



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

Ejercicios isométricos para tendinopatía rotuliana en el deportista de alto
rendimiento

Trabajo de Titulación para optar al título de Licenciado en fisioterapia

Autor:

Orna Valencia Jordy Joel

Tutor:

Mgs: Alex Daniel Barreno Gadvay

Riobamba, Ecuador. 2025



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

DECLARATORIA DE AUTORÍA

Yo, **JORDY JOEL ORNA VALENCIA**, con cédula de ciudadanía **0650011661**, autor del trabajo de investigación titulado: **“EJERCICIOS ISOMÉTRICOS PARA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN EL DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO”**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de mí exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, al mes de mayo del año 2025.

Jordy Joel Orna Valencia
C.I: 0650011661



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Yo, **MGS. ALEX DANIEL BARRENO GADVAY**, docente de la carrera de Fisioterapia de la Universidad Nacional de Chimborazo, en mi calidad de tutor del proyecto de investigación denominado **“EJERCICIOS ISOMÉTRICOS PARA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN EL DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO”**, elaborado por el señor, **JORDY JOEL ORNA VALENCIA**, certifico que, una vez realizadas la totalidad de las correcciones el documento se encuentra apto para su presentación y sustentación. Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad facultando al interesado hacer uso del presente para los trámites correspondientes.

Riobamba, al mes de mayo de 2025.

Atentamente,

Mgs. Alex Daniel Barreno Gadvay
DOCENTE TUTOR



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados Miembros del Tribunal de Grado para la evaluación del trabajo de investigación **“EJERCICIOS ISOMÉTRICOS PARA TENDINOPATÍA ROTULIANA EN EL DEPORTISTA DE ALTO RENDIMIENTO”**, presentado por **JORDY JOEL ORNA VALENCIA**, con cédula de identidad número, **0650011661**, bajo la tutoría de **MGS. ALEX DANIEL BARRENO GADVAY**; certificamos que recomendamos la aprobación de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba al mes de mayo, 2025.

Mgs. Silvia del Pilar Vallejo Chinche
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO

Dr. Yanco Danilo Ocaña Villacrés
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO

Msc. David Marcelo Guevara Hernández
MIEMBRO DEL TRIBUNAL DE GRADO



CERTIFICACIÓN

Que, **Jordy Joel Orna Valencia**, con CC **0650011661**, estudiante de la Carrera de **FISIOTERAPIA**, Facultad de **Ciencias de la Salud**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado "**Ejercicios isométricos para tendinopatía rotuliana en el deportista de alto rendimiento**", cumple con el 16%, de acuerdo al reporte del sistema Anti-plagio **Compilatio**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente, autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 08 de mayo de 2025



Mgs. Alex Daniel Barreno Gadway
TUTOR

DEDICATORIA

A mis padres, por ser mi pilar incondicional, por su amor, su apoyo y sus sacrificios, que me han permitido llegar hasta este momento. A mi familia, por estar siempre a mi lado, dándome fuerzas y recordándome el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigos, por su compañía, su ayuda incondicional y por hacer que este camino fuera más llevadero con su cariño y comprensión.

A mis mentores y profesores, por inspirarme, guiarme y por compartir conmigo su sabiduría, que ha sido fundamental en mi formación. Y a mí mismo, por no rendirme ante los obstáculos y por demostrarme que los sueños se alcanzan con dedicación, constancia y fe.

Jordy Joel Orna Valencia

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por cuidarme siempre y estar a mi lado en cada paso del camino.

A mis padres, por su amor incondicional, por ser mi ejemplo de superación y por brindarme el apoyo incondicional en cada etapa de mi vida tanto personal como académica.

A mis abuelitos Gonzalo, Jaqueline y Victoria, y a mi familia, por su constante ánimo hacia mí durante este proceso, por cada palabra de aliento y por creer en mis capacidades, incluso en los momentos en los que sentía que esta tesis no iba a ser posible.

A mis amigos Adrián, Shirley, Tania, Luis y Mauricio. Con quienes he compartido gran parte de mi vida, viviendo momentos únicos que siempre los llevaré en mi corazón y memoria.

Jordy Joel Orna Valencia

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORÍA

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CERTIFICADO DEL TUTOR

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRAC

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN	15
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	17
2.1 Definición tendón rotuliano	17
2.2 Tendinopatía rotuliana.....	17
2.3 Anatomía de rodilla.....	17
2.3.1 Meniscos	17
2.3.2 Cápsula articular.....	18
2.3.3 Ligamentos extraarticulares	18
2.3.4 Ligamentos intraarticulares.....	19
2.3.5 Membrana sinovial	19
2.4 Biomecánica de la rodilla.....	19
2.5 Músculos principales de la rodilla.....	20
2.5.1 Grupo anterior.....	20
2.5.2 Grupo posterior	20

2.6	Anatomía del tendón rotuliano.....	20
2.6.1	Estructura del tendón rotuliano.....	20
2.6.2	Composición del tendón rotuliano	21
2.6.3	Irrigación del tendón rotuliano	21
2.6.4	Inervación del tendón rotuliano	21
2.7	Epidemiología de la tendinopatía rotuliana	22
2.8	Fisiopatología de la tendinopatía rotuliana	22
2.9	Factores de riesgo de la tendinopatía rotuliana	23
2.10	Sintomatología de la tendinopatía rotuliana	24
2.11	Clasificación de las tendinopatías	24
2.12	Biomecánica del tendón rotuliano.....	25
2.13	Mecanismo de lesión.....	25
2.14	Tratamiento Ejercicios isométricos	25
2.15	Mecanismo de la contracción muscular	25
2.15.1	Definición	25
2.15.2	Análisis fisiológico de la contracción isométrica.....	26
2.15.3	Dosificación del ejercicio	26
2.16	Análisis comparativo entre ejercicios isométricos e isotónicos.	27
CAPITULO III. METODOLOGÍA		28
3.1	Diseño de investigación.....	28
3.2	Tipo de investigación	28
3.3	Nivel de investigación	28
3.4	Método de investigación.....	28
3.5	Según la cronología de la investigación.....	28
3.6	Población y muestra	28

3.7	Criterios de inclusión y exclusión	29
3.7.1	Criterios de inclusión	29
3.7.2	Criterios de exclusión	29
3.8	Técnicas de recolección de datos	29
CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN		36
4.1	Discusión	47
CAPITULO V		49
5.1	Conclusiones	49
5.2	Recomendaciones	50
6	BIBLIOGRAFÍA	51
7	ANEXOS.....	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Artículos recopilados y valorados por PEDro	31
Tabla 2. Resultados de los artículos ECAS valorados por PEDro.....	36
Tabla 3. Musculatura del compartimiento anterior extensor del muslo	57
Tabla 4. Musculatura del compartimiento posterior flexor del muslo	58

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de flujo PEDRO del proceso de selección	30
Figura 2. Anatomía de rodilla	54
Figura 3. Musculatura del compartimiento anterior extensor del muslo	54
Figura 4. Musculatura del compartimiento posterior flexor del muslo	55
Figura 5. Anatomía del tendón rotuliano	55
Figura 6. Escala PEDro	56

RESUMEN

Introducción: La tendinopatía rotuliana es una lesión frecuente en atletas de alto rendimiento especialmente en deportes de impacto y salto, debido a la sobrecarga del tendón rotuliano. Su prevalencia varía según la disciplina, afectando el 24.8% de los jugadores de voleibol y el 20.8% de los de baloncesto, por lo que los ejercicios isométricos han demostrado ser efectivos para fortalecer el músculo y aliviar el dolor sin afectar el rendimiento.

Objetivo: Analizar los efectos de los ejercicios isométricos en la tendinopatía rotuliana en el deportista de alto rendimiento.

Metodología: Se realizó una revisión bibliográfica de literatura, utilizando un método de carácter descriptivo. El método de investigación inductivo permitirá analizar los diversos puntos de vista de las variables implicadas. La búsqueda se realizó en español e inglés en: Medline, Web of Science y Scopus. La evaluación de la calidad metodológica de los artículos se realizó mediante la escala PEDro.

Resultados: Tomando en cuenta las variables de estudio, 55 artículos formaron parte del trabajo de investigación inicialmente, de los cuales 20 fueron seleccionados aplicando criterios tanto de inclusión y exclusión, que responden a la población de estudio.

Conclusión: Los ejercicios isométricos han demostrado ser eficaces en el manejo inicial del dolor y mejorando la funcionalidad, aunque su impacto estructural en el tendón es limitado. Su efectividad depende de la intensidad y duración de la contracción, destacando la importancia de personalizar los protocolos terapéuticos para optimizar los resultados.

Palabras claves: ejercicio isométrico, tendinopatía rotuliana, rodilla del saltador, alto rendimiento.

ABSTRACT

Introduction: Patellar tendinopathy is a frequent injury in high-performance athletes, especially in impact and jumping sports, due to patellar tendon overload. Its prevalence varies according to the discipline, affecting 24.8% of volleyball players and 20.8% of basketball players. Isometric exercises have been shown to be effective in strengthening the muscle and relieving pain without affecting performance.

Objective: To analyze the effects of isometric exercises on patellar tendinopathy in high-performance athletes.

Methodology: A literature review was carried out, using a descriptive method. The inductive research method will allow the analysis of the different points of view of the variables involved. The search was carried out in Spanish and English in: Medline, Web of Science and Scopus. The methodological quality of the articles was evaluated using the PEDro scale.

Results: Taking into account the study variables, 55 articles initially formed part of the research work, of which 20 were selected by applying both inclusion and exclusion criteria, which correspond to the study population.

Conclusion: Isometric exercises have been shown to be effective in the initial management of pain and improving functionality, although their structural impact on the tendon is limited. Their effectiveness depends on the intensity and duration of the contraction, highlighting the importance of personalizing therapeutic protocols to optimize results.

Key words: isometric exercise, patellar tendinopathy, jumper's knee, high performance.



Reviewed by:

Lic. Sandra Abarca Mgs.

ENGLISH PROFESSOR

C.C. 0601921505

CAPITULO I. INTRODUCCIÓN

El tendón es un tejido conectivo resistente que tiene como objetivo principal unir el músculo esquelético al hueso, facilitando de esta manera la transmisión de fuerza necesaria para el movimiento. Por otro lado, la tendinopatía hace referencia a un trastorno doloroso del tendón que se manifiesta por alteraciones estructurales microscópicas y macroscópicas (1). La tendinopatía rotuliana, también conocida como rodilla del saltador, es común en personas que realizan actividad física intensa. Esta patología, asociada con el sobreuso y la sobrecarga del cuádriceps, se manifiesta inicialmente con dolor progresivo durante la actividad física, que se intensifica al incrementar la intensidad del ejercicio (2).

La gravedad de esta lesión se puede evaluar mediante estudios de imagen o clasificaciones sintomáticas, que incluyen cuatro etapas: dolor después de la actividad, dolor durante y después de la actividad, incapacidad de movimiento y rotura del tendón. Además, el cuestionario VISA-P (Victorian Institute of Sport Assessment-Patellar), específico para la tendinopatía rotuliana, permite evaluar el impacto de la lesión en la funcionalidad y participación en actividades deportivas (3).

La prevalencia de la tendinopatía rotuliana varía según el deporte y el nivel competitivo. Afecta al 6.1% en futbolistas, al 16.7% en deportistas de élite en general, al 20.8% en jugadores de baloncesto y al 24.8% en jugadores de voleibol. La patología representa entre el 30% y el 45% de las lesiones relacionadas con el salto. En los deportistas, la lesión no solo afecta al rendimiento deportivo, sino también a la calidad de vida (4). Por otro lado, un estudio de la Asociación Deportiva de Tungurahua sobre la prevalencia de la tendinopatía rotuliana en jugadores de baloncesto encontró que las lesiones más comunes en este deporte ocurren en el hombro, mano, rodilla y tobillo, representando entre el 15% y 25% de los casos (5).

La tendinopatía rotuliana es una lesión frecuente en los deportistas de alto rendimiento, que provoca dolor y limitaciones en la actividad. Es importante mantener una condición física óptima, ya que cualquier limitación puede afectar el rendimiento y la capacidad de competir; desatenderla o no tratarla puede generar efectos a largo plazo, incluidas secuelas que pueden tener un impacto negativo en la carrera de un atleta (1).

Entre las alternativas de tratamiento disponibles, se ha comprobado que el ejercicio isométrico es efectivo en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana. Estos ejercicios isométricos generan tensión sin la necesidad de mover las articulaciones. Ofrecen beneficios

como aumento de fuerza, mejor metabolismo muscular y alivio del dolor que puede durar unos 45 minutos después de la actividad. Este efecto analgésico se debe a que disminuye la inhibición cortical sin afectar la fuerza muscular, lo que favorece la funcionalidad y la preparación para la rehabilitación (6).

Por ello, es importante el estudio de la tendinopatía rotuliana. Una comprensión más profunda de esta lesión nos ayudará a identificar factores de riesgo extrínsecos, como técnicas de entrenamiento o superficies de juego inadecuadas, y factores de riesgo intrínsecos, como debilidad muscular y mala biomecánica. Con esta información podemos elaborar intervenciones más eficaces para reducir la incidencia de las lesiones deportivas. Además, es posible llevar a cabo tratamientos más específicos que aborden de forma completa los diferentes aspectos de la patología, garantizando una recuperación más rápida y eficaz.

Por último, el objetivo de esta revisión sistemática es analizar los efectos de los ejercicios isométricos para tendinopatía rotuliana en el deportista de alto rendimiento.

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 Definición tendón rotuliano

El tendón rotuliano es un tejido conectivo denso que se caracteriza por una elevada densidad celular y fibras conectivas dispuestas en haces paralelos para incrementar su resistencia. Es liso y grueso. En estado sano, es blanco, rígido y brillante debido a su limitada vascularización (9). Se sitúa en la región anterior de la rodilla, surge como una extensión del tendón del músculo cuádriceps y su función es transmitir la fuerza producida por el músculo hacia el hueso, facilitando el movimiento con mínima pérdida de fuerza. Además, desempeña un papel importante en la propiocepción del tren inferior (9).

2.2 Tendinopatía rotuliana

La tendinopatía rotuliana es una lesión crónica generada por sobreuso del tendón rotuliano que se caracteriza por dolor en la cara anterior de la rodilla, siendo más habitual que se encuentre en el polo inferior de la rótula. Inicialmente, el dolor es gradual y se desencadena por la actividad física, pero con el paso del tiempo se vuelve más constante, especialmente a medida que se incrementa la frecuencia e intensidad del ejercicio (1).

2.3 Anatomía de rodilla

La articulación de la rodilla está formada por tres huesos: fémur, tibia y la rótula. Esta estructura se puede apreciar en la figura 1. Es una articulación de tipo gínglimo que facilita movimientos de tipo bisagra como la flexión y extensión (7).

Está conformada por tres articulaciones con una sola cavidad sinovial:

- La articulación externa se encuentra entre el cóndilo lateral del fémur, el menisco y el cóndilo lateral de la tibia.
- La articulación interna, entre el cóndilo medial del fémur, el menisco y el cóndilo medial de la tibia.
- La articulación de la rótula y el fémur es intermedia, entre la superficie rotuliana del fémur y la rótula (7).

2.3.1 Meniscos

Los meniscos son dos estructuras de fibrocartílago ubicadas en la tibia que desempeñan una función fundamental como amortiguadores, adsorbiendo los impactos. Además, son estructuras con escasa vascularización (7). Se dividen en dos:

- El menisco lateral tiene una forma de semiluna casi cerrada y tiene forma de O. El cuerno anterior se inserta en la zona lateral del área intercondílea anterior, mientras que el cuerno posterior se fija en la zona anterior del área intercondílea, por detrás de los tubérculos intercondíleos.
- El menisco medial es más abierto y tiene una forma de C. Además, su parte posterior es más amplia que la anterior. Su cuerno anterior se inserta en el área intercondílea anterior, por delante de la inserción del ligamento cruzado anterior, y su cuerno posterior se inserta en el área intercondílea posterior, por delante del ligamento cruzado posterior y por detrás del cuerno posterior del menisco lateral (7).

2.3.2 Cápsula articular

La cápsula articular es una vaina fibrosa que se extiende desde el extremo inferior del fémur hasta el extremo superior de la tibia, envuelve la cavidad sinovial y conecta los huesos que forman la articulación, evitando luxaciones en la articulación. Tiene las siguientes inserciones: La inserción femoral rodea la superficie articular. Partiendo de la parte anterior, se inserta en la cavidad supratroclear. La inserción tibial se localiza anteriormente, en el borde anterior de la superficie rugosa del área intercondílea anterior. El cartílago que rodea la inserción rotuliana (7).

2.3.3 Ligamentos extraarticulares

La función principal de los ligamentos es limitar los movimientos excesivos en la articulación, limitando las rotaciones medial y lateral y evitando la hiperextensión.

- Ligamento colateral medial: Posee una forma ancha y plana, está situado en la superficie media de la articulación y se extiende desde el cóndilo medial del fémur hasta el cóndilo medial de la tibia. Además, el ligamento colateral tibial está firmemente conectado al menisco medial.
- Ligamento colateral lateral: Es redondeado y robusto; se encuentra en la superficie lateral de la articulación, extendiéndose desde el cóndilo lateral del fémur hasta la cara lateral de la cabeza del peroné. Provee soporte a la cara lateral de la articulación.
- Ligamento rotuliano: Es la continuación del tendón común de inserción del músculo cuádriceps femoral; este ligamento se extiende desde la rótula hasta la tuberosidad de la tibia, reforzando así la superficie anterior de la articulación (7).

2.3.4 Ligamentos intraarticulares

- Ligamento cruzado posterior: Su inserción se encuentra en la parte posterior de la eminencia intercondílea de la tibia, extendiéndose hasta el borde posterior del platillo tibial. Desde allí, se desplaza hacia arriba, en dirección anteromedial, para insertarse en la cara lateral del cóndilo medial del fémur, siguiendo una trayectoria horizontal (7).
- Ligamento cruzado anterior: Este ligamento se inserta en la zona intercondílea anterior de la tibia y se extiende ascendente, posterior y lateralmente, terminando en la cara medial del cóndilo lateral del fémur (7).

2.3.5 Membrana sinovial

La membrana sinovial se encarga de la secreción del líquido sinovial, un líquido viscoso, cristalino o de color amarillo pálido, similar en consistencia y apariencia a la clara de huevo cruda. El líquido sinovial está compuesto por ácido hialurónico y sus funciones son disminuir la fricción al lubricar la articulación, amortiguar los impactos y aportar oxígeno y nutrientes. También elimina el dióxido de carbono y los desechos metabólicos de los condrocitos del cartílago articular (8).

2.4 Biomecánica de la rodilla

La rodilla está compuesta por varias estructuras, tales como huesos, ligamentos, meniscos y músculos, las cuales dan estabilidad y movilidad. Esta articulación tiene un grado de libertad que facilita los movimientos de flexión y extensión. Pero también cuenta con un segundo grado de libertad que es bastante limitado, siendo este las rotaciones (7).

- Flexión (0-150°) y extensión (0-10°): Estos movimientos se realizan a través del eje transversal. La flexión implica acercar la parte posterior de la pierna a la parte posterior del muslo y está acompañada de una rotación medial de la tibia; por el contrario, la extensión separa estas dos partes y está asociada con una rotación lateral de la tibia.

Los dos movimientos se pueden realizar mediante una combinación de rodamiento y deslizamiento: mientras los cóndilos femorales se desplazan de anterior a posterior, también se deslizan de posterior a anterior. Al rodar, los cóndilos femorales empujan los meniscos hacia adelante.

- **Rotación:** Este movimiento ocurre en un eje vertical que atraviesa la eminencia intercondílea de la tibia, específicamente en la articulación meniscotibial. Es importante tener en cuenta que la rotación no se produce o se limita cuando la pierna se encuentra en posición extendida (7).

2.5 Músculos principales de la rodilla

Sus dos principales grupos se definen como: Un grupo anterior, conocido como los músculos extensores, y un grupo posterior, que incluye los músculos flexores (7).

2.5.1 Grupo anterior: El grupo muscular anterior de la rodilla, el cuádriceps, está formado por el vasto medial, vasto lateral, recto femoral y vasto intermedio. Esta estructura se puede apreciar en la figura 2, su origen e inserción. (Tabla 1)

2.5.2 Grupo posterior: El grupo muscular posterior de la rodilla está formado por los músculos isquiotibiales, formado por el bíceps femoral, semitendinoso y semimembranoso. Esta estructura se puede apreciar en la figura 3, su origen e inserción. (Tabla 2)

2.6 Anatomía del tendón rotuliano

2.6.1 Estructura del tendón rotuliano

El tendón es un tejido conectivo fibroso, formado por múltiples fibras de colágeno tipo I y elastina. El colágeno tipo I proporciona la suficiente resistencia para tolerar altas tensiones y los tenocitos son responsables de sintetizar la matriz extracelular o sustancia fundamental, el mantenimiento de la homeostasis tendinosa y la reparación de lesiones (10).

- **Tropocolágeno:** Compuesta por colágeno tipo I, su función permite que cada unidad se una con el fin de formar fibrillas.
- **Paratendón:** Capa laxa de tejido conectivo que permite el movimiento del tendón.
- **Fibrillas:** Rodeadas por matriz extracelular, dispuesta en haces que se ubican de forma paralela.
- **Endotendón:** Tejido conectivo que rodea a los haces de fibras.
- **Fascículos:** Formados por los haces primarios, vasos y nervios.
- **Epitendón:** Capa fina de tejido conectivo que rodea a todo el tendón (10).

2.6.2 Composición del tendón rotuliano

El tendón, al igual que la mayoría de los tejidos conectivos, se compone principalmente de agua, colágeno, sustancia fundamental y fibroblastos.

- **Fibras de colágeno:** El colágeno tipo I es el más abundante en los tendones, mientras que el colágeno tipo III es el segundo más abundante en los tendones, representando hasta el 10 % del contenido total de colágeno, ya que regula el tamaño de las fibrillas de colágeno tipo I durante la fibrillogénesis del colágeno (10).
- **Sustancia fundamental:** Denominada matriz extracelular formada por agua, proteoglicanos y glicosaminoglicanos. Su función consiste en adherir las fibras de colágeno y lubricarlas.
- **Células:** Tenemos tres tipos de células en el tendón.
 - ✓ **Fibroblastos:** Encargados de formar el tejido conectivo: la elastina y colágeno. Ayudando en la reparación tendinosa.
 - ✓ **Macrófagos:** Su principal función es la fagocitosis de cuerpos extraños y bacterias.
 - ✓ **Células cebadas:** Controlan el flujo sanguíneo en los procesos inflamatorios (10).

2.6.3 Irrigación del tendón rotuliano

Las estructuras tendinosas en comparación con los músculos y la piel son prácticamente avasculares. Específicamente, los vasos que aportan sangre al tejido tendinoso son las ramas descendente e inferior de la arteria genicular y la arteria tibial anterior. Todas son ramas de las arterias femoral y poplítea. El flujo sanguíneo aumenta como resultado del ejercicio físico (11).

2.6.4 Inervación del tendón rotuliano

La inervación del tendón ocurre de manera aferente en la zona de unión músculo-tendón y establece una conexión con el músculo circundante. Los nervios se extienden a lo largo del eje del tendón y terminan en terminaciones nerviosas sensoriales (7).

- Corpúsculos de Ruffini (tipo I): responden gradualmente a los cambios en la presión.
- Corpúsculos de Pacini (tipo II): reaccionan rápidamente a los cambios en la presión.

- Terminaciones de Golgi (tipo III): son mecanorreceptores que se activan ante la deformación mecánica provocada por la contracción o elongación.
- Terminaciones nerviosas libres (tipo IV): responden lentamente al dolor (7).

2.7 Epidemiología de la tendinopatía rotuliana

A nivel mundial, la prevalencia general de tendinopatía rotuliana es del 18,3% en la población deportista activa; en deportistas de élite fue del 16,7% siendo los jugadores de voleibol y baloncesto los más afectados. Se ha comprobado que los deportes de alto impacto, como el baloncesto y el voleibol, se asocian con mayor frecuencia con esta patología. Respecto al género, la incidencia es del 6,45% en mujeres y 10,2% en hombres (1).

Se estima que entre el 40% y el 50% de los deportistas involucrados en actividades que requieren un gran esfuerzo en la musculatura extensora del miembro inferior, tales como voleibol, atletismo, fútbol o baloncesto, pueden desarrollar tendinopatía rotuliana. Entre los jugadores profesionales, la prevalencia en baloncesto es del 20,8% y en voleibol del 24,8% (1).

Como parte de un estudio realizado con futbolistas de élite de clubes europeos, analizó a 222 jugadores, de los cuales 133 presentaban tendinopatía rotuliana afectando el tendón distal. De estos casos, el 3% ambas rodillas, el 9% se clasificó como origen desconocido, el 40% afectaba la pierna dominante y el 48% la no dominante (2).

Por otro lado, un estudio de la Federación Deportiva de Tungurahua sobre la prevalencia de tendinopatía rotuliana en jugadores de baloncesto encontró que las lesiones más comunes en este deporte se presentan en el hombro, mano, rodilla y tobillo. Las lesiones tendinosas son las lesiones más frecuentemente tratadas en traumatología deportiva y representan entre el 15% y el 25% de los casos (5).

2.8 Fisiopatología de la tendinopatía rotuliana

La tendinopatía rotuliana es una enfermedad caracterizada por una lesión crónica del tendón rotuliano. Estudios histopatológicos han demostrado que este tipo de lesión puede causar diversos cambios estructurales en el tendón. Con frecuencia se produce degeneración y desorganización de las fibras de colágeno del tendón, así como su rotura de las fibras de colágeno. Esto puede conducir al desarrollo de desgarros microscópicos o macroscópicos en el tendón (12).

Además de estas alteraciones en la estructura del tendón, también suele producirse un incremento de la cantidad de matriz extracelular en el tendón. Esta sustancia está compuesta

de glicosaminoglicanos y proteoglicanos, que contribuyen al mantenimiento de la integridad estructural del tendón. El aumento de esta sustancia puede contribuir al engrosamiento del tendón. Los fibroblastos son células responsables de la producción de colágeno y otros componentes estructurales del tendón. Como respuesta a una lesión, estas células pueden proliferar y producir más colágeno, lo que puede contribuir al engrosamiento y la cicatrización (12).

También puede suceder la neovascularización en el tendón, lo que conlleva la creación de nuevos vasos sanguíneos en este tejido, que pueden suministrar nutrientes y oxígeno al tejido dañado. La neovascularización también puede influir en el surgimiento de calcificaciones intratendinosas, acumulaciones de calcio que se generan en el interior del tendón. Estas calcificaciones pueden provocar dolor y rigidez (12).

2.9 Factores de riesgo de la tendinopatía rotuliana

Dentro de los factores de riesgo vamos a encontrar dos tipos, tanto intrínsecos como extrínsecos. Dentro de los intrínsecos encontramos los siguientes (10).

- **Biomecánico:** Variaciones en las estructuras anatómicas, como la mala alineación de las extremidades inferiores (varo/valgo), la eversión del tobillo, variaciones en la relación entre el grosor del tendón y la fuerza muscular, disimetrías en la longitud del tendón y cambios en el brazo de palanca, que implican un aumento de la carga en un punto específico del tendón.
- **Edad:** La edad avanzada reduce considerablemente la capacidad del tendón para adaptarse a las tensiones, causando que su estructura se debilite, se vuelva más rígida y, en consecuencia, menos resistente a las fuerzas a las que se encuentra expuesta.
- **Sexo:** El género femenino presenta una mayor incidencia de lesiones tendinosas debido a una mayor proporción de grasa en el sistema musculoesquelético y a una masa y fuerza muscular relativamente menores.
- **Disminución en la vascularización:** Las actividades constantes aplican presión a los vasos sanguíneos que irrigan el tendón, disminuyendo su diámetro y causando alteraciones isquémicas en los tejidos.
- **Déficit de fuerza concéntrica/excéntrica:** Un déficit entre la fuerza concéntrica y la excéntrica en el mismo grupo muscular es un factor de riesgo, especialmente en el deporte.

- Lesión térmica: Otro factor de riesgo es la hipertermia, que se origina por la deformación cíclica del tendón y puede perjudicar las células tendinosas, reduciendo así su capacidad regenerativa (10).

Los factores de riesgo extrínsecos que pueden afectar al tendón son (10).

- Terreno/suelo: En el ámbito deportivo, la superficie en la que se lleva a cabo el deporte representa un factor de riesgo. En superficies sólidas como el cemento o el asfalto, el riesgo de desarrollar tendinopatías es superior al de superficies suaves como el césped.
- Calzado: ya sea en un entorno deportivo, laboral o en el día a día. El uso de calzado incorrecto representa un peligro debido a un desbalance en las cargas.
- Dosificación del ejercicio: A nivel deportivo, las cargas de trabajo mal planificado (peso, duración del ejercicio, etc.) pueden ser responsables de hasta el 80% de las tendinopatías (10).

2.10 Sintomatología de la tendinopatía rotuliana

- Sensación de dolor directamente en el tendón rotuliano o, en particular, bajo la rótula (9).
- Sensación de rigidez y dolor en la rodilla, particularmente al saltar, arrodillarse, acostarse, sentarse o al subir escaleras.
- Sensación de dolor al extender la rodilla, molestia en el cuádriceps.
- Debilidad en la pierna o la pantorrilla, problemas de equilibrio.
- Aumento de la temperatura, sensibilidad excesiva, edema alrededor de la parte inferior de la rodilla (9).

2.11 Clasificación de las tendinopatías

- **Tendinopatía reactiva:** Clínicamente, las tendinopatías reactivas son el resultado de un aumento de la actividad física a la que el tendón no está adaptado. Esta fase se presenta con frecuencia en individuos jóvenes que aumentan drásticamente su ritmo de entrenamiento o en quienes han sufrido un traumatismo directo en el tendón (9).
- **Tendinopatía desestructurada:** Se describe como una recuperación fallida, donde se produce una mayor desorganización de la matriz celular. En esta fase, aumenta el número de células tendinosas, aumenta la síntesis de colágeno y proteoglicanos y, en

consecuencia, comienza la desorganización de la matriz y la degradación del colágeno. Es común en atletas jóvenes que sufren sobrecarga crónica (9).

- **Tendinopatía degenerativa:** Es la progresión de los cambios a nivel celular, desde la degradación del colágeno hasta la aparición de neovascularización. Aquí es donde aparecen zonas de muerte celular, ya sea por deficiencia de tenocitos, apoptosis o traumatismos, y la incapacidad de revertir los cambios patológicos. No presenta síntomas algunos hasta que el tendón es sometido a una carga (9).

2.12 Biomecánica del tendón rotuliano

El tendón es una estructura elástica que, junto con el componente contráctil del músculo, juega un papel fundamental en el movimiento. Cuando las fibras musculares se contraen, la longitud del tendón varía. Esta elasticidad permite al tendón distribuir eficientemente las fuerzas generadas por los músculos y almacenar energía en las estructuras ligamentosas de las articulaciones (11).

2.13 Mecanismo de lesión

El principal mecanismo de lesión de la tendinopatía rotuliana es el uso excesivo o la sobrecarga del sistema extensor de la rodilla, donde la acumulación de carga, el estrés y una respuesta de reparación biológica insuficiente son los principales factores implicados. Además, este uso excesivo, repetitivo e inusual del grupo muscular del cuádriceps y del propio tendón se relaciona con múltiples factores que pueden aumentar la probabilidad de que el atleta sufra esta lesión (12).

2.14 Tratamiento Ejercicios isométricos

2.15 Mecanismo de la contracción muscular

La contracción muscular puede definirse como un mecanismo de deslizamiento de filamentos, que se produce porque la cabeza de miosina se une a los delgados filamentos llamados actina, ubicados en ambos extremos del sarcómero, y se desplaza a lo largo de ellos. Esto se genera mediante un impulso eléctrico hacia las fibras musculares (8).

2.15.1 Definición

Los ejercicios isométricos, también conocidos como contracciones estáticas, son aquellos en los que se genera una tensión constante sin provocar movimiento articular. Durante estas contracciones, los filamentos se mueven y las proteínas actina y miosina se unen, generando

fuerza, pero las fibras musculares no se acortan (concéntrico) y no se alargan (excéntrico). Además, las contracciones isométricas pueden influir en el umbral del dolor. Este tipo de ejercicio implica contraer los músculos bajo tensión sin ningún movimiento y puede aplicarse a diversas actividades, ya sea con pesas, sin equipo o utilizando únicamente el peso corporal (6).

Se utilizan diferentes intensidades y formas de ejercicios isométricos para abordar diferentes objetivos funcionales y resultados de la curación del tejido después de una lesión o cirugía.

2.15.2 Análisis fisiológico de la contracción isométrica

- La contracción es voluntaria y alcanza la carga máxima, activando así el mayor número posible de unidades motoras. Al ser voluntaria, la probabilidad de lesión muscular es baja (6).
- Tanto el sistema nervioso como el muscular se estimulan al máximo desde el inicio del ejercicio, sin causar fatiga. Hemos observado que, tanto al final de la sesión como al día siguiente, los atletas no experimentan molestias relacionadas con la fatiga del ejercicio.
- Durante la contracción isométrica, se produce un aumento notable del tono muscular, y la fuerza generada no se traduce en trabajo físico, sino en energía. Esta capacidad de aumentar el tono muscular es la función más relevante de la técnica isométrica.
- La duración del ejercicio es breve, de 30 a 45 segundos, lo que produce modificaciones musculares temporales, especialmente en lo que respecta a alteraciones vasculares (6).

2.15.3 Dosificación del ejercicio

La dosificación del ejercicio se podría llevar a cabo de 3 a 4 series, con un rango de 5 reps y de 30 a 45 segundos de contracción sostenida con un descanso de 1 a 2 minutos entre cada contracción, lo que permite la recuperación muscular y nerviosa. Las personas con niveles muy altos de dolor y función articular reducida pueden realizar contracciones usando su propio peso corporal. En este caso, para lograr los efectos deseados, especialmente en la reducción del dolor, se debe trabajar en un rango medio interno de flexión de rodilla de 60°. Para lograr la reducción del dolor, así como una mayor fuerza muscular y activación neuronal, se debe trabajar al 60% o 80 % de tu 1RM. (6).

2.16 Análisis comparativo entre ejercicios isométricos e isotónicos.

Las contracciones musculares isométricas resultaron en una analgesia inmediata significativamente mayor que las contracciones isotónicas en un estudio de 4 semanas realizado con atletas durante el entrenamiento y la competición. Este mayor alivio del dolor asociado con el ejercicio isométrico tiene varios beneficios potenciales. En primer lugar, una reducción del dolor podría permitir mayores intensidades de actividad o una participación más frecuente en las sesiones de entrenamiento. Además, los atletas pueden experimentar menos molestias a lo largo de la semana, especialmente teniendo en cuenta investigaciones previas que sugieren un efecto de alivio que dura al menos 45 minutos con el ejercicio isométrico, en comparación con el isotónico (13).

Los beneficios adicionales de reducir el dolor asociado con el entrenamiento de resistencia incluyen una reducción del miedo al ejercicio y una mayor percepción de autoeficacia, ya que los atletas pueden aprender a regular su propio dolor, que es una forma de analgesia en sí misma. Esto también se traduce en una sensación de mayor control, ya que la ansiedad, a menudo relacionada con la percepción de falta de control, puede influir de forma diferencial y sinérgica en el dolor (13).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Diseño de investigación

El diseño de investigación fue documental, lo que implica la recopilación y análisis de información existente de diversas fuentes documentales como revistas académicas, artículos científicos, estudios de casos clínicos y libros. Elegir un diseño documental permite una investigación sistemática y la síntesis de información relevante sobre los ejercicios isométricos para tendinopatía rotuliana en el deportista de alto rendimiento.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación fue bibliográfico, basado en la búsqueda y recolección de estudios científicos y académicos relacionados con el uso de ejercicios isométricos y sus efectos en la tendinopatía rotuliana en el deportista de alto rendimiento. Esto facilita el análisis de información existente, proporcionando un marco teórico y conceptual conciso a partir de estudios publicados entre 2014 y 2024.

3.3 Nivel de investigación

El nivel de investigación fue descriptivo y se fundamentó en la recolección de información de diversas bases de datos científicas, tales como Medline, Web of Science y Scopus. A su vez, se analizó la intervención de los ejercicios isométricos en la tendinopatía rotuliana y se examinó la relación entre las variables y el problema de la investigación.

3.4 Método de investigación

El método de investigación inductivo posibilitó el análisis de múltiples puntos de vista sobre las variables implicadas, lo que facilitó la formulación de resultados evidentes y conclusiones generales sólidas basadas en las premisas de investigación propuestas.

3.5 Según la cronología de la investigación

La investigación se considera retrospectiva, ya que se centró en la revisión de eventos pasados, con base en fuentes bibliográficas científicas. Esto significa que se recopiló información de alta calidad para su elaboración.

3.6 Población y muestra

Los artículos recopilados al inicio de la investigación fueron 55 ensayos clínicos, de los cuales 20 fueron seleccionados mediante criterios de exclusión.

3.7 Criterios de inclusión y exclusión

3.7.1 Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión para esta investigación fueron: artículos con validez científica y ensayos clínicos aleatorizados (ECAs) que utilicen ejercicios de fortalecimiento isométrico para la tendinopatía rotuliana. Se considerarán los ECAs realizados entre 2014 y 2024, siempre que alcancen una puntuación igual o mayor de 6 en la escala de Physiotherapy Evidence Database (PEDro).

3.7.2 Criterios de exclusión

- Documentos con acceso restringido en las bases de datos.
- Documentos publicados antes del año 2014.
- Puntuación de menor o igual a 5 dentro de la escala de PEDro.
- Revisiones sistemáticas con o sin metaanálisis

3.8 Técnicas de recolección de datos

La estrategia de búsqueda para este estudio bibliográfico consistió en una revisión exhaustiva de artículos y ensayos clínicos aleatorizados que mostraban evidencia científica, de acuerdo con los criterios de inclusión establecidos, relacionados con el tema propuesto: “Ejercicios isométricos para tendinopatía rotuliana en deportistas de alto rendimiento”. Se llevó a cabo la búsqueda en diversas bases de datos como Medline, Web of Science y Scopus utilizando palabras clave como “patellar tendinopathy”, “isometric exercises”, “jumper's knee” y “tendinopatía rotuliana”, además de los operadores booleanos “AND” y “OR”, que se utilizaron de la siguiente forma: isometric exercises AND tendinopathy OR jumper's knee; patellar exercises AND jumper's knee. Esto facilitará la búsqueda con las variables de la investigación.

3.10. Método de análisis y procesamiento de datos

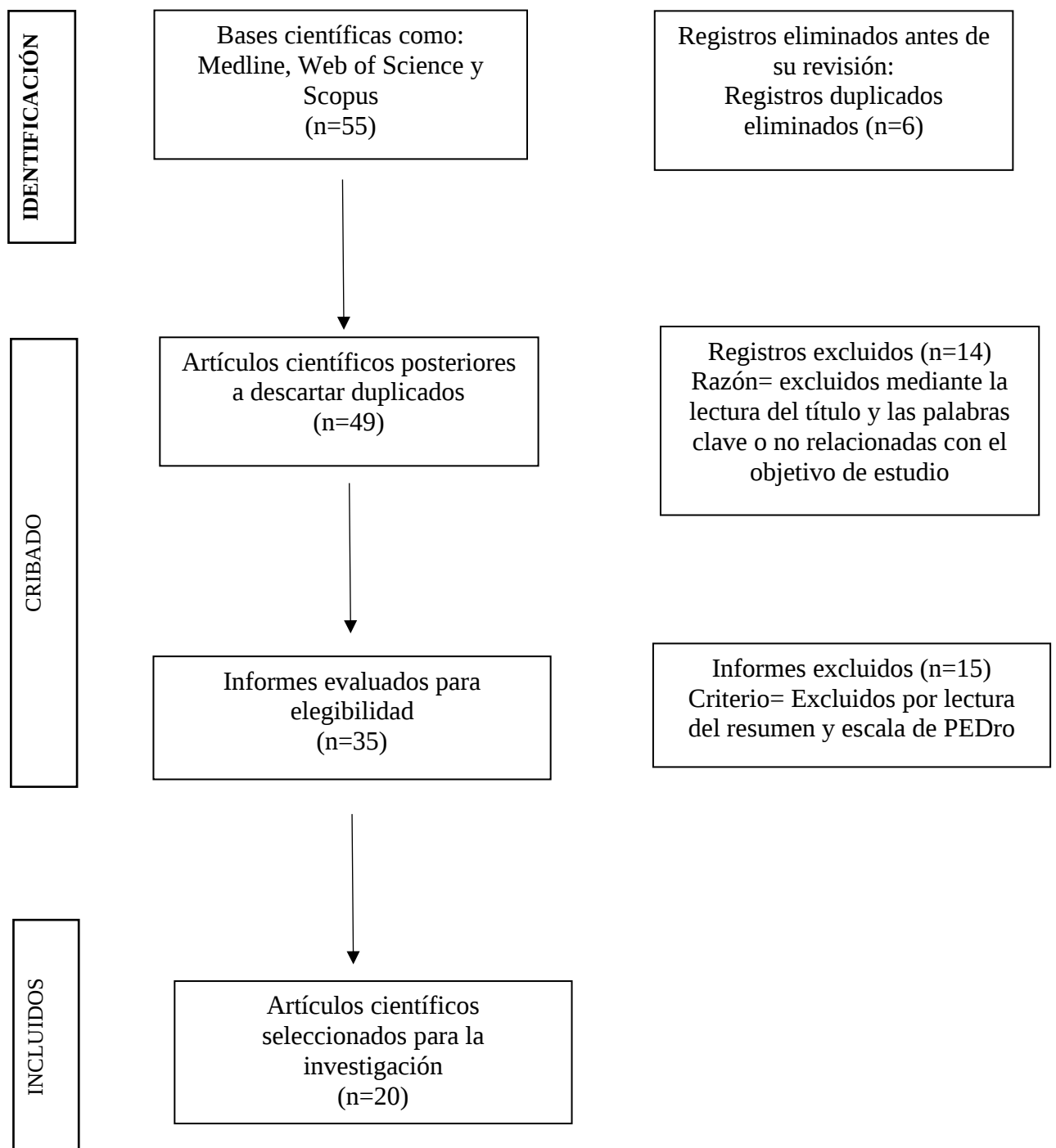


Figura 1. Diagrama de flujo PEDRO del proceso de selección

Tabla 1. Artículos recopilados y valorados por PEDro

Nº	AUTOR	ARTICULO ORIGINAL	ARTICULO TRADUCIDO	BASE CIENTIFICA	CALIFICACION ESCALA PEDro
1	Holden 2020 (14)	Isometric exercise and pain in patellar tendinopathy	Ejercicio isométrico y dolor en la tendinopatía rotuliana	Medline	6
2	Katayama 2021 (15)	Effects of isometric contraction of the quadriceps on the hardness and blood flow in the infrapatellar fat pad	Efectos de la contracción isométrica del cuádriceps sobre la dureza y el flujo sanguíneo en la almohadilla grasa infrapatelar	Web of Science	6
3	Earp 2022 (16)	Effects of Isometric Loading Intensity on Patellar Tendon Microvascular Response	Efectos de la intensidad de la carga isométrica en el tendón rotuliano Respuesta microvascular	Web of Science	7
4	Van Ark 2018 (17)	Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an	Las mejoras clínicas no se explican por los cambios en la estructura del tendón en la caracterización del tejido mediante ecografía después	Web of Science	6

		Exercise Program for Patellar Tendinopathy	de un programa de ejercicios para la tendinopatía rotuliana		
5	Pearson 2020 (18)	Immediate and Short-Term Effects of Short-and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy	Efectos inmediatos y a corto plazo de las contracciones isométricas de corta y larga duración en la tendinopatía rotuliana	Web of Science	7
6	Pietrosimone 2020 (19)	Landing biomechanics are not immediately altered by a single-dose patellar tendon isometric exercise protocol in male athletes with patellar tendinopathy	La biomecánica del aterrizaje no se altera inmediatamente con un protocolo de ejercicio isométrico del tendón rotuliano de dosis única en atletas masculinos con tendinopatía rotuliana	Web of Science	8
7	Van Ark 2016 (20)	Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season?	¿Los programas de ejercicios isométricos e isotónicos reducen el dolor en deportistas con tendinopatía rotuliana durante la temporada?	Web of Science	6
8	Rio 2015 (21)	Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy	El ejercicio isométrico induce analgesia y reduce la inhibición en la tendinopatía rotuliana	Web of Science	6

9	Rio 2017 (22)	Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain	Las contracciones isométricas son más analgésicas que las isotónicas contracciones para el dolor del tendón rotuliano	Web of Science	6
10	Rio 2019 (23)	Isometric Exercise to Reduce Pain in Patellar Tendinopathy In-Season; Is It Effective “on the Road?”	Ejercicio isométrico para reducir el dolor en la tendinopatía rotuliana en temporada	Web of Science	7
11	Tsoukos 2016 (24)	Acute improvement of vertical jump performance after isometric squats depends on knee angle and vertical jumping ability	La mejora aguda del rendimiento del salto vertical después de sentadillas isométricas depende del ángulo de la rodilla y de la capacidad de salto vertical	Medline	6
12	Alsouhibani 2019 (25)	Systemic Exercise-Induced Hypoalgesia Following Isometric Exercise Reduces Conditioned Pain Modulation	La hipoalgesia sistémica inducida por el ejercicio después del ejercicio isométrico reduce la modulación del dolor condicionado	Web of Science	6
13	Kochar 2024 (26)	Efficacy of Isometric Exercises and Somatosensory Training for Pain, Proprioception, and Balance in	Eficacia de los ejercicios isométricos y el entrenamiento somatosensorial	Web of Science	7

		Runners with Patellofemoral Pain Syndrome	para el dolor, la propiocepción y el equilibrio en corredores con síndrome de dolor patelofemoral		
14	Breda 2021 (27)	Effectiveness of progressive tendon- loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial	Eficacia de la terapia con ejercicios de carga progresiva del tendón en pacientes con tendinopatía rotuliana: un ensayo clínico aleatorizado	Medline	8
15	Agergaard 2021 (28)	Clinical Outcomes, Structure, and Function Improve With Both Heavy and Moderate Loads in the Treatment of Patellar Tendinopathy	Resultados clínicos, estructura y función mejora con cargas pesadas y moderadas en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana	Medline	7
16	Mikaili 2024 (29)	Effect of strengthening exercises in individuals with patellofemoral pain syndrome: a randomised controlled trial	Efecto de los ejercicios de fortalecimiento en personas con síndrome de dolor patelofemoral: un ensayo controlado aleatorizado	Web of Science	7
17	Greaves 2021 (30)	How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain?	¿Qué tan efectiva es una intervención de ejercicios basada en evidencia en individuos con dolor patelofemoral?	Web of Science	6

18	Steinberg 2020 (31)	Isometric exercises and somatosensory training as intervention programmes for patellofemoral pain in young dancers	Ejercicios isométricos y entrenamiento somatosensorial como programas de intervención para el dolor patelofemoral en bailarines jóvenes	Web of Science	7
19	Felicio 2014 (32)	Influence of exercises on patellar height in women with patellofemoral pain syndrome	Influencia de los ejercicios sobre la altura de la rótula en mujeres con síndrome de dolor femorpatelar	Web of Science	7
20	Malliaras 2014 (33)	Patellar tendon adaptation in relation to load-intensity and contraction type	Adaptación del tendón rotuliano en relación con la intensidad de carga y el tipo de contracción	Web of Science	6

CAPITULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Tabla 2. Resultados de los artículos ECAS valorados por PEDro

N°	AUTOR	POBLACIÓN	INTERVENCIÓN	RESULTADOS
1	Holden 2020 (14)	Los participantes fueron 21, tenían una edad comprendida entre 18 y 40 años.	Ejercicios isométricos, de máxima contracción isométrica voluntaria.	Según la escala NRS, se observó una disminución significativa del dolor. Los ejercicios isométricos demostraron ser una herramienta eficaz para aliviar rápidamente el dolor en pacientes con tendinopatía de la extremidad inferior.
2	Katayama 2021 (15)	La edad media de los siete hombres y cinco mujeres que participaron era de 21 años.	Realizaron ejercicios isométricos.	El estudio demuestra que, mientras el tejido infrarrotuliano experimenta una pérdida temporal de oxígeno, los músculos del cuádriceps se vuelven más rígidos tras los ejercicios isométricos. No obstante, esto se contrarresta con un incremento en el flujo sanguíneo, lo que potencia la oxigenación. Además, los ejercicios al 30% de la intensidad máxima resultan efectivas para disminuir el dolor y fortalecer los músculos, debido a las mejoras en el flujo sanguíneo que favorecen tanto la disminución del dolor como el incremento de la fuerza muscular.

3	Earp 2022 (16)	En este estudio participaron trece hombres y mujeres sanos y físicamente activos de entre 18 y 35 años	Sesión experimental 1: Realizaron una serie de extensiones isométricas unilaterales de rodilla. Sesión experimental 2: Se midieron los cambios en el flujo sanguíneo microvascular del tendón rotuliano y la oxigenación después de una serie de contracciones isométricas	Los hallazgos indican que incrementar el 25% al 50% de la intensidad máxima del ejercicio (MVIC) incrementó de manera notable el flujo sanguíneo y la oxigenación en el tendón rotuliano. No obstante, incrementar la carga del 50% al 75% evidenció un cambio parecido. Esto implica que una carga del 50% de la MVIC basta para producir una respuesta casi máxima, lo que señala que la cifra máxima para estimular el flujo sanguíneo y la oxigenación del tendón se sitúa entre el 25% y el 50%. Estas elevaciones podrían fomentar el proceso de curación y adaptación del tendón.
4	Van Ark 2018 (17)	Jugadores de voleibol y baloncesto (16-31 años, n=29).	Todos los ejercicios en ambos grupos se realizaron en una máquina de extensión de piernas. Se realizaron cinco series de 45 segundos de sostenimiento isométrico de una pierna.	Un programa de ejercicios isométricos o isotónicos realizado durante cuatro semanas no genera cambios en la estructura ni en el tamaño del tendón en personas con tendinopatía rotuliana. Sin embargo, sí se observará una disminución notable en el dolor durante la SLDS después de completar el programa de ejercicios, en comparación con el nivel de dolor al inicio.

5	Pearson 2020 (18)	16 hombres con tendinopatía rotuliana unilateral o bilateral participaron en el estudio.	Carga isométrica de extensión de rodilla de corta duración.	El dolor disminuyó significativamente tras realizar ejercicios isométricos, tanto durante actividades específicas como en pruebas de salto. A lo largo de las cuatro semanas de entrenamiento, también se observó una mejora del dolor general y de la función del cuádriceps. La tensión en el tendón anteroposterior fue evidente en todas las mediciones, mientras que el aumento de la tensión transversal no fue lo suficientemente significativo. Además, no se observaron diferencias significativas en el alivio del dolor entre los ejercicios isométricos de corta y larga duración durante la SLDS.
6	Pietrosimone 2020 (19)	Tras la evaluación, se registraron veintiocho hombres con tendinopatía rotuliana. Todos los participantes contaban con una edad comprendida entre 15 y 28 años.	El participante realizó 5 series de una contracción isométrica de cuádriceps de 45s a 60 de flexión. Después de cada contracción isométrica de 45s, se le proporcionó al participante 2 minutos de descanso.	Los resultados de este estudio demuestran que un protocolo de ejercicios de carga isométrica del tendón rotuliano no tuvo efectos agudos en la biomecánica de aterrizaje en atletas masculinos con tendinopatía. Sin embargo, la carga isométrica del tendón es una opción de tratamiento tolerable y analgésica para atletas con tendinopatía rotuliana sintomática.

7	Van Ark 2016 (20)	Se incluyeron veintinueve atletas en este estudio. Los participantes eran jugadores de voleibol y baloncesto (16-32 años) que jugaban o entrenaban al menos tres veces por semana y presentaban tendinopatía rotuliana.	El ejercicio isométrico consistió en 5 contracciones isométricas de 45 s de cada pierna en una máquina de extensión de piernas.	Esta investigación evidenció una disminución clínicamente relevante del dolor en deportistas con tendinopatía rotuliana durante una temporada con ejercicios isométricos e isotónicos después de 4 semanas de la intervención. El examen VISA-P también evidenció un avance notable con el paso del tiempo, lo que sugiere que no solo el dolor, sino también la función de la rodilla se mejoró en este grupo de personas. Durante el periodo de intervención de 4 semanas en el grupo isométrico, las puntuaciones medias de dolor experimentaron un notable mejoramiento.
8	Rio 2015 (21)	Seis atletas masculinos de Voleibol en un rango de edad entre los 18 a 40 años.	Las contracciones de bajo nivel se realizaron manteniendo la articulación de la rodilla a 60° de flexión.	Se observaron efectos positivos de las contracciones isométricas porque redujeron significativamente el dolor inmediato. Además, estas contracciones redujeron la inhibición cerebral, lo que sugiere una mejor activación muscular. El análisis también reveló que la reducción del dolor persistía al cabo de cierto tiempo, lo que indica una duración del efecto de 45 minutos tras el ejercicio.
9	Rio 2017 (22)	20 atletas de salto mayores de 16 años.	Se compararon dos protocolos de resistencia para el cuádriceps:	La reducción del dolor entre las mediciones previas y posteriores a cada sesión de intervención fue mayor en el grupo isométrico que en el grupo isotónico. La reducción del dolor inducida por el entrenamiento de resistencia presenta

			Extensión isométrica de piernas con una flexión de rodilla de 60 grados isométrica voluntaria máxima. Extensión isotónica de piernas.	varios beneficios adicionales, como la eliminación del miedo al ejercicio, una mayor autoeficacia (en el sentido de poder modular el propio dolor) y una mayor sensación de control, ya que la ansiedad, estrechamente relacionada con una baja sensación de control, tiene efectos diferenciales y sinérgicos sobre el dolor.
10	Rio 2019 (23)	Un total de 25 atletas masculinos y femeninos de élite y sub-élite de 5 deportes.	Se recomendó a los atletas que completaran 5 repeticiones de sentadillas con ambas piernas durante 30 segundos utilizando el cinturón rígido.	Este estudio demuestra que un simple ejercicio de sentadilla isométrica con ambas piernas, utilizando un cinturón rígido portátil, redujo el dolor del tendón rotuliano en un entorno deportivo real en múltiples deportes. El dolor del tendón, medido con la SLDS, se redujo significativamente durante la intervención de 4 semanas. Esto representa una reducción promedio del dolor del 49 % con respecto al valor inicial y un cambio clínicamente significativo.
11	Tsoukos 2016 (24)	14 atletas masculinos de pista y campo de nivel nacional entrenados en potencia saltadores y decatletas se ofrecieron voluntariamente para participar en el estudio.	Se realizaron sentadillas isométricas máximas desde dos posiciones específicas: sentadilla profunda. sentadilla más superficial. Consistió en 3 series de 3 segundos de	La profundidad de las sentadillas isométricas influye significativamente en la mejora aguda del rendimiento en salto vertical. Las sentadillas realizadas con un ángulo de rodilla de 140° mejoraron la altura del salto vertical 12 minutos después de la intervención. Generaron menos fatiga muscular en comparación con un ángulo de 90°. Las sentadillas realizadas con un ángulo de rodilla de 90° no

			contracciones isométricas máximas, con 1 minuto de descanso entre series.	produjeron cambios en el rendimiento en salto vertical. Indujeron mayor fatiga muscular. Las contracciones isométricas con las rodillas más extendidas (140°) son más efectivas para mejorar el rendimiento en salto vertical debido a una mayor potenciación pos-activación y una menor fatiga.
12	Alsouhibani 2019 (25)	Participaron 30 adultos sanos con una edad promedio de 19 años.	Realizaron una contracción isométrica submáxima de los músculos extensores de la rodilla derecha mientras permanecían de pie en posición vertical durante tres minutos.	Los participantes no sintieron dolor al principio del ejercicio. Sin embargo, a medida que avanzaba la sesión, experimentaron molestias leves al principio y dolor moderado al final. Describieron el esfuerzo como muy ligero al principio, moderado a mitad del ejercicio e intenso hacia el final.
13	Kochar 2024 (26)	Se seleccionó para el análisis de intervención a un total de 85 corredores	Los ejercicios isométricos se realizaron tanto para los músculos de la rodilla como de la cadera. Todos los ejercicios se repitieron 20 veces en la sesión de tratamiento.	Las evaluaciones del dolor mostraron una disminución notable después del tratamiento. Antes de la intervención, el nivel de dolor era alto, pero al final se redujo significativamente. Esta diferencia se confirmó estadísticamente, lo que indica que el tratamiento fue eficaz para aliviar el dolor.

14	Breda 2021 (27)	76 pacientes en edades de 18 a 35 años.	Ejercicios isométricos diarios, prensa de piernas con una sola pierna o extensión de piernas, 5 repeticiones de 45s de rango medio, flexión de rodilla de 60° de cuádriceps con retención isométrica.	Los ejercicios isométricos se consideran eficaces para reducir el dolor de inmediato y facilitar el fortalecimiento muscular. Además, se observará una mejora significativa en la función del tendón rotuliano tras el tratamiento, lo que indica una notable recuperación de la capacidad física y una reducción de los síntomas.
15	Agergaard 2021 (28)	Se incluyó a un total de 44 participantes adultos con tendinopatía rotuliana crónica. Atletas masculinos, de 20 a 45 años de edad.	El programa de carga de alta resistencia, se incluyeron dos ejercicios una prensa de piernas bilateral y una extensión de rodilla unilateral con reps de 6 segundos, distribuidos en 3 segundos para la fase concéntrica y 3 segundos para la fase excéntrica.	Los programas de ejercicios de alta resistencia y moderada demostraron ser efectivos para mejorar de manera significativa la condición física de los participantes, en particular en lo que respecta a la función y el dolor del tendón rotuliano, de acuerdo con la escala VISA-P. Se notó un avance gradual en ambos grupos a lo largo del tiempo, con resultados favorables desde las primeras semanas y resultados aún más destacados después de varios meses seguimiento.

16	Mikaili 2024 (29)	Se incluyó a 40 personas con síndrome de dolor patelofemoral con deslizamiento lateral patelar de entre 20 y 40 años de edad.	Se realizaron ejercicios isométricos en los músculos cuádriceps y glúteos en una postura supina. Estas actividades se llevaron a cabo con una serie de 20 repeticiones en las primeras sesiones y se extendieron a cinco series de 20 repeticiones en las siguientes sesiones. las sesiones finales con un intervalo de 2 minutos entre cada serie.	Tanto el grupo de estudio como el de control informaron de una disminución significativa de la gravedad del dolor tras la intervención, aunque el progreso del grupo de estudio fue más notable. Al final, el dolor se redujo mucho, lo que demuestra la gran eficacia de la intervención. Aunque no tan notable como la del grupo de estudio, el grupo de control también mostró una mejora significativa.
17	Greaves 2021 (30)	27 participantes con dolor femoropatelar	El programa de ejercicios principal consistió en 4 ejercicios de fortalecimiento: sentadillas, puente de glúteo, caminatas	Los participantes con dolor patelofemoral experimentaron una mejora significativa del dolor tras completar un programa de ejercicios de seis semanas. Si bien se observó una mejora de los síntomas de dolor, no se observó un aumento de la fuerza del cuádriceps ni cambios en la biomecánica de la carrera tras el tratamiento. No obstante,

			rotacionales y con banda lateral y cadena cinética abierta para fortalecer los cuádriceps.	los resultados de las evaluaciones funcionales y del dolor indicaron una mejora significativa en estas áreas.
18	Steinberg 2020 (31)	Se evaluaron los parámetros clínicos y las capacidades funcionales de noventa y ocho bailarines jóvenes	Se realizaron dos grupos de intervención en los que se aplicaron ejercicios isométricos y ejercicios somatosensoriales.	Los tres grupos de bailarinas se sometieron al programa de intervención durante 15 minutos por día, tres veces por semana, durante 12 semanas. Ambos grupos de intervención mostraron una reducción significativa en el nivel de dolor tras la provocación. Encontraron que los ejercicios de cadera, ejercicios de cuádriceps y ejercicios de estiramiento mostraron mejoras en el nivel de dolor y los síntomas de PFP después de la intervención
19	Felicio 2014 (32)	Veinte mujeres sanas y diecinueve mujeres con síndrome de dolor patelofemoral	Se realizó una intervención con ejercicios de contracción isométrica voluntaria, ejercicios de cadena cinemática abierta y cerrada	En el grupo control, se observaron diferencias significativas en la altura rotuliana entre el reposo y la contracción máxima en diferentes ángulos de flexión de rodilla, tanto en ejercicios de cadena cinética abierta (CCA) como de cadena cinética cerrada (CCC). Sin embargo, en el grupo de pacientes con síndrome de dolor patelofemoral (SDPF), únicamente los ejercicios de cadena cinética cerrada en determinados ángulos de flexión incremento notablemente la altura rotuliana en comparación con el reposo. Esto indica

				que la altura de la rodilla no tiene una relación directa con la existencia de SPP y que ambos tipos de actividades físicas son seguras, dado que no implican un peligro considerable de luxación rotuliana en estos pacientes.
20	Malliaras 2014 (33)	Se reclutaron treinta y ocho voluntarios varones de entre 18 y 35 años de edad	Se realizaron ejercicios con tres tipos de contracción: excéntrica, concéntrica e isométrica. Tanto en flexión como extensión de la rodilla.	La investigación mostró que el módulo del tendón rotuliano (su rigidez o capacidad de carga) se incrementó en todos los grupos de ejercicio en relación con el grupo de control al trabajar al 50-75 % de la contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC). Sin embargo, al emplear el 75% y 100 % de la MVIC, este aumento solo fue significativo en el grupo de alta carga excéntrica. Además, el grupo de alta carga excéntrica también mostró un aumento significativamente mayor en la fuerza máxima en comparación con el grupo de control. Finalmente, a pesar de que la máxima repetición de cinco repeticiones mejoró en todos los grupos de ejercicio, este incremento fue notablemente superior en el grupo de alta carga excéntrica en relación a los demás grupos.

*Contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC), Mayor dolor en la escala de calificación numérica del dolor (NRS), Sentadilla con descanso con una sola pierna (SLDS), Dolor patelofemoral (PFP), Ejercicios de cadena cinemática abierta (OKC), Ejercicios de cadena cinemática cerrada (CKC), Escala visual analógica (EVA), Escala de valoración de la rótula del Instituto Victoriano del Deporte (VISA-P).

4.1 Discusión

Los estudios analizados muestran un consenso general sobre su eficacia; los ejercicios isométricos (ISO) han ganado importancia en el tratamiento de las tendinopatías debido a sus beneficios en la reducción del dolor y la mejora funcional. Su utilidad ha sido respaldada por estudios que destacan su capacidad para proporcionar alivio analgésico y mejorar la estabilidad articular.

Desde este punto de vista, Alsouhibani (25) sugiere que el ejercicio isométrico puede influir en la percepción del dolor mediante mecanismos compartidos entre la modulación condicionada del dolor (CPM) y la hipoalgesia inducida por el ejercicio (EIH). En general, se observó que, tras realizar ejercicio isométrico, el umbral de dolor en el cuádriceps aumento, lo que evidencia una respuesta de hipoalgesia local. Estos hallazgos resaltan la conexión entre los efectos del ejercicio isométrico y los mecanismos que modulan la percepción del dolor.

En esta línea, Holden (14) reportó una disminución significativa del dolor en la Escala Numérica de Calificación del Dolor (NRS) al realizar contracciones isométricas al 70% de la contracción isométrica voluntaria máxima (MVIC) en pacientes con tendinopatías de las extremidades inferiores. De igual manera, Rio (21) demostró que los ejercicios isométricos reducen el dolor de forma inmediata, manteniendo este efecto hasta 45 minutos después de haber realizado los ejercicios, lo cual está vinculado a una disminución de la inhibición cortical. Esta evidencia indica que los ejercicios isométricos generan un efecto analgésico al reducir el dolor en los deportistas de alto rendimiento, permitiéndoles continuar entrenando sin comprometer su rendimiento deportivo.

Las contracciones isométricas producen efectos analgésicos a través de procesos neurofisiológicos complejos, como la modulación de la inhibición cortical y la activación de patrones motores más eficientes. Estos procesos disminuyen la sensibilización central y periférica, lo que facilita el control del dolor en el tejido tendinoso. Además, las contracciones isométricas influyen en las propiedades biomecánicas del tendón. Katayama (15) observó que las contracciones isométricas aumentan la rigidez del tejido muscular y mejoran la oxigenación mediante una respuesta hiperémica, promoviendo así la recuperación del tendón. Esta adaptación fisiológica podría explicar por qué las contracciones isométricas se asocian con mejoras en la tolerancia a la carga mecánica en los atletas.

Por otro lado, Van Ark (20) analizó los efectos de dos tipos de ejercicios, isométricos e isotónicos, en deportistas con tendinopatía rotuliana. Los resultados indicaron que ambos programas de ejercicios lograron una disminución significativa del dolor después de cuatro semanas. Esto es relevante, ya que ofrece una alternativa terapéutica viable durante la temporada competitiva, cuando los atletas no pueden disminuir su actividad física. Sin embargo, a pesar de que ambos grupos experimentan mejoras en las evaluaciones del dolor, no se observará una diferencia notable en la efectividad entre los ejercicios isométricos e isotónicos. Esto sugiere que ambos son igualmente efectivos y pueden seleccionarse según las preferencias del atleta, la disponibilidad de equipo o la conveniencia de la planificación del entrenamiento.

Desde una perspectiva terapéutica, Pearson (18) y Rio (22) destacaron que los ejercicios excéntricos (EE) optimizan significativamente las propiedades mecánicas y funcionales del tendón a largo plazo, mientras que los ISO son más útiles para el manejo específico del dolor en el corto plazo. Esto sugiere que un enfoque combinado, en el que los ISO se utilicen para el alivio sintomático y los EE para la remodelación estructural del tendón, podría proporcionar los mejores resultados clínicos. El diseño de los protocolos de ISO es un factor clave en su eficacia. Earp (16) mostró que una intensidad de carga del 50 % de la VMIC es suficiente para maximizar el flujo sanguíneo y la oxigenación del tendón rotuliano, hallazgos que podrían extrapolarse al tendón de Aquiles.

Finalmente, Rio (23) resaltó que intensidades más altas, como el 80 % del VMIC, potencian los efectos analgésicos y aumentan la autoeficacia del paciente, otorgándole una mayor sensación de control del dolor. En este sentido, es importante la personalización de los protocolos de entrenamiento para maximizar los beneficios terapéuticos de los ISO. En general, los ISO representan una herramienta terapéutica valiosa, especialmente cuando el dolor limita la realización de EE. Sin embargo, su efectividad parece depender de factores como la intensidad, duración y el estadio de la patología. Aunque los ISO son eficaces para el alivio inmediato del dolor y la activación muscular, tienen menos impacto en la reorganización tendinosa que los EE.

Por lo tanto, en determinadas situaciones en las que no se toleren los EE, debe tenerse en cuenta su uso como estrategia complementaria o alternativa. Además, se aconseja utilizar herramientas de monitorización biomecánica y personalizar los protocolos de intervención para maximizar los beneficios terapéuticos, proporcionar un enfoque más eficaz y adaptarlo a las necesidades únicas de cada paciente.

CAPITULO V

5.1 Conclusiones

Los ejercicios isométricos se han convertido en una estrategia terapéutica eficaz, sobre todo en el tratamiento inicial de la tendinopatía rotuliana. Estos son una herramienta útil en el tratamiento de esta patología, su capacidad para aliviar el dolor mediante la regulación de la inhibición cortical y la reducción de la sensibilización central los hace imprescindibles. Sin embargo, su influencia estructural sobre el tendón es limitada, por lo que deben complementarse con ejercicios excéntricos que han demostrado ser los más eficaces en la rehabilitación estructural y funcional del tejido tendinoso.

La efectividad de los ejercicios isométricos depende de factores como la intensidad, la duración de las contracciones y el estadio de la enfermedad. Intensidades superiores, como el 70% y 80 % de la contracción isométrica voluntaria máxima, potencian los efectos analgésicos, mientras que intensidades más bajas promueven la oxigenación y el flujo sanguíneo hacia el tendón. Esto nos ayuda a saber especificar los protocolos de tratamiento para mejorar los beneficios según las necesidades personales del deportista y de acuerdo con el deporte que realiza.

En resumen, los ejercicios isométricos desempeñan un papel esencial en el tratamiento de la tendinopatía rotuliana, especialmente en las etapas agudas y subagudas de la patología. Sin embargo, su máximo potencial terapéutico se logra cuando se integran en programas de tratamiento personalizados y se combinan con intervenciones que promueven la recuperación a largo plazo del tejido tendinoso.

5.2 Recomendaciones

- Se recomienda realizar más estudios sobre los ejercicios isométricos en la tendinopatía rotuliana, ya que la información disponible actualmente es limitada, lo que dificulta una comprensión completa de la patología y sus intervenciones óptimas.
- Las recomendaciones terapéuticas para estos pacientes incluyen la dosificación correcta del entrenamiento en su práctica deportiva, ya que la práctica deportiva discriminatoria continua podría cronificar la afección, lo que dificultaría la recuperación.

6 BIBLIOGRAFÍA

1. Theodorou A, Komnos G, Hantes M. Patellar tendinopathy: an overview of prevalence, risk factors, screening, diagnosis, treatment and prevention. Arch Orthop Trauma Surg. 4 de agosto de 2023;143(11):6695-705. DOI: 10.1007/s00402-023-04998-5
2. Häggglund M, Zwerver J, Ekstrand J. Epidemiology of Patellar Tendinopathy in Elite Male Soccer Players. Am J Sports Med. septiembre de 2011;39(9):1906-11. DOI: 10.1177/0363546511408877
3. Abat González F, Capurro B, De Rus Aznar I, Martín Martínez A, Campos Moraes J, Sosa G. Tendinopatía rotuliana: enfoque diagnóstico y escalas de valoración funcional. Rev Esp Artrosc Cir Articul. septiembre de 2021; 28(3). Disponible en: <https://fondoscience.com/reaca/vol28-fasc3-num73/fs2004023-tendinopatía-rotuliana-enfoque-diagnostico>. <https://doi.org/10.24129/j.reaca.28373>
4. Ayala-Obando DA. Isometric exercises as physical preparation in the sports performance of young soccer player. 2021;6(6). DOI: 10.23857/pc.v6i6.2819
6. Henri rouviere, André Delmas. Anatomia Humana descriptiva, topografica y funcional. 11.a ed. Elsevier;2005. ISBN: 978-844-5813-15-7
7. Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13.a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013. ISBN: 978-968-7988-77-1
8. Ugalde PB, Briceño MC, Navarrete CG. TENDINITIS ROTULIANA (RODILLA DEL SALTADOR).
9. Herrero AV. 1. Tendinopatía: una visión actual. 2021; Vol. IV Número 42. Septiembre 2021: 4-21
10. Jurado Bueno A, Medina Porqueres I. Tendón: Valoración y tratamiento en fisioterapia. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2008. ISBN: 978-84-8019-979-7
11. Walton J, Kozina E, Woo F, Jadidi S. A Review of Patellar Tendinopathy in Athletes Involved in Jumping Sports. 22 de octubre de 2023; Disponible en: <https://www.cureus.com/articles/119642-a-review-of-patellar-tendinopathy-in-athletes-involved-in-jumping-sports>. DOI: 10.7759/cureus.47459
12. Ulloa M, Karina M. Requisito previo para optar por el Título de Licenciada en Terapia Física. 2017
13. Holden S, Lyng K, Graven-Nielsen T, Riel H, Olesen JL, Larsen LH, et al. Isometric exercise and pain in patellar tendinopathy: A randomized crossover trial. J Sci Med Sport. marzo de 2020;23(3):208-14. DOI: 10.1016/j.jsams.2019.09.015
14. Katayama N, Noda I, Fukumoto Y, Kawanishi K, Kudo S. Effects of isometric contraction of the quadriceps on the hardness and blood flow in the infrapatellar fat pad. J Phys Ther Sci. 2021;33(10):722-7. DOI: 10.1589/jpts.33.722

15. Earp JE, Gesick H, Angelino D, Adami A. Effects of isometric loading intensity on patellar tendon microvascular response. *Scand J Med Sci Sports*. agosto de 2022;32(8):1182-91. DOI: 10.1111/sms.14175
16. Van Ark M, Rio E, Cook J, Van Den Akker-Scheek I, Gaida JE, Zwerver J, et al. Clinical Improvements Are Not Explained by Changes in Tendon Structure on Ultrasound Tissue Characterization After an Exercise Program for Patellar Tendinopathy. *Am J Phys Med Rehabil*. octubre de 2018;97(10):708-14. DOI: 10.1097/PHM.0000000000000951
17. Pearson SJ, Stadler S, Menz H, Morrissey D, Scott I, Munteanu S, et al. Immediate and Short-Term Effects of Short- and Long-Duration Isometric Contractions in Patellar Tendinopathy. *Clin J Sport Med*. julio de 2020;30(4):335-40. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000625
18. Pietrosimone LS, Blackburn JT, Wikstrom EA, Berkoff DJ, Docking SI, Cook J, et al. Landing biomechanics are not immediately altered by a single-dose patellar tendon isometric exercise protocol in male athletes with patellar tendinopathy: A single-blinded randomized cross-over trial. *Phys Ther Sport*. noviembre de 2020;46:177-85. DOI: 10.1016/j.ptsp.2020.09.003
19. Van Ark M, Cook JL, Docking SI, Zwerver J, Gaida JE, Van Den Akker-Scheek I, et al. Do isometric and isotonic exercise programs reduce pain in athletes with patellar tendinopathy in-season? A randomised clinical trial. *J Sci Med Sport*. septiembre de 2016;19(9):702-6. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000549
20. Rio E, Kidgell D, Purdam C, Gaida J, Moseley GL, Pearce AJ, et al. Isometric exercise induces analgesia and reduces inhibition in patellar tendinopathy. *Br J Sports Med*. octubre de 2015;49(19):1277-83. DOI: 10.1136/bjsports-2014-094386
21. Rio E, van Ark M, Docking S, Moseley GL, Kidgell D, Gaida JE, et al. Isometric Contractions Are More Analgesic Than Isotonic Contractions for Patellar Tendon Pain: An In-Season Randomized Clinical Trial. *Clin J Sport Med*. 2017;27(3). DOI: 10.1097/JSM.0000000000000364
22. Rio E, Purdam C, Girdwood M, Cook J. Isometric Exercise to Reduce Pain in Patellar Tendinopathy In-Season: Is It Effective “on the Road”? *Clin J Sport Med*. mayo de 2019;29(3):188-92. DOI: 10.1097/JSM.0000000000000549
23. Tsoukos A, Bogdanis GC, Terzis G, Veligekas P. Acute Improvement of Vertical Jump Performance After Isometric Squats Depends on Knee Angle and Vertical Jumping Ability. *J Strength Cond Res*. agosto de 2016;30(8):2250-7. DOI: 10.1519/JSC.0000000000001328
24. Alsouhibani A, Vaegter HB, Hoeger Bement M. Systemic Exercise-Induced Hypoalgesia Following Isometric Exercise Reduces Conditioned Pain Modulation. *Pain Med*. 1 de enero de 2019;20(1):180-90. DOI: 10.1093/pm/pny057
25. Kochar SS, Fating T, Patil S. Efficacy of Isometric Exercises and Somatosensory Training for Pain, Proprioception, and Balance in Runners with Patellofemoral Pain Syndrome. 14 de marzo de 2024; Disponible en:

<https://www.cureus.com/articles/238259-efficacy-of-isometric-exercises-and-somatosensory-training-for-pain-proprioception-and-balance-in-runners-with-patellofemoral-pain-syndrome>. DOI: 10.7759/cureus.56163

26. Breda SJ, Oei EHG, Zwerver J, Visser E, Waarsing E, Krestin GP, et al. Effectiveness of progressive tendon-loading exercise therapy in patients with patellar tendinopathy: a randomised clinical trial. *Br J Sports Med*. mayo de 2021;55(9):501-9. DOI: 10.1136/bjsports-2020-103403
27. Agergaard AS, Svensson RB, Malmgaard-Clausen NM, Couppé C, Hjortshøj MH, Doessing S, et al. Clinical Outcomes, Structure, and Function Improve With Both Heavy and Moderate Loads in the Treatment of Patellar Tendinopathy: A Randomized Clinical Trial. *Am J Sports Med*. marzo de 2021;49(4):982-93. DOI: 10.1177/0363546520988741
28. Mikaili S, Kalantari KK, Zavieh MK, Daryabor A, Rezaei M, Baghban AA. Effect of strengthening exercises in individuals with patellofemoral pain syndrome: a randomised controlled trial. *Int J Ther Rehabil*. 2 de enero de 2024;31(1):1-12. DOI: 10.12968/2023.0004
30. Greaves H, Comfort P, Liu A, Lee Herrington, Richard Jones. How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain? *Phys Ther Sport*. septiembre de 2021;51:92-101. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.05.013>
31. Steinberg N, Tenenbaum S, Waddington G, Adams R, Zakin G, Zeev A, et al. Isometric exercises and somatosensory training as intervention programmes for patellofemoral pain in young dancers. *Eur J Sport Sci*. julio de 2020;20(6):845-57. DOI: <https://doi.org/10.1080/17461391.2019.1675766>
32. Felicio LR, Camargo ACS, Baffa ADP, Bevilacqua-Grossi D. Influence of exercises on patellar height in women with patellofemoral pain syndrome. *Acta Ortopédica Bras*. 2014;22(2):82-5. DOI: <https://doi.org/10.1590/1413-78522014220200748>
33. Malliaras P, Kamal B, Nowell A, Farley T, Dhamu H, Simpson V, et al. Patellar tendon adaptation in relation to load-intensity and contraction type. *J Biomech*. julio de 2013;46(11):1893-9. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2013.04.022>

7 ANEXOS

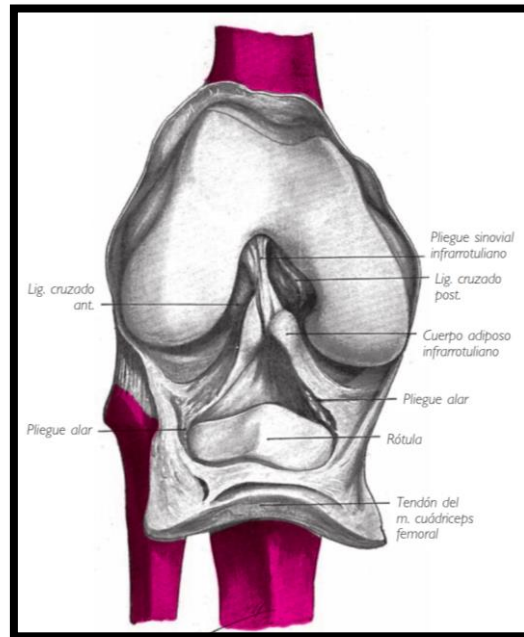


Figura 2. Anatomía de rodilla

*Adaptado de: Henri Rouviere, André Delmas. Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. 11.a ed. Elsevier;2005.

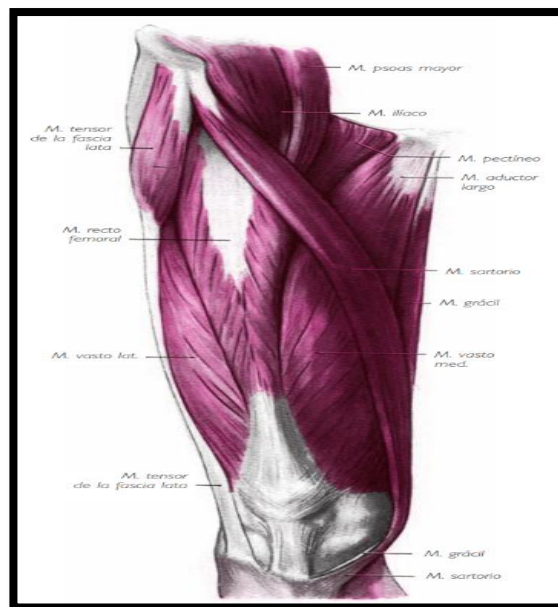


Figura 3. Musculatura del compartimiento anterior extensor del muslo

*Adaptado de: Henri Rouviere, André Delmas. Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. 11.a ed. Elsevier;2005

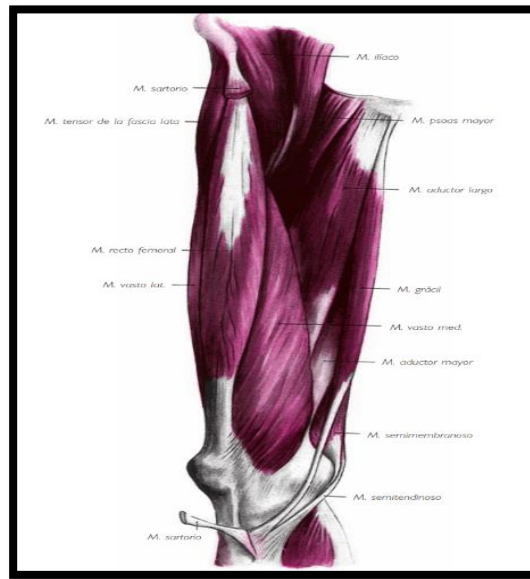


Figura 4. Musculatura del compartimiento posterior flexor del muslo

*Adaptado de: Henri Rouviere, André Delmas. Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. 11.a ed. Elsevier;2005.

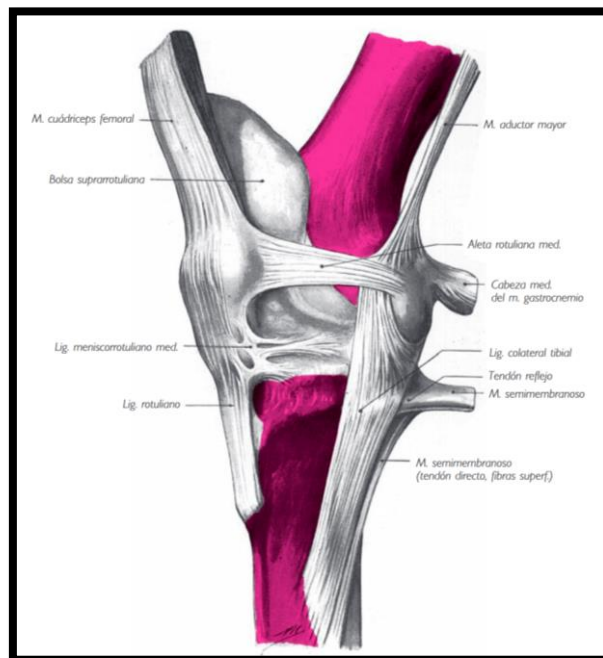


Figura 5. Anatomía del tendón rotuliano

*Adaptado de: Henri Rouviere, André Delmas. Anatomía Humana descriptiva, topográfica y funcional. 11.a ed. Elsevier;2005.

Escala PEDro-Español

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

Figura 6. Escala PEDro

*Tomado de: <https://es.scribd.com/doc/277509452/Escala-PEDro-Spanish>

Tabla 3. Musculatura del compartimiento anterior extensor del muslo

MÚSCULO	ORIGEN	INSERCIÓN	FUNCIÓN	INERVACIÓN
RECTA FEMORAL	Espina ilíaca anteroinferior	Rótula a través del tendón rotuliano y, después, tuberosidad tibial a través del ligamento rotuliano.	Las cuatro cabezas extienden la pierna en la articulación de la rodilla; el músculo recto femoral actuando solo también flexiona el muslo en la articulación de la cadera.	Nervio femoral.
VASTO LATERAL	Trocánter mayor y línea áspera del fémur.			
VASTO MEDIAL	Línea áspera del fémur.			
VASTO INTERMEDIO	Superficies anterior y lateral del cuerpo del fémur.			

*Adaptado de: Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13.a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013.

Tabla 4. Musculatura del compartimiento posterior flexor del muslo

MÚSCULO	ORIGEN	INSERCIÓN	FUNCIÓN	INERVACIÓN
BÍCEPS FEMORAL	La cabeza larga se origina en la tuberosidad isquiática; la cabeza corta se origina en la línea áspera del fémur.	Cabeza del peroné y cóndilo lateral de la tibia.	Flexiona la pierna en la articulación de la rodilla y extiende el muslo en la articulación de la cadera.	Nervios tibial y peroneo del nervio ciático.
SEMITENDINOSO	Tuberosidad isquiática	Zona proximal de la superficie medial del cuerpo de la tibia.		
SEMIMEMBRANOSO	Tuberosidad isquiática	Cóndilo medial de la tibia.		

*Adaptado de: Tortora GJ, Derrickson B. Principios de anatomía y fisiología. 13.a ed. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana; 2013.