto a corto como largo plazo.

2. Fuerza muscular

Se utilizaron diferentes métodos para la evaluación de la fuerza muscular (**Tabla 4**). De los 10 artículos analizados, 3 emplearon la prensa de pierna para medir la fuerza dinámica máxima de las dos piernas o la extensión de rodilla (1RM). En otros 5 artículos, se evaluó la fuerza extensora de rodilla isocinética, que permite medir la fuerza a diferentes velocidades de contracción y se expresa en Newtons. Otros 2 artículos evaluaron la fuerza isométrica, mientras que 1 artículo utilizó el método KOOS, aunque no es una evaluación directa de la fuerza. Por último, 2 de los artículos no especificaron el método utilizado.

En un total de 8 trabajos se contempló que la adición de BFR al entrenamiento LI mejoraba la fuerza muscular de cuádriceps. Sin embargo, sólo en cuatro de ellos esta diferencia fue significativa comparándose con el grupo control. Estos fueron los trabajos de Segal, Ferraz, Jacobs y Mahmoud donde se vieron beneficios por sobre los grupos LI sin BFR. Mahmoud, incluso, apreció mejores resultados cuando el LI fue del 30% 1RM y la oclusión vascular del 70%. En otros 3 ECAs (Bryrk, Abdelkader y Harper) no se vieron diferencias significativas, ya que tanto el entrenamiento HI como el LI con BFR resultaron en incremento en la fuerza muscular.

Mientras que sólo un estudio, (el de Schorr Grosi) no contempló diferencias ya que esta variable aumentó con el entrenamiento LI en ausencia o presencia de BFR. No es un detalle menor, que en este trabajo sólo se haya trabajado con una frecuencia de 2 veces por semana. Si bien esta dosificación es igual a la de Ferraz, donde si se vieron cambios entre grupos, el número de pacientes involucrados en el análisis fue casi el doble. Por lo que esto podría ser una de las razones por las que Schorr Grosi y compañía no vieron diferencias estadísticas en sus evaluaciones.

3. Hipertrofia muscular

Sólo en 3 de los 10 ECAs incluidos se consideró el volumen muscular.

Ferraz utilizó tomografía computarizada para evaluar la hipertrofia muscular y encontró aumentos significativos en el área de sección transversal del cuádriceps en los grupos de entrenamiento de HI y de entrenamiento LI con BFR, con incrementos del 8% y 7%, respectivamente. A pesar de que la diferencia no sería significativa entre estos dos grupos experimentales, si lo fue respecto al grupo LI sin BFR.

Algo similar contempló Mahmoud, utilizando ecografía Doppler, donde se apreció un aumento significativo del área del cuádriceps especialmente en el grupo que utilizó un 70% de presión de oclusión total con un 30% 1RM, respecto a los otros 3 grupos de experimentación. Este grupo mostró un aumento de 77.37 cm, en comparación con el grupo que utilizó un 10% de 1RM, que presentó un área de 67.96 cm.

Mientras que Segal, por lo contrario, no encontró diferencias significativas entre los grupos LI con o sin BFR a partir de los resultados medidos por resonancia magnética. El grupo BFR presentó sólo un cambio del 1.3% en el volumen del cuádriceps, lo que sugiere que el estudio podría no haber tenido suficiente poder estadístico para detectar diferencias significativas, posiblemente debido al pequeño tamaño de la muestra analizada por resonancia magnética. Además, el diseño del estudio y la duración del programa podrían no haber sido adecuados para inducir cambios en el volumen muscular.

4. Funcionalidad y calidad de vida

En la evaluación de la calidad de vida y funcionalidad en pacientes con problemas de rodilla, varios estudios utilizaron métodos similares obteniendo resultados que reflejan mejoras en diferentes dimensiones (**Tabla 4**).

En 7 de los 10 trabajos se contemplaron mejoras significativas en la funcionalidad de pacientes tratados con BFR, respecto al grupo control. Respecto a los 4 trabajos donde no se apreciaron, en 3 de ellos (dos de Segal y el de Schorr) la comparación fue entre grupos LI donde ambos grupos mostraron mejoras en funcionalidad, pero no diferencias en presencia o ausencia de BFR. Por lo que, en estos, no se mostraría una mejora con la adición de BFR respecto a la capacidad funcional. Se considera nuevamente, el número de pacientes del trabajo de Schorr es una limitante.

En 5 de los 7 trabajos (Ferraz, Harper, Bryk, Abdallah y Abdelkader), a pesar de que hubo una mejora en la funcionalidad, esta no fue efectiva respecto al grupo control que fue tratado con entrenamiento HI. Pero, un detalle no menor, es que a pesar de que no haya diferencias en funcionalidad si los pacientes tratados con BFR acoplado al entrenamiento LI pudieron tolerar mejor el dolor. Por lo que, en estos casos, el uso de BFR permitió que el tratamiento sea más tolerable para pacientes.

Tanto Mahmoud como Jacobs, los dos trabajos restantes contemplaron mejoras significativas en funcionalidad comparando un entrenamiento LI con uno LI acoplado a BFR. En estos casos, se vuelve a repetir lo antes mencionado, la funcionalidad se acompaña también de una reducción del dolor. No sólo eso, sino que también Jacobs contemplo que los resultados se sostenían a largo plazo (3 meses).

Por lo que, es importante resaltar que en todos estos casos donde se utilizó BFR un incremento de la capacidad funcional se vio acompañado de una reducción del dolor. Según Mahmoud, los mejores resultados se podrían alcanzar a un entrenamiento LI del 30% 1RM y un BFR al 70%.

IX. CONCLUSIONES

Los estudios indicaron que el uso de un 70% de presión de oclusión arterial junto con un 30% de carga máxima resultaron en aumentos significativos en la fuerza del cuádriceps y en el área muscular, lo cual es crucial para la gestión de la KOA. A su vez, se ha contemplado que este tipo de entrenamiento se ha acompañado de la reducción del dolor durante el ejercicio. De esta forma, reafirmamos que aumentar la fuerza del cuádriceps sería fundamental para mejorar la función articular y la calidad de vida en pacientes con esta condición.

Los trabajos evaluados donde no se apreciaron mejoras, presentaban ciertas limitaciones. Por un lado, es importante considerar que la baja carga utilizada en el entrenamiento del grupo BFR de Harper que se realizó a una intensidad del 20% de 1RM, podría explicar la falta de mejoras significativas en la fuerza en comparación con otros estudios que emplearon un 30% de 1RM.

Otros estudios presentaron como una limitante el tamaño reducido de las muestras. Algunos de ellos no incluyen un grupo de control que no realice ejercicio, lo que dificulta la comparación de los efectos del entrenamiento con BFR frente grupos con ausencia de una intervención.

Además, existe una variabilidad en los protocolos de ejercicio, ya que la falta de estandarización en aspectos como la intensidad, frecuencia y duración puede dificultar la comparación entre estudios y la replicación de resultados. Por ejemplo, la duración de los programas de intervención puede no ser suficiente para observar cambios significativos en la masa muscular o en otros parámetros de salud, como se ha observado en intervenciones de solo cuatro semanas.

A su vez, algunos estudios se centraron en poblaciones específicas, como sólo hombres o sólo mujeres, lo que limita la aplicabilidad de los resultados a otras poblaciones. Asimismo, la falta de un diseño ciego puede introducir sesgos en la evaluación de los resultados, ya que tanto los participantes como los investigadores pueden estar influenciados por sus expectativas sobre los efectos del tratamiento.

A pesar de ello, los resultados hasta aquí expuestos indicarían que, en un principio, el entrenamiento BFR podría ser una opción más favorable para pacientes que experimentan dolor al realizar actividades físicas o para aquellos que no toleran los entrenamientos de alta carga, ya que evita el estrés mecánico adicional en las articulaciones. El entrenamiento con altas cargas, que generalmente se define como el 60% al 80% del 1RM, puede generar dolor articular, especialmente en personas que no están acostumbradas a este tipo de ejercicio o que tienen condiciones preexistentes, como la OA.

Asimismo, la alta tasa de adherencia observada en los programas de BFR sugiere que este enfoque puede ser más aceptable para los pacientes. Esta aceptación es crucial para el éxito a largo plazo de cualquier programa de rehabilitación. Por lo tanto, se sugiere

incluir el BFR como una estrategia no farmacológica en el manejo de la osteoartritis, considerando su impacto positivo en la funcionalidad y la importancia de la masa muscular, que son factores de riesgo relevantes en esta población.

No obstante, se remarca la necesidad de realizar más investigaciones con diseños más robustos y muestras más grandes para validar estos hallazgos iniciales y explorar más a fondo la efectividad del BFR en el tratamiento de la KOA ya que ha demostrado ser beneficiosa en poblaciones pequeñas de estudio.

X. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdelkader Abdallah, M. (2020). Entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo de baja resistencia a la carga versus entrenamiento neuromuscular en la osteoartritis de rodilla. *Good Clinical Practice Network*.
- Barber-Westin S, & Noyes FR. (2019). Blood Flow-Restricted Training for Lower Extremity Muscle Weakness due to Knee Pathology: A Systematic Review . *Sports Health* , 11(1), 69–83.
- Benito Peinado, P. J., Cupeiro Coto, R., & Calderón Montero, F. J. (2010). Ejercicio físico como terapia no farmacológica en la artrosis de rodilla. In *Reumatología Clínica* (Vol. 6, Issue 3, pp. 153–160). <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2008.11.021>
- Quispe Melgarejo, J. P. (2022). *Funcionalidad de rodilla en pacientes con osteoartrosis del Fisiogym - centro médico deportivo, 2022*. Facultad de Ciencias de la Salud Escuela Académico Profesional de Tecnología Médica, Perú.
- Buendía López, D. (2015). *Valoración clínica y mediante técnicas de imagen de la evolución de pacientes con gonartrosis tratados mediante ácido hialurónico y plasma rico en plaquetas*. Departamento de Anatomía Humana y Psicobiología, Universidad de Murcia.
- Burgos-Vargas, R., Cardiel, M. H., Loyola-Sánchez, A., De Abreu, M. M., Pons-Estel, B. A., Rossignol, M., Avouac, B., Ferraz, M. B., & Halhol, H. (2014). Characterization of Knee Osteoarthritis in Latin America. A Comparative Analysis of Clinical and Health Care Utilization in Argentina, Brazil, and Mexico. *Reumatología Clínica*, 10(3), 152–159. <https://doi.org/10.1016/j.reuma.2013.07.013>
- Centner C, Wiegel P, Gollhofer A, & König D. (2019). Effects of Blood Flow Restriction Training on Muscular Strength and Hypertrophy in Older Individuals: A Systematic Review and Meta-Analysis. *Sports Med* , 49(1), 95–108.
- Chama Aviles, D. (2023). *Relación de la intervención fisioterapéutica en pacientes con artrosis de rodilla grado 2 en su calidad de vida y funcionalidad*. Facultad de Enfermería, Universidad Autónoma de Querétaro.
- Cieza A, Causey K, Kamenow K, Wulf Hansen S, Chatterji S, & Vos T. (2020). Global estimates of the need for rehabilitation based on the Global Burden of Disease study 2019: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2019. *Lancet*, 396(10267), 2006–2017.
- Felson, DT. (2006). Osteoarthritis of the knee. *N Engl J Med*, 354, 841–848.
- Fernández Cuadros, M., Pérez Moro, O., Albaladejo Florín, M., Álava Rabasa, S., López Muñoz, M., & Rodríguez de Cía, J. (2022). Un nuevo paradigma para el tratamiento de la osteoartritis de rodilla: el papel del ácido hialurónico, el plasma rico en plaquetas (PRP) y el ozono en la modulación de la inflamación: una revisión. *Rev Soc Esp Dolor*, 28(5).
- Fernández, G. (2023). Fisioterapia y artrosis de rodilla. *Npunto*, 1 VI(64), 107–131.
- Frías Tejederas, G. (2006). *Valoración de la eficacia terapéutica del lavado articular en el tratamiento sintomático de pacientes con artrosis de rodilla*. Facultad de Medicina, Universidad de Córdoba.

- González Pérez, D. A., Castillo Retamal, M., & Villena Pereira, J. A. (2020). Efectos del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo sobre el tejido muscular y óseo: un estudio piloto Effects of training with restriction of blood flow on muscle and bone tissue: a pilot study. *Arch Med Deporte*, 37(2), 92–98.
- Henriksen, M., Overgaard, A., Hartkopp, A., & Bliddal, H. (2018). Intra-articular 2.5% polyacrylamide hydrogel for the treatment of knee osteoarthritis: an observational proof-of-concept cohort study. *Clinical and Experimental Rheumatology*, 36, 1082–1085.
- Ibarra Cornejo, J. L., Quidequeo Reffers, D. G., Vergara, D. A. E., Maldonado, E. A. B., Ricci Muñoz, S. R., Lara, M. J. F., Cornejo, I., Dg, R., Da, V., Ea, M., Sr, R. M., & Lara, F. (2015). Efectividad de la hidroterapia para disminuir el dolor y mejorar la calidad de vida y función física en adultos con osteoartritis de rodilla: revisión sistemática. In *REVISIÓN MBE Rev Soc Esp Dolor* (Vol. 22, Issue 4). www.pedro.
- Pellegrino, J., & Rovira, L. (2023). *Impacto del entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo en evaluaciones clínicas, capacidad física y pruebas funcionales predictores de riesgo de caídas en adulto mayores*. Universidad del Gran Rosario, Argentina.
- Leonardo Girard, L. M. (2008). *Diseño y construcción de prototipo de prótesis de rodilla*. Departamento de Computación, Electrónica y Mecatrónica, Escuela de Ingeniería y Ciencias, Universidad de las Américas Puebla.
- Loenneke JP, Wilson JM, Marín PJ, Zourdos MC, & Bembem MG. (2012). Low intensity blood flow restriction training: a meta-analysis. *Eur J Appl Physiol*, 112(5), 1849–1859.
- Lorenz, D., Bailey, L., Wilk, K., Mangine, R., Head, P., Grindstaff, T., & Morrison, S. (2021). Blood flow restriction training. *J Athl Train*, 56(9), 937–944.
- Marcelo, P., Sánchez, C., Blanco, E. M., Rosa, D., Rodríguez, D., & Cristóbal, A. S. (2023). *Revista Cuban Revista Cubana de Ortopedia y Traumatología Hospital General Docente “Comandante Pinares”* (Vol. 37, Issue 1). <https://orcid.org/0000-0001-6121-7922YaneisyGonzalezPortales1https://orcid.org/>
- Martínez Figueroa, R., Martínez Figueroa, C., & Calvo Rodríguez, R. (2015). Revisión y actualización de tema: Osteoartritis (artrosis) de rodilla. *Rev Chil Ortop Traumatol*, 56(3), 45–51.
- Martínez Figueroa, R., Martínez Figueroa, C., Calvo Rodríguez, R., & Figueroa Poblete, D. (2015). Osteoartritis (artrosis) de rodilla. *Revista Chilena de Ortopedia y Traumatología*, 56(3), 45–51. <https://doi.org/10.1016/j.rchot.2015.10.005>
- Mateo Sebastián, P., & Martínez Jiménez, T. (2018). Capítulo 40: Artrosis. In *Resumen Medicina Interna de Harrison : Vols. 2 Vol-20 ed.* (pp. 194–198).
- Michael, J., Schlüter-Brust, K., & Eysel, P. (2010). The Epidemiology, Etiology, Diagnosis, and Treatment of Osteoarthritis of the Knee. *Dtsch Arztebl Int*, 107(10), 152–157.
- Morales Espinosa, R., Ramírez Alcántar, J., Salinas Arce, A., Espina Chávez, L., Valerio Esquivel, A., Gómez Gutiérrez, J., Lanza, L., Hernández Martínez, L., Medina Méndez, C., Román Robles, M., Barrera Santillán, E., Roldán Torres, F., García Sosa, O., Velasco Aldrete, J., & González Romero, A. (2018). Reunión multidisciplinaria de expertos para el diagnóstico y tratamiento de la osteoartritis. Actualización basada en evidencias. *Med Int Méx*, 34(3), 443476.

- Ortiz, L. (2017). Empleo del ejercicio en la fisioterapia como tratamiento de la osteoartritis de rodilla en adultos mayores. *An Med (Mex)* , 62(1), 44–53.
- Oteo Álvaro, Á. (2021). Mecanismos etiopatogénicos de la artrosis. . *Rev Soc Esp Dolor*, 28(1).
- Panesso, M., Trillos, M., & Tolosa Guzmán, I. (2018). *Biomecánica clínica de la rodilla*.
- Peña Ayala, A. H., & Fernández-López, J. C. (2007). Prevalencia y factores de riesgo de la osteoartritis. In *Reumatología Clínica* (Vol. 3, Issue EXTRA 3, pp. 6–12).
[https://doi.org/10.1016/s1699-258x\(07\)73648-3](https://doi.org/10.1016/s1699-258x(07)73648-3)
- Pérez, R. M. (2016). Caracterización de pacientes con gonartrosis de rodilla. *Centro de Diagnóstico Integral “ Concepción”*. *Revista Habanera de Ciencias Médicas*, 15(1), 17–26.
- Porcar, M. (2023). *Últimos avances para Artrosis de Rodilla: Nuevos tratamientos*. REGENERAT.
- Primorac, D., Molnar, V., Rod, E., Jeleč, Ž., Čukelj, F., Matišić, V., Vrdoljak, T., Hudetz, D., Hajsok, H., & Borić, I. (2020). Knee Osteoarthritis: A Review of Pathogenesis and State-Of-The-Art Non-Operative Therapeutic Considerations. *Genes*. 2020;11(8):854, 11(8), 854.
- Richmond, J., Hunter, D., Irrgang, J, Jones M, Levy, B., Marx, R., Snyder-Mackler, L., Watters, W. I., Haralson, R. I., Turkelson, C., Wies, J., Boyer, K., Anderson, S., St. Andre, S., Sluka, P., & McGowan, R. (2009). Treatment of Osteoarthritis of the Knee (Nonarthroplasty). *J Am Acad Orthop Surg*, 17(9), 591–600.
- Rillo, O. (2018). Actualización en osteoartritis. *Separata*, 26(1).
- Sociedad Argentina de Reumatología. (2010). Guías argentinas de práctica clínica para el diagnóstico y tratamiento de la osteoartritis. *Revista Argentina de Reumatología*.
- Sørensen, B., Aagaard, P., Hjortshøj, M., Hansen, S., Suetta, C., Christian Couppé, C., Magnusson, S., & Johannsen, F. (2023). Physiological and clinical effects of low-intensity blood-flow restricted resistance exercise compared to standard rehabilitation in adults with knee osteoarthritis—Protocol for a randomized controlled trial. *PLoS ONE*, 18(2).
- Grgicevic, S., & Sergiani, I. (2024). *Efectos del entrenamiento con restricción de flujo sanguíneo sobre la fuerza y la hipertrofia muscular en los pacientes con artrosis de rodilla*. Universidad del Gran Rosario, Argentina.
- Higueras Díaz, Á. (2022). *Efectividad del ejercicio terapéutico en osteoartritis de rodilla frente al uso de fármacos: una revisión sistemática*. Facultad de Ciencias de la Salud, Universidad de Jaén.
- Vázquez, B. (2013). *Prevalencia de osteoartritis clínica de rodillas en población del centro de México*. Universidad Nacional Autónoma de México, México D.F.
- Velasco Castro, J., Nossa Rodriguez, P., García, N., Vargas, L., & Castro, L. (2023). Factores de riesgo asociados a la artrosis de rodilla: Revisión sistemática de la literatura. *Rev Repert Med Cir*. 2023, 32, 38–47.
- Villalba, F. (2022). Entrenamiento con restricción al flujo sanguíneo. *Argent J Respir Phys Ther*, 4(1).