

**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



## Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

# BENEFICIOS TERAPÉUTICOS DEL ENTRENAMIENTO FUNCIONAL A TRAVÉS DE LA RESISTENCIA VARIABLE EN EL TRATAMIENTO DEL SÍNDROME DOLOROSO FEMOROPATELAR EN ESTADÍO CRÓNICO EN CORREDORES AMATEUR DE 15 A 20 AÑOS DE EDAD



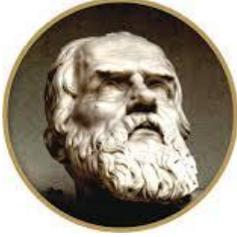
Que Presenta

**Esdras René Chajon Rac**

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala, Junio 2023





**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL  
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



## Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

### BENEFICIOS TERAPÉUTICOS DEL ENTRENAMIENTO FUNCIONAL A TRAVÉS DE LA RESISTENCIA VARIABLE EN EL TRATAMIENTO DEL SÍNDROME DOLOROSO FEMOROPATELAR EN ESTADÍO CRÓNICO EN CORREDORES AMATEUR DE 15 A 20 AÑOS DE EDAD



Tesis profesional para obtener el Título de

Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

**Esdras René Chajon Rac**

Ponente

**Lic. Arturo Contreras Amaro**

Director de Tesis

**Lic. María Isabel Díaz Sabán**

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Junio 2023

## INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	Esdras René Chajon Rac
Director de Tesis	Lic. Arturo Contreras Amaro
Asesor Metodológico	Lic. María Isabel Díaz Sabán



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Relación en la Educación

Guatemala, 6 de mayo 2023

Estimado alumno:  
**Esdras René Chajon Rac**

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable en el tratamiento del síndrome doloroso femoropatelar en estadio crónico en corredores amateur de 15 a 20 años de edad”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarlo y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

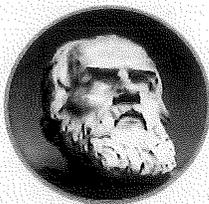
Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Isabel Díaz Sában  
Secretario

Lic. Diego Estuardo  
Jiménez Rosales  
Presidente

Lic. Emanuel  
Alexander Vásquez  
Monzón  
Examinador



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

Guatemala, 29 de noviembre 2021

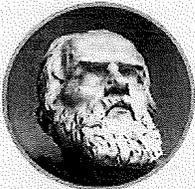
Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que el alumno **Esdras René Chajon Rac** de la Licenciatura en Fisioterapia, culmino su informe final de tesis titulado: **“Beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable en el tratamiento del síndrome doloroso femoropatelar en estadio crónico en corredores amateur de 15 a 20 años de edad”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón  
Revisor Lingüístico  
IPETH- Guatemala



**Galileo**  
UNIVERSIDAD  
La Revolución en la Educación

Guatemala, 26 de noviembre 2021

Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo  
Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable en el tratamiento del síndrome doloroso femoropatelar en estadio crónico en corredores amateur de 15 a 20 años de edad”** del alumno **Esdras René Chajon Rac**.

Después de realizar la revisión del trabajo he considerado que cumple con todos los requisitos técnicos solicitados, por lo tanto, el autor y el asesor se hacen responsables del contenido y conclusiones de la misma.

Atentamente

  
Lic. Flor de María Molina Ortiz  
Asesor de tesis  
IPETH – Guatemala



**IPETH, INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA  
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA  
DIRECTOR DE TESINA**

<b>Nombre del Director:</b> Lic. Arturo Contreras Amaro
<b>Nombre del Estudiante:</b> Esdras René Chajon Rac
<b>Nombre de la Tesina/sis:</b> Beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable en el tratamiento del síndrome doloroso femoropatelar en estadio crónico en corredores amateur de 15 a 20 años de edad
<b>Fecha de realización:</b> Otoño 2021

**Instrucciones:** Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

**ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA**

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	X		
2.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	X		
3.	La identificación del problema de investigación plasma la importancia de la investigación.	X		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social y ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	X		
5.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	X		
6.	Los objetivos tanto generales como específicos han sido expuestos en forma correcta, en base al proceso de investigación realizado.	X		
7.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	X		
8.	El planteamiento es claro y preciso. claramente en qué consiste su problema.	X		
9.	La pregunta es pertinente a la investigación realizada.	X		
10.	Los objetivos tanto generales como específicos, evidencia lo que se persigue realizar con la investigación.	X		
11.	Sus objetivos fueron verificados.	X		
12.	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	X		

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	×		
14.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	×		
15.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	×		
16.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	×		
17.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	×		
18.	El capítulo III plasma el proceso metodológico realizado en la investigación.	×		
19.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	×		
20.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	×		
21.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	×		

**Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución**



Lic. Arturo Contreras Amaro  
 Nombre y Firma Del Director de Tesina



**IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C.  
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA  
COORDINACIÓN DE TITULACIÓN**

**INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA  
ASESOR METODOLÓGICO**

<b>Nombre del Asesor:</b> Lic. María Isabel Díaz Sabán
<b>Nombre del Estudiante:</b> Esdras René Chajon Rac
<b>Nombre de la Tesina/sis:</b> Beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable en el tratamiento del síndrome doloroso femoropatelar en estadio crónico en corredores amateur de 15 a 20 años de edad
<b>Fecha de realización:</b> Otoño 2021

**Instrucciones:** Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesina del alumno y marque con una X el registro del cumplimiento correspondiente. En caso de ser necesario hay un espacio de observaciones para correcciones o bien retroalimentación del alumno.

**ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA**

<i>No.</i>	<i>Aspecto a evaluar</i>	<i>Registro de cumplimiento</i>		<i>Observaciones</i>
		<i>Si</i>	<i>No</i>	
<b>1</b>	<b><i>Formato de Página</i></b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.0 cm.	X		
d.	Orientación vertical excepto gráficos.	X		
e.	Paginación correcta.	X		
f.	Números romanos en minúsculas.	X		
g.	Página de cada capítulo sin paginación.	X		
h.	Todos los títulos se encuentran escritos de forma correcta.	X		
i.	Times New Roman (Tamaño 12).	X		
j.	Color fuente negro.	X		
k.	Estilo fuente normal.	X		
l.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
m.	Texto alineado a la izquierda.	X		
n.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
o.	Interlineado a 2.0	X		
p.	Resumen sin sangrías.	X		
<b>2.</b>	<b><i>Formato Redacción</i></b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Observaciones</i>
a.	Sin faltas ortográficas.	X		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	X		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y mesurado.	X		
d.	Continuidad en los párrafos.	X		
e.	Párrafos con estructura correcta.	X		
f.	Sin uso de gerundios (ando, iendo)	X		
g.	Correcta escritura numérica.	X		

h.	Oraciones completas.	X		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
l.	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
m.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
n.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
<b>3.</b>	<b>Formato de Cita</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	X		
<b>4.</b>	<b>Formato referencias</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
<b>5.</b>	<b>Marco Metodológico</b>	<b>Si</b>	<b>No</b>	<b>Observaciones</b>
a.	Agrupó, organizó y comunicó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
b.	Las fuentes consultadas fueron las correctas y de confianza.	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	X		
d.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
e.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
f.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
g.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	X		
h.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	X		
i.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	X		
j.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
k.	El estudiante conoce la metodología aplicada en su proceso de investigación.	X		

**Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución**



Lic. María Isabel Díaz Sabán

### DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 29 del mes de noviembre del año 2021.

Acepto la entrega de mi Título Profesional, tal y como aparece en el presente formato.

Los C.C

**Director de Tesina**  
Función

Lic. Arturo Contreras Amaro



**Asesor Metodológico**  
Función

Lic. María Isabel Díaz Sabán



**Coordinador de Titulación**  
Función

Lic. Diego Estuardo Jiménez Rosales



Autorizan la tesina con el nombre de:

Beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable en el tratamiento del síndrome doloroso femoropatelar en estadio crónico en corredores amateur de 15 a 20 años de edad

Realizada por el estudiante:

Esdras René Chajon Rac

Para que pueda realizar la segunda fase de su Examen Privado y de esta forma poder obtener el Título y Cédula Profesional como Licenciado en Fisioterapia.



**IPETH®**  
Titulación Campus Guatemala  
Firma y Sello de Coordinación de Titulación

## **Dedicatoria**

El presente trabajo es dedicado a mi familia principalmente a mis padres quienes han sido parte fundamental durante el proceso de mi formación académica y durante toda mi vida, brindándome su apoyo incondicional y su infinito amor en todo momento y que a pesar de las circunstancias adversas siempre han puesto a sus hijos como prioridad, siendo ellos los principales protagonistas de este sueño alcanzado.

Esdras René Chajon Rac

## **Agradecimientos**

Primeramente, a Dios que me ha bendecido dándome la vida, y ha permitido que llegue a esta etapa de mi vida, seguidamente a mis padres quienes con gran esfuerzo me han apoyado en todo momento. A IPETH mi casa de estudios por bríndame el conocimiento y forjarme como profesional. A todos los licenciados y profesores que tuve durante todo este tiempo que con sus enseñanzas me inspiran a ser un gran fisioterapeuta. Así mismo también a mi director de tesis y a la metodóloga por haberme guiado durante todo este proceso. A todos y cada uno de ellos GRACIAS.

Esdras René Chajon Rac

## Palabras clave

Síndrome doloroso femoropatelar

PFPS

Resistencia variable

Entrenamiento funcional

*Knee pain*

# Contenido

Portadilla.....	i
Investigadores responsables.....	ii
Carta de aprobación de examen privado.....	iii
Carta de aprobación del revisor lingüístico .....	iv
Carta de aprobación del asesor .....	v
Lista de cotejo.....	vi
Dictamen de tesis .....	x
Dedicatoria.....	xi
Agradecimientos .....	xii
Palabras clave .....	xiii
Resumen.....	1
Capítulo I .....	2
Marco Teórico.....	2
1.1 Antecedentes Generales.....	2
1.1.1 Generalidades anatómicas.....	2
1.1.2 Anatomía particular de la articulación femoropatelar .....	7
1.1.3 Biomecánica.....	9
1.1.4 Descripción de patología .....	16
1.1.5 Fisiopatología.....	17

1.1.6 Clasificación .....	19
1.1.7 Diagnóstico .....	21
1.1.8 Diagnóstico diferencial .....	23
1.1.9 Etiología.....	25
1.2 Antecedentes Específicos .....	29
1.2.1 Métodos de tratamiento .....	29
1.2.2 Descripción del tratamiento a estudiar.....	32
Capítulo II.....	40
Planteamiento del Problema .....	40
2.1Planteamiento del problema.....	40
2.2Justificación .....	43
2.3Objetivos.....	46
2.3.1Objetivo general.....	46
2.3.2Objetivos específicos .....	46
Capítulo III.....	47
Marco metodológico .....	47
3.1 Materiales.....	47
3.2 Métodos .....	48
3.2.1Enfoque de investigación.....	49
3.2.2Tipo de estudio.....	49

3.2.3 Método de estudio.....	50
3.2.4 Diseño de investigación.....	51
3.2.5 Criterios de selección.....	52
3.3 Variables.....	52
3.3.1 Variable independiente.....	53
3.3.2 Variable dependiente.....	53
3.3.3 Operacionalización de variables.....	53
Capítulo IV.....	55
Resultados.....	55
4.1 Resultados.....	55
4.2 Discusión.....	66
4.3 Conclusiones.....	69
4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas.....	70
Referencias.....	71

## Índice de Tablas

Tabla 1. Estructuras que refuerzan la cápsula articular .....	4
Tabla 2. Funciones ligamentarias .....	6
Tabla 3. Músculos que cruzan la rodilla .....	7
Tabla 4. Diagnósticos diferenciales .....	24
Tabla 5. Fuentes consultadas .....	48
Tabla 6. Criterios de selección.....	52
Tabla 7. Operacionalización de variables .....	53
Tabla 8. Discusión .....	66

## Índice de Figuras

Figura 1. Vista lateral y frontal de la rodilla.....	3
Figura 2. Anatomía particular de la rótula.....	8
Figura 3. Superficies articulares de la articulación femoropatelar .....	9
Figura 4. Fases de la marcha.....	10
Figura 5. Relación tensión deformación de la banda elástica.....	36
Figura 6. Fuentes consultadas .....	48

## Resumen

El síndrome doloroso femoropatelar es una afectación que se caracteriza por un dolor mal definido alrededor o por detrás de la rodilla, que es provocado cuando esta se encuentra bajo la influencia de una carga ya sea en flexión o extensión siendo esta de origen multifactorial, la cual afecta actividades de la vida diaria, así como también actividades en la práctica deportiva como lo es correr. Además, es una de las lesiones más comunes en corredores amateur y la importancia de comprender esta afectación radica en que la práctica de este deporte es una de las más frecuentes en nuestro país, con aumentos significativos en la participación de esta actividad en los últimos años, debido a que no requiere costos económicos elevados y por consiguiente también ha llevado a aumentar el riesgo de padecer esta afectación. En cuanto a las opciones de tratamiento existen amplia variedad de opciones siendo las más comunes el manejo farmacológico, quirúrgico y conservador que en ocasiones carece de un buen pronóstico a largo plazo, debido a esto es fundamental encontrar un tratamiento que nos ofrezca beneficios que perduren con el tiempo. Por lo cual el objetivo de la presente investigación es explicar los beneficios que nos ofrece el entrenamiento funcional adaptado con resistencia variable sobre el síndrome doloroso femoropatelar y cómo se desarrolla en los corredores con un nivel de práctica amateur, igualmente poner en evidencia si es eficaz para la rehabilitación en este tipo de pacientes y que ventajas nos ofrece con respecto a los demás enfoques de tratamiento. Con respecto a esta investigación se llevó a cabo una revisión de distintos materiales con respaldo científico a cerca del síndrome doloroso femoropatelar con la finalidad de dar cumplimiento a los objetivos planteados utilizando un enfoque que permita comprender e interpretar los datos encontrados acerca de este tratamiento y analizar la información hallada acerca de los beneficios de esta técnica.

# **Capítulo I**

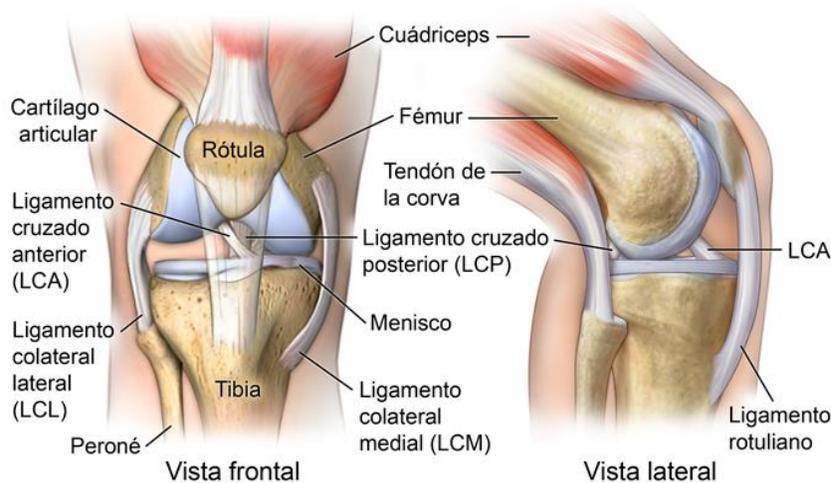
## **Marco Teórico**

### **1.1 Antecedentes Generales**

En el presente capítulo se abordará información acerca del síndrome doloroso femoropatelar [PFPS] que permitirá conocer los conceptos necesarios para entender el desarrollo de esta afectación y las posibles soluciones ante este padecimiento.

#### **1.1.1 Generalidades anatómicas**

La rodilla es una articulación compleja que se muestra en la figura 1 y está compuesta por 2 uniones estructurales y funcionales diferentes, que colaboran en la función que tienen asignada las articulaciones femorotibial y patelofemoral, los movimientos que realiza son la flexión y extensión; no obstante, estos movimientos se combinan con el deslizamiento, el rodamiento y la rotación alrededor de un eje vertical (Moore, 2019).



*Figura 1. Vista lateral y frontal de la rodilla*

*Fuente: Recuperado de <https://itramed.com/inestabilidad-articular-cronica-de-rodilla/>*

### **1.1.1.1 Superficies articulares.**

*1.1.1.1.1 La articulación femorotibial.* Está formada por el extremo distal del fémur y las caras proximales de la tibia. El extremo distal del fémur lo constituyen dos carillas convexas de los cóndilos separadas por una profunda escotadura en forma de U, denominada fosa intercondílea

*1.1.1.1.2 La articulación patelofemoral.* Está formada por la cara articular de la rótula y el surco troclear en el fémur (Caillet, 2006).

**1.1.1.2 Cápsula articular.** La cápsula articular consta de manera característica de una membrana fibrosa externa y una membrana sinovial interna que tapiza todas las superficies internas de la cavidad articular, la cual se detalla en la tabla 1. La membrana fibrosa tiene unas porciones engrosadas que forman los ligamentos intrínsecos, pero en su mayor parte es delgada. La membrana sinovial tapiza la cara interna de la cápsula fibrosa y se inserta en la periferia de la patela y bordes de los meniscos (Moore, 2006).

La cápsula fibrosa de la rodilla encierra los compartimentos medial y lateral de la articulación tibiofemoral y el femoropatelar, la cápsula de la rodilla recibe un refuerzo significativo de los músculos, ligamentos y fascia. La superficie interna de la cápsula de la rodilla esta revestida por una membrana sinovial, la organización anatómica de esta membrana es la más compleja y amplia del cuerpo. La rodilla tiene hasta 14 bolsas que se forman en las uniones de tejidos que soportan grandes fricciones durante el movimiento. Estas uniones entre tejidos incluyen tendón, ligamento, piel, hueso y músculo. Aunque algunas son extensiones de la membrana sinovial, otras se forman fuera de la cápsula, las bolsas de grasa más amplias se asocian con las bolsas suprapatelar e infra patelar profunda (Neumann, 2007).

*Tabla 1. Estructuras que refuerzan la cápsula articular*

<b>Región de la cápsula</b>	<b>Refuerzo de tejido Conjuntivo</b>	<b>Refuerzo musculotendinoso</b>
<b>Anterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ligamento rotuliano</li> <li>✓ Fibras de los retináculos de la rótula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Cuádriceps</li> </ul>
<b>Lateral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ligamento colateral lateral</li> <li>✓ Fibras del retináculo lateral de la rótula</li> <li>✓ Cintilla iliotibial</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Bíceps femoral</li> <li>✓ Tendón del músculo poplíteo</li> <li>✓ Cabeza lateral del músculo gastrocnemio</li> </ul>
<b>Posterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ligamento poplíteo oblicuo</li> <li>✓ Ligamento poplíteo arqueado</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Poplíteo</li> <li>✓ Gastrocnemio</li> <li>✓ Isquiosurales</li> </ul>
<b>Posterolateral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ligamento poplíteo arqueado</li> <li>✓ Ligamento colateral lateral</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Tendón del músculo poplíteo</li> </ul>
<b>Medial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Ligamento colateral medial</li> <li>✓ Fibras del retináculo medial de la rótula</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Expansión del tendón del semimembranoso</li> <li>✓ Tendones del sartorio, grácil y semitendinoso</li> </ul>

*Elaboración propia con información de Neumann, 2007.*

**1.1.1.3 Ligamento rotuliano.** Es la continuación del tendón común de inserción del musculo cuádriceps femoral, que se extiende desde la rótula hasta la tuberosidad de la tibia. Este ligamento también refuerza la superficie anterior de la articulación.

**1.1.1.4 Ligamento poplíteo oblicuo.** Es ancho y plano que se extiende desde la fosa intercondílea y el cóndilo lateral del fémur hasta la cabeza y el cóndilo medial de la tibia ligamento refuerza la superficie posterior de la articulación (Tortora, 2011).

**1.1.1.5 Ligamento poplíteo arqueado.** Se extiende desde el cóndilo lateral del fémur hasta la apófisis estiloides de la cabeza del peroné. Fortalece la región lateral inferior de la cara posterior de la articulación.

**1.1.1.6 Ligamento colateral medial.** Es un amplio y plano en la superficie medial de la articulación, que se extiende desde el cóndilo medial del fémur hasta el cóndilo medial de la tibia. Los tendones de los músculos sartorio, recto interno y semitendinoso, que refuerzan la cara medial de la articulación, cruzan el ligamento. Este ligamento está unido con firmeza al menisco medial (Tortora, 2011).

**1.1.1.7 Ligamento colateral lateral.** Es redondo y fuerte que se extiende desde el cóndilo lateral del fémur hasta la cara lateral de la cabeza del peroné. Refuerza la cara lateral de la articulación y está cubierto por el tendón del músculo bíceps femoral.

**1.1.1.8 Ligamento cruzado anterior.** Se extiende en dirección posterolateral, desde un punto anterior al área intercondílea de la tibia hasta la cara posterior de la superficie medial del cóndilo lateral del fémur. Limita la hiperextensión de la rodilla y evita el deslizamiento anterior de la tibia sobre el fémur.

**1.1.1.9 Ligamento cruzado posterior.** Se extiende en dirección antero medial, desde una depresión en el área intercondílea posterior de la tibia y el menisco lateral hasta la superficie anterior de la cara lateral del cóndilo medial del fémur. Evita el deslizamiento

posterior de la tibia y el deslizamiento anterior del fémur cuando la rodilla se flexiona.

Las funciones ligamentarias se detallan en la tabla 2 (Tortora, 2011).

*Tabla 2 Funciones ligamentarias*

<b>Estructura</b>	<b>Función</b>
<b>Ligamento colateral medial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Resistencia a la abducción o valgo</li> <li>b. Resistencia a la extensión excesiva de la rodilla</li> <li>c. Resistencia a la rotación axial</li> </ul>
<b>Ligamento colateral lateral</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Resistencia la aducción o varo</li> <li>b. Resistencia a la extensión de la rodilla</li> <li>c. Resistencia a la rotación axial</li> </ul>
<b>Cápsula Posterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. Resistencia ala extensión completa de la rodilla</li> <li>b. El ligamento poplíteo oblicuo opone resistencia a la rotación externa</li> <li>c. La cápsula posterolateral opone resistencia al varo</li> </ul>
<b>Ligamento cruzado anterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La mayoría de las fibras resisten la traslación anterior de la tibia o la traslación posterior excesiva del fémur</li> <li>b. La mayoría de las fibras limitan la extensión completa de la rodilla</li> <li>c. Resisten los extremos del movimiento en varo, en valgo y la rotación axial</li> </ul>
<b>Ligamento cruzado posterior</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>a. La mayoría de las fibras resisten la traslación posterior de la tibia o la traslación anterior del fémur</li> <li>b. La mayoría de las fibras se tensan en flexión completa</li> <li>c. Algunas fibras se tensan con hiperextensión máxima y en los extremos de los movimientos en varo, en valgo y rotación axial</li> </ul>

*Elaboración propia con información de Neumann, 2007.*

**1.1.1.10 Meniscos.** Los meniscos medial y lateral son discos cartilagosos con forma de media luna localizados en la articulación de la rodilla. Los meniscos transforman las superficies articulares casi planas de la tibia en asientos para los cóndilos femorales. Los meniscos están anclados en la región intercondílea de la tibia por sus cuernos anterior y posterior, el borde externo de los meniscos se inserta en la tibia y la cápsula adyacente con los ligamentos coronarios (Neumann, 2007).

**1.1.1.11 Músculos.** Los músculos que intervienen en la articulación de la rodilla los cuádriceps femorales [vasto interno, vasto externo recto intermedio, recto anterior].

El músculo sartorio y el músculo tensor de la fascia lata se consideran músculos anteriores del muslo. Los músculos posteriores conocidos como isquiosurales [semimembranoso, semitendinoso, bíceps femoral] atraviesan posteriormente la articulación de la rodilla, la flexionan y participan en su rotación, las acciones musculares se detallan en la tabla 3 (Caillet, 2006).

*Tabla 3 Músculos que cruzan la rodilla*

<b>Músculo</b>	<b>Acción</b>
<b>Sartorio</b>	Flexión, rotación externa y abducción de la cadera <b>Flexión y rotación interna de la rodilla</b>
<b>Grácil</b>	Flexión y Aducción de la cadera <b>Flexión y rotación interna de la rodilla</b>
<b>Cuádriceps femoral (Recto anterior)</b>	Flexión de la cadera <b>Extensión de la rodilla</b>
<b>Cuádriceps femoral (Vastos)</b>	<b>Extensión de la rodilla</b>
<b>Poplíteo</b>	<b>Flexión y rotación interna de la rodilla</b>
<b>Semimembranoso</b>	Extensión de la cadera <b>Flexión y rotación interna de la rodilla</b>
<b>Semitendinoso</b>	Extensión de la cadera <b>Flexión y rotación interna de la rodilla</b>
<b>Bíceps Femoral (Cabeza corta)</b>	<b>Flexión y rotación externa de la rodilla</b>
<b>Bíceps Femoral (Cabeza Larga)</b>	Extensión de la cadera <b>Flexión y rotación externa de la rodilla</b>
<b>Gastrocnemio</b>	<b>Flexión de la rodilla</b> Flexión plantar de tobillo
<b>Plantar</b>	<b>Flexión de la rodilla</b> Flexión plantar del tobillo

*Elaboración propia con información de Neumann, 2007.*

### **1.1.2 Anatomía particular de la articulación femoropatelar**

La articulación femoropatelar es la relación entre la cara articular de la rótula y el surco troclear en el fémur. Mientras la rodilla se flexiona y extiende, la superficie articular de la rótula se desliza sobre el surco troclear del fémur. Durante la flexión de la tibia sobre el fémur, la rótula se desliza sobre el fémur, durante la flexión del fémur sobre la tibia, el fémur se desliza sobre la rótula (Neumann, 2007).

La rótula es un hueso de forma casi triangular inmerso en el tendón del cuádriceps y es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo. La rótula tiene una base curva en sentido superior y un vértice apuntado en sentido inferior. En bipedestación, el vértice de la rótula se sitúa justo proximal a la interlínea articular de la rodilla. La superficie anterior subcutánea de la rótula es convexa en todas direcciones. La base de la rótula es rugosa debido a la inserción del tendón del cuádriceps (Neumann, 2007).

La superficie articular posterior de la rótula está cubierta de cartílago articular de hasta 4 a 5 mm de espesor. Esta superficie se encuentra en contacto con el surco troclear del fémur, formando la articulación patelofemoral. El espeso cartílago ayuda a dispersar las grandes fuerzas de compresión que cruzan esta articulación. Una cresta vertical se proyecta longitudinalmente de arriba abajo sobre la superficie posterior de la rótula. A ambos lados de esta cresta están las carillas lateral y medial. La carilla lateral más grande y ligeramente cóncava coincide con el contorno general de la carilla lateral del surco troclear del fémur. La carilla medial tiene variaciones anatómicas significativas. Una tercera carilla impar está a lo largo del borde medial extremo de la carilla medial, en la figura 2 se aprecian las carillas de la rótula (Neumann, 2007).

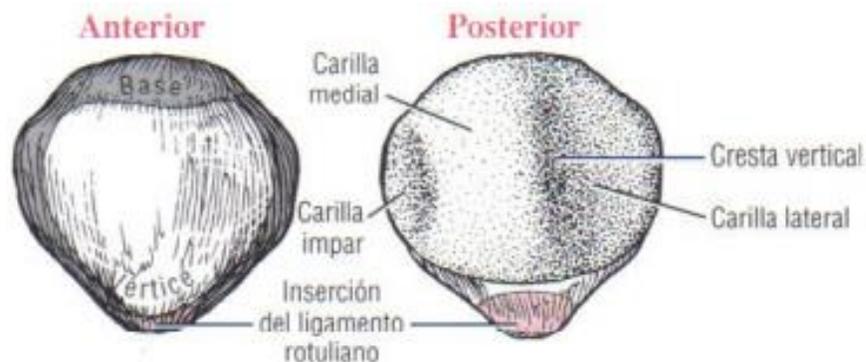


Figura 2. Anatomía particular de la rótula  
Fuente: Neumann, 2007.

Los cóndilos femorales se fusionan en sentido anterior para formar el surco troclear. Esta estructura con forma de polea se articula con el lado posterior de la rótula, formando la articulación patelofemoral. El surco troclear es cóncavo lateralmente y un poco convexo de adelante a atrás. Los lados inclinados del surco forman las carillas lateral y medial. La carilla lateral más pronunciada se extiende más proximalmente y se proyecta más en sentido anterior que la carilla medial. La forma de la carilla lateral ayuda a estabilizar la rótula en el surco durante el movimiento de la rodilla (Neumann, 2007).

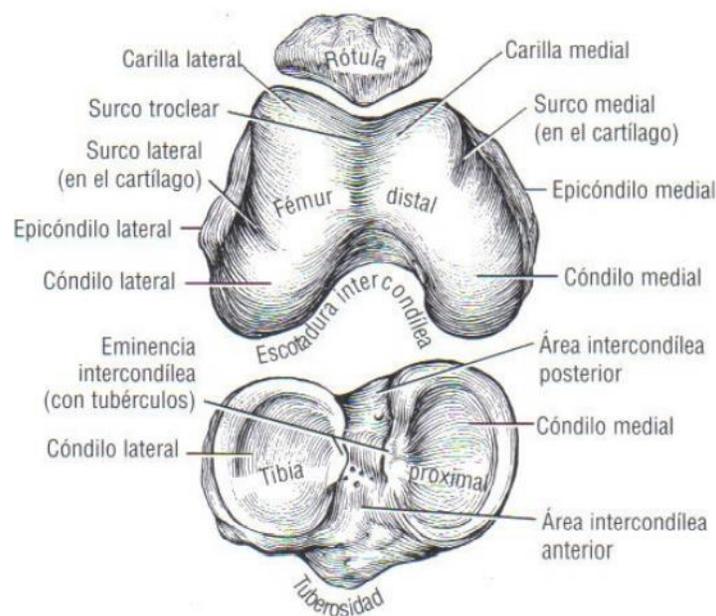


Figura 3. Superficies articulares de la articulación femoropatelar  
Fuente: Neumann, 2007.

### 1.1.3 Biomecánica

El movimiento de la rodilla se produce en 2 planos que permiten la flexión y extensión en el plano sagital, y rotación interna y externa en el plano horizontal. Funcionalmente, estos movimientos pocas veces se producen con independencia del movimiento de otras articulaciones de la extremidad inferior. Consideremos, por ejemplo, la interacción entre la

cadera, rodilla y tobillo al correr. La poderosa asociación funcional de las articulaciones de la extremidad inferior se refleja en el hecho de que la mayoría de músculos que cruzan la rodilla también cruzan la cadera o el tobillo (Neuman, 2007).

**1.1.3.1 Biomecánica durante la marcha.** Caminar es el resultado de una serie cíclica de movimientos, el ciclo de la marcha se inicia en cuanto el pie entra en contacto con el suelo. Como el contacto del pie suele producirse con el talón, el punto 0% del inicio del ciclo se denomina contacto del talón. El punto 100% o final del ciclo se produce cuando el mismo pie entra en nuevo contacto con el suelo (Neumann, 2007).

Un ciclo completo de marcha de la extremidad inferior se divide en 2 fases principales que son: La fase de apoyo [desde el contacto del talón hasta el despegue de los dedos del mismo pie] se produce mientras el pie está en el suelo sosteniendo el peso del cuerpo. La fase de oscilación [desde el despegue de los dedos hasta el siguiente contacto con el talón del mismo pie] se produce mientras el pie está en el aire, en avance hacia delante para el siguiente contacto con el suelo. La fase de apoyo constituye aproximadamente el 60% del ciclo de la marcha, y la fase de oscilación el 40%, como se visualiza en la figura 4 (Neumann, 2007).

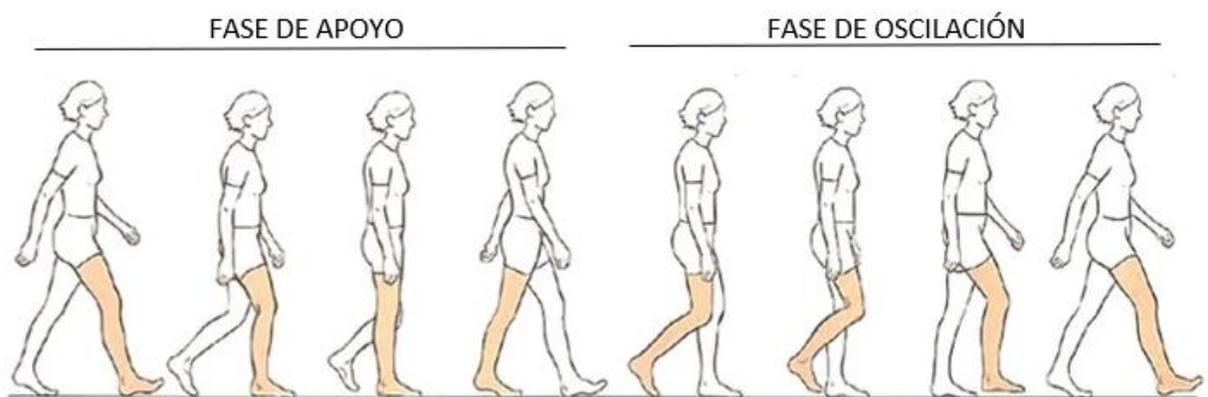


Figura 4. Fases de la marcha

Fuente: Recuperado de <https://redestudiantilmx.wixsite.com/website/post/ciclo->

**1.1.3.2 Biomecánica al correr.** La principal diferencia entre caminar y correr es que, cuando nos ponemos a correr, aparece una fase nueva llamada fase de vuelo. En la marcha existe un momento en el que los dos pies se encuentran en el suelo mientras que en la carrera el apoyo es monopodal, apareciendo esa fase de vuelo en la que ambos pies se encuentran en el aire. Es por esto que, desde un punto de vista biomecánico, la carrera se asemeja más a saltar que a caminar (Nieto, 2020).

La carrera de forma global, entendiéndola como una zancada con su respectivo paso para cada pierna, ésta se divide en: tiempo de apoyo [25-45%] y tiempo de vuelo [55-75%]. El tiempo de vuelo depende de lo alto que saltemos ya que, correr se parece más a saltar que a caminar. Cuanto más rápido vayamos, mayor será la fase de vuelo y menor la de apoyo. Sin embargo, para analizar las fases de la carrera, debemos observar cada pierna por separado. Según Nieto, (2020) las fases de la carrera con las siguientes:

#### *1.1.3.2.1 Contacto inicial*

- *Pre-contacto.* Es la preparación del pie para entrar en contacto con la superficie. De acuerdo a la velocidad y tipo de terreno nuestro pie se prepara para el estrés que ocasiona el impacto y amortiguarlo.
- *Contacto.* Es justo el momento en que el pie entra en contacto con el suelo. En este momento es muy importante la flexión de rodilla con la que contactamos en el suelo. Si caemos con una excesiva flexión [sentados], disminuye el impacto vertical, pero aumenta el trabajo de cuádriceps. Es decir, al entrar con rodilla flexionada vamos a reducir el impacto, pero vamos a tener más estrés sobre cuádriceps y rodilla. Al chocar con la rodilla más recta, aumenta el impacto vertical, pero disminuimos el trabajo de estas estructuras. Lo ideal en este

punto será entrar con 20° de flexión de cadera y otros 20° de flexión de rodilla, de manera que el ángulo de la tibia con la vertical sea lo más cercano a 0°. Esto ayudará también a disminuir el vector de frenado. Existen tres posibles contactos del pie contra el suelo [talón, mediopié y antepié], y cada uno de ellos tiene sus virtudes y sus defectos.

➤ *Retropié.* En este caso la musculatura tibial será la encargada de controlar la caída del pie. Además, conforme avanza el centro de masas la rodilla va a flexionar, aumentando el trabajo del cuádriceps y tendón cuadricipital, que será la musculatura que más va a trabajar en este tipo de apoyo. El vientre muscular del cuádriceps es muy potente, pero tiene un tendón relativamente corto. En estos casos, el tiempo de apoyo va a ser mayor, pero nos permitirá dar pasos más largos y por tanto reducir la cadencia. Al correr de talón el impacto es mucho mayor, por lo que esta técnica será ideal en terrenos blandos.

➤ *Antepié.* Cuando corremos de antepié el impacto vertical será menor, a costa de trabajo de los flexores plantares de tobillo. Tendón de Aquiles y fascia plantar van a ser los encargados de soportar la caída del pie. Van a actuar en excéntrico, acumulando la energía elástica que será empleada al despegar. Esto nos va a permitir estar más tiempo en el aire. El tendón de Aquiles es muy potente, pero el vientre muscular del tríceps sural es menor que el del cuádriceps, por lo que la longitud de paso suele ser menor, reduciendo la cadencia.

➤ *Mediopié.* El contacto es un punto intermedio entre retropié y antepié.

*1.1.3.2 Apoyo total.* Es el momento de máxima absorción del impacto gracias a la pronación. Será importante la cantidad de pronación, pero sobre todo a la velocidad que se produce esta pronación. Cuanta más velocidad de pronación haya, más van a

tener que trabajar las estructuras responsables de frenarla para despegar el pie del suelo. En este momento, el centro de gravedad se encuentra en su punto más bajo. La rodilla debe flexionar aproximadamente a  $40^\circ$  [cuanto más rápido vamos, menos flexionamos la rodilla]. Un error común en este momento es sentarse en exceso flexionando mucho la rodilla, esto alejará mucho el centro de gravedad, disminuyendo el brazo de palanca del tríceps sural, y por lo tanto solicitando más a los cuádriceps. Es el momento de máxima absorción en el que el pie debe tener una pronación de máximo  $10^\circ$ . Esta pronación es necesaria para amortiguar las cargas.

*1.1.3.2.3 Propulsión.* En este momento es imprescindible una buena extensión de cadera con anteversión de la pelvis para conseguir el empuje que nos haga, no solo saltar hacia arriba, sino también hacia delante. Cuanto más rápido vamos mayor va a ser esa extensión. Esta extensión de la cadera durante la propulsión, permite que los flexores de cadera realicen una tensión, acumulando energía elástica que será empleada durante la oscilación para avanzar la pierna hacia delante con menor trabajo interno. Para que se produzca esta extensión de cadera deberemos realizar una buena flexión plantar de tobillo y flexión dorsal de la articulación del hallux, cuando la articulación del dedo gordo realiza flexión dorsal se producirá el mecanismo de *windlass* [Esto hará que el pie supine, aumente su arco y despegue del suelo actuando como un resorte]

#### *1.1.3.2.4 Oscilación.*

➤ *Oscilación inicial.* Se trata del movimiento realizado por la pierna que se encuentra en el aire mientras la otra se encuentra en el máximo apoyo. Es

importante que la flexión de rodilla sea mayor de 90°, permitiendo que el centro de gravedad se acerque a la cadera para que la pierna pueda oscilar más rápido.

➤ *Oscilación media.* Momento en el que se encuentra la pierna que está en el aire, cuando la otra se dispone a realizar la propulsión. La rodilla se encuentra en su punto más anterior y la cadera en máxima flexión. En este punto son alteraciones comunes la falta de flexión de cadera y de rodilla, el recto anterior se encontrará muy elongado.

➤ *Oscilación final o pre-contacto.* La rodilla extiende mientras la cadera continúa en máxima flexión. Los isquiotibiales controlan esta extensión en situación excéntrica, preparando el aterrizaje de la pierna junto con el glúteo medio. En este momento nos encontramos donde hemos comenzado, siendo este el instante en el que el pie realizará la entrada para igualarse a la velocidad del suelo y disminuir la velocidad de frenado (Nieto, 2020)

**1.1.3.3 Biomecánica articulación femoropatelar.** Con respecto a la cinemática de la articulación femoropatelar se encuentran diferentes regiones de contacto articular entre el surco troclear y la rótula, con 135 grados de flexión, la rótula entra en contacto con el fémur cerca de su polo superior, la rótula descansa por debajo del surco troclear. En esta posición, el borde lateral de la carilla lateral y la carilla impar de la rótula comparten el contacto articular con el fémur (Neumann, 2007).

Mientras la rodilla se extiende hasta 90 grados de flexión, la superficie de contacto sobre la rótula comienza a migrar inferiormente. Entre 90 y 60 grados de flexión, la articulación patelofemoral mantiene la mayor área de contacto con el fémur. El valor máximo del área de contacto es de 30% del área total de la rótula (Neumann, 2007).

Mientras la rodilla se extiende durante los últimos 20 grados de flexión, el punto de contacto principal sobre la rótula migra hacia el polo inferior. En extensión completa, la rótula descansa por completo sobre el surco troclear, contra la bolsa de grasa suprarrotuliana. En esta posición y con el cuádriceps relajado, la rótula puede moverse con libertad en el surco troclear. No obstante, flexionar la rodilla hasta unos 20 o 30 grados, reduce esta movilidad. La rótula se asienta en el surco troclear y queda estabilizada por el cuádriceps y los tejidos conjuntivos locales (Neumann, 2007).

Asimismo, la rótula tiene desplazamientos tanto en el fémur como en la tibia. En cuanto a su movimiento sobre el fémur el aparato extensor de la rodilla se desliza sobre la parte inferior del fémur que actúa como una polea, pero en este caso la tróclea es una polea fija. La tróclea femoral y la fosa intercondílea forman un canal vertical profundo, en cuyo fondo se desliza la rótula. De esta forma la fuerza del músculo cuádriceps, dirigida oblicuamente hacia arriba y ligeramente hacia fuera, se convierte en una fuerza estrictamente vertical. Por lo tanto, el movimiento normal de la rótula sobre el fémur durante la flexión es una traslación vertical a lo largo de la garganta de la tróclea y hasta la fosa intercondílea (Kapandji, 2010).

Con respecto al desplazamiento de la rótula en la tibia en los movimientos de flexo-extensión la rótula se desplaza en el plano sagital. A partir de su extensión, retrocede desplazándose a lo largo de un arco de circunferencia cuyo centro se sitúa en la tuberosidad anterior de la tibia y cuyo radio es igual a la longitud del ligamento rotuliano. Al mismo tiempo, bascula sobre sí misma unos 35 grados, de forma que su cara posterior, que miraba hacia atrás se ve orientada durante la flexión máxima hacia

atrás y abajo de modo que en relación a la tibia experimenta un movimiento de traslación circunferencial (Kapandji, 2010).

En los movimientos de rotación axial, los desplazamientos de la rótula con respecto a la tibia se realizan en plano frontal. En rotación neutra, la dirección del ligamento rotuliano es ligeramente oblicua hacia abajo y afuera. Durante la rotación interna el fémur ige en rotación externa con respecto a la tibia, desplazando la rótula hacia afuera, el ligamento rotuliano se hace oblicuo hacia abajo y adentro. Durante la rotación externa, sucede lo contrario, el fémur arrastra la rótula hacia dentro, de forma que, el ligamento rotuliano queda oblicuo hacia abajo y afuera, aunque más oblicuo hacia afuera en rotación neutra (Kapandji, 2010).

La biomecánica alterada se observa comúnmente durante los movimientos funcionales en personas PFPS. La mala alineación de la extremidad inferior es un factor contribuyente para PFPS. La anteversión del cuello femoral, el *genu valgo*, la hiperextensión de la rodilla, el ángulo Q, la tibia varo, la pronación son algunos de los factores de alineación a los cuales se han asociado con el PFPS. También se ha sugerido que la disminución de la fuerza debida a atrofia o inhibición de la musculatura de las extremidades inferiores es causa de PFPS. Los patrones de mala alineación rotuliana y el seguimiento anormal de la superficie en la articulación femoropatelar a menudo se han citado como una posible causa de PFPS (Vora, 2017).

#### **1.1.4 Descripción de patología**

El síndrome de dolor femoropatelar es una afección musculo esquelética relacionada con el aparato locomotor que se caracteriza por la aparición insidiosa de una calidad de dolor mal definida localizada en la región retropatelar anterior y / o peripatelar de la rodilla. El

inicio de los síntomas puede ser lento o de forma aguda, con un empeoramiento del dolor con la carga de las extremidades inferiores. El dolor alrededor o detrás de la rótula que restringe las actividades, incluida la movilidad en escaleras, ponerse en cuclillas, trotar y sentarse, son las características clínicas predominantes. Estos síntomas y limitaciones de actividad pueden verse influenciados por múltiples factores, incluida la presencia de características psicológicas [Ansiedad, depresión y miedo relacionado con el dolor] y características clínicas tales como alteraciones musculares o biomecánicas. De las personas con dolor femoropatelar, 1 de cada 2 adultos puede tener riesgo de síntomas persistentes durante 5 a 8 años (Wallis, 2021).

### **1.1.5 Fisiopatología**

Se considera una lesión por sobrecarga, donde la unidad estructural del tejido se encuentra dañada o excedida en su capacidad de respuesta reparadora, conduciendo a dolor y aumento de estrés articular, definido como el resultado entre la fuerza de reacción patelofemoral [determinado por la magnitud del vector de fuerza del cuádriceps y el ángulo de flexión de la rodilla] y el área de la patela, las que en condiciones normales a medida que aumenta la fuerza de reacción, también lo hace el área de contacto (Jara, 2020).

El origen de este dolor se puede relacionar, en forma directa, con la carga mecánica supra fisiológica y con la irritación química de los terminales nerviosos en el hueso subcondral y reticular, lo cual implica una pérdida de la homeostasis tisular. El procesamiento central complejo de las señales neurológicas nociceptivas periféricas ocurre durante la percepción del dolor y esto da lugar a varias diferencias subjetivas entre los pacientes (Flores, 2017).

La presencia de dolor femoropatelar se puede considerar el resultado de una irritación nerviosa nociceptiva periférica y un reflejo de la pérdida de la homeostasis tisular. También los componentes femoropatelares están sometidos sistemáticamente a las fuerzas compresivas máximas de toda la rodilla y que, con frecuencia, se aproximan a los límites de aceptación de carga de los tejidos biológicos y muchas veces lo exceden (Flores, 2017).

El complejo neurológico periférico está íntimamente asociado con la homeostasis global del sistema musculo esquelético. Los terminales nerviosos para el dolor, la presión y propiocepción en la rodilla funcionan como dispositivos sensibles de telemetría, que codifican los datos para que se procesen en el sistema central. Se demostraron componentes neurológicos en todas las estructuras anatómicas complejas del sistema femoropatelar, excepto en el cartílago articular. Se cree que los tejidos femoropatelares pueden enviar respuestas nociceptivas a través de fibras de la sustancia P (Flores, 2017).

La sobrecarga mecánica excesiva, ya sea extrínseca o intrínseca, por lo general, causa una respuesta nociceptiva femoropatelar. Se pueden desarrollar cargas mecánicas intrínsecas excesivas, que superan la capacidad de aceptación del tejido, al saltar, caminar o subir escaleras y son fuentes frecuentes de molestias transitorias en la rodilla anterior o, con frecuencia, persistentes. El incremento de la presión intraósea en la rótula puede producir dolor directamente, debido a una obstrucción transitoria al flujo del retorno venoso. Esto puede explicar el fenómeno de molestia en la rodilla ante la flexión prolongada en algunos pacientes. El medio intraóseo de la rótula puede ser fuente de nocicepción en el inicio de los síntomas en la rodilla anterior (Flores, 2017).

El desvío y la transferencia de carga dentro del sistema femoropatelar que según se cree, ocurre en pacientes con síndrome de alienación defectuosa, puede desencadenar fuerzas

mecánicas excesivas, de compresión o tensión, a partir de una variedad de tejidos. El traumatismo tisular, agudo o con cargas submáximas repetidas, que supera los límites de aceptación de carga fisiológica, suele inducir una cascada biológica de producción de citosinas. Las citosinas pueden ser las prostaglandinas, catepsinas, interleucinas, factores de necrosis tumoral, colagenasas entre otras, son elementos químicos fundamentales en las inflamaciones musculo esqueléticas. Las citosinas producen una irritación química de los terminales nerviosos de los tejidos, que desencadena la percepción de dolor (Flores, 2017).

Si la capacidad de aceptación de carga del tejido inflamado y lesionado es menor que la necesaria para las actividades diarias, las actividades normales, que, bajo condiciones habituales, el sistema toleraba con facilidad, en ese momento, se convierten en cargas supra fisiológicas, que reactivan la cascada de citosinas diariamente. La reactivación crónica de la cascada de citosinas, entonces, se convierte en un círculo vicioso de irritación tisular e inflamación continua, manifestado por el dolor crónico. Los pacientes con dolor femoropatelar y el dolor crónico residen en cargas supra fisiológicas de los componentes femoropatelares. Esta carga es suficiente para reactivar la irritación nerviosa a través de factores mecánicos o químicos (Flores, 2017).

### **1.1.6 Clasificación**

Ante la ausencia de un sistema de clasificación válido previamente establecido para la PFPS, el grupo de guías de práctica clínica de la *American Physical Therapy Association* [APTA] propone una clasificación que consta de 4 subcategorías asociadas a la Clasificación Internacional de Funcionamiento, Discapacidad y Salud [CIF] El sistema de clasificación propuesto se basa en 4 subcategorías que se nombran de acuerdo con las deficiencias predominantes documentadas en personas con PFPS (Willy, 2019).

**1.1.6.1 Uso excesivo / sobrecarga sin otro impedimento.** Una subcategoría de personas con PFPS puede tener dolor principalmente debido al uso excesivo / sobrecarga. La clasificación se realiza con un nivel razonable de certeza cuando el paciente presenta un historial que sugiere un aumento en la magnitud y / o frecuencia de la carga de la articulación femoropatelar a una velocidad que supera la capacidad de sus tejidos para recuperarse (Willy, 2019).

**1.1.6.2 Déficits en el rendimiento muscular.** La clasificación en la subcategoría de déficits de rendimiento muscular se realiza con un nivel razonable de certeza cuando el paciente presenta déficits de rendimiento de los músculos de las extremidades inferiores en la cadera y los cuádriceps (Willy, 2019).

**1.1.6.3 Déficits de coordinación del movimiento.** El diagnóstico de PFPS con déficit de coordinación del movimiento se realiza con un nivel de certeza aceptable cuando el paciente presenta un valgo de rodilla excesivo o mal controlado durante una tarea dinámica, pero no necesariamente debido a debilidad de la musculatura de la extremidad inferior, lo que sugiere la importancia de evaluar el valgo dinámico de la rodilla durante el movimiento (Willy, 2019).

**1.1.6.4 Deficiencias de movilidad.** Una subcategoría de personas con PFPS puede tener deficiencias relacionadas con estructuras hipermóviles o hipomóviles. El diagnóstico de PFPS con déficit de movilidad se realiza con un nivel de certeza aceptable cuando el paciente presenta un déficit de movilidad y / o flexibilidad del pie

superior al normal de 1 o más de las siguientes estructuras: isquiosurales, cuádriceps, gastrocnemio, sóleo, retináculo lateral, o banda iliotibial (Willy, 2019).

### **1.1.7 Diagnóstico**

El PFPS es una afección relacionada con el aparato locomotor que se caracteriza por la aparición insidiosa de una calidad de dolor mal definida localizada en la región retropatelar anterior y / o peripatelar de la rodilla. El inicio de los síntomas puede ser de forma aguda, con un empeoramiento del dolor con la carga de las extremidades inferiores, por lo tanto, el diagnóstico se basa en un conjunto de signos y síntomas tras descartar otros diagnósticos pato-anatómicos. Las personas con PFPS muestran algunas características clínicas comunes. A menudo, los pacientes refieren dolor al palpar el polo distal o la cara medial de la rótula, la plica medial y el cóndilo femoral medial (Willy, 2019).

La reproducción del dolor retropatelar o peripatelar durante la sentadilla se utiliza como prueba de diagnóstico para el dolor femoropatelar, así como otras actividades funcionales que cargan la articulación femoropatelar en una posición flexionada, como subir o bajar escaleras.

El diagnóstico de dolor femoropatelar debe basarse en los siguientes criterios:

- Presencia de dolor retropatelar o peripatelar.
- Reproducción de dolor retropatelar o peripatelar al ponerse en cuclillas, subir escaleras, estar sentado durante mucho tiempo u otras actividades funcionales que cargan la articulación femoropatelar en una posición flexionada.
- Exclusión de todas las demás afecciones que puedan causar dolor en la parte anterior de la rodilla.

El examen de la marcha y la postura del paciente también es útil para identificar las causas que contribuyen al PFPS, como lordosis lumbar exagerada, altura asimétrica de la cadera o cuádriceps atróficos (Connell, 2020)

Aunque el PFPS es un diagnóstico clínico, las imágenes pueden ser útiles para descartar otras causas de dolor. Las imágenes pueden ser beneficiosas si el dolor del paciente no ha mejorado después de cuatro a ocho semanas de medidas conservadoras. La radiografía simple de rodilla puede descartar osteoartritis, fracturas rotulianas en pacientes con antecedentes de trauma y osteocondritis. Las vistas anteroposteriores, lateral pueden ser especialmente útiles. Las anomalías estructurales como defectos menores del cartílago rotuliano, lesiones de la médula ósea y aumento de la señal en la almohadilla de grasa de Hoffa que son visibles en la resonancia magnética no se asocian con PFPS. Por lo tanto, la resonancia magnética no se recomienda en la evaluación de PFPS (Gaitonde, 2019).

**1.1.7.1 Diagnóstico por imagen.** El estudio radiológico adquiere protagonismo si hay antecedentes de traumatismos, moderada inestabilidad, cirugía previa o dolor en reposo. Existe escasa correlación entre los hallazgos radiológicos y los hallazgos clínicos. No obstante, diversos parámetros radiológicos han sido relacionados con PFPS. La radiología convencional permite valorar la altura de la rótula y detectar displasia rotuliana o troclear, signos de artrosis o cuerpos libres. Con la tomografía axial computarizada [TAC] y la resonancia magnética nuclear [RM] de la región femoropatelar se suele apreciar una báscula normal o mayor de 15°, sin presencia de subluxación, que sería característica de la inestabilidad rotuliana. La ecografía será de gran utilidad en el despistaje de las tendinopatías. El examen ecográfico y Doppler de

pacientes con PFPS ha puesto en evidencia un incremento en el grosor y la presencia de neovascularización en el retináculo lateral (Gómez, 2017).

### **1.1.8 Diagnóstico diferencial**

Se deben considerar los diagnósticos diferenciales asociados con afecciones médicas graves otras afecciones musculoesqueléticas y / o factores psicosociales especialmente cuando las limitaciones de la actividad de un paciente o las alteraciones de la función y estructura corporal no coinciden con las principales manifestaciones clínicas. También si los síntomas no se resuelven con el uso de las intervenciones conservadoras. Si es necesario, se deben derivar a los pacientes al proveedor de atención médica adecuado y administrarlos conjuntamente cuando sea apropiado. La mayoría de los diagnósticos diferenciales son aplicables tanto a adultos como a adolescentes, como tumores, infecciones y fracturas (Connell, 2020)

Tras la exclusión de las afecciones que requieren la derivación del paciente a un médico, debe descartar otras afecciones musculoesqueléticas que puedan causar dolor anterior de rodilla. El diagnóstico diferencial debe considerar condiciones distantes pero que pueden referir dolor a la rodilla, por ejemplo, radiculopatía lumbar, atrapamiento de nervios periféricos u osteoartritis de cadera. El diagnóstico diferencial también debe considerar afecciones locales de la rodilla, por ejemplo, lesiones ligamentosas, lesiones de meniscos, lesiones del cartílago articular, tendinopatías del cuádriceps, se puede visualizar las principales manifestaciones clínicas en la tabla 4 (Willy, 2019).

Tabla 4 Diagnósticos diferenciales

<b>Diagnóstico diferencial</b>	<b>Manifestaciones clínicas</b>
<b>Lesión en cartilago articular</b>	✓ Historial traumático con presencia de cuerpos libres
<b>Tumores óseos</b>	✓ El dolor puede ser insidioso; puede tener dolor a la palpación de las estructuras óseas
<b>Condromalacia rotuliana</b>	✓ Dolor retropatelar, por antecedentes de traumatismo, derrame en la exploración
<b>Enfermedad de Hoffa</b>	✓ Dolor y sensibilidad localizados en la almohadilla de grasa de Hoffa [infrapatelar]
<b>Síndrome de banda iliotibial</b>	✓ Dolor lateral y sensibilidad sobre el epicóndilo femoral lateral.
<b>Síndrome de compresión lateral de la rótula</b>	✓ Mala alineación rotuliana a veces causada por un retináculo lateral apretado da como resultado dolor en la parte anterior de la rodilla
<b>Cuerpos libres</b>	✓ Dolor agudo intermitente, bloqueo o derrame sinovial
<b>Osgood-Schlatter</b>	✓ Sensibilidad e hinchazón en la inserción del tendón rotuliano en el tubérculo tibial
<b>Osteocondritis disecante</b>	✓ Dolor, inflamación o bloqueo intermitente
<b>Inestabilidad rotuliana/subluxación</b>	✓ Dolor intermitente con sensación de inestabilidad o movimiento de la rótula; puede tener hinchazón; el bloqueo puede ocurrir con la formación de los cuerpos libres
<b>Fractura por estrés rotuliana</b>	✓ Dolor a la palpación directamente sobre la rótula
<b>Tendinopatía rotuliana</b>	✓ Sensibilidad del tendón; el tendón puede engrosarse si es crónico
<b>Osteoartritis femoropatelar</b>	✓ Crepitación o derrame, hallazgos radiográficos característicos
<b>Síndrome de plica</b>	✓ Puede ser medial o lateral a la rótula; si es sintomático, se puede demostrar dolor a la palpación
<b>Bursitis pre-rotuliana</b>	✓ Inflamación característica anterior a la rótula después de un traumatismo
<b>Tendinopatía del cuádriceps</b>	✓ Edema e hinchazón en la zona del músculo, dolor al flexionar y extender la rodilla.
<b>Neuralgia de nervio safeno</b>	✓ El dolor suele ser medial pero mal localizado
<b>Síndrome de Sinding-Larsen-Johansson</b>	✓ Dolor en la base de la rótula, inflamación y sensibilidad a la presión y al tacto alrededor de la rótula.
<b>Rótula Bipartita</b>	✓ Dolor a la palpación directamente sobre la rótula con hallazgos radiográficos característicos

*Elaboración propia con información de Gaitonde, 2019.*

### **1.1.9 Etiología**

La etiología del síndrome de dolor femoropatelar no se conoce bien y se considera que es multifactorial. Con frecuencia, el desarrollo y la persistencia de los síntomas se atribuyen a factores proximales, distales o locales que aumentan o alteran la carga / estrés en la articulación patelofemoral [PFJ] y existe un gran cuerpo de investigación en esta área. Recientemente, se han explorado las influencias no físicas sobre los síntomas, con evidencia emergente de que factores como la sensibilización al dolor y el estado psicológico pueden desempeñar un papel en la PFPS (Willy, 2019).

**1.1.9.1 Desequilibrios musculares.** Se ha sugerido que la disminución de la fuerza debida a atrofia o inhibición de la musculatura de las extremidades inferiores es una posible causa de PFPS. Hay una serie de desequilibrios musculares que se cree que contribuyen al desarrollo del PFPS e incluyen disminución de la fuerza de los extensores de la rodilla, debilidad en la fuerza de los músculos excéntricos desequilibrio entre los componentes vasto medial oblicuo y vasto lateral del cuádriceps y debilidad del músculo de la cadera. (Vora, 2017).

**1.1.9.2 Atrofia del vasto medial oblicuo y vasto lateral.** La función y la estabilidad de la articulación femoropatelar se mantienen mediante una interacción compleja entre los estabilizadores activos, los estabilizadores pasivos, la morfología ósea y del cartílago. El músculo vasto medial [VMM], especialmente el vasto medial oblicuo [VMO], que es un estabilizador dinámico medial, juega un papel importante en la estabilidad de la articulación femoropatelar. El VMO se describió como la porción distal del VMM con las fibras musculares insertadas en un ángulo de 50 ° en la alineación rotuliana longitudinal. La estructura del VMO lo hace potencialmente capaz de contrarrestar parcialmente el tirón lateral del músculo vasto lateral [VLM]. Se ha demostrado que la

debilidad del VMO causa el desplazamiento lateral rotuliano a 0 y 15 ° de flexión de la rodilla y se correlaciona PFPS (Dong, 2021).

Se ha encontrado que existe atrofia de VLM en pacientes con PFPS, y la atrofia de VMO es más evidente que la de VLM en el polo superior de la rótula. La porción distal es el área funcional principal del VMO para confinar el *maltracking* rotuliano, y la atrofia del VMO debe influir en la estabilidad rotuliana. El hallazgo de atrofia de VMO y VML, especialmente la inserción distal de VMO en sujetos con PFPS, contribuye a comprender los mecanismos de PFPS. La disminución de la debilidad del cuádriceps que resulta de la atrofia o el dolor que limita la producción de fuerza, la inhibición de la musculatura inducida por el dolor o los cambios fisiológicos de la musculatura del cuádriceps se ha sugerido como una posible causa de PFPS (Dong, 2021).

**1.1.9.3 Debilidad de los músculos de la cadera.** Si bien la debilidad de los músculos de la cadera no se asocia directamente con la articulación femoropatelar, a menudo se asocia con el PFPS. La teoría de la cadena cinética establece que la disfunción de una articulación puede manifestar lesiones en otras articulaciones, generalmente aquellas distales a la articulación afectada. Se ha demostrado que, durante la carrera, hay un movimiento en valgo externo de la rodilla y una rotación interna de la cadera significativa. La capacidad de controlar y prevenir estos movimientos depende de la fuerza de los grupos de músculos proximales que son antagonistas de estos movimientos. Si no hay suficiente fuerza proximal, el fémur puede aducirse o rotar internamente, lo que a su vez aumenta la presión de contacto rotuliana lateral, lo que puede provocar dolor (Vora, 2017).

Esto sugiere que los déficits musculares proximales son una consecuencia directa del desarrollo de los síntomas más que un factor causal y que, por lo tanto, la presencia de

dolor en el individuo con PFPS podría conducir a una disfunción de los músculos de la cadera. La teoría establece que la cinemática de cadera alterada en individuos con PFPS puede cambiar las aferencias articulares y conducir a la inhibición de los músculos de la cadera, específicamente los glúteos medio y mayor, los individuos con mayores niveles de dolor y discapacidades subjetivas exhibirán una mayor inhibición del glúteo y dolor más severo en comparación con aquellos con un dolor menos severo o leve (Cant, 2021).

Las mujeres con PFPS han demostrado una mayor rotación interna de la cadera durante las bajadas de un solo paso, corriendo y saltando. También se ha observado un aumento de la aducción de la cadera y la abducción de la rodilla al caminar en pacientes femeninas con PFPS. Se cree que estas rotaciones de los planos transversal y frontal reducen el área de contacto femoropatelar y aumentan la tensión de la articulación femoropatelar, lo que provoca dolor (Vora, 2017).

**1.1.9.4 Uso excesivo.** Aunque muchos estudios han intentado explicar la etiología del PFPS, la mayoría se ha centrado en los desequilibrios musculares y las anomalías biomecánicas. Sin embargo, el nivel de actividad física y el uso excesivo también es un factor importante en el desarrollo de PFPS. Se encontró que todos los pacientes que informaron síntomas de un inicio insidioso de PFPS habían estado involucrados en un uso excesivo temporal o un período de mayor actividad física. Esto sugiere que un aumento o cambio drástico en la actividad es el estímulo que conduce al desarrollo de PFPS en lugar de un nivel de actividad constantemente alto (Vora, 2017).

El uso excesivo como causa de PFPS puede estar relacionado con una mayor magnitud de carrera y experiencia del corredor. Un corredor recreativo que corre menos de 5 horas por semana es un factor para la aparición de PFPS. Este hallazgo sugiere que

las estructuras de PFJ en los corredores más experimentados probablemente se han adaptado y, por lo tanto, son capaces de tolerar las cargas impuestas (Willy, 2019).

**1.1.9.5 Relación entre ángulo Q y valgo dinámico** Además de la inestabilidad pélvica, la debilidad de los músculos de la cadera provoca una alineación de las piernas conocida como valgo dinámico, este mecanismo biomecánico y muscular puede estar fuertemente ligado a la patogenia del PFPS. Se vio que este patrón de valgo dinámico tiene una fuerte influencia en la patogénesis de PFPS (Almeida, 2016).

El ángulo Q está formado por la intersección de dos líneas que se cruzan en el centro de la rótula: una que va desde la espina iliaca anterosuperior hasta el centro de la rótula y la otra desde la tuberosidad anterior de la tibia hasta el centro de la rótula. El ángulo que se usa ampliamente para evaluar a pacientes con problemas de rodilla, especialmente en PFPS. Cuanto mayor es el ángulo Q, mayor es la fuerza de lateralización sobre la rótula, lo que aumenta la presión retropatelar entre la faceta lateral de la rótula y el cóndilo femoral lateral. Las fuerzas de compresión continuas entre estas estructuras pueden aumentar a PFPS y a largo plazo, causar la degeneración del cartílago articular de la rótula (Almeida, 2016)

**1.1.9.6 Factores psicológicos** Se debe evaluar la presencia de problemas psicológicos que puedan requerir la derivación a un profesional de la salud además de la fisioterapia. Los factores psicológicos que incluyen el dolor catastrófico, la kinesiofobia, la ansiedad y la depresión se consideran banderas amarillas que pueden afectar el pronóstico y la toma de decisiones sobre el tratamiento de rehabilitación. Además de la derivación potencial, los pacientes con PFPS que exhiben factores psicológicos pueden requerir que el terapeuta emplee estrategias específicas de educación del paciente para optimizar los

resultados de las intervenciones de fisioterapia, por ejemplo, tratamiento cognitivo-conductual, tranquilidad y exposición gradual a la actividad (Willy, 2019).

Las personas con PFPS pueden estar bajo estrés psicológico y también pueden tener dolor crónico y sensibilización central. El estrés psicológico influye negativamente en la recuperación. El miedo a sufrir una nueva lesión / dolor / movimiento es una razón frecuentemente citada por la cual los atletas no regresan al deporte o reducen su nivel de actividad física en otros trastornos de rodilla. La catastrofización tiene asociaciones fuertes y consistentes con el dolor y la función en las personas con PFPS. El dolor crónico puede ir acompañado de una sensibilización central, que abarca factores como la hiperalgesia en regiones tanto en la estructura involucrada como alejadas de ella (Willy, 2019).

Específicamente en PFPS, la kinesiofobia puede ejercer una mayor influencia sobre la biomecánica del movimiento que la fuerza muscular. De hecho, los constructos no físicos como la ansiedad y la catastrofización se consideran cada vez más como contribuyentes importantes a la PFPS y deberían ser parte de un enfoque de tratamiento global en los corredores lesionados. También se cree que el estrés psicológico modula la capacidad de los tejidos porque los niveles más altos de estrés se han asociado con mayores riesgos de lesiones (Esculier, 2020).

## **1.2 Antecedentes Específicos**

### **1.2.1 Métodos de tratamiento**

La mayoría de los enfoques de tratamiento para el PFPS son conservadores y las intervenciones quirúrgicas son mucho menos comunes. Existe una amplia variedad de programas de tratamiento para PFPS, pero los componentes clave implican aumentar la

fuerza, la flexibilidad, la propiocepción, la resistencia, el entrenamiento funcional y la progresión gradual (Vora, 2017).

**1.2.1.1 Tratamiento Farmacológico.** Los escasos datos en torno a la utilización de los antiinflamatorios no esteroideos [AINES] los glucocorticoides y los polisulfatos de glucosaminoglicanos en el PFPS se limitan a la fase aguda como tratamiento sintomático, y no hay estudios que prueben su utilidad a largo plazo, no parece haber datos que avalen la infiltración con corticoides o sulfato de glucosamina, según lo estudiado por Kannus, que llevaron a cabo un ensayo clínico con 53 pacientes a los que dividieron en tres grupos: un grupo recibió una infiltración semanal durante 5 semanas con sulfato de glucosamina, otro grupo recibió infiltraciones de suero salino y el tercer grupo no recibió infiltraciones; todos los grupos modificaron su actividad diaria, potenciaron cuádriceps y tomaron analgésicos. Como resultado, se observó que los pacientes tratados con infiltraciones presentaban una mejoría funcional a las 6 semanas, pero esta diferencia había desaparecido cuando se evaluó a los pacientes a los 6 meses (Gómez, 2017).

**1.2.1.2 Tratamiento Quirúrgico.** Las intervenciones quirúrgicas generalmente no se realizan en primera instancia debido a que se maneja con tratamientos conservadores que pueden mejorar la sintomatología, existen varios procedimientos quirúrgicos que se pueden realizar. La mayoría de estas intervenciones quirúrgicas tienen como objetivo tratar la mala alineación o el cartílago lesionado. Se puede considerar la consulta quirúrgica por PFPS para aquellos pacientes cuyos síntomas persisten a pesar de completar 6-12 meses de manejo conservador (Vora, 2017).

**1.2.1.2.1 La liberación del retináculo lateral.** Se realiza cuando existe un síndrome de compresión lateral con dolor a la palpación y opresión del retináculo lateral que se

combina con la inclinación lateral de la rótula. La liberación del retináculo lateral ha sido promulgada como alternativa terapéutica en pacientes con PFPS de carácter refractario (Gómez, 2017).

*1.2.1.2.2 Los procedimientos de realineación proximal.* Están indicados para pacientes que muestran esqueléticamente una disminución de la abducción, pacientes externos inmaduros con antecedentes de rotación recurrente y fuerza de extensión de las dislocaciones de la renta, pacientes con un aumento del lado afectado en comparación con ángulo de congruencia saludable (Vora, 2017).

*1.2.1.2.3 La realineación distal o el tubérculo tibial.* Incluyen procedimientos de osteotomía de la extremidad inferior que generalmente son de desalineación, inclinación o equilibrio femoropatelar en pacientes PFPS recurrente, desequilibrio muscular y dislocación o subluxación de tejidos blandos. La optimización de los procedimientos de realineación distal incluye el equilibrio muscular entre el dolor femoropatelar sistemático del vasto medial junto con el lateral. La cirugía debe reservarse para una mayor distancia entre los pacientes tibiales con dolor de rodilla persistente. Menos del 10% de todos los pacientes con inclinación del PFPS y mala alineación necesitarán un procedimiento de realineación distal (Vora, 2017).

*1.2.1.2.4 Osteotomía plano-oblicua.* Indicada si el PFPS se acompaña de hipertorsión tibial externa y pseudovaro. Se trata de una osteotomía des rotativa tibial con trazo oblicuo supratuberositario, que permite corregir la hipertorsión tibial externa y la alineación en el plano frontal, además de anteromedializar la tuberosidad tibial (Gómez, 2017).

*1.2.1.2.5 El procedimiento de Maquet.* Implica la traslación anterior del tubérculo tibial sin medialización para disminuir las fuerzas de contacto (Vora, 2017).

### **1.2.2 Descripción del tratamiento a estudiar**

El entrenamiento de resistencia variable o resistencia elástica es un método de entrenamiento de fuerza que utiliza bandas elásticas de goma para proporcionar tensión contra los músculos. Al igual que el entrenamiento con pesas, el entrenamiento de resistencia elástica tensiona los músculos y activa las fibras musculares como un medio para aumentar la fuerza muscular. Las bandas de resistencia elásticas ofrecen entrenamientos que son más prácticos y más exigentes que los pesos libres porque pueden trabajar en los planos horizontal y vertical. Las bandas de ejercicio para el entrenamiento de resistencia elástica están disponibles en una amplia variedad de niveles de resistencia que van desde bandas de resistencia muy ligeras utilizadas para rehabilitación hasta bandas de resistencia muy pesadas para entrenamiento de fuerza intenso (Spiegato, 2021).

Las bandas que se utilizan en el entrenamiento de resistencia elástica no se miden por su masa, como los pesos libres. En cambio, se miden por cuántas libras de resistencia se deben superar para estirar el elástico a su máxima capacidad. Por ejemplo, los niveles más ligeros de bandas de resistencia pueden requerir solo 2–3 libras [o aproximadamente 0.9–1.4 kilogramos)] de fuerza para estirar completamente el elástico. Las bandas de resistencia de mayor nivel pueden requerir mucha más fuerza para estirlas, y algunas alcanzan hasta 30 libras [aproximadamente 13.6 kilogramos]. Las bandas de ejercicio de goma a menudo tienen manijas en cada extremo para facilitar el agarre y están codificadas por colores para ayudar a distinguir entre las pesas (Spiegato, 2021).

Antes de cada utilización, se recomienda examinar la banda elástica. La presencia de pequeñas muescas, desgarros o perforaciones podría causar la ruptura de la banda durante su tensado. Las bandas deben conservarse protegidas de la luz solar directa y a temperatura

ambiente. Después de su utilización, pueden lavarse con agua limpia o, si es preciso, con un jabón suave. Por último, hay que señalar que las bandas elásticas se deben sustituir con regularidad. La realización de 500 repeticiones con un alargamiento del 100% provoca una disminución de resistencia del 9-12% y del 10-15% con un alargamiento del 200%. La mayor parte de esta disminución se produce durante las primeras 50 repeticiones. A continuación, la pérdida se produce con regularidad en función del número de repeticiones y del nivel de alargamiento impuesto a la banda elástica (Guex, 2019).

Muchos ejercicios que se pueden realizar con pesas libres también se pueden realizar en el entrenamiento de resistencia elástica. La banda de goma se puede mantener en su lugar de varias maneras dependiendo del ejercicio, como pararse sobre ella, envolverla alrededor de un poste o pilar, o sujetarla con una máquina de pesas o banco. Ejercicios familiares como flexiones de bíceps, elevaciones laterales y filas se pueden realizar con entrenamiento de resistencia elástica en lugar de pesas libres (Spiegato, 2021).

El beneficio más destacado de usar entrenamiento de resistencia elástica en lugar de pesas libres o máquinas de pesas es que los tubos de goma no dependen de la gravedad para la resistencia. La resistencia de los pesos libres proviene de la gravedad que tira de la masa del peso, lo que significa que los ejercicios solo son efectivos en movimientos verticales. Dado que la resistencia de las bandas de goma no depende de la gravedad, los ejercicios se pueden completar de manera efectiva tanto en movimientos horizontales como verticales. El entrenamiento de resistencia elástica al tener esta libertad de movimiento ayuda a fortalecer los músculos y prepararlos para escenarios más funcionales y reales que las pesas libres. Por ejemplo, el entrenamiento con bandas elásticas probablemente preparará mejor al cuerpo para las tensiones de caminar y maniobrar con una carga pesada porque esta tarea depende de la resistencia opuesta en múltiples rangos de movimiento (Spiegato, 2021).

Por esta razón, el entrenamiento de resistencia elástica es particularmente ventajoso para los atletas. Los competidores en deportes que requieren fuerza en movimientos horizontales pueden beneficiarse del uso de bandas elásticas. Del mismo modo, el entrenamiento ligero de resistencia elástica se puede utilizar para ayudar a rehabilitar los músculos y restaurar el movimiento completo después de la lesión (Spiegato, 2021).

El entrenamiento de resistencia se ha recomendado a lo largo de la vida de la aptitud muscular en apoyo de la aptitud física relacionada con la salud. Los profesionales del ejercicio y de la salud necesitan dispositivos de entrenamiento de resistencia efectivos que estimulen estas adaptaciones positivas mientras promueven la adherencia al ejercicio (Colado, 2020).

Hay muchos dispositivos de entrenamiento de fuerza disponibles, cada uno con sus propias ventajas y desventajas. Los dispositivos más comunes y tradicionales para la resistencia externa en los programas de entrenamiento. Las pesas y las máquinas han demostrado ser beneficiosas para la función física, la composición corporal y otras variables relacionadas con la salud, sin embargo, las pesas y las máquinas a menudo requieren instalaciones especiales y / o un gran costo, lo que limita el acceso para todos. Además, algunas personas pueden temer usar pesas y máquinas libres porque estos se asocian comúnmente con altas demandas físicas o posibles lesiones (Colado, 2020).

Por el contrario, el entrenamiento de resistencia variable con bandas elásticas proporciona una alternativa más fácil de usar, portátil y menos costosa que el entrenamiento de resistencia isotónico tradicional. Además, la evidencia sugiere que la resistencia elástica puede mejorar la hipertrofia muscular, la fuerza y la potencia según Suchomel, citado por Colado, (2020).

Las limitaciones de usar resistencia constante o peso libre todo el tiempo en el entrenamiento es el hecho de que la carga no cambia en todo el rango de movimiento del

movimiento. Es importante comprender esto cuando se consideran las propiedades mecánicas de los músculos, específicamente cómo los músculos están mecánicamente en desventaja en ciertas posiciones dentro de una tarea de movimiento debido al principio de tensión de longitud. Más bien, la musculatura está limitada en el punto de un rango donde es más débil [es decir, el punto de fricción] sin embargo, las bandas elásticas utilizadas junto con las pesas libres pueden brindar al profesional la oportunidad de desafiar un rango de movimiento mientras mitiga los efectos del [punto de fricción] de un movimiento (Wilson, 2014).

Los investigadores han demostrado que la resistencia elástica variable puede proporcionar una activación muscular similar a los equivalentes de resistencia constante cuando se iguala en intensidad, además de proporcionar una ventaja mecánica sobre el punto de fricción de las pesas libres y las máquinas (Colado, 2020).

Las bandas elásticas utilizadas como modalidad resistiva complementan la relación longitud-tensión al requerir un reclutamiento progresivo en unidades motoras de umbral alto, por lo que requieren el reclutamiento más alto de unidades motoras en la posición mecánicamente más ventajosa dentro de ese movimiento. La figura 5 ilustra que, con un aumento de la deformación de las bandas elásticas, hay un aumento curvilíneo de la carga que experimenta la musculatura (Wilson, 2014).

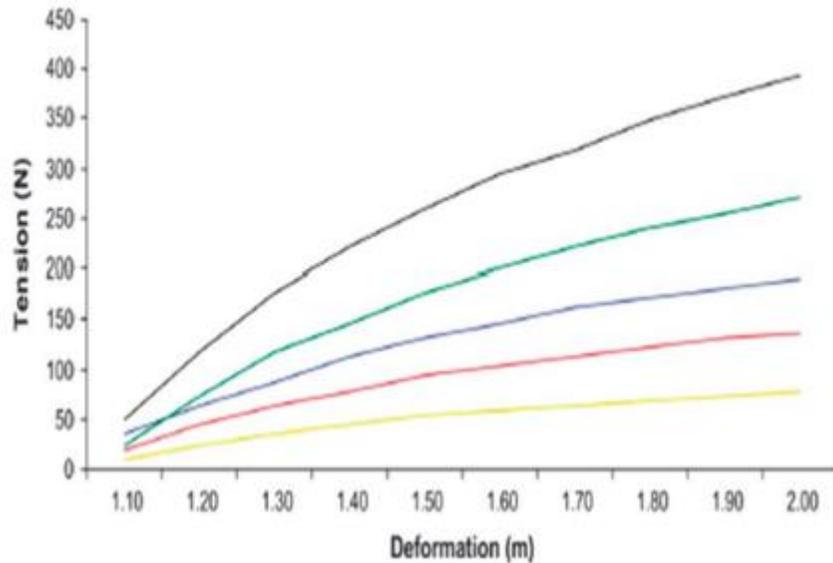


Figura 5. Relación tensión deformación de la banda elástica  
Fuente: Wilson, 2014.

Además, el entrenamiento con bandas elásticas puede desafiar la capacidad del atleta para acelerar una carga a través de un rango de movimiento determinado. Esto contrasta con el entrenamiento con pesas libre solo debido al hecho de que la fuerza requerida para hacer que una carga de peso libre se mueva no es la misma fuerza que se requiere para mantenerla en movimiento debido al impulso en el que incurre la masa del sistema. Cuanto mayor sea la banda elástica para liberar la carga de peso, influirá en la cantidad de impulso en el que incurrirá el sistema. Cuando se considera que el elemento contráctil del músculo se ve reforzado por altas velocidades contráctiles y la aceleración de cualquier objeto es proporcional a la fuerza requerida para mover ese objeto e inversamente proporcional a su masa o inercia, las bandas elásticas podrían ser una modalidad más apropiada para desarrollar la capacidad de velocidad del músculo. Un ejemplo práctico sería que al comienzo de la fase concéntrica de una sentadilla con barra donde la carga se crea usando peso libre y bandas elásticas, la carga total del sistema experimentada por el atleta será

menor, lo que le permitirá al atleta lograr mayores aceleraciones al principio del movimiento. A medida que las bandas elásticas se estiran, se requiere que el atleta continúe reclutando unidades motoras de umbral alto, lo que da como resultado un aumento en la producción de fuerza a velocidades más altas, lo que se traducirá en una mayor producción de potencia en la extensión total de la extremidad o cerca de ella (Wilson, 2014).

Los beneficios del acondicionamiento de la fuerza en varias variables locales y sistémicas también se han destacado en los programas de mantenimiento y rehabilitación. A pesar del uso generalizado de dispositivos convencionales, como máquinas de pesas y mancuernas, y sus resultados en cuanto a ganancias de fuerza, en promedio, el 50% de las personas que adoptan este tipo de formación se rinden durante el primer año de práctica. Estos datos se justifican por factores relacionados con el costo financiero, la dificultad logística y la falta de tiempo, que hacen inviable su uso en determinados escenarios. Por tanto, las estrategias que puedan permitir una mayor adherencia y accesibilidad con resultados similares merecen una exploración científica específica (Silva, 2019).

El entrenamiento de resistencia con dispositivos elásticos proporciona ganancias de fuerza similares en comparación con el entrenamiento de resistencia realizado con dispositivos convencionales. Estos hallazgos permiten a los fisioterapeutas optar por utilizar dispositivos de bajo costo, facilidad de manejo y que se pueden utilizar en diferentes lugares, como dispositivos elásticos, para el mantenimiento y ganancia de fuerza muscular. Este hecho potencia las posibilidades de utilizar el entrenamiento con resistencia variable en contextos clínicos y científicos en poblaciones sanas y patológicas (Silva, 2019).

Los programas de entrenamiento de resistencia elástica son efectivos para mejorar la fuerza muscular, la función física y otras variables relacionadas con la salud. Estos datos amplían la

evidencia actual sobre la efectividad de estos programas de ejercicio entre adultos y participantes de edad avanzada. Los programas de resistencia elástica mejoraron la capacidad funcional de adultos jóvenes, medianos y mayores, así como la composición corporal en todas las edades (Colado, 2020).

Un hallazgo importante entre los estudios de entrenamiento de resistencia elástica en jóvenes fue la mejora en la motivación y participación, parece más atractivo y proporciona más seguridad que los pesos pesados. Además, el entrenamiento de resistencia elástica ha mostrado mayores mejoras en el rendimiento físico que los ejercicios de peso corporal. Lo más probable es que el estímulo proporcionado por los ejercicios de peso corporal no fue suficiente o el ejercicio fue demasiado difícil de adaptar a cada sujeto, mientras que la resistencia de la banda elástica podría adaptarse fácilmente, proporcionando así un estímulo adecuado para las mejoras neuromusculares (Colado, 2020).

La mayoría de los estudios que incluyen a adultos jóvenes se centran en evaluar los efectos del entrenamiento de resistencia elástica sobre la fuerza muscular. Bellar citado por Colado, (2020) obtuvo mejores resultados al agregar bandas elásticas a un *press* de banca en comparación con las pesas libres; esta combinación fue más eficaz para mejorar la fuerza muscular que el uso aislado de pesas libres, incluso en sujetos sin experiencia. Estos resultados pueden deberse a un cambio mecánico creado mediante el uso de resistencia elástica que ayuda a superar el punto de estancamiento durante la fase concéntrica del movimiento, posiblemente facilitando adaptaciones neuronales informando un aumento de la repetición máxima en la sentadilla durante la extensión de rodilla.

Thorborg citado por Colado, (2016) observó una mejora en la fuerza de flexión de cadera isométrica después de 6 semanas de entrenamiento de resistencia elástica. Algunos

investigadores han combinado la resistencia elástica con técnicas de facilitación neuromuscular propioceptiva [FNP], reportando mejoras en la movilidad articular, reportando beneficios en el desarrollo de la fuerza y el equilibrio a través de la mejora de la capacidad de respuesta del sistema músculo-esquelético.

Winter citado por Colado, (2006) evaluó la densidad mineral ósea después de un programa de resistencia elástica de la parte inferior y / o superior del cuerpo que se complementó con ejercicios de salto, demostrando mejora significativa, probablemente porque el sistema esquelético necesita ejercicios de alta carga para mantener o desarrollar sus niveles de densidad. También mostraron una reducción de la presión arterial diastólica con un programa de entrenamiento de resistencia elástica a medio plazo. Es importante destacar que la mayoría de estos cambios expuestos se encontraron solo en programas a corto y mediano plazo; por lo tanto, parece lógico que los programas más largos proporcionen mejores resultados.

Uno de los factores críticos para lograr los estímulos de entrenamiento de resistencia adecuados es la elección del equipo de ejercicio que juega un papel importante en los resultados asociados con el entrenamiento. Los dispositivos de resistencia variable también conocidos como bandas elásticas, se utilizan ampliamente en entornos terapéuticos. La literatura clínica ha respaldado las ventajas del entrenamiento utilizando resistencia variable para diferentes tipos de afecciones musculoesqueléticas, incluido el tratamiento de la fuerza y el dolor, la mejora del equilibrio y la propiocepción (Aboodarda, 2016).

Estos dispositivos elásticos son prácticos y económicos. El entrenamiento con resistencia elástica se ha utilizado cada vez más porque permite patrones de movimiento funcionales, es más versátil y accesible para personas de diferentes edades y está más disponible en una variedad de condiciones clínicas. (Aboodarda, 2016).

## **Capítulo II**

### **Planteamiento del Problema**

El síndrome de dolor femoropatelar es una de las lesiones que afecta a un gran porcentaje de los corredores amateur, que puede ocasionar disminución en la calidad de vida limitando la actividad física de las personas que lo padecen, ya que los síntomas pueden durar años. Por lo cual es de suma importancia recolectar antecedentes que amplíen la información sobre este gran problema, este capítulo contiene información de fuentes documentales, lo que comprende libros, revistas, artículos relacionados con el tema. Acerca de la incidencia, de las afectaciones que pueden ocasionar y cuáles son los tratamientos que se describen para tratar este padecimiento, también se incluyen los objetivos trazados para la exposición y recopilación de datos fundamentales sobre el tema de estudio.

#### **2.1 Planteamiento del problema**

El síndrome de dolor patelofemoral [PFPS], también conocido como dolor anterior de rodilla, se puede definir como dolor detrás o alrededor de la rótula, provocado durante la carga de la rodilla en flexión o extensión, en ausencia de otra patología específica de la rodilla. La etiología del PFPS no se comprende completamente y se considera multifactorial. La teoría principal en el momento actual es que la mala alineación femorrotuliana y el seguimiento incorrecto [patomecánica] dan como resultado PFPS. Los mecanismos sugeridos que causan el

PFPS son la sobrecarga, el mal recorrido / alineación rotuliana y los desequilibrios en la fuerza y contracción muscular (Hott, 2015).

Las principales razones pueden ser las siguientes: las diferentes tasas de activación del músculo femoral medial y del músculo femoral lateral, especialmente al final de la extensión de la rodilla; ángulo Q anormal, que es más común en mujeres; debilidad del músculo glúteo, especialmente en el músculo glúteo medio, que conduce a una disminución de la abducción y rotación de la articulación de la cadera durante el ejercicio (Hu, 2019).

El dolor se genera debido a que, durante la carrera, el suelo empuja el pie hacia atrás referente a la interacción entre el suelo y el pie durante la carrera, se denomina que la carga que recibe el pie es la suma vectorial de las fuerzas externas. Así, cada paso durante la carrera genera un dúo de fuerzas de colisión o dos picos de fuerzas de reacción vertical entre el pie y el suelo, denominado fuerza de choque o fuerza de impacto con fuerzas de aproximadamente 2,5 veces el peso corporal (Esculier, 2019).

Esa fuerza de reacción vertical del suelo se transmite luego hasta la rodilla y articulación femoropatelar [PFJ], lo que hace que el cuádriceps comprima la rótula en la tróclea femoral con fuerzas de aproximadamente 4 veces el peso corporal. Por lo tanto, un corredor que da 160 pasos por minuto carga la PFJ para un total de 320 pesos corporales por minuto, o 19,200 pesos corporales por hora. La fuente exacta de entrada nociceptiva sigue sin estar clara y es probable que varíe entre los individuos. Se ha demostrado que el cartílago articular no es una fuente de nocicepción, lo que pone en duda la condromalacia como una fuente significativa de dolor. El hueso subcondral, la membrana sinovial, la almohadilla de grasa y los tejidos retinaculares podrían ser responsables de la entrada nociceptiva (Esculier, 2019).

Correr es uno de los deportes más populares del mundo, ya que atrae a cientos de miles de corredores de todas las edades y en cualquier parte del mundo, ya sea de manera recreacional o corriendo eventos. Según el informe publicado por Andersen J, [El estado de la carrera 2019] El estudio se realizó en colaboración con la Asociación Internacional de Federaciones de Atletismo [IAAF] y se presentó en China en junio de 2019. Los datos cubren el 96% de los resultados de la carrera en los Estados Unidos, el 91% de los resultados de la carrera de la Unión Europea, Canadá y Australia y una gran parte de Asia, África y América del Sur. Este es un análisis de corredores recreativos. Los datos sobre corredores populares o recreacionales son notorios en cuanto al volumen de personas que practican dicho deporte. Algunos de los aspectos más destacados de dicho artículo son: En los últimos 10 años, hay un aumento en participación del 57.8% de 5 a 7.9 millones de participantes. Las carreras de 5 kilómetros y las medias maratones tienen el mayor número de participantes, 2.9 y 2.1 millones de participantes en 2018, respectivamente (López, 2020).

La mayoría de los enfoques de tratamiento para PFPS son conservadores y las intervenciones quirúrgicas son mucho menos comunes. Existe una amplia variedad de programas de tratamiento para PFPS, pero los componentes clave en los cuales se trabajan implican aumentar la fuerza, la flexibilidad, la propiocepción, la resistencia, el entrenamiento funcional y la progresión gradual (Vora, 2018).

Se puede considerar la consulta quirúrgica por PFPS para aquellos pacientes cuyos síntomas persisten a pesar de completar de 6 a 12 meses de tratamiento conservador con ejercicios y rehabilitación. Las intervenciones quirúrgicas generalmente tienen como objetivo tratar la mala alineación o el cartílago lesionado, que incluyen la liberación del retináculo lateral se realiza cuando existe un síndrome de compresión lateral, los procedimientos de

realineación proximal y de realineación distal o de osteotomía del tubérculo tibial se realizan en pacientes con luxación o subluxación rotuliana recurrente (Vora, 2018).

Se espera que aproximadamente el 56% de los corredores recreativos y hasta el 90% de los corredores que entrenan para un maratón sufran una lesión relacionada con la carrera cada año. Aproximadamente el 50% de todas las lesiones relacionadas con la carrera ocurren en la rodilla, con casi la mitad de las que involucran la articulación patelofemoral. (López, 2020).

Estos altos porcentajes respaldan la necesidad de comprender e identificar los enfoques de tratamiento más efectivos y clínicamente aplicables basados en la evidencia científica actual, por lo cual se plantea la siguiente pregunta.

¿Cuáles son los beneficios terapéuticos de aplicar un entrenamiento funcional a través de resistencia variable en el abordaje del síndrome doloroso patelofemoral en corredores amateur?

## **2.2Justificación**

El síndrome de dolor femoropatelar es una de las lesiones más comunes en corredores recreativos y también afecta a una gran proporción de la población desde adolescente hasta adultos mayores. El dolor femoropatelar se le conoce como [rodilla del corredor] por una razón. La rodilla es la parte del cuerpo que se lesiona con más frecuencia en los corredores de fondo, y la PFPS representa entre el 13% y el 30% de las consultas médicas por lesiones relacionadas con la carrera (Esculier, 2020).

En los últimos años se ha visto un incremento en el interés por la práctica deportiva y estilos de vida saludable; evidenciando en nuestro país el aumento del número de personas que practican algún deporte o asisten regularmente a un gimnasio. Uno de los deportes más

practicados a nivel aficionado son las carreras por tratarse de una actividad física que no requiere elevados costos económicos asociados. Desde el año 2010 se observó en Guatemala, un incremento en el atletismo amateur o carreras de calle y ya para el 2015 se llevaban a cabo alrededor de 200 carreras al año en el país. Teniendo datos de las más importantes con inscripciones de 12,000 personas y hasta 19,000 participantes netos. El aumento de corredores aficionados o amateur también ha llevado a incrementar el ritmo de entrenamientos y por consiguiente el riesgo de lesión. Diferentes estudios sitúan la tasa de lesionados, alrededor del 20% al 79% (Noriega, 2019).

Las personas que padecen de dolor femoropatelar pueden experimentar síntomas persistentes y resultados desfavorables 5-8 años después del inicio, Además, la gravedad de los síntomas puede permanecer sin cambios o progreso en el 50% de los individuos afectados y a menudo se restringe la participación de un individuo en actividad física y potencialmente se reduce la calidad de vida relacionada con la salud que es un concepto que abarca tanto aspectos físicos y psicológicos (Coburn, 2018)

El PFPS se considera que la etiología es multifactorial, la teoría principal es que la patomecánica en la articulación femoropatelar conduce a este síndrome. Por lo tanto, en la investigación se debe considerar otras alternativas y no solo investigar únicamente la biomecánica, por lo cual se sugiere un enfoque holístico para abordar las causas de la PFPS. Hay que tener en cuenta tanto las cargas externas, como los cambios en los parámetros de entrenamiento y la biomecánica, como las internas, como el sueño y el estrés psicológico. Con el fin de que buscar las intervenciones respaldadas por la mejor evidencia actual para abordar las deficiencias de la función y la estructura en el PFPS (Esculier, 2020).

El tipo de diagnóstico puede influir en la rehabilitación de pacientes con dolor femoropatelar debido a que muchas veces no se consideran los factores no mecánicos. Decirles a los corredores que su PFPS fue causada por debilidad muscular o mecánicas de carreras defectuosas o anormales puede estimular la kinesiofobia y la catastrofización cuando realmente su lesión podría ser por causa de otra índole, por lo cual se debe tener muy en cuenta la causa de la lesión. La presencia de una característica en los corredores podría ser simplemente una consecuencia del dolor y no su causa. Considerando la interacción entre factores mecánicos y no mecánicos, En corredores experimentados pueden haberse adaptado completamente a mecánicas de carrera que podrían percibirse como atípicas. Por ejemplo, un corredor bien puede haberse adaptado a una mayor tasa de carga de impacto vertical, mayor aducción máxima de la cadera y zapatos maximalistas durante los últimos 10 años, pero ahora está buscando ayuda de un profesional de la salud debido a la reciente aparición de PFPS. Aunque los profesionales de la rehabilitación pueden verse tentados a abordar la mecánica de carrera en su enfoque de tratamiento, es erróneo suponer que cualquiera de estos factores causó la lesión en un corredor bien adaptado. Los cambios en los factores que influyen en la carga externa y la capacidad interna deben abordarse para tener una mejor idea de los posibles contribuyentes en el momento de la lesión (Esculier, 2020).

Una situación familiar o laboral estresante puede ser suficiente para afectar la capacidad del cuerpo para recuperarse de cargas de entrenamiento que antes eran bien toleradas. En este ejemplo, un médico que se ocupa de la biomecánica o el calzado para correr puede pasar por alto la causa real de la lesión o, peor aún, desencadenar una nueva lesión en un corredor que se adaptó bien a su biomecánica o calzado original (Esculier, 2020).

Al ser una investigación de tipo documental, es completamente factible pues no requiere de recursos especializados o de altos costos para poder ejecutarlos.

## **2.3Objetivos**

### **2.3.1Objetivo general**

Evidenciar los beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de resistencia variable como abordaje para síndrome doloroso patelofemoral en corredores amateur.

### **2.3.2Objetivos específicos**

- Determinar la eficacia del entrenamiento funcional a través de resistencia variable en corredores amateurs.
- Evidenciar los ejercicios más efectivos empleados en el entrenamiento funcional a través de resistencia variable para el síndrome doloroso femoropatelar.
- Identificar cambios fisiológicos resultado del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable.

## **Capítulo III**

### **Marco metodológico**

En este capítulo se expone la estrategia metodológica que se utilizó en este trabajo de investigación, se describen los materiales y métodos, así mismo el enfoque, tipo de estudio y diseño de investigación. También se presentan las variables que se utilizaron para la búsqueda de información sobre el tema de estudio.

#### **3.1 Materiales**

Un instrumento de recolección de datos es el procedimiento o forma particular de obtener datos o información, que se utiliza para obtener o almacenar información. El objetivo de la recolección de datos es responder la interrogante formulada, todo en correspondencia con el problema y los objetivos de investigación (Arias, 2012).

En esta investigación se utilizaron libros y artículos relacionados con el síndrome de dolor femoropatelar y el entrenamiento funcional con resistencia variable, los cuales fueron obtenidos de las siguientes bases de datos: PubMed, Elsevier, Scielo, ResearchGate y páginas oficiales. La cual se presentan en la tabla 5.

Tabla 5. Fuentes consultadas

Fuente	Cantidad
Artículos Científicos	21
Libros	5
Tesis	2
Paginas oficiales	2
Total	30

Elaboración propia

### 3.2 Métodos

Los métodos de investigación que se utilizaron para la recolección de información fueron bases de datos científicas con respecto al síndrome de dolor femoropatelar en corredores amateurs y el entrenamiento funcional con resistencia variable. Los buscadores utilizados se resumen en la figura 6.

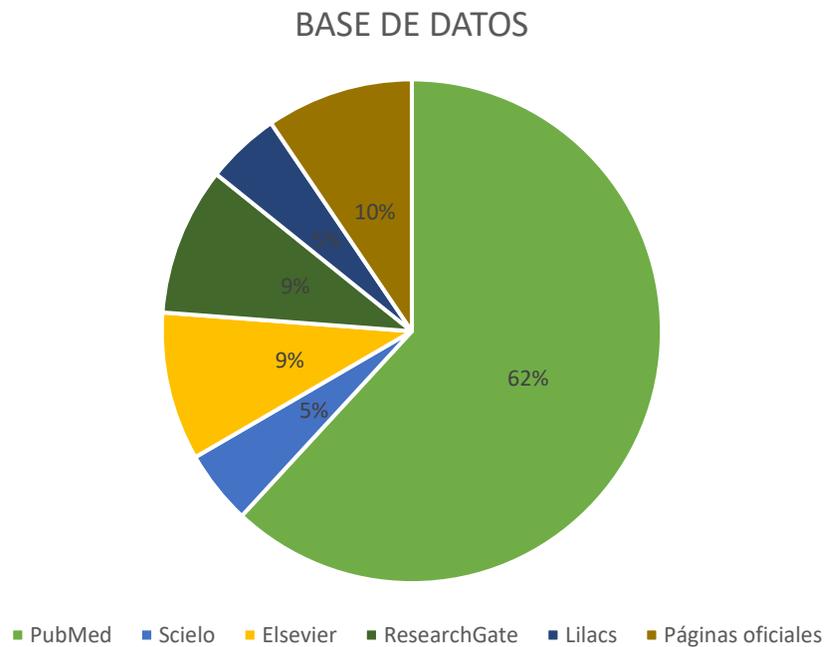


Figura 6. Fuentes consultadas  
Elaboración Propia

### **3.2.1 Enfoque de investigación**

Para efectos de esta investigación se utilizó el enfoque cualitativo. Este enfoque utiliza la recolección y análisis de los datos para precisar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación (Sampieri, 2014).

A través de la investigación cualitativa el investigador se aproxima a la realidad social, especialmente porque se centra en conocer y comprender el significado o la naturaleza de las experiencias de las personas. El propósito de los estudios cualitativos es describir e interpretar los conceptos y fenómenos desde el punto de vista del individuo o población estudiada y generar nuevos conceptos y teorías (Hernández 2007).

Se recolecta y se analiza evidencia científica disponible acerca de los tratamientos convencionales tanto conservadores como quirúrgicos para el síndrome de dolor femoropatelar además los diversos factores que contribuyen a desarrollar este síndrome. También se muestran como el entrenamiento funcional con resistencia variable influye en esta afectación.

### **3.2.2 Tipo de estudio**

Para fines de esta investigación, se considera que el estudio es de tipo descriptivo. La investigación descriptiva busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice (Sampieri, 2014).

Con frecuencia, la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Es

decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables (Sampieri, 2014).

Se pretende exponer las diferentes causas de que pueden contribuir al diagnóstico de síndrome de dolor femoropatelar en los corredores amateurs, así como también poder describir que beneficios ofrece el entrenamiento con resistencia variable y su utilización encontrados en esta investigación.

### **3.2.3 Método de estudio**

En esta investigación se utilizó el método análisis síntesis. Este método se refiere a dos procesos intelectuales inversos que operan en unidad: el análisis y la síntesis. El análisis es un procedimiento lógico que posibilita descomponer mentalmente un todo en sus partes y cualidades, en sus múltiples relaciones, propiedades y componentes. Permite estudiar el comportamiento de cada parte (Rodríguez, 2017).

La síntesis es la operación inversa, que establece mentalmente la unión o combinación de las partes previamente analizadas y posibilita descubrir relaciones y características generales entre los elementos de la realidad. Funciona sobre la base de la generalización de algunas características definidas a partir del análisis. Debe contener solo aquello estrictamente necesario para comprender lo que se sintetiza (Rodríguez, 2017).

El conocimiento entonces requiere la descomposición mental [análisis] del objeto, proceso o fenómeno en sus múltiples partes que se realiza mediante la síntesis, y la integración de las partes en los objetos y fenómenos estudia lo único en lo múltiple a través de la síntesis de lo analizado (Rodríguez, 2017).

Se realizó un análisis la información encontrada acerca de los efectos terapéuticos del entrenamiento funcional con resistencia variable en el manejo del síndrome de dolor femoropatelar, y como beneficia a los corredores amateurs.

### **3.2.4 Diseño de investigación**

En cuanto a este estudio que es una revisión bibliográfica en el cual no existe manipulación de las variables, la investigación presenta un diseño no experimental con corte transversal.

En este diseño la investigación se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que se realiza en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos. Se recolectan los datos en un solo momento, en un tiempo único. Su propósito es describir variables y analizar su incidencia e interrelación en un momento dado. Pueden abarcar varios grupos o subgrupos de personas, objetos o indicadores; así como diferentes comunidades, situaciones o eventos. Pero siempre, la recolección de los datos ocurre en un momento único (Sampieri, 2014).

Los datos de esta investigación incluyen corredores amateurs que comprenden edades entre 15 y 20 años de edad con diagnóstico de síndrome de dolor femoropatelar. Se describe como el entrenamiento funcional con resistencia variable actúa ante este padecimiento y los resultados que se obtienen al implementar este método, ya sean positivos o negativos para la condición de salud de los pacientes. En esta investigación se recopilan datos en un tiempo determinado que comprende de junio a diciembre de 2021.

### 3.2.5 Criterios de selección

Para obtener la información de esta investigación se utilizaron los siguientes criterios de selección que se pueden visualizar en la tabla 6.

Tabla 6. Criterios de selección

Inclusión	Exclusión
✓ Artículos con antigüedad no mayor a 10 años.	✓ Artículos con antigüedad mayor a 10 años.
✓ Información proveniente de libros o revistas científicas y páginas web oficiales.	✓ Información proveniente de páginas web y sitios no oficiales.
✓ Artículos científicos que hablen sobre el síndrome de dolor femoropatelar.	✓ Artículos sobre otras patologías que no estén relacionadas con el síndrome de dolor femoropatelar.
✓ Artículos científicos que describan los efectos terapéuticos del entrenamiento con resistencia variable.	✓ Artículos científicos que describan los efectos terapéuticos de otros tratamientos utilizados en el síndrome de dolor femoropatelar.
✓ Artículos con información sobre tratamiento realizado en humanos.	✓ Artículos con información sobre tratamientos realizados en animales.

*Elaboración propia*

### 3.3 Variables

Variable es una característica o cualidad; magnitud o cantidad, que puede sufrir o no cambios, y que es objeto de análisis, medición, manipulación o control en una investigación (Arias, 2012).

La investigación se realizó en base a las siguientes variables:

- ✓ Variable independiente: Entrenamiento funcional con resistencia variable

- ✓ Variable dependiente: Síndrome de dolor femoropatelar

### 3.3.1 Variable independiente

Son las causas que generan y explican los cambios en la variable dependiente. En los diseños experimentales la variable independiente es el tratamiento que se aplica y manipula en el grupo experimental (Arias, 2012).

### 3.3.2 Variable dependiente

Son aquellas que se modifican por acción de la variable independiente. Constituyen los efectos o consecuencias que se miden y que dan origen a los resultados de la investigación (Arias, 2012).

### 3.3.3 Operacionalización de variables

Se correlacionan las variables independiente y dependiente en la tabla 7.

*Tabla 7. Operacionalización de variables*

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Fuente
<b>Independiente</b> Entrenamiento funcional con resistencia variable	Es el desarrollo efectivo de patrones motrices presentes en la actividad atlética del deportista. Se considera una actividad funcional si el movimiento, o movimientos, se ejecutan de manera integrada coordinada con otros movimientos, multiarticular y se mueve paralela a diversos planos.	Para la estructuración de un entrenamiento deportivo, es indispensable conocer, y entrenar, los movimientos básicos presentes en las destrezas motoras del deporte en que participa el atleta.	Boyle, M. (2016). <i>New Functional Training for Sports</i>

---

<p><b>Dependiente</b></p> <p>Síndrome de dolor femoropatelar</p>	<p>El dolor femorrotuliano es una afección relacionada con el aparato locomotor que se caracteriza por un dolor difuso y mal definido en las regiones retropatelar anterior y / o peripatelar.</p>	<p>Dolor anterior de rodilla insidioso y no traumático que surge de actividades que cargan la articulación, que pueden incluir ponerse en cuclillas, saltar, correr, subir o bajar escaleras.</p>	<p>Appraisal and summary of patellofemoral pain clinical practice guideline (Connell, 2020).</p>
------------------------------------------------------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------------------------

---

*Elaboración propia*

## Capítulo IV

### Resultados

En este capítulo se presentan los resultados de las fuentes consultadas acerca los beneficios terapéuticos que ofrece el entrenamiento funcional a través de resistencia variable como abordaje para síndrome doloroso patelofemoral en corredores amateur.

#### 4.1 Resultados

Dentro de la presente investigación se establecieron 3 objetivos particulares, con la finalidad de dar cumplimiento al objetivo general que establece que la presente investigación se centra en evidenciar los beneficios terapéuticos del entrenamiento funcional a través de resistencia variable como abordaje para síndrome doloroso patelofemoral en corredores amateur, tras realizar la investigación se muestran en el presente espacio los artículos que cumplen con los criterios de selección.

**Primer objetivo particular:** Eficacia del entrenamiento funcional a través de resistencia variable en corredores amateurs.

- **Leibbrandt et al (2019)** en su artículo *retraining intervention on pain, function and biomechanics in participants with patellofemoral pain: a series of n of 1 trial* realizaron un estudio de control compuesta por 31 participantes de entre 14 y 40 años con síndrome doloroso femoropatelar [PFPS]. Los participantes debían asistir

exclusivamente al gimnasio de fisioterapia Tygerberg semanalmente durante seis semanas para sesiones de tratamiento supervisadas individualmente, además se pidió a los participantes que hicieran los ejercicios en casa tres veces por semana, aparte de sus sesiones de tratamiento supervisadas semanales. El 96,8% de los participantes demostraron mejores niveles de dolor usando la escala numérica de calificación de dolor [NPRS] después de la intervención. Los participantes demostraron una mejora estadísticamente significativa en la función utilizando la escala de dolor anterior de rodilla [AKPS] inmediatamente después de la intervención y continuaron mejorando con mayores puntuaciones funcionales a los 6 meses de seguimiento. El 48,4% de los participantes se calificaron a sí mismos como completamente recuperados en una escala Likert de 7 puntos a los 6 meses de seguimiento. Por lo cual se demuestra que el entrenamiento funcional es efectivo en PFPS.

- Por su parte **Nielsen et al** (2020) en su artículo *A simple rehabilitation regime improves functional outcome in patients with patellofemoral pain after 12 month* realizaron un estudio cohorte prospectivo donde se incluyeron 65 pacientes con un seguimiento de 12 meses en donde la edad media fue de 18,1 años, los pacientes fueron educados sobre PFPS y participaron en un programa de ejercicio de 3 meses. La escala de dolor de rodilla anterior [AKPS] y la escala de calificación numérica del dolor [NRS] se utilizaron para evaluar los resultados de la intervención y se recopilaron al inicio, a los 3 y 12 meses de seguimiento. El hallazgo principal de este estudio fue que los pacientes con PFPS mejoraron significativamente en las puntuaciones de AKPS de  $74 \pm 14$  al inicio del estudio a  $84 \pm 12$  y  $89 \pm 9$  a los 3 y 12 meses de seguimiento, respectivamente. Las puntuaciones de NRS también mejoraron significativamente. El

78% de los pacientes tuvo una mejora en la puntuación de AKPS de 10 puntos desde el inicio hasta los 12 meses. Con respecto a las puntuaciones NRS-reposo y NRS-actividad, se observó una disminución de 2 puntos en el dolor en el 76% y el 73% de los pacientes, respectivamente.

- Mientras **Drew et al** (2017) en su artículo *The effect of targeted treatment on people with patellofemoral pain: a pragmatic, randomized controlled feasibility Study* realizaron un estudio aleatorizado y controlado de 24 participantes con PFPS con un rango de edad entre 18 y 40 años en donde los participantes se dividieron en 2 grupos. El tratamiento combinado [MT] y el grupo [CU] que continuaron con el mismo tratamiento, esto incluyó fisioterapia planificada, podología o ninguna.

En la intervención para el grupo MT se pidió a los participantes que asistieran a seis sesiones supervisadas de aproximadamente 30 minutos de duración una vez por semana durante 6 semanas en un hospital local. Cada semana también realizaron dos sesiones adicionales en días no consecutivos de forma independiente en casa, con días intermedios permitiendo un descanso adecuado. Los participantes recibieron tubos de resistencia amarillos rojos o verdes según la adaptación a la intervención basada en la carga progresiva. La fidelidad se aseguró comprobando la técnica del ejercicio y haciendo correcciones en el rendimiento. El dolor se evaluó mediante la escala de calificación numérica [NRS] y la función se evaluó mediante la escala de dolor de rodilla anterior [AKPS] los resultados se midieron mediante el análisis de la eficacia del tratamiento mostró que el grupo MT informó una mayor mejora para la escala de calificación global de cambio [GROC] 62% en el grupo MT frente a 9% en el grupo UC.

Los resultados mostraron una mayor reducción en el ángulo máximo de rotación interna de la cadera para el grupo MT 13,1% frente a 2,7%.

**Segundo objetivo particular:** Ejercicios empleados en el entrenamiento funcional a través de resistencia variable para el síndrome doloroso femoropatelar.

- **Esculier et al** (2016) en su artículo *The effects of a multimodal rehabilitation program on symptoms and ground-reaction forces in runners with patellofemoral pain syndrome* realizaron un estudio cuasi-experimental donde se incluyeron veintidós corredores con PFPS, de 18 a 45 años, que corrieron al menos 15 km por semana y que informaron síntomas durante al menos 3 meses, además, debían reportar una puntuación máxima del 85% en la escala de actividades de la vida diaria de la encuesta de resultados de la rodilla [KOS-ADLS], un nivel mínimo de dolor de 3/10 en una escala visual analógica [EVA] durante la carrera y dolor durante 3 o más en las siguientes actividades: subir / bajar escaleras, arrodillarse, ponerse en cuclillas, extensión de rodilla resistida y sentarse durante un período prolongado. Los corredores participaron en un programa de rehabilitación estandarizado de 8 semanas supervisado por un fisioterapeuta. Se programaron reuniones semanales para garantizar la ejecución adecuada de los ejercicios y la progresión gradual del entrenamiento de carrera de acuerdo con pautas predeterminadas. Se entregó a los corredores un programa de ejercicios dividido en 4 fases en donde cada fase duró una semana. Se les pidió que realizaran los ejercicios prescritos 3 veces por semana. La fase 1 se centró en la fuerza, la resistencia y el control de los músculos proximales. Allí se realizaron ejercicios de suelo para reclutar específicamente los músculos glúteos y cuádriceps, en combinación con un *step-up* de

baja carga donde los participantes tenían que concentrarse en la alineación de las extremidades inferiores.

También se agregaron ejercicios de estiramiento si se observaba una disminución de la flexibilidad del cuádriceps y / o la banda iliotibial utilizando la prueba de Thomas. El objetivo de la fase 2 era aumentar la demanda funcional de los ejercicios haciendo progresar los ejercicios de fortalecimiento de la cadera y cuádriceps hasta estar de pie, así como comenzar el fortalecimiento de los músculos centrales utilizando planchas abdominales. Las fases 3 y 4 tenían como objetivo aumentar gradualmente la carga en la articulación patelofemoral y la demanda de control / fuerza del motor. Se prescribieron ejercicios de postura de una pierna, se aumentó la altura del paso y se agregaron resistencia bandas elásticas y saltos, mientras que las planchas abdominales progresaron a través de niveles más altos de dificultad. Los ejercicios fueron dosificados individualmente y progresados por el fisioterapeuta supervisor de acuerdo al nivel de dolor [ejecutando estos de manera indolora], el control del movimiento es decir la alineación adecuada de las extremidades inferiores y el número de repeticiones alcanzadas. Todos los participantes completaron el programa de rehabilitación de 8 semanas. Los principales cambios fueron que el 80% de corredores reportaron éxito, el 15% informaron una mejoría de baja a moderada y 5% permanecieron sin cambios significativos, según las puntuaciones en la calificación de cambio global [GRC].

- Por su parte **Sahin et al** (2016) en su artículo *The effect of hip and knee exercises on pain, function, and strength in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial* realizaron un estudio controlado aleatorio prospectivo donde se incluyeron cincuenta y cinco pacientes jóvenes con rango de edad entre 20 a 45

años y con PFPS. Los pacientes fueron aleatorizados en grupos de ejercicios de cadera y rodilla[a] y programas de ejercicios de rodilla solamente[b], durante 6 semanas con un total de 30 sesiones en la clínica. Cinco pacientes abandonaron, lo que significa que se ingresó un total de 50 pacientes para el análisis estadístico final. Se seleccionó el cuestionario de la escala de dolor de rodilla anterior de Kujala. El dolor en actividades diferentes reposo, pararse, caminar, correr, arrodillarse, ponerse en cuclillas, se midió utilizando la escala analógica visual EVA. Los valores de la prueba de fuerza muscular isocinética para extensión de rodilla, flexión de cadera, abducción de cadera y la rotación externa de la cadera se calcularon utilizando un dinamómetro isocinético System 4 Pro; Biodex. También se utilizó la prueba de sentadilla con una pierna y la prueba de descenso para evaluar la función femoropatelar. A ambos grupos se les dio un programa de ejercicios supervisado por un terapeuta de treinta sesiones 5 días a la semana durante 6 semanas. Los ejercicios de resistencia elástica se realizaron utilizando bandas de ejercicio de látex THERABAND verdes. Los ejercicios que utilizan resistencia elástica se estandarizaron a la resistencia máxima a la que cada paciente pudo realizar 10 repeticiones del ejercicio.

En este estudio demostraron que la intervención de 6 semanas en el grupo [a] y [b] condujo a una mejor función, aumento de la fuerza muscular isocinética y reducción del dolor jóvenes con síndrome de dolor patelofemoral. Se observaron mejoras estadísticamente significativas en el grupo [a] sobre el grupo [b]. Con una puntuación media de 85,4 puntos para el índice de Kujala. El grupo de ejercicios [a] mostró puntuaciones más altas de mejoría que el grupo de ejercicios [b] con respecto a las puntuaciones de dolor, la media fue de 3 puntos. Este estudio consideró que los ejercicios de cadera adicionales disminuyeron la carga de estrés femoropatelar al inhibir

la posición medial de la rótula en relación con el tubérculo tibial. Por lo tanto, ejercicios para los abductores y rotadores externos de la cadera pueden mejorar la biomecánica de las extremidades inferiores al disminuir las fuerzas de compresión femoropatelar.

- Mientras **Greaves et al** (2021) en su artículo *How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain?* realizaron un estudio observacional donde se reclutaron a 27 pacientes en edades de 18 a 45 años con PFPS, se les pidió a los pacientes que completaran la escala numérica de calificación del dolor correspondiente a su dolor actual, la puntuación de resultado de lesión de rodilla y osteoartritis [KOOS], la puntuación de la escala de dolor anterior de rodilla [KUJALA] y la escala de Tampa para kinesiofobia. Se les brindó un folleto a los pacientes y se le indicó cómo documentar los ejercicios para las próximas 6 semanas. Se les informó que debían contactar al investigador si necesitaban consejo o si presentaban dolor. Se desarrolló un programa de ejercicio de seis semanas, que los pacientes podían seguir por su cuenta en casa, se elaboró un cuadernillo de ejercicios, que describía la correcta ejecución de los ejercicios, con videos de todos los ejercicios subidos a un sitio web para permitir a los participantes realizar el programa sin la supervisión de un terapeuta y se les entregó bandas elásticas.

El primer ejercicio fue un ejercicio de sentadillas con una coactivación relativamente baja de los isquiotibiales, si el participante experimentaba dolor, se le indicó que incline el tronco más hacia adelante o que coloquen los pies más abiertos. El segundo ejercicio fue un ejercicio de puente unilateral, la ejecución del ejercicio con una THERABAND y sobre una superficie inestable. Se incluyeron caminatas de banda lateral y rotacionales como un tercer ejercicio. El último ejercicio fue un ejercicio de cadena cinética abierta para

fortalecer los cuádriceps. El programa de ejercicios se organizó como una estrategia de entrenamiento en circuito de un máximo de 30 minutos, con tres series de 10 a 25 repeticiones.

Los participantes con PFPS demostraron una mejora significativa en la función informada después del programa de ejercicio de seis semanas. La función, medida por el KOOS, mejoró en 16,3 puntos, el KOOS en este estudio fue 100 y para actividades de la vida diaria [AVD] 97,1 lo que significa que estos pacientes no tenían limitaciones en sus actividades deportivas y AVD después del programa de ejercicio. Estas grandes mejoras en la función son fuertes indicadores clínicos de la efectividad del programa de ejercicio de seis semanas en participantes con PFPS. La función también se midió mediante la puntuación KUJALA, que mejoró en 10,1 puntos después del programa de ejercicios, la escala de Tampa demostró una reducción significativa de la kinesiofobia en 3,4 puntos después del tratamiento.

**Tercer objetivo particular:** Cambios fisiológicos resultado del entrenamiento funcional a través de la resistencia variable.

- **Joy et al** (2016) en su artículo *Elastic Bands as a Component of Periodized Resistance Training* realizaron un estudio de enfoque experimental donde se presentaron 14 atletas, los participantes se dividieron en 2 grupos, el primero de entrenamiento de resistencia variable [RVT], las bandas elásticas tenían una tensión del 30% 1RM y el segundo grupo de entrenamiento con pesas libres sin el uso de bandas. Cada participante acordó abstenerse de cualquier resistencia adicional o entrenamiento cardiovascular no prescrito por los investigadores. Los resultados demostraron que la adición de bandas

resultó en una mayor tasa de desarrollo de energía que un grupo peso libre del 20,5% frente a 12,3%, respectivamente. Los mayores cambios con respecto a la tasa de desarrollo de energía después del uso de bandas de resistencia pueden atribuirse a mayores demandas neuromusculares sobre un movimiento dado. El músculo es capaz de producir la mayor cantidad de fuerza cerca de su longitud de reposo debido a la superposición óptima de los filamentos del sarcómero. Teniendo en cuenta que es probable que la mayoría de los puntos de fricción existan cuando los músculos están más lejos de su longitud de reposo, podría plantearse la hipótesis de que las fibras de tipo II se reclutan a un ritmo acelerado cerca de la parte inferior de un levantamiento. Los resultados son adaptaciones neuromusculares robustas que conducen a una mayor expresión de tasa de desarrollo de energía.

- Por su parte **Janusevicius et al** (2017) en su artículo *Effects of High Velocity Elastic Band versus Heavy Resistance Training on Ham-string Strength, Activation, and Sprint Running Performance* realizaron un estudio de enfoque experimental donde se seleccionaron a 25 hombres físicamente activos en edad,  $23,0 \pm 3,2$  años, se dividieron aleatoriamente en: Un grupo [a] de entrenamiento de resistencia, que realizaba contracciones concéntricas-excéntricas de los isquiotibiales de alta carga y baja velocidad; un grupo [b] de entrenamiento de resistencia concéntrico que realizó contracciones de los isquiotibiales concéntricos de alta carga y baja velocidad; y un grupo [c] de entrenamiento con banda elástica de alta velocidad, que realizó contracciones de los isquiotibiales concéntricas de baja carga y alta velocidad. El programa de entrenamiento comprendió 5 semanas de entrenamiento de resistencia

utilizando acciones concéntricas y excéntricas grupo [a], acciones solo concéntricas grupo [b] o entrenamiento con banda elástica de alta velocidad grupo [c].

El procedimiento de calentamiento fue el mismo para todos los grupos: 15 min de trote lento, 10 min de estiramiento dinámico y 5 min de ejercicios de carrera a intensidades del 70%, 80% y 90% del máximo. Los participantes realizaron un total de 15 sesiones durante 5 semanas, tres veces por semana los lunes, miércoles, y viernes, con  $\geq 48$  h entre cada sesión. Cada sesión de entrenamiento tuvo una duración de 1 hora. El contenido de cada sesión fue el mismo en términos de intensidad del ejercicio, duración e intervalos de descanso para un grupo de entrenamiento dado [a, b y c]. Los programas de entrenamiento [a] y [b] involucraron el mismo ejercicio: ejercicio de flexión de isquiotibiales acostado con rango completo de movimiento progresando durante las 5 semanas de entrenamiento de cuatro a seis series, de tres a una repetición a una intensidad del 95-100%. El grupo [a] subió y bajó el peso, y el grupo [b] solo elevó el peso, que luego fue bajado por el investigador. El programa del grupo [c] involucró el ejercicio de flexión de isquiotibiales en decúbito prono realizado con bandas de goma plateadas THERABAND™ a velocidad máxima durante 4 s con un rango completo de movimiento. Todos los sujetos comenzaron con una longitud de 1 m. Cuando el sujeto había aumentado la frecuencia en dos movimientos, se añadió resistencia aumentando la longitud de la banda en 1 m [alargamiento del 100%] cada vez, y se requirió que los sujetos alcanzaran la frecuencia anterior. Los sujetos realizaron 4-6 series con un intervalo de descanso de 5 min entre series. La goma plateada THERABAND™ proporciona una resistencia de 4,6 kg con un alargamiento del 100%. La mayoría de los

sujetos pudieron alcanzar un alargamiento del 300% durante el programa de entrenamiento.

El principal hallazgo del presente estudio es que el entrenamiento con bandas elásticas a altas velocidades fue beneficioso para aumentar la fuerza de los flexores de la rodilla a altas velocidades, la frecuencia de movimiento y el rendimiento de la carrera de velocidad. El mecanismo responsable de este efecto se ha atribuido principalmente a las adaptaciones neuronales porque ocurre menos hipertrofia muscular después del entrenamiento con bandas elásticas que después del típico entrenamiento de fuerza.

- Mientras que **Wallace et al** (2018) en su artículo *Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy* realizaron una revisión bibliográfica a cerca de la medición del rendimiento agudo usando el entrenamiento de resistencia variable. En donde se analizaron 63 estudios previos publicados. En la cual indican que existen cambios en el fenotipo de las fibras musculares que ocurren específicamente por la falta de un punto de fricción [el punto durante el rango de movimiento concéntrico donde el ejercicio es más difícil] en el entrenamiento tradicional, lo que lleva a adaptaciones de fibra de tipo II. Debido a que no existe un punto de fricción concéntrico bien definido en un entrenamiento con resistencia variable. Esa velocidad concéntrica se incrementa y, por lo tanto, las fibras más rápidas es decir las IIb son las que se reclutan con más fuerza.

## 4.2 Discusión

Tabla 8. Discusión

<b>Autor y año</b>	<b>Título</b>	<b>Resultado +</b>	<b>Resultado -</b>
<b>Leibbrandt et al (2019)</b>	<i>The effect of an individualized functional retraining intervention on pain, function and biomechanics in participants with patellofemoral pain: a series of n of 1 trial</i>	96,8% de los participantes demostraron mejores niveles de dolor. 61,3% de los participantes demostraron una mejora clínicamente significativa en su resultado cinemático. 48,4% de los participantes se calificaron a sí mismos como completamente recuperados.	
<b>Nielsen et al (2020)</b>	<i>A simple rehabilitation regime improves functional outcome in patients with patellofemoral pain after 12 month</i>	La puntuación AKPS mejoró de $71 \pm 24$ a $89 \pm 9$ a los 12 meses de seguimiento. 78% de los pacientes mejoraron clínicamente	
<b>Drew et al (2017)</b>	<i>The effect of targeted treatment on people with patellofemoral pain: a pragmatic, randomized controlled feasibility Study</i>	El grupo MT informó una mejora para la escala de calificación global de cambio [GROC] 62% en el grupo frente a 9% en el grupo UC. Y una reducción en el ángulo máximo de rotación interna de la cadera.	
<b>Esculier et al (2016)</b>	<i>The effects of a multimodal rehabilitation program on symptoms and ground-reaction forces in runners with patellofemoral pain síndrome</i>		No se observaron cambios significativos en la fuerza de las extremidades inferiores.

<b>Autor y año</b>	<b>Título</b>	<b>Resultado +</b>	<b>Resultado -</b>
<b>Sahin et al (2016)</b>	<i>The effect of hip and knee exercises on pain, function, and strength in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial</i>	Mejóro la función.  Aumento de la fuerza muscular.  Hubo reducción del dolor.	
<b>Greaves et al (2021)</b>	<i>How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain?</i>		El programa de entrenamiento del cuádriceps no era lo suficientemente exigente para que los individuos fuertes con PFPS resultaran en un aumento de la fuerza del cuádriceps.
<b>Joy et al (2016)</b>	<i>Elastic Bands as a Component of Periodized Resistance</i>	El músculo es capaz de producir la mayor cantidad de fuerza.  Adaptaciones neuromusculares robustas que conducen a una mayor expresión de tasa de desarrollo de potencia.	
<b>Janusevicius et al (2017)</b>	<i>Effects of High Velocity Elastic Band versus Heavy Resistance Training on Hamstring Strength, Activation, and Sprint Running Performance</i>	El entrenamiento aumentó la fuerza de los flexores de la rodilla a altas velocidades, la frecuencia de movimiento y el rendimiento de la carrera de velocidad.	
<b>Wallace et al (2018)</b>	<i>Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy</i>	Cambios en el fenotipo de las fibras musculares a adaptaciones de fibra de tipo II. La velocidad concéntrica se incrementa, por lo tanto, las fibras IIb son las que se reclutan con más fuerza.	

<b>Autor y año</b>	<b>Título</b>	<b>Resultado +</b>	<b>Resultado -</b>
<b>Hott et al (2019)</b>	<i>Patellofemoral pain: One year results of a randomized trial comparing hip exercise, knee exercise, or free activity</i>		Los pacientes experimentaron ganancias superiores en la fuerza muscular, pero esto no se tradujo en mejores resultados clínicos a corto o largo plazo
<b>Thomson et al (2016)</b>	<i>The outcome of hip exercise in patellofemoral pain: A systematic review</i>	Se demostró consistentemente que el entrenamiento que involucra la cadera tiene un efecto beneficioso sobre el dolor y la función en personas con PFPS.	
<b>Nascimento et al (2018)</b>	<i>Hip and Knee Strengthening is More Effective Than Knee Strengthening Alone for Reducing Pain and Improving Activity in Individuals With Patellofemoral Pain: A Systematic Review With Meta-Analysis</i>		El entrenamiento es efectivo solo para disminuir el dolor y mejorar la actividad en personas con dolor femoropatelar, sin embargo, estos resultados se lograron sin un cambio simultáneo en la fuerza.
<b>Manojlović et al (2021)</b>	<i>Trunk, Hip and Knee Exercise Programs for Pain Relief, Functional Performance and Muscle Strength in Patellofemoral Pain: Systematic Review and Meta-Analysis</i>	El programa de entrenamiento parece reducir el dolor y mejorar la función.	

*Elaboración propia*

### **4.3 Conclusiones**

Basándose en las revisiones de distintos materiales con respaldo científico para esta investigación, se evidencia como el entrenamiento funcional a través de la resistencia variable es eficaz para el tratamiento del síndrome doloroso en los corredores amateur mejorando no solo a nivel funcional, si no también disminuyendo los niveles de dolor que frecuentemente es la principal causa de limitación en esta población al momento de correr.

Además, este entrenamiento puede contribuir a la mejora a través de la ejecución de ejercicios en planos multiarticulares imitando los gestos deportivos y realizando progresiones funcionales que se adaptarán a las demandas durante la carrera dirigiendo al desarrollo efectivo de patrones que disminuyan el riesgo de padecer el síndrome doloroso femoropatelar.

Así mismo manteniendo los efectos a largo plazo creando adaptaciones neuromusculares que conducen a una mayor tasa de desarrollo de potencia, aumentando la fuerza y el rendimiento durante la carrera. Debido a los cambios en el fenotipo de fibras musculares que ocurren por la falta de un punto de fricción en este tipo de entrenamiento funcional, llevando a adaptaciones de fibra tipo II.

Por lo cual se evidencia cuáles son los beneficios que ofrece este tipo de entrenamiento para el abordaje del síndrome doloroso femoropatelar en corredores amateur favoreciendo la reincorporación a su práctica deportiva y evitando la reaparición de este síndrome.

#### **4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas**

En la presente investigación fueron analizados los beneficios que ofrece el entrenamiento funcional con resistencia variable y como puede favorecer a los corredores amateurs con síndrome doloroso femoropatelar los hallazgos son alentadores sin embargo este síndrome es una afección musculoesquelética caracterizada por dolor mal definido en la zona peri o retro patelar que suele empeorar durante las actividades de soporte de peso con la rodilla en una posición flexionada. Por lo cual se plantea lo siguiente: según el colegio estadounidense de medicina deportiva [ACSM] citado por Pollatos, (2021) en sus pautas sugiere cargas del 60% al 70% de 1 RM para desarrollar la fuerza muscular y las cargas al 70% al 85% de 1RM para producir hipertrofia muscular. Sin embargo, para muchos pacientes con síndrome de dolor patelofemoral, estas altas tasas de carga conducen a una exacerbación de los síntomas en la articulación femoropatelar, mientras que, la reducción de la tasa de carga a un punto que no cause una exacerbación del dolor puede no ser eficaz para lograr la hipertrofia muscular y aumentar la fuerza muscular.

Por lo tanto, se sugiere una investigación acerca de la aplicación del método de entrenamiento con restricción del flujo sanguíneo [BFR] que aporte datos precisos para el tratamiento del síndrome de dolor femoropatelar en corredores amateurs, ya que puede ser un método alternativo que maneja cargas bajas, favoreciendo a aquellos pacientes con una alta puntuación de dolor y así evitar la exacerbación de los síntomas.

## Referencias

- Aboodarda, S. J., Page, P. A. y Behm, D. G. (2016) Muscle activation comparisons between elastic and isoinertial resistance: A meta-analysis DOI: <https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2016.09.008>
- Almeida, G. P., Renovato, F. J., Oliveira, M. y Nogueira T. (2016). Q-angle in patellofemoral pain: relationship with dynamic knee valgus, hip abductor torque, pain and function. Doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.rboe.2016.01.010>
- Boyle, M. (2016). New functional training for sports (2da. Edición) United States: Human Kinetics.
- Caillet, R. (2006). Anatomía Funcional, Biomecánica (1ra. Edición) Madrid: Marbán
- Cant, J. V., Declève, P., Garnier, A. y Roy, J. S. (2021). Influence of symptom frequency and severity on hip abductor strength and endurance in individuals with patellofemoral pain. <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.02.001>
- Coburn L., Barton J. et al, (2018) Quality of life in individuals with patellofemoral pain: A systematic review including meta-analysis DOI: <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.06.006>
- Colado, J. C., Mena, R., Calatayud, J., Gargallo, P., Flández, J., y Page, P. (2020). Effects of strength training with variable elastic resistance across the lifespan: a systematic review. *Cultura, Ciencia y Deporte*  
[https://www.researchgate.net/publication/341736418\\_Effects\\_of\\_strength\\_training\\_with\\_variable\\_elastic\\_resistance\\_across\\_the\\_lifespan\\_a\\_systematic\\_review\\_Efectos\\_del\\_entrenamiento\\_de\\_la\\_fuerza\\_con\\_resistencia\\_variable\\_elastica\\_a\\_lo\\_largo\\_de\\_la\\_vida\\_una](https://www.researchgate.net/publication/341736418_Effects_of_strength_training_with_variable_elastic_resistance_across_the_lifespan_a_systematic_review_Efectos_del_entrenamiento_de_la_fuerza_con_resistencia_variable_elastica_a_lo_largo_de_la_vida_una)
- Connell, G., To, D., Ashraf, M., y Verville, L. (2020). Appraisal and summary of patellofemoral pain clinical practice guideline. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*.  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7815180/>
- Dong, C., Li, M., Hao, K. et al. (2021). Dose atrophy of vastus medialis oblique and vastus lateralis exist in patients with patellofemoral pain syndrome. <https://doi.org/10.1186/s13018-021-02251-6>
- Drew, B.T., Conaghan, P.G. y Smith, T.O. (2017). The effect of targeted treatment on people with patellofemoral pain: a pragmatic, randomized controlled feasibility study. *BMC Musculoskelet Disord* <https://doi.org/10.1186/s12891-017-1698-7>
- Esculier J., Maggs K. et al, (2020) A Contemporary Approach to Patellofemoral Pain in Runners DOI: <https://doi.org/10.4085/1062-6050-0535.19>
- Esculier, J. F., Bouyer, L. J. y Roy, J. S. (2016). The Effects of a Multimodal Rehabilitation Program on Symptoms and Ground-Reaction Forces in Runners With Patellofemoral Pain Syndrome. *Journal of sport rehabilitation*. <https://doi.org/10.1123/jsr.2014-0245>

- Flores, J. (2017). Tratamiento Fisioterapéutico En El Síndrome Doloroso Femoropatelar [Tesis de Título Profesional, Universidad Inca Garcilaso De La Vega]. <http://repositorio.uigv.edu.pe>
- Gaitonde, D. Y., Ericksen, A., y Robbins, R. C. (2019). Patellofemoral Pain Syndrome. American family physician. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/30633480/>
- Guex, Kenny. (2019). Bandas elásticas en kinesiología. EMC-Kinesiología -Medicina-Física DOI:[10.1016/S1293-2965\(18\)41650-7](https://doi.org/10.1016/S1293-2965(18)41650-7)
- Gómez, P., Heredia, J., Montañez y Bobadilla, G. (2017). Patellofemoral Pain Syndrome. Evidence and controversies. [https://www.researchgate.net/publication/322924713\\_Patellofemoral\\_Pain\\_Syndrome\\_Evidence\\_and\\_controversies](https://www.researchgate.net/publication/322924713_Patellofemoral_Pain_Syndrome_Evidence_and_controversies)
- Greaves, H., Comfort, P., Liu, A. y Herrington, L. (2021). How effective is an evidence-based exercise intervention in individuals with patellofemoral pain? Physical Therapy in Sport. DOI:[10.1016/j.ptsp.2021.05.013](https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2021.05.013)
- Hott A., Liavaag S. et al, (2015) Study protocol: a randomized controlled trial comparing the long term effects of isolated hip strengthening, quadriceps-based training and free physical activity for patellofemoral pain syndrome anterior knee pain DOI: <https://doi.org/10.1186/s12891-015-0493-6>
- Hott, A., Brox, J. I., Pripp, A. H., Juel, N. G., y Liavaag, S. (2020). Patellofemoral pain: One year results of a randomized trial comparing hip exercise, knee exercise, or free activity. Scandinavian journal of medicine y science in sports. <https://doi.org/10.1111/sms.13613>
- Hu, H., Zheng, Y., Liu, X. et al, (2019) Effects of neuromuscular training on pain intensity and self-reported functionality for patellofemoral pain syndrome in runners: study protocol for a randomized controlled clinical trial DOI: <https://doi.org/10.1186/s13063-019-3503-4>
- Janusevicius, D., Snieckus, A., Skurvydas, A., Silinskas, V., Trinkunas, E., Cadefau, J. A. y Kamandulis, S. (2017). Effects of High Velocity Elastic Band versus Heavy Resistance Training on Hamstring Strength, Activation, and Sprint Running Performance. Journal of sports science y medicine <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5465986/>
- Jara, J. A., Manríquez, M. I., Hernández, R. I. y Rain M. A. (2020). Síndrome de Dolor Patelofemoral: Revisión actualizada del tratamiento conservador <https://docs.bvsalud.org/biblioref/2020/10/1123599/revista-anacem-141-88-92.pdf>
- Joy, J. M., Lowery, R. P., Oliveira de Souza, E. y Wilson, J. M. (2016). Elastic Bands as a Component of Periodized Resistance Training. Journal of strength and conditioning research <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e3182986bef>
- Kapandji, A. I. (2010). Fisiología Articular. (6a. Edición) Madrid: Médica Panamericana

- Leibbrandt, D. y Louw, Q. (2019). The effect of an individualized functional retraining intervention on pain, function and biomechanics in participants with patellofemoral pain: a series of n of 1 trial. *Journal of Physical Therapy Science*. DOI:10.1589/jpts.31.39
- López, P. G. (2020) Epidemiología de las lesiones de rodilla en corredores populares de fondo [Tesis de Fin de Máster, Universidad Internacional de Andalucía] <https://dspace.unia.es/handle/10334/5850>
- Manojlović, D., Kozinc, Ž., y Šarabon, N. (2021). Trunk, Hip and Knee Exercise Programs for Pain Relief, Functional Performance and Muscle Strength in Patellofemoral Pain: Systematic Review and Meta-Analysis. *Journal of pain research* <https://doi.org/10.2147/JPR.S301448>
- Moore, K. L., Agur, A. M., y Dalley, A. F. (2019). *Fundamentos de Anatomía con orientación clínica* (6a. edición.). Barcelona: Wolters Kluwer.
- Mora, G. (2018). *Intramed Medicina Regenerativa-Traumatología*. Recuperado de <https://itramed.com/inestabilidad-articular-cronica-de-rodilla>
- Moreno, W. (2020). *Red Estudiantil Mexicana De Terapia Ocupacional*. Recuperado de <https://redestudiantilmx.wixsite.com/website/post/ciclo-de-marcha>
- Nascimento, L. R., Teixeira-Salmela, L. S. y Resende, R. (2017). Hip and Knee Strengthening is More Effective Than Knee Strengthening Alone for Reducing Pain and Improving Activity in Individuals With Patellofemoral Pain: A Systematic Review With Meta-Analysis. *Journal of Orthopaedic y Sports Physical Therapy* DOI:10.2519/jospt.2018.7365
- Neumann, D. (2007). *Fundamentos de la rehabilitación física* (1ra. Edición) Badalona: Paidotribo.
- Nielsen, T. G., Miller, L. L., Mygind-Klavsen, B. y Lind, M. (2020). A simple rehabilitation regime improves functional outcome in patients with patellofemoral pain after 12 month. *Journal of experimental orthopaedics* <https://doi.org/10.1186/s40634-020-00223-z>
- Nieto, M. (2020). *Oupensocialfitnes*. Recuperado de <https://oupen.com.ar/Capacitaciones/curso-running-para-ocr/>
- Noriega Barneond, Z., Aguilera Cuevas, M., y Nicole, M. (2019). Factores de riesgo asociados a lesiones en corredores de 16 a 68 años de edad. *Revista médica (Colegio De Médicos Y Cirujanos De Guatemala)*. <https://doi.org/10.36109/rmg.v158i1.120>
- Pollatos, D., Chandolias, K., Giordamni, M., Chalkia, A. y Trevlaki, E. (2021) Review of New Data in Physiotherapeutic Approach to Patellofemoral Pain Syndrome (PFPS). *Journal of Biosciences and Medicines* Doi: 10.4236/jbm.2021.92010.
- Şahin, M., Ayhan, F. F., Borman, P. y Atasoy, H. (2016). The effect of hip and knee exercises on pain, function, and strength in patients with patellofemoral pain syndrome: a randomized controlled trial. *Turkish journal of medical sciences* <https://doi.org/10.3906/sag-1409-66>

- Silva, J., Machado, A. F., Micheletti, J. K., de Almeida, A. C., Cavina, A. P., y Pastre, C. M. (2019). Effects of training with elastic resistance versus conventional resistance on muscular strength: A systematic review and meta-analysis. <https://doi.org/10.1177/2050312119831116>
- Spiegato. (2021). Spiegato.com Recuperado de <https://spiegato.com/es/que-es-el-ejercicio-de-resistencia>
- Tortora, G. J. y Derrickson, B. (2010). Principios De Anatomía y Fisiología (13a. Edición). Buenos Aires: Médica Panamericana.
- Vora, M., Curry, E., Chipman, A., Matzkin, E. y Li, X. (2018). Síndrome de dolor femororrotuliano en atletas: una revisión de diagnósticos, etiología y opciones de tratamiento. Revisiones ortopédicas <https://doi.org/10.4081/or.2017.7281>
- Wallace, B. J., Bergstrom, H. C. y Butterfield, T. A. (2018). Muscular bases and mechanisms of variable resistance training efficacy. International Journal of Sports Science Coaching <https://doi.org/10.1177/1747954118810240>
- Wallis, J. A., Roddy, L., Bottrell, J., Parslow, S. y Taylor, N. F. (2021) A Systematic Review of Clinical Practice Guidelines for Physical Therapist Management of Patellofemoral Pain <https://doi.org/10.1093/ptj/pzab021>
- Willy, R. W., Hogg, L. T., Barton, C. J., Bolgia, L. A., Scalzitti, D. A., Logerstedt, D. S., Lynch, A. D., Snyder-Mackler, L., y McDonough, C. M. (2019). Patellofemoral Pain. The Journal of Orthopaedic and sports physical therapy, <https://doi.org/10.2519/jospt.2019.0302>
- Wilson, J. y Kritz, M. (2014). Practical Guidelines and Considerations for the Use of Elastic Bands in Strength and Conditioning doi: 10.1519/SSC.0000000000000087