

# **BENEFICIOS DEL TRABAJO DE FUERZA EN ADULTOS CON ARTROSIS DE RODILLA**

**CAFyD**

**FACULTAD CIENCIAS DE LA ACTIVIDAD  
FÍSICA Y EL DEPORTE**



Realizado por: África Rivas Domínguez

Grupo TFG: M41

Año Académico: 2021-2022

Tutor/a: Susana Moral

Área: Revisión bibliográfica

## Resumen

La artrosis es una patología que afecta a un gran número de personas en el mundo, siendo la de rodilla la más común de todas. Sin embargo, el ejercicio no se suele tener en cuenta a la hora de readaptar debido a que la sociedad no suele estar muy informada de lo útil que puede llegar a ser.

El siguiente trabajo pretende conocer los beneficios que tiene el trabajo de fuerza sobre esta enfermedad, si es que hay alguno, y cuáles son los métodos que han aplicado.

Para poder realizarlo vamos a hacer una revisión bibliográfica en la que se va a intentar conocer los beneficios mencionados anteriormente mediante nueve artículos. Éstos, mediante test, análisis de sangre y orina, búsquedas de bases de datos y distintas formas de aplicar el trabajo de fuerza demostrarán, los beneficios que puede tener este método sobre los adultos. También se comparan estas variables con personas que no han hecho ejercicio o han entrenado de manera distinta.

Los resultados obtenidos revelan que tiene varios efectos positivos sobre este tipo de población. Las personas con artrosis de rodilla que entrenaban fuerza notaban mejoras no solo en cuanto al dolor, sino en otros factores como en la fuerza del cuádriceps o en el patrón de la marcha.

Comprendemos que es muy necesario seguir realizando investigaciones acerca de este tema no solamente por salud y prevención, sino para establecerlo como una posible alternativa a la ya establecida opción quirúrgica.

Por último, proponemos estudios que analicen el peso que puede tener el medio sobre estas personas o las diferentes formas de influir en los diferentes sexos ya que suelen realizar los estudios en hombres y las pueden afectarles de forma diferente.

## **Abstract**

Osteoarthritis is a pathology that affects a large number of people in the world, with knee osteoarthritis being the most common of all. However, exercise is not usually taken into account when it comes to rehabilitation because society is not very well informed about how useful it can be.

The following work aims to know the benefits that strength training has on this disease, if there is any, and what methods have been applied.

To get it, we are going to carry out a bibliographic review in which we will try to find out the benefits mentioned above by means of nine articles. These, by means of tests, blood and urine analysis, database searches and different ways of applying strength work, will demonstrate the benefits that this method can have on adults. These variables are also compared with people who have not exercised or have trained differently.

The results obtained reveal that it has several positive effects on this type of population. People with knee osteoarthritis who has trained strength, has noticed improvements not only in terms of pain, but also in other factors such as quadriceps strength and gait pattern.

We understand that there is a great need for further research on this topic not only for health and prevention, but also to establish it as a possible alternative to the established surgical option.

Finally, we propose studies that analyse the weight that the environment may have on these people or the different ways of influencing the different sexes, as studies are usually carried out on men and may affect them differently

# ÍNDICE

<b>1.</b>	<b>Introducción .....</b>	<b>1</b>
1.1	Anatomía y biomecánica de la rodilla.....	1
1.2	Definición de artrosis y fisiopatología.....	3
1.3	Identificación de la enfermedad y factores de riesgo .....	3
1.4	Tratamiento de la artrosis .....	4
1.5	Efectos del entrenamiento de fuerza .....	5
<b>2.</b>	<b>Objetivos.....</b>	<b>6</b>
<b>3.</b>	<b>Metodología.....</b>	<b>6</b>
3.1.	Diseño.....	6
3.2.	Estrategia de búsqueda.....	6
3.3.	Criterios de selección.....	7
3.4.	Diagrama de flujo.....	8
<b>4.</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>9</b>
4.1.	Cuadro resumen artículos empleados .....	9
4.2.	Resumen de artículos empleados .....	14
<b>5.</b>	<b>Discusión.....</b>	<b>23</b>
5.1.	Beneficios del trabajo de fuerza en la artrosis de rodilla.....	23
5.2.	Métodos y alternativas de readaptación .....	24
<b>6.</b>	<b>Futuras líneas de investigación .....</b>	<b>25</b>
<b>8.</b>	<b>Referencias bibliográficas .....</b>	<b>27</b>

## **Índice de Figuras**

Figura 1. Diagrama de flujo.....	8
----------------------------------	---

## **Índice de tablas**

Tabla 1. Tabla de resultados .....	9
------------------------------------	---

## 1. Introducción

### 1.1 Anatomía y biomecánica de la rodilla

Según Panesso et al. (2008), la rodilla es aquella articulación que une el fémur con la tibia. Es la articulación mayor y la más compleja del cuerpo humano.

Desde un punto de vista funcional, tiene dos objetivos que casi se excluyen entre sí, pues debe tener una gran estabilidad y resistencia al peso del cuerpo, pero también debe tener la movilidad para transportarlo (Panesso et al., 2008).

En cuanto a los componentes articulares, la rodilla está formada por dos articulaciones: la femorotibial y la patelofemoral. La femorotibial la forman los cóndilos femorales y los patillos tibiales. La patelofemoral la conforman la patela o rótula y la tróclea femoral (Panesso et al., 2008).

Panesso et al. (2008) nos explican que los componentes óseos de esta articulación son el fémur, la tibia y la patela o rótula. El fémur es el hueso más largo del cuerpo y está compuesto por dos extremidades, la superior o proximal que es una cabeza articular redondeada sobresaliente mediante un cuello corto, y la extremidad inferior o distal, muy abultada para la transmisión del peso del cuerpo hacia el extremo superior de la tibia. La tibia tiene una ubicación medial en la pierna. Está articulada con el fémur soportando el peso del fémur al pie. La rótula o patela tiene una forma triangular, curvada y plana y es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano (Panesso et al., 2008).

Los tejidos blandos que componen la rodilla según Panesso et al. (2008) son la membrana sinovial, la cápsula articular, las bursas, los retináculos, los meniscos y los ligamentos. Éstos autores explican que todas las partes de la membrana sinovial vienen del fémur y revisten la cápsula hasta la unión de los meniscos. La cápsula articular tiene forma de manguito y rodea las articulaciones femorotibiales y patelofemoral (Panesso et al., 2008). Las bursas, como exponen Panesso et al. (2008), son unas estructuras ubicadas alrededor del tejido blando y las superficies articulares y cuya función es reducir la fricción, aunque también amortiguan el movimiento de una estructura con la otra. Los retináculos unen la rótula al fémur, a los meniscos y a la

tibia. Son dos, el lateral, más grueso y fuerte, y el medial, más delgado (Panesso et al., 2008). Los meniscos, como nos explica Panesso et al. (2008), son dos estructuras de fibrocartílago asimétricas con forma de semicírculo que se interponen entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. El menisco lateral es cerrado y tiene forma de “O”, mientras que el medial es más ancho y con forma de “C”. Por último, Panesso et al. (2008) nos explica que los ligamentos colaterales son dos, el medial, que refuerza la cápsula articular en la parte medial y da un medio de unión al menisco medial y el colateral lateral que se extiende desde el cóndilo lateral hasta el peroné y se orienta oblicuamente desde abajo y atrás. Los ligamentos cruzados también son dos, el cruzado anterior, que se une al aspecto anterior de la espina de la tibia y se extiende posteriormente para unirse al cóndilo femoral lateral y el cruzado posterior que se fija en el área intercondílea posterior de la tibia y la extremidad posterior del menisco lateral (Panesso et al., 2008). El ligamento rotuliano se extiende desde el vértice de la rótula hasta la tuberosidad de la tibia. Los ligamentos poplíteos son dos: el oblicuo que es una extensión del semimembranoso cerca de su inserción en la tibia y el arqueado, que forma un sistema de fibras capsulares en forma de “Y” y cuyo tronco está unido a la cabeza del peroné (Panesso et al., 2008).

Según Panesso et al. (2008), la articulación de la rodilla puede realizar movimientos de flexión y extensión y, en mucha menos amplitud, rotación interna y externa, aunque esto solo ocurre en la articulación femorotibial. Estos movimientos de flexión y extensión se realizan en un plano sagital, con un eje horizontal que pasa a través de los cóndilos femorales. El centro de rotación existe en un corto espacio de tiempo ya que ocurre allí donde se da un movimiento de rodamiento y no de deslizamiento (Panesso et al., 2008).

El complejo de la rodilla tiene músculos biarticulares que son capaces de generar variaciones en los rangos de movimiento. Esto quiere decir que esta articulación se flexiona  $130^{\circ}$  a  $140^{\circ}$ , pero si la cadera está en hiperextensión, el rango de movimiento podría disminuir a  $120^{\circ}$  por la fuerza tensil del recto anterior sobre el movimiento de la rodilla. Por el contrario, en flexión máxima de cadera, el rango de movimiento puede aumentar hasta  $160^{\circ}$  (Panesso et al., 2008).

Para terminar, Panesso et al. (2008) nos explican que el segundo grado de libertad de movimiento de esta articulación es la rotación axial, que ocurre alrededor del eje longitudinal al cerrarse el tubérculo intercondilar tibial. Este movimiento se produce como un mecanismo de rotación automática o terminal, es decir, en la posición estrecha de la articulación que es donde existe la mayor congruencia de las superficies articulares y la mayor tensión de los tejidos periarticulares (Panesso et al., 2008).

## **1.2 Definición de artrosis y fisiopatología**

La artrosis de rodilla es la forma más predominante de artrosis (Zhang et al., 2012). Esta enfermedad afecta en gran medida a los ancianos y, por lo tanto, contribuye en gran medida a su discapacidad (Thomas et al., 2002). Según Woolf et al. (2003) los principales síntomas de esta patología son hipersensibilidad, limitación del movimiento, derrame ocasional e incluso grados variables de inflamación local.

Según Papaneophytou et al. (2022), esta patología se caracteriza el dolor y la degeneración progresiva del cartílago articular, que involucra la remodelación de todos los tejidos articulares (como por ejemplo el hueso subcondral) y el estrechamiento del espacio articular. Este mismo autor añade que la prevalencia está en adultos mayores de 60 años donde el 13% de las personas que la padecen son mujeres y el 10% son hombres (Papaneophytou et al., 2022). Onigbinde et al. (2017) nos explica que la consecuencia más notable de esta artrosis es la incapacidad de activar completamente los músculos del cuádriceps. Este añade que las guías clínicas recomiendan estrategias no farmacológicas tales como la terapia del ejercicio. Sin embargo, aún hay una serie de áreas en las que la evidencia es muy limitada o no se han realizado investigaciones (Onigbinde et al., (2017).

## **1.3 Identificación de la enfermedad y factores de riesgo**

Los principales factores de riesgo para desarrollar artrosis de rodilla son el género (las mujeres tienen más probabilidad de sufrirla), la edad (a partir de los 60-65 años), las lesiones que hayas sufrido en ese lugar anteriormente, la debilidad del cuádriceps, los factores genéticos y la carga de trabajo (cuanto más alta haya sido, peor) (Papaneophytou et al., 2022). Aunque no haya una gran evidencia, Papaneophytou et

al. (2022) también aclara que los factores de estilo de vida como el ejercicio y la actividad física, también se han asociado con esta patología en la actualidad.

Para poder identificarla, Clark et al., (2014) nos explican que se usa una resonancia magnética donde se pueden ver los defectos de los tejidos blandos del cartílago, el hueso subcondral y la membrana sinovial. Si se produce algún tipo de cambio estructural, puede estar asociado a esta patología. Sin embargo, esta prueba puede resultar muy costosa, por lo que podemos encontrar otros medios como encontrar cambios bioquímicos en el cartílago y el aumento de los niveles de algunos marcadores inflamatorios que pueden provocar dolor. El mismo autor argumenta que estos cambios se evalúan mediante pruebas de sangre y orina y, aunque no son tan caros como la resonancia, no son tan exactos ya que estas medidas no solo las causa la artrosis de rodilla (Clark et al., 2014).

Por último, es muy importante que podamos clasificar a las personas con artrosis temprana para así poder reducir los impactos que tiene esta enfermedad a largo plazo, ya que así será mucho más fácil encontrar la mejor intervención específica para interrumpir su progresión (Clark et al., 2014).

#### **1.4 Tratamiento de la artrosis**

En la actualidad, la artrosis de rodilla se trata con cirugía mediante el llamado reemplazo de rodilla o enfoques para reducir los síntomas y el dolor ya que no existen medicamentos ni terapias que realmente estén aprobados por las autoridades reguladoras que alteren la progresión o el inicio del daño estructural de esta enfermedad (Papaneophytou et al., 2022). Con el envejecimiento y el aumento de las personas con obesidad, el reemplazo de rodilla unido a este trastorno se ha vuelto más común en las últimas décadas (Zhang et al., 2012). Según Papaneophytou et al. (2022), los tratamientos mencionados anteriormente solamente tienen efectos moderados y es por eso por lo que los pacientes no están del todo satisfechos con su eficiencia. Además, como los fármacos y medicamentos no son muy eficaces se ha producido un aumento significativo de los reemplazos, que solo se pueden producir

mediante una evaluación clínica de distintos factores como el dolor, la rigidez articular, etcétera. (Papaneophytou et al., 2022)

La actividad física es una buena estrategia para controlar el dolor, aumentar la movilidad y mejorar la función física de estos pacientes. (Vincent et al., 2020). Para empezar, de entre todos los factores de riesgo mencionados anteriormente, según Mikesky et al. (2006), la debilidad de los cuádriceps puede ser el más susceptible para la prevención y el tratamiento de la artrosis. Hay numerosos estudios que han documentado los beneficios del ejercicio isométrico y dinámico para estas personas. Sin embargo, no hay tanta bibliografía que haya investigado si los ejercicios de fortalecimiento para este músculo retrasan su progresión o previenen cambios radiográficos en esta patología (Mikesky et al., 2006).

### **1.5 Efectos del entrenamiento de fuerza**

El tejido muscular es capaz de producir una fuerza por la respuesta a un estímulo eléctrico conducido por los nervios desde la zona cerebral que es responsable del movimiento (Kraemer, 2006).

Al producirse ese estímulo, Kraemer. (2006) nos explica que el músculo desarrolla una fuerza (efecto de tirón) que se transmite sobre los huesos en los que se inserta, provocando un efecto de giro o torsión a nivel de la articulación entre esos huesos. La acción que resulta depende de la intensidad a la que se haya estimulado el músculo y del grado de fuerza que se haya producido (Kraemer, 2006). Así, según Kraemer. (2006) existen 3 tipos de efectos:

**Acción isométrica:** No existe movimiento debido a que la fuerza de torsión que produce el músculo se contrarresta con otra fuerza de torsión de la misma magnitud (Kraemer, 2006).

**Acción concéntrica:** En este caso el acortamiento muscular hará mover los huesos ya que la fuerza de torsión que produce el músculo es mayor que la resistencia al movimiento (Kraemer, 2006).

**Acción excéntrica:** La fuerza de torsión que produce el músculo se enfrenta a otra fuerza de torsión que tiene una magnitud muy superior a que se opone a esa acción muscular, por lo que la resistencia no solo hará mover los huesos, sino que, al mismo tiempo, se alargarán los músculos (Kraemer, 2006).

Este control nervioso de las acciones musculares no es sencillo, sobre todo si consideramos las adaptaciones que se forman mediante el entrenamiento (Kraemer, 2006).

Estas adaptaciones, según Kraemer. (2006), se producen por la progresión de las “sobrecargas”, es decir, aquella sollicitación del sistema neuromuscular para el desarrollo de niveles de la fuerza superiores a los que se ejecuta durante cualquier actividad cotidiana. Cuanto mayor sea la sobrecarga, de mayor magnitud y más rápidos serán los cambios biológicos.

## **2. Objetivos**

El objetivo principal de este trabajo es conocer los posibles beneficios del trabajo de fuerza en adultos con artrosis de rodilla.

El objetivo secundario de la revisión es conocer los mejores métodos para readaptar a estas personas o encontrar posibles alternativas mejores.

## **3. Metodología**

### **3.1. Diseño**

Se realizó una revisión en las bases de datos de la biblioteca Crai Dulce Chacón de la Universidad Europea para conocer los beneficios del trabajo de fuerza en adultos con artrosis de rodilla.

### **3.2. Estrategia de búsqueda**

En la búsqueda se incluyeron todos los artículos que tuvieran las siguientes palabras clave: artrosis de rodilla, entrenamiento de fuerza y hombres adultos.

Así, se realizó una revisión donde los años que utilizamos para realizar la búsqueda estaban comprendidos entre el 2012 y el 2022, por lo que nuestro primer artículo encontrado que estaba relacionado con el tema propuesto tiene fecha de 2012. Sin embargo, los artículos y los libros encontrados para la introducción no cumplen con el criterio establecido anteriormente.

Hicimos la búsqueda principalmente en 2 bases de datos: MEDLINE Complete y SPORTDiscus (SPORTDiscus with full text).

En la búsqueda, las palabras utilizadas fueron: << 'osteoarthritis' AND 'Knee' AND 'Strength training', AND 'Male adults' NOT 'Endurance training' NOT 'Hip' NOT 'Knee arthroplasty', NOT 'ACL reconstruction', NOT 'Review'.

### **3.3. Criterios de selección**

Los artículos debían ser a texto completo y tenían que estar relacionados con la artrosis de rodilla y el trabajo de fuerza en adultos. Además, debían de tener una antigüedad de no más de 10 años.

En la búsqueda se filtró por documentos solo en inglés, que tratasen sobre el tema o estuviesen relacionados, que cumpliesen los objetivos iniciales y que fueran publicaciones académicas.

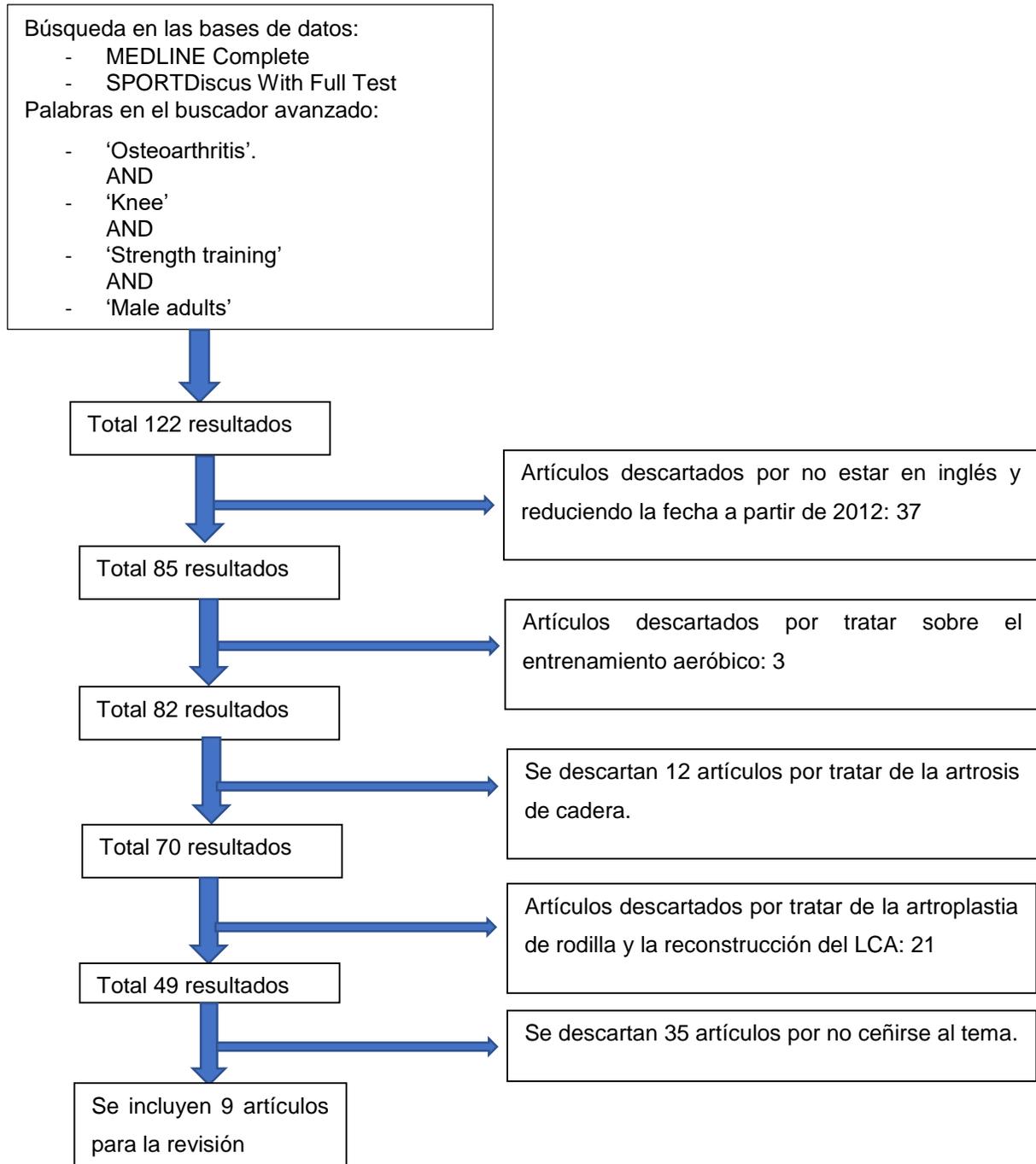
En la introducción identificamos estudios adicionales relacionados con la artrosis, la anatomía de la rodilla, la sintomatología, el trabajo de fuerza y la incidencia de esta patología en la población.

### 3.4. Diagrama de flujo

En la figura 1 se especifica la selección de los artículos sobre artrosis de rodilla.

**Figura 1:**

*Diagrama de flujo*



Nota: elaboración propia.

## 4. Resultados

### 4.1. Cuadro resumen artículos empleados

En la tabla 1 se recogen los resultados obtenidos de cada artículo seleccionado.

**Tabla 1:**

*Tabla resumen de autores*

AUTORES Y AÑO	OBJETIVO	MUESTRA	VARIABLES	MÉTODO	RESULTADOS
<b>Cheung et al. (2017)</b>	Comparar los cambios en los síntomas de artrosis de rodilla entre los grupos que hicieron yoga (HY) y los que hicieron un entrenamiento de fortalecimiento (ASE).	265 adultos con artrosis de rodilla. Edad: 60 o más.	Síntomas, dolor y rendimiento físico de las extremidades inferiores.	Aeróbico suave y fortalecimiento mediante isometrías y ejercicios isotónicos en el grupo ASE y ejercicios de yoga en el grupo HY.	El grupo que realizó el entrenamiento de yoga experimentó más mejoría en los síntomas que el de fortalecimiento
<b>Davis et al. (2019)</b>	Comparar la biomecánica de la marcha entre los participantes con artrosis de rodilla que hicieron fortalecimiento de	53 adultos con artrosis de rodilla. Edad: Entre 40 y 75 años.	Extensión interna de la rodilla (KEM), fuerza de reacción vertical del suelo (GRF) y ángulo máximo de flexión de rodilla (KFA).	Fuerza isométrica del cuádriceps mediante un dinamómetro isocinético. Programa LabVIEW para máxima contracción isométrica voluntaria. El	El grupo que realizó el fortalecimiento mostró mayor KFA, pero no hubo diferencias en la GRF ni la KEM.

	las extremidades inferiores con aquellos que no la hicieron.			movimiento 3D sincronizado de la extremidad inferior y GRF mediante vídeo de alta velocidad.	
<b>DeVita et al. (2018)</b>	Evaluar el efecto del fortalecimiento del cuádriceps sobre la fuerza, la potencia y el trabajo del cuádriceps y las cargas de compresión tibiofemoral durante la marcha en adultos con artrosis de rodilla.	N=15 Edad: Entre 45 y 70 años.	Fuerza del cuádriceps y biomecánica de la marcha.	Fuerza del cuádriceps mediante porcentaje de RM en prensa de piernas y datos de la marcha mediante sistemas de análisis de movimiento 3D infrarrojos.	El entrenamiento de fuerza aumento la capacidad máxima de fuerza, redujo el dolor y aumentó la velocidad de la marcha.
<b>Edelaar et al. (2017)</b>	Investigar si las relaciones entre la fuerza muscular de la parte superior de la pierna y las limitaciones de la actividad no son lineales en pacientes con artrosis de rodilla y, de ser así, determinar los	562 pacientes con artrosis de rodilla y cadera. Edad: a partir de 18 años	Fuerza muscular y umbrales de fuerza muscular.	Se utilizaron pruebas basadas en el rendimiento: la GUG cronometrada y la SCT cronometrada.	Los modelos no lineales en comparación con los lineales mejoraron el ajuste del modelo de las relaciones entre la fuerza muscular y las limitaciones de la actividad en pacientes con artrosis de rodilla.

	umbrales de fuerza muscular para las limitaciones en las actividades diarias				
<b>Messier et al. (2021)</b>	Determinar si el entrenamiento de fuerza de alta intensidad reduce el dolor de rodilla y las fuerzas de compresión de la rodilla más que el entrenamiento de baja intensidad en personas con artrosis de rodilla.	377 adultos. Edad: -50 años.	Dolor de la rodilla y fuerza máxima de compresión de la rodilla al caminar.	Cuestionario WOMAC (Western Ontario McMaster) para el dolor de rodilla y el uso de radiografías para ver la progresión de la enfermedad.	El entrenamiento de fuerza de alta intensidad no redujo significativamente el dolor ni las fuerzas de compresión. Sin embargo, el de baja intensidad si obtuvo buenos resultados.
<b>Sayers et al. (2012)</b>	Examinar el efecto del entrenamiento de potencia de alta velocidad (HSPT) sobre el rendimiento muscular, la función basada en la movilidad y el dolor en adultos con artrosis de rodilla.	33 participantes · Edad: a partir de 55 años.	Rendimiento muscular, la función y el dolor.	Equipo de extensión de rodilla (KE), RT Y LP neumático Keizer a420 con interfaz de computadora.	Todos los grupos eran similares en todas las características iniciales al comienzo del entrenamiento.

<b>Teslim et al. (2017)</b>	Establecer si habría un cruce entre las extremidades de la fuerza de los músculos cuádriceps entrenados de la extremidad no afectada al grupo de músculos homólogos no entrenados en sujetos con osteoartritis de rodilla.	21 pacientes con artrosis unilateral de rodilla. Edad: No especificada	Fuerza del cuádriceps.	Balanza de resorte Nops PK-100, China) para cuantificar la fuerza isométrica máxima del cuádriceps. También la lámpara infrarroja, el manguito de tobillo y el banco de cuádriceps.	La fuerza del cuádriceps aumentó significativamente después de 6 semanas de entrenamiento isométrico de los músculos no afectados.
<b>Vincent et al. (2020)</b>	Comparar la efectividad del entrenamiento de fuerza enfocado concéntricamente con el entrenamiento de fuerza enfocado excéntricamente sobre la función física y el dolor funcional en la artrosis de rodilla.	88 participantes Edad: 60-85 años.	Tiempo de subida de la silla, el tiempo de subida de escaleras, la distancia de la prueba de marcha de 6 minutos, los parámetros espaciotemporales de la marcha, la deambulación comunitaria y el dolor funcional.	Máquinas de ejercicios de resistencia clínicos MedX para los ejercicios de fuerza y una escala de esfuerzo del 6 al 20 para la percepción del esfuerzo.	Tanto el entrenamiento de fuerza enfocado concéntricamente como el enfocado excéntricamente obtuvieron buenos resultados

<b>Voigt et al. (2019)</b>	El propósito de este estudio fue explorar la relación de las adaptaciones neurales con mejoras en la fuerza muscular total y el tamaño de la fibra muscular después del trabajo de fuerza en adultos con artrosis de rodilla.	N=17 Edad: 60-80 años.	Fuerza muscular y diámetro de fibra.	Pruebas de fuerza muscular mediante el método del RM y diámetro de la fibra mediante una biopsia percutánea.	Hubo un aumento en la fuerza muscular total y se produjeron varios cambios en la fibra muscular.
------------------------------------	---	---------------------------	--------------------------------------	--	--

Nota: elaboración propia.

## 4.2. Resumen de artículos empleados

Como se puede ver en el diagrama de flujo y en el cuadro de autores, solo 9 de los artículos encontrados encajaban con el tema que habíamos propuesto.

A continuación, resumiremos todos estos artículos en el orden en el que los hemos puesto en el cuadro de autores.

### **Managing knee osteoarthritis with yoga or aerobic/strengthening exercise programs in older adults: a pilot randomized controlled trial**

En el estudio de Cheung et al. (2017) compararon los efectos del hatha yoga (HY), los ejercicios aeróbicos de fortalecimiento (ASE) para comprobar cuál de los dos entrenamientos eran más beneficiosos para la artrosis de rodilla. Para ello se escogieron adultos de 60 años o más con un diagnóstico médico de artrosis de rodilla sintomática e hicieron un ensayo aleatorio controlado con tres grupos: uno de HY, otro de ASE y el último era un grupo control educativo en el que solamente se daban instrucciones para mantener una vida saludable.

Así, los grupos de HY y de ASE participaron en 8 clases grupales semanales de 45 minutos y realizaban durante 2 o 4 días a la semana prácticas en el hogar. El grupo de control solamente recibió unos folletos educativos sobre la artrosis de rodilla y llamadas telefónicas semanales del personal del estudio.

Antes de empezar, se utilizaron instrumentos estandarizados para poder medir los síntomas de la artrosis de rodilla, la función física, el estado de ánimo, el miedo a las caídas y la calidad de vida al inicio, a las 4 y 8 semanas.

Para asegurarse de la cumplimentación del programa establecido se evaluaron a los participantes semanalmente utilizando registros de asistencia a clase y grabaciones durante el entrenamiento en el hogar.

Los resultados mostraron una gran mejora en cuanto a la sintomatología de los dos grupos de HY y ASE con respecto al grupo control. Sin embargo, el grupo del yoga experimentó mucho menos dolor de rodilla en el cuestionario WOMAC, mejoró más en

la fuerza de las extremidades inferiores, la ansiedad y el miedo a las caídas en comparación con el de ASE.

Por lo tanto, no estaría bien hacer cualquiera de los dos ejercicios si el objetivo fuera la prevención o el tratamiento de los síntomas de la artrosis de rodilla. Sin embargo, si a parte de disminuir el dolor se quiere contrarrestar otros factores como la ansiedad o el miedo a las caídas, la mejor opción sería el yoga.

### **Sagittal plane walking biomechanics in individuals with knee osteoarthritis after quadriceps strengthening**

Davis et al. (2018) realizan un estudio en el que su objetivo es comparar la biomecánica de la marcha entre los pacientes con artrosis de rodilla que aumentaron la fuerza del cuádriceps después de una intervención de fortalecimiento de las extremidades inferiores (los respondedores) y aquellos que no aumentaron la fuerza después de ese mismo protocolo (los no respondedores). Esto se hizo tanto al inicio como después de la intervención.

Para ello escogieron a 53 adultos con edades de 40 y 75 años con artrosis de rodilla (47% mujeres). Todos inscribieron en un programa de 10 sesiones de fortalecimiento de las extremidades inferiores en un período de 28 días. Los participantes se dividieron en 3 grupos, y cada uno entrenó de forma diferente: un grupo utilizó la estimulación nerviosa transcutánea (TENS) en combinación con los ejercicios de fortalecimiento para ver si la TENS afectaba a los resultados relacionados con la activación y la fuerza muscular. El segundo grupo recibió TENS placebo y el tercero recibió solamente ejercicios de fortalecimiento de las extremidades inferiores. En todos los grupos estaban mezclados de forma aleatoria los que eran respondedores con los no respondedores.

Lo que querían comparar era la extensión interna de la rodilla (KEM), la fuerza de reacción vertical del suelo (GRF) y el ángulo máximo de flexión de rodilla (KFA) de los respondedores y los no respondedores después de los programas de entrenamiento mencionados anteriormente.

Los resultados demostraron en los respondedores una mayor KFA y un mayor grado de extensión de rodilla en comparación con los no respondedores. Sin embargo, no hubo una diferencia significativa en la fuerza de reacción vertical del suelo ni en la extensión interna de rodilla,

Los hallazgos muestran que el fortalecimiento del cuádriceps se puede usar para estimular pequeños cambios en la KFA en personas que tienen la patología de la artrosis de rodilla.

### **Quadriceps-strengthening exercise and quadriceps and knee biomechanics during walking in knee osteoarthritis: A two-centre randomized controlled trial**

El propósito del estudio de DeVita et al. (2018) fue evaluar el efecto del fortalecimiento del cuádriceps sobre la fuerza, la potencia y el trabajo del músculo cuádriceps y las cargas de compresión tibiofemoral durante la marcha en adultos que sufrían de artrosis de rodilla.

Para ello escogieron a 30 pacientes de artrosis de rodilla tibiofemoral radiográfico y sintomático en una o las dos rodillas y de una edad de entre 45 y 70 años. Éstos, fueron asignados aleatoriamente a un grupo con un programa de fortalecimiento de cuádriceps 3 veces por semana que incluían ejercicios de extensión de piernas, prensa de piernas y estocada hacia delante. El otro grupo de asignación era un grupo de control sin ningún tipo de atención.

En el seguimiento no hubo diferencias estadísticas entre los grupos para la fuerza máxima del cuádriceps, la potencia y la fuerza de compresión de la rodilla.

En los resultados se observa que la potencia negativa máxima del cuádriceps aumentó de forma significativa en un 36% en el grupo de entrenamiento en comparación con el grupo de control, algo que según mencionan es muy probable que fuera parcialmente una respuesta a una velocidad de marcha más rápida. La fuerza muscular, el dolor y la función informados por el paciente también mejoraron en el grupo de entrenamiento en comparación con el grupo de control. Sin embargo, no hubo variaciones en la biomecánica de la marcha.

Por lo tanto, el entrenamiento de fuerza del cuádriceps conduciría a una mayor fuerza muscular y mejores resultados funcionales y sintomáticos. También podríamos decir que el mecanismo de la mejora de la salud con el entrenamiento de fuerza en pacientes con artrosis de rodilla sigue siendo desconocido.

### **Nonlinear relationship between isokinetic muscle strength and activity limitations in patients with knee osteoarthritis: results of the amsterdam-osteoarthritis cohort**

El propósito del estudio de Edelaar et al. (2017) fue investigar si las relaciones entre la fuerza muscular de la parte superior de la pierna y las limitaciones de la actividad son o no son lineales y, de ser así determinar los umbrales de fuerza muscular para las limitaciones en las actividades de la vida diaria.

Para ello, se realizó un estudio sobre 562 pacientes (172 hombres y 390 mujeres) mayores de 18 años con artrosis de rodilla.

Midieron la fuerza muscular de la parte superior de la pierna isocinéticamente y las limitaciones de la actividad lo hicieron mediante la prueba cronometrada de Get Up and Go y la prueba cronometrada de subida de escaleras, que estaba subdividida en ascenso y descenso de las escaleras. También se evaluaron las relaciones lineales y no lineales entre la fuerza muscular y las limitaciones de la actividad, para más tarde determinar los umbrales.

Los resultados mostraron que los modelos no lineales, en comparación con los modelos lineales, mejoraron el ajuste del modelo de las relaciones entre la fuerza muscular y las limitaciones de la actividad en pacientes con artrosis de rodilla. Además, los umbrales se determinaron utilizando modelos lineales más constantes, que se aproximaban al ajuste de los modelos no lineales.

Por lo tanto, en pacientes con artrosis de rodilla, las relaciones entre fuerza muscular y las limitaciones de la actividad son no lineales. También que los que tenían la fuerza muscular por debajo de los umbrales descritos podían beneficiarse más del

entrenamiento de fuerza muscular para reducir las limitaciones en las actividades diarias que los pacientes que tenían la fuerza muscular por encima de los umbrales.

### **Effect of High-Intensity Strength Training on Knee Pain and Knee Joint Compressive Forces Among Adults With Knee Osteoarthritis**

El propósito del estudio de Messier et al. (2021) fue determinar si el entrenamiento de fuerza de alta intensidad reduce el dolor de rodilla y las fuerzas de compresión de la articulación más que el entrenamiento de fuerza de baja intensidad y más que el control de la atención en pacientes con artrosis de rodilla.

En este estudio incluyeron a 377 adultos que vivían en la comunidad menores de 50 años y con un índice de masa corporal de entre 20 y 45. Estas personas tenían artrosis de rodilla radiográfico y sintomático.

Los participantes se dividieron en un grupo de entrenamiento de alta intensidad, en otro de entrenamiento de baja intensidad y en un último grupo control de atención a pacientes con artrosis de rodilla. Este proceso tuvo una duración de 18 meses. En cada grupo se midió el dolor de rodilla, y la fuerza de compresión de la articulación en cada paciente.

Los resultados mostraron que no hubo una diferencia significativa de dolor en la escala WOMAC entre los grupos. Las diferencias en las fuerzas de compresión tampoco fueron especialmente significativas. Sin embargo, la fuerza media de los flexores de rodilla fue bastante mayor en los dos grupos que hicieron ejercicio que en el grupo control.

Según este estudio, podríamos decir que, entre los pacientes con artrosis de rodilla, el entrenamiento de fuerza de alta intensidad en comparación con el de baja intensidad no reduce significativamente el dolor de rodilla o las fuerzas de compresión de la articulación a los 18 meses.

### **Effect of High-Speed Power Training on Muscle Performance, Function, and Pain in Older Adults With Knee Osteoarthritis**

El artículo de Sayers et al. (2012) tenía como objetivo examinar el efecto del entrenamiento de potencia de alta velocidad (HSPT) sobre el rendimiento muscular, la función basada en la movilidad y el dolor en adultos mayores con artrosis de rodilla.

Para poder llevarlo a cabo se hizo una investigación en la que participaron 33 personas con una edad a partir de 55 años y con artrosis de rodilla diagnosticada por un médico.

Los participantes se dividieron en 3 grupos: un grupo hizo entrenamiento de potencia de alta velocidad, otro hizo un entrenamiento de fuerza a una velocidad baja y el último fue un grupo control que no hizo fuerza.

Este procedimiento fue evaluado durante 12 semanas. El grupo de HSPT debía realizar 3 series de 12-14 repeticiones al 40% del RM “lo más rápido posible”. El que entrenaba a velocidad baja hacía 3 series de 8-10 repeticiones al 80% de 1 repetición máxima y debía hacerlas lentamente. El grupo control solamente hizo estiramientos y ejercicios de calentamiento.

Los resultados indicaron que la fuerza aumentó tanto en el grupo HSPT como en el grupo de fuerza a baja velocidad en comparación con el control. Sin embargo, la velocidad máxima solamente aumentó en HSPT. También hubo mejoras de dolor en la escala WOMAC en los 3 grupos.

En base a estos hallazgos, HSPT es eficaz para mejorar la función y el dolor, pero no más que el entrenamiento de fuerza o los ejercicios de estiramiento y calentamiento. El entrenamiento de potencia de alta velocidad puede mejorar múltiples medidas del rendimiento muscular (como la potencia, la fuerza y la velocidad) más que el entrenamiento de fuerza de baja velocidad y puede aumentar la seguridad en esta población, sobre todo cuando los movimientos de las actividades diarias requieren un mínimo de velocidad.

**Relationship of changes in physical fitness and anthropometric characteristics over one season, biological maturity status and injury risk in elite youth ski racers: A prospective study**

El objetivo del estudio de Teslim et al. (2017) fue comparar la fuerza del músculo cuádriceps de los sujetos afectados de artrosis de rodilla cuando solo se ejerció la rodilla no afectada mediante ejercicios de fortalecimiento isométrico.

21 sujetos con artrosis de rodilla diagnosticados por un médico fueron reclutados para este estudio. Como hemos dicho antes, la rodilla afectada no se entrenó, pero el grupo de músculos del cuádriceps de la no afectada realizó ejercicios isométricos durante 6 semanas.

Estos ejercicios consistían en sentarse en un banco de cuádriceps con la rodilla flexionada a 90°. Luego se le ponía peso usando una correa de tobillo en el tercio inferior de la extremidad no afectada. El paciente debía extender completamente la articulación y aguantar la isometría de 3 a 5 segundos para después volver lentamente a su posición inicial. Se realizaron 3 series de 12 repeticiones 3 veces por semana durante 6 semanas.

Los resultados muestran que hubo un aumento significativo en la cantidad de peso requerida para fortalecer el cuádriceps a la sexta semana del proceso, en torno a un 21%. Sin embargo, la extremidad afectada tuvo un aumento de un 20% en la fuerza máxima. Esto significa que no hubo diferencias significativas en los incrementos observados para las fuerzas isométricas máximas del cuádriceps para las dos extremidades.

Este hallazgo da crédito a las teorías y explicaciones sobre el llamado entrenamiento cruzado. Así, sería útil entrenar una extremidad para generar un aumento de fuerza en la extremidad no entrenada en pacientes con artrosis de rodilla.

### **Concentric and Eccentric Resistance Training Comparison on Physical Function and Functional Pain Outcomes in Knee Osteoarthritis**

Vincent et al. (2020) realizaron su estudio con el objetivo de comparar la efectividad del entrenamiento de fuerza enfocado en la contracción concéntrica con el entrenamiento de fuerza enfocado excéntricamente sobre la función física y el dolor funcional en la artrosis de rodilla.

Para ello, escogieron a 88 participantes de una edad de entre 60 y 85 años y los dividieron en 3 grupos: el primero realizaría un entrenamiento enfocado concéntricamente, el segundo uno enfocado en la contracción excéntrica y el último sería el grupo control que no haría ejercicio. Las variantes que debían evaluar era el tiempo para levantarse de una silla, tiempo para subir unas escaleras, distancia de la prueba de caminata de 6 minutos y parámetros de la marcha.

En la prueba de levantarse de la silla fueron más veloces los que entrenaron excéntricamente al contrario que en el tiempo de subida de escaleras y en la escala de dolor durante la marcha de 6 minutos, que fueron mejores los del grupo enfocado concéntricamente.

Así se llegó a la conclusión de que cualquier ejercicio de fuerza mejora el dolor de la artrosis de rodilla relacionado con la actividad. Pero el entrenamiento de fuerza enfocado en la contracción concéntrica reduce de manera más efectiva la gravedad del dolor ambulatorio y al caminar.

### **Resistance training-induced gains in knee extensor strength are related to increased neural cell adhesion molecule expression in older adults with knee osteoarthritis**

Voigt et al. (2019) realizan un estudio donde pretendían explorar la relación de las adaptaciones neurales, es decir, cómo se refleja en la expresión de la molécula de adhesión de células neurales (NCAM), con las mejoras en la fuerza muscular total y el tamaño de la fibra muscular después de un entrenamiento de fuerza progresiva (RT) en adultos con artrosis de rodilla.

Este entrenamiento de fuerza progresiva aumenta la fuerza muscular total de los adultos mayores ya que aumenta el tamaño del músculo y mejora la función de los miofilamentos y la activación neural.

Para poder llevar a cabo el estudio escogieron a 7 participantes (5 hombres y 2 mujeres) de una edad de entre 60 y 80 años con evidencia radiográfica y sintomática

de artrosis de rodilla en etapa avanzada y que informaron de ser inactivos o participar solamente en actividades muy ligeras.

A estas 7 personas se les hizo una prueba de fuerza muscular y una biopsia del tejido muscular del vasto lateral para ver cómo estaban en un inicio. Después de 1 a 3 semanas de la biopsia comenzaron un entrenamiento de RT 3 veces por semana durante un período de 12 semanas. El entrenamiento constaba de ejercicios como la prensa y el curl de piernas y hacían una serie de 8 repeticiones al 30% de una repetición máxima. A la semana siguiente subían la carga hasta llegar al objetivo del 60% del RM.

Los resultados sugieren que hubo un aumento de la fuerza en todo el músculo según lo medido por una repetición máxima (RM), pero no alteró la expresión de NCAM. Esto puede significar que la expresión de NCAM inducida por el entrenamiento y las adaptaciones neuronales en general, pueden ser importantes para las mejoras morfológicas y funcionales inducidas por RT en adultos mayores.

## 5. Discusión

### 5.1. Beneficios del trabajo de fuerza en la artrosis de rodilla.

Todos los artículos analizados en este trabajo hablaban sobre el trabajo de fuerza o por lo menos hacía una comparación sobre este tipo de entrenamiento y otros totalmente distintos. Sin embargo, en muchos de ellos aparecen resultados muy distintos que generan opiniones contrarias.

Por una parte, el artículo de Cheung et al. (2017) nos muestra que la fuerza no es la mejor opción para tratar y prevenir los síntomas de la artrosis de rodilla. Por el contrario, si puede usarse para aumentar las fuerzas de las extremidades inferiores, para disminuir la ansiedad o el miedo que pueden tener estos adultos a las caídas. Sayers et al. (2012) le respalda en su estudio debido a que sus participantes tampoco hallaron ningún tipo de mejora con respecto al inicio de su estudio.

Según Davis et al. (2019) este entrenamiento podría usarse para la mejora en el ángulo máximo de flexión de la rodilla ya que las personas que entrenaron de esta manera experimentaron un cambio notable.

DeVita et al (2018) respalda el trabajo de fuerza añadiendo que puede aumentar la velocidad de la marcha en al menos un 3% después de 12 semanas.

Edelaar et al. (2017) nos muestra con su estudio que un adecuado entrenamiento puede llegar a reducir las limitaciones en las actividades diarias como subir las escaleras.

El estudio de Voigt et al. (2019) nos muestra también su beneficio en las fibras musculares produciendo un aumento de fuerza muscular.

Por último, todos los artículos salvo los de Cheung et al. (2017) y Sayers et al. (2012) nos demuestran en sus resultados que el entrenamiento de fuerza tiene grandes beneficios en el dolor de esta patología mostrándolo en la escala de WOMAC. Sin embargo, sería necesario el aporte de nueva información para asegurarse al completo de los beneficios que tiene la fuerza.

## 5.2. Métodos y alternativas de readaptación

Todos los artículos sobre los que hemos hablado tratan sobre el trabajo de fuerza en personas con artrosis de rodilla, pero como hemos visto antes, no todos están a favor de este procedimiento y mucho menos readaptarían esta patología de la misma forma.

El artículo de Davis et al. (2019) nos explican que la fuerza es beneficiosa para la artrosis de rodilla y el método que usan son las asimetrías en los músculos del cuádriceps. Cheung et al. (2017) les respaldan y utilizan el mismo método. Pero, por el contrario, nos presentan una alternativa que exponen como mejor, esa es el yoga ya que en su estudio comparan los dos entrenamientos, y es el yoga el que obtiene mejores resultados.

Teslim et al. (2017) también usan el método isométrico en los cuádriceps. Sin embargo, plantean una forma totalmente distinta de aplicarlo; ellos nos demuestran que entrenando la extremidad que no está afectada de artrosis es posible incrementar la fuerza de la que sí está afectada. Así se podría ayudar a personas a las que el dolor les imposibilitaría por completo realizar el trabajo que realizan con la pierna sana.

Vincent et al. (2020) defienden que es útil aplicar la fuerza centrándose tanto en la contracción concéntrica como en la excéntrica porque demostraron que los dos métodos mejoran la sintomatología. Añaden que, si hubiese que elegir entre los dos, el que mejores resultados obtuvo fue el enfocado concéntricamente por lo que sería preferible usarlo.

Para terminar, Voigt et al. (2019) nos hacen una comparación entre el entrenamiento de alta intensidad con el de baja intensidad. Ellos llegan a la conclusión de que es mejor realizar un trabajo a una intensidad más baja antes que aumentarla.

## 6. Futuras líneas de investigación

Una vez revisados los estudios encontrados, de cara al futuro se deberían realizar nuevas investigaciones que puedan seguir la línea de beneficios del trabajo de fuerza e incidir sobre todo en la sintomatología y la dependencia que es generada en numerables ocasiones por esta patología.

Otra idea es realizar más estudios centrados en las mujeres debido a que los síntomas que padecen y sus circunstancias son muy diferentes según en qué parte de su ciclo hormonal estén. Los estudios encontrados meten a hombres y mujeres en un mismo grupo o hablan solamente de hombres.

Sería interesante también centrarse en cómo afecta la artrosis en la articulación cuando previamente ha sufrido una o numerables lesiones y conocer más a fondo los riesgos que esto conlleva.

En casi todos los estudios se habla de la enfermedad como algo que ocurre con la edad a medida que una persona cumple los años, pero no se ha encontrado mucha información sobre genética o algún factor en los genes que produzca con más probabilidad esta enfermedad o haga que aparezca en personas más jóvenes de lo normal.

Sería muy útil que hubiera una clasificación de deportes con mayor riesgo de artrosis de rodilla, así como los ejercicios más peligrosos, sobretodo en el gimnasio.

Por último, en muchos de los estudios se realiza el entrenamiento durante un período de tiempo muy corto, la mayoría de veces son semanas y no da tiempo a obtener los debidos resultados, es por ello que sería necesario aumentar el tiempo de trabajo y registrarlo de manera adecuada. También es notable que el número de pacientes es muy limitado, incluso en uno de los artículos los participantes bajaban de 10. Sería adecuado aumentar esa cifra para obtener más variedad de resultados y, así, darles más veracidad a los estudios.

## 7. Conclusiones

Con respecto al principal objetivo propuesto se han encontrado diferentes beneficios del trabajo de fuerza en personas con artrosis de rodilla; los que más destacan o más se repiten son las mejoras en los síntomas, sobre todo en el dolor y en el rango de movimiento. Sin embargo, es importante que se conozca el estado de cada persona a la hora de entrenarla ya que, si no se le aplicaran bien las cargas, podría ser peligroso.

Se ha demostrado que la fuerza no solo es una forma de prevención para esta patología, sino que también es un tratamiento para aquellas personas que están tanto en el inicio de la enfermedad como para aquellas que están en la etapa media. Cuando está demasiado avanzada, se plantearían otras alternativas que, por desgracia, tienen más efectos secundarios.

También se pueden aplicar distintos métodos a la hora de entrenarla por lo que, si a una persona no le viene bien o le cuesta trabajarla de una manera, siempre puede haber otra distinta. La mayoría coincide en las isometrías, aunque se pueden combinar con otros ejercicios. Además, se plantean otros tipos de deporte y ejercicios, además de la fuerza, en función del objetivo que se tenga o de los gustos de cada uno.

Por último, es notable que aún falta información sobre este tema y se debe investigar más para conocer los efectos que puede llegar a tener este entrenamiento y poder incluso llegar a ser una posible alternativa a la cirugía.

## 8. Referencias bibliográficas

- Cheung, C., Wyman, J., Bronas, U., McCarthy, T., Rudser, K. & Mathiason, M. (2017). Managing knee osteoarthritis with yoga or aerobic/strengthening exercise programs in older adults: a pilot randomized controlled trial. *Rheumatology International*, 37(3), 389-398. DOI 10.1007/s00296-016-3620-2
- Clark, J., Chesworth, B., Speechley, M., Petrella, R. & Maly, M. (2014). Questionnaire to Identify Knee Symptoms: Development of a Tool to Identify Early Experiences Consistent With Knee Osteoarthritis Background. Current diagnostic procedures for knee osteoarthritis (OA) identify. *American Physical Therapy Association*, 94(1), 111-120. <https://academic.oup.com/ptj/article/94/1/111/2735456>
- Davis, H., Luc-Harkey, B., Seeley, M., Troy, J. & Pietrosimone, B. (2019). *Osteoarthritis and Cartilage*, 27(5), 771-780. <https://doi.org/10.1016/j.joca.2018.12.026>
- DeVita, P., Aaboe, J., Bartholdy, C., Leonardis, J., Bliddal, H. & Henriksen, M. (2018). Quadriceps-strengthening exercise and quadriceps and knee biomechanics during walking in knee osteoarthritis: A two-centre randomized controlled trial. *Clinical Biomechanics*, 59, 199-206. <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2018.09.016>
- Edelaar, L., Van Dieën, J., Van Der Esch, M., Roorda, M., Dekker, J., Lems, W & Van Der Leeden, M. (2017). Nonlinear relationship between isokinetic muscle strength and activity limitations in patients with knee osteoarthritis: Results of the Amsterdam-osteoarthritis cohort. *Journal of Rehabilitation Medicine*, 49(7), 598-605. doi: 10.2340/16501977-2252
- Kraemer, W. (2006). *Entrenamiento de la fuerza*. Editorial Hispano Europea.
- Messier, S., Mihalko, S., Beavers, D., Nicklas, B., Devita, P., Carr, J., Hunter, D., Lyles, M., Guermazi, A., Bennell, K. & Loeser, R. (2021). Effect of high-intensity strength training on knee pain and knee joint compressive forces among adults with knee osteoarthritis: The START randomized clinical trial. *JAMA - Journal of*

*the American Medical Association*, 325(7), 646-657.  
doi:10.1001/jama.2021.0411

Mikesky, A., Mazzuca, S., Brandt, K., Perkins, S., Damush, T. & Lane, K. (2006). Effects of strength training on the incidence and progression of knee osteoarthritis. *Arthritis Care and Research*, 55(5), 690-699. DOI 10.1002/art.22245

Onigbinde, A., Ajiboye, R., Bada, A. & Isaac, S. (2017). Inter-limb effects of isometric quadriceps strengthening on untrained contra-lateral homologous muscle of patients with knee osteoarthritis. *Technology and Health Care*, 25(1), 19-27. DOI 10.3233/THC-161239

Panesso, M., Trillos, M. & Guzmán, I. (2008). *Biomecánica de la rodilla*. Editorial Universidad del Rosario.  
[https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3693/Documento%2039\\_Primeras%20artes\[1\].pdf?sequence=4](https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3693/Documento%2039_Primeras%20artes[1].pdf?sequence=4)

Papaneophytou, C., Alabajos, A., Viosca, E., Calvis, C., Costa, M., Christodoulides, A., Kroushovki, A., Kroushovski, A., Lapithis, A., Lapithi, V., Papayiannis, I., Christou, A., Messeguer, R., Giannaki, C. & Felekkis, K. (2022). Associations between serum biomarkers of cartilage metabolism and serum hyaluronic acid, with risk factors, pain categories, and disease severity in knee osteoarthritis: a pilot study. *BMC Musculoskeletal Disorders*, 23(1), 1-18.  
<https://doi.org/10.1186/s12891-022-05133-y>

Sayers, S., Gibson, K. & Cook, C. (2012). Effect of high-speed power training on muscle performance, function, and pain in older adults with knee osteoarthritis: A pilot investigation. *Arthritis Care and Research*, 64(1), 46-53. DOI 10.1002/acr.20675

Thomas, K., Muir, K., Doherty, M., Jones, A., O'Reilly, S. & Bassey, E. (2002). Home based exercise programme for knee pain and knee osteoarthritis: Randomised controlled trial. *British Medical Journal*, 325(7367), 752-755. Doi: 10.1136/bmj.325.7367.752

- Vincent, K. & Vincent, H. (2020). Concentric and Eccentric Resistance Training Comparison on Physical Function and Functional Pain Outcomes in Knee Osteoarthritis: A Randomized Controlled Trial. *American Journal of Physical Medicine and Rehabilitation*, 99(10), 932-940. Doi: 10.1097/PHM.0000000000001450
- Voigt, T., Tourville, T., Falcone, M., Slauterbeck, J., Beynon, B. & Toth, M. (2019). Resistance training-induced gains in knee extensor strength are related to increased neural cell adhesion molecule expression in older adults with knee osteoarthritis. *BMC Research Notes*, 12(1), 1-5. Doi: 10.1186/s13104-019-4642-0
- Woolf, A. & Pfleger, B. (2003). Burden of major musculoskeletal conditions. *Bulletin of the World Health Organization*, 81(9), 646-656. <https://doi.org/10.1186/s13104-019-4642-0>
- Zhang, L., Lin, C., Liu, Q., Gao, J., Hou, Y. & Lin, J. (2021). Incidence and related risk factors of radiographic knee osteoarthritis: a population-based longitudinal study in China. *Journal of Orthopaedic Surgery and Research*, 16(1), 1-9. Doi: 10.1186/s13018-021-02577-1