

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 PLIOMÉTRICO COMO TRATAMIENTO POS DESGARRE DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN ATLETAS DE 20 A 30 AÑOS



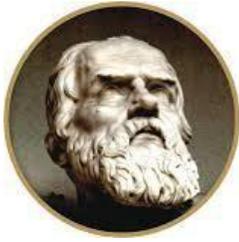
Que Presenta

José Andrés Quiroa Martínez

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala, 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 PLIOMÉTRICO COMO TRATAMIENTO POS DESGARRE DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR EN ATLETAS DE 20 A 30 AÑOS



Tesis profesional para obtener el Título de Licenciado en
Fisioterapia

Que Presenta

José Andrés Quiroa Martínez

Ponente

Lic. Luis Omar Castañeda Cabañas

Director de Tesis

Lic. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala.

2023

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	José Andrés Quiroa Martínez
Director de Tesis	Lic. Luis Omar Castañeda Cabañas
Asesor Metodológico	Lic. María Isabel Díaz Sabán



Guatemala, 21 de octubre 2023

Estimado alumno:
José Andrés Quiroa Martínez

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarré de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años”** 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. María Isabel Díaz
Sabán
Secretario

Lic. Oscar Omar
Hernández González
Presidente

Lic. Marbella Aracelis
Reyes Valero
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 11 de mayo 2022

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 pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años”** del alumno **José Andrés Quiroa Martínez**.

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. Marbella Aracelis Reyes Valero
Asesor de tesis
IPETH – Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2022

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 **José Andrés Quiroa Martínez** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarro de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años”** 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

COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

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

Nombre del Director: LFT. Luis Omar Castañeda Cabañas
Nombre del Estudiante: José Andrés Quiroa Martínez
Nombre de la Tesina/sis: Beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años
Fecha de realización: Primavera 2022

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

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



LFT. Luis Omar Castañeda Cabañas

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA ASESOR METODOLÓGICO

Nombre del Asesor: Lic. María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: José Andrés Quiroa Martínez
Nombre de la Tesina/sis: Beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años
Fecha de realización: Primavera 2022

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>	
1	<i>Formato de Página</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		
2.	<i>Formato Redacción</i>			
a.	Sin faltas ortográficas.	x		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	x		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medurado.	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		
3.	Formato de Cita	Si	No	Observaciones
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		
4.	Formato referencias	Si	No	Observaciones
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	x		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	x		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	x		
5.	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones
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



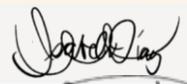
Lic. María Isabel Díaz Sabán

DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 13 del mes de mayo del año 2022

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

-  C.C.
Director de Tesina
Función
- Asesor Metodológico
Función
- Coordinador de Titulación

- Lic. Luis Omar Castañeda Cabañas 
- Lic. María Isabel Díaz Sabán 
- Lic. Diego Estuardo Jiménez Rosales 

Autoriza la tesina con el nombre de:

Beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarré de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años

Realizada por el estudiante:

José Andrés Quiroa Martínez

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



Dedicatoria

La presente tesis está dedicada a Dios por la bendición que me da de realizar lo que me apasiona cada día, por darme la sabiduría, la inteligencia, la habilidad y la destreza para desempeñarme en mi carrera de la mejor manera.

A mis padres Martín y Mariela que en todo momento me apoyaron, celebraron mis victorias y me dieron las fuerzas para seguir adelante en los momentos de duda y dificultad. Así mismo se lo dedico a mis hermanos Pablo y Sophia que con su amor y ánimos me motivaron a perseguir cada uno de mis objetivos.

A mi novia Rocío, que con su amor y cariño me apoyo en todos los años de mi carrera y siempre me motivó a seguir adelante a pesar de las dificultades.

A mis amigos del colegio y de la universidad que con su amistad y conocimiento me motivaron a alcanzar mis sueños.

A mi director de tesis y asesora metodológica, Lic. Omar y Lic. Isabel que me guiaron en todo este proceso.

J. Andrés Quiroa M.

Agradecimientos

A Dios por darme su gracia, su favor y su misericordia a lo largo de mi carrera. Toda gloria y honra sean para él.

A mis padres quienes me guiaron y apoyaron en toda decisión, y que con su amor me motivaron a ser el mejor en todo lo que me propuse y a mis hermanos que con sus ocurrencias y cariño me dieron los ánimos para alcanzar mis metas.

A mi novia quien en todo momento me apoyó, me motivó y me alentó a dar una mejor versión de mí.

A mis catedráticos por todo lo que me enseñaron a lo largo de la carrera.

A todos mis amigos que siempre me apoyaron y me dieron los ánimos para llegar a ser el profesional que soy hoy.

J. Andrés Quiroa M.

Palabras clave

Ligamento cruzado anterior

Pliometría

Lesión de rodilla

Entrenamiento de salto

Aterrizaje

Índice

Portadilla.....	i
Investigadores responsables.....	ii
Carta Galileo aprobación de examen privado.....	iii
Carta Galileo aprobación asesor de tesis.....	iv
Carta Galileo aprobación revisor lingüístico.....	v
Listas de cotejo.....	vi
Hoja de 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 Anatomía.....	2
1.1.2 Biomecánica.....	10
1.1.3 Desgarre de ligamento cruzado anterior.....	12
1.1.4 Etiología.....	13
1.1.5 Epidemiología.....	15
1.1.6 Características clínicas.....	15
1.1.7 Diagnóstico.....	16

1.1.8 Escalas de evaluación.....	20
1.1.9 Tratamiento convencional.....	21
1.2 Antecedentes específicos	23
1.2.1 Tratamiento quirúrgico	23
1.2.2 Pliometría.....	24
Capítulo II.....	33
Planteamiento del problema.....	33
2.1 Planteamiento del Problema	33
2.2 Justificación	34
2.3 Objetivos.....	37
2.3.1 Objetivo general.....	37
2.3.2 Objetivos específicos	37
Capítulo III	38
Marco Metodológico.....	38
3.2 Métodos	39
3.2.1 Enfoque de investigación	39
3.2.2 Tipo de estudio	39
3.2.3 Método de estudio.....	39
3.2.4 Diseño de investigación	40
3.2.5 Criterios de selección	40
3.3 Variables	41
3.3.1 Variable independiente.....	41

3.3.2 Variable dependiente.....	41
3.3.3 Operacionalización de variables	41
Capítulo IV	43
Resultados.....	43
4.1 Resultados.....	43
4.2 Discusión.....	50
4.3 Conclusiones	52
4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas	53
Referencias	54

Índice de tablas

Tabla 1. Músculos de rodilla	8
Tabla 2. Grados de movimiento de la rodilla.....	12
Tabla 3. Factores de riesgo	14
Tabla 4. Criterios de selección.....	40
Tabla 5. Variables y sus definiciones conceptual y operacional.....	41

Índice de figuras

Figura 1. Ligamento cruzado anterior.....	5
Figura 2. Ligamento cruzado posterior.....	6
Figura 3. Ligamentos colaterales.....	7
Figura 4. Flexión y extensión de rodilla.....	11
Figura 5. Lesión de ligamento cruzado anterior.....	13
Figura 6. Prueba de Lachman.....	17
Figura 7. Maniobra del cajón anterior.....	18
Figura 8. Maniobra de Macintosh.....	18
Figura 9. Maniobra de Dejour.....	19
Figura 10. Salto en cuclillas.....	28
Figura 11. Ejercicio de cadena cinemática cerrada.....	28
Figura 12. Ejercicio de cadena cinemática cerrada.....	29
Figura 13. Estocada con salto.....	30
Figura 14. Salto Bilateral.....	30
Figura 15. Salto con una sola pierna.....	31
Figura 16. Salto lateral con balón medicinal.....	31
Figura 17. Gráfico de buscadores.....	38

Resumen

El desgarre de ligamento cruzado anterior es una de las lesiones que más afecta a los atletas a nivel mundial. Esta lesión puede causar dolor, inflamación, derrame articular, pérdida de la función de la rodilla entre otros. La principal causa de esta lesión es el mecanismo sin contacto que se produce por mecanismos de desaceleración bruscos con la rodilla cercana a la extensión máxima o debido a cambios de dirección con un apoyo fijo del pie en el suelo. Esto impacta en las actividades deportivas del atleta ya que esta lesión implica un largo tiempo de rehabilitación.

Se realizó una investigación acerca de los beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años, en una revisión bibliográfica. Identificando los efectos terapéuticos y dosificación de este método, así como la condición clínica necesaria para realizar este tratamiento.

La metodología utilizada en esta investigación fue un enfoque cualitativo, diseño no experimental, una investigación y método comparativo. Los resultados demuestran que este tratamiento provoca beneficios terapéuticos como una mejora en la funcionalidad de la rodilla y un aumento de la fuerza muscular. La condición clínica para realizar este tratamiento es muy variada, sin embargo, se recomienda que los pacientes no presenten historia de enfermedades articulares o musculares. Las dosificaciones no varían mucho entre los autores ya que se han observado resultados luego de 6 semanas de tratamiento.

Capítulo I

Marco Teórico

El siguiente capítulo se denomina marco teórico, en este se describirán los antecedentes generales de esta investigación como la anatomía, biomecánica, tratamiento quirúrgico y convencional, así como de la patología entre otras cosas. Finaliza con la descripción de los antecedentes específicos como la pliometría, sus conceptos y dosificaciones.

1.1 Antecedentes generales

En este segmento se describirán los antecedentes generales como la anatomía, biomecánica, la patología entre otros finaliza con la descripción del tratamiento quirúrgico y fisioterapéutico.

1.1.1 Anatomía.

1.1.1.1 Rodilla. Es una articulación que se encarga de producir movimiento entre el fémur, la rótula y la tibia, estas 3 estructuras desempeñan una función importante durante la marcha y durante una posición estática (Vaienti et al., 2017). La rodilla se compone de dos articulaciones, las cuales son la femorotibial y la femorrotuliana, estas en conjunto realizan la extensión y la flexión en un plano sagital y la rotación interna en un plano horizontal (Neumann, 2007). Las superficies articulares de esta articulación están

compuestas por los cóndilos lateral y medial, estos tienen una forma curva y son convexos y están conectados a sus mesetas tibiales las cuales tienen una forma cóncava, estos cóndilos se encuentran en la porción distal del fémur y están divididos por una escotadura intercondílea que abren una vía de paso para el ligamento cruzado anterior, además los cóndilos sirven como punto de inserción para los ligamentos colaterales (Neumann, 2007).

La articulación femorrotuliana se forma a partir de la fusión de los cóndilos formando el surco troclear que se une al lado posterior de la rótula. Las superficies superiores de los cóndilos forman un segmento plano y ancho, a esto se le denomina meseta tibial, esta posee dos superficies lisas donde los cóndilos son recibidos formando así la articulación tibiofemoral. Una estructura importante de esta articulación es la tibia, su función más importante es transferir la carga de la rodilla al tobillo, además su extremo proximal que descansa sobre los cóndilos forma las superficies articulares distales del fémur, por otro lado otra estructura que compone la articulación de la rodilla es el peroné, a pesar que ayuda a soportar cargas, sirve como punto de inserción para el bíceps femoral y para el ligamento colateral lateral y ayuda a mantener la alineación de la tibia. Por último, la rótula que se conoce como el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano, realiza la función de dispersar las fuerzas de compresión en la rodilla, esto mediante el cartílago articular que la recubre (Neumann, 2007).

1.1.1.2 Cápsula articular. Está compuesta de una membrana sinovial y de una membrana fibrosa que cubren a las superficies articulares que no están

cubiertas de cartílago articular. La membrana fibrosa, se inserta en la superficie proximal de los cóndilos y pasa por una abertura posterior en el cóndilo lateral para insertarse en la tibia, luego el cuádriceps, el ligamento rotuliano y la rótula la sustituyen anteriormente y esta continúa su recorrido en las porciones laterales y mediales de dichas estructuras (Moore et al., 2013). Toda la superficie interna de la rodilla está cubierta por una membrana sinovial, las bursas son sacos o bolsas rellenas de este líquido, existen catorce de estas en la articulación de la rodilla, estas tienen la función de soportar la fricción durante los movimientos (Neumann, 2007).

1.1.1.3 **Meniscos.** Se definen como estructuras fibrocartilaginosas que tienen la función de amortiguar las cargas de la rodilla y distribuir de una mejor manera el líquido sinovial a las superficies articulares (Vaienti et al., 2017). El menisco medial es más ancho en su porción posterior y posee forma de C, el extremo anterior se inserta en la parte intercondílea anterior de la tibia y anterior a la inserción del ligamento cruzado anterior, el extremo posterior en la superficie intercondílea posterior de la tibia, además se encuentra unido al ligamento lateral tibial. Por otro lado, el menisco lateral es de un menor tamaño, tiene forma semicircular y posee más movimiento que el menisco medial, sirve como punto de inserción para el tendón del poplíteo y se encuentra unido al ligamento cruzado posterior mediante el ligamento meniscofemoral posterior (Neumann, 2007).

1.1.1.4 **Ligamento cruzado anterior.** Es una estructura importante en la estabilización y biomecánica de la articulación de la rodilla. “Su inserción

proximal se sitúa en una fosa en la cara posterior de la superficie medial del cóndilo femoral lateral, mientras que su inserción distal se encuentra en una fosa situada en la cara anterior de la espina tibial anterior” (Vaamonde et al., 2019, p.382). Este ligamento está compuesto por fibras de colágeno tipo I que se entrelazan formando una red, estas fibras se agrupan formando fascículos que poseen una serie de mecanorreceptores como los corpúsculos de Paccini, corpúsculos de Ruffini, órganos de Golgi y terminaciones libres (Vaamonde et al., 2019). Su función principal es la de evitar el desplazamiento anterior de la tibia sobre el fémur, otra de sus funciones es limitar la rotación interna de la tibia, así como las desviaciones en varo y valgo (Vaienti et al., 2017).

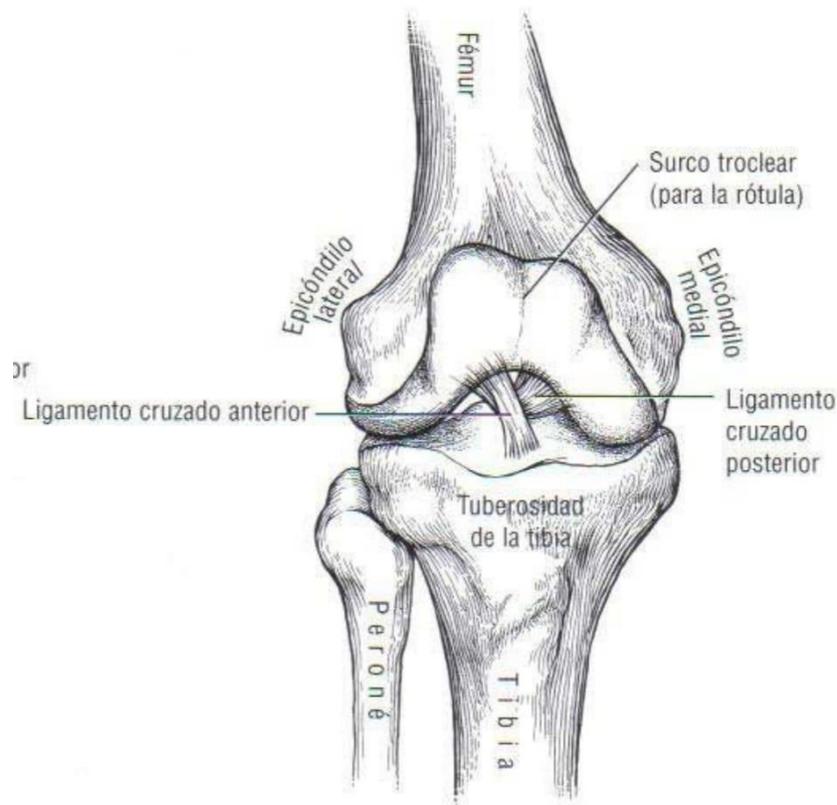


Figura 1. Ligamento cruzado anterior

Fuente: Neumann, 2007. Se presenta de forma esquemática la articulación de rodilla

1.1.1.5 Ligamento cruzado posterior. Se trata de una importante estructura que mide de 32 a 38 mm de longitud, es dos veces más grueso que el ligamento cruzado anterior y por consiguiente, es el más resistente de los dos. Este se origina en la cara anterior y lateral del cóndilo medial y se inserta en la superficie posterior de la meseta tibial, además, está compuesto de dos fascículos, el anterolateral y el posteromedial, estos se insertan en conjunto en la tibia. El ligamento cruzado posterior es un importante estabilizador de la rodilla y se encarga de limitar el desplazamiento posterior excesivo de la tibia con respecto al fémur, además se encarga de estabilizar la rodilla para evitar una rotación excesiva cuando esta se flexiona entre 90 y 120 grados (Logterman et al., 2018).

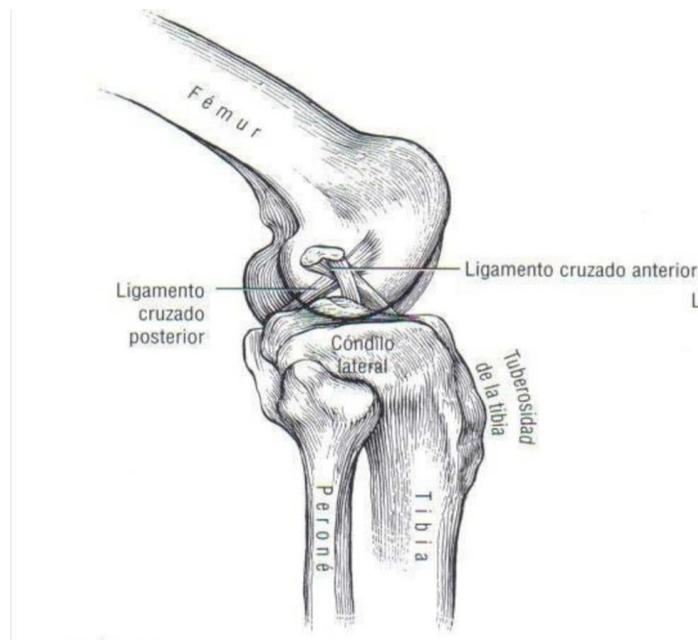


Figura 2. Ligamento cruzado posterior

Fuente: Neumann, 2007. Se presenta vista lateral de la articulación de rodilla

1.1.1.6 **Ligamentos colaterales.** El ligamento colateral medial, es una estructura que se divide en dos porciones, una anterior y una posterior, la primera de ellas tiene una longitud de 10 mm y se inserta en la cara proximal y medial de la tibia, la otra porción se caracteriza porque tiene menos fibras, estas se insertan en el menisco medial, en la cápsula articular y en el tendón del semimembranoso. Por otro lado, el ligamento colateral lateral se encuentra a lo largo del cóndilo lateral del fémur hasta la cabeza del peroné y distalmente se une al tendón del bíceps femoral (Neumann, 2007). Estos ligamentos en conjunto se encargan de limitar los movimientos excesivos de valgo y varo de rodilla (Vaienti et al., 2017).

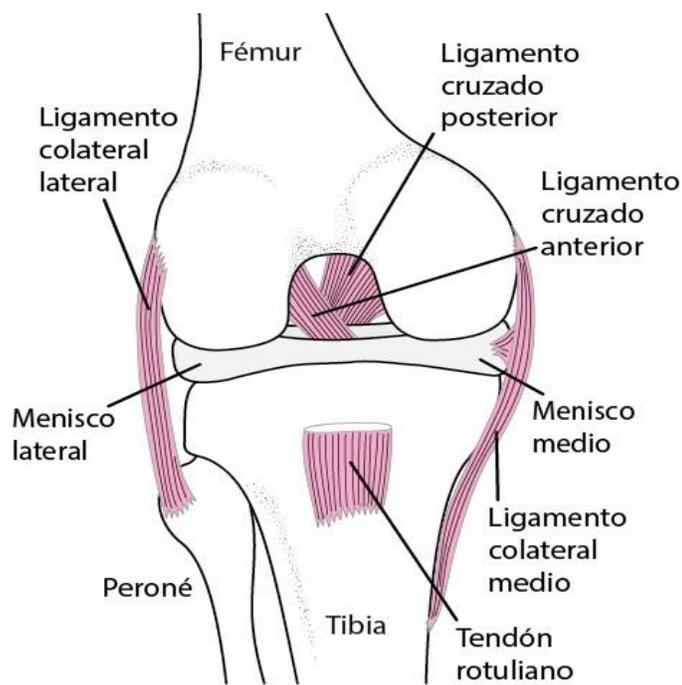


Figura 3. Ligamentos colaterales

Fuente: Campagne, 2019. Se presenta vista anterior de la articulación de la rodilla

1.1.1.7 Músculos. La articulación de rodilla se encarga de realizar los movimientos de flexión, extensión y rotación interna, para ello se necesita la acción de distintos músculos que trabajan en conjunto para desempeñar actividades como caminar o correr (Neumann, 2007).

Tabla 1. Músculos de rodilla

Músculo	Origen	Inserción	Acción
Recto anterior	Espina iliaca anteroinferior	Borde proximal de la rótula, y a través del ligamento rotuliano hasta la tuberosidad de la tibia.	Extiende la articulación de la rodilla y flexiona la articulación de la cadera.
Vasto interno	Mitad distal de la línea intertrocantérea, labio interno de la línea áspera, porción proximal de la línea supracondílea interna.	Borde proximal de la rótula, y a través del ligamento rotuliano hasta la tuberosidad de la tibia.	Extiende la articulación de la rodilla.
Vasto medio	Superficies anterior y externa de los dos tercios proximales del cuerpo del fémur, tercio distal de la línea áspera y tabique intermuscular externo.	Borde proximal de la rótula, y a través del ligamento rotuliano hasta la tuberosidad de la tibia.	Extiende la articulación de la rodilla.
Vasto externo	Porción proximal de la línea intertrocantérea, bordes anterior e inferior del trocánter mayor, labio externo	Borde proximal de la rótula, y a través del ligamento rotuliano hasta la tuberosidad de la tibia.	Extiende la articulación de la rodilla.

Músculo	Origen	Inserción	Acción
	de la tuberosidad glútea.		
Semitendinoso	Tuberosidad del isquion por medio de un tendón común con la porción larga del bíceps femoral	Porción proximal de la superficie interna del cuerpo de la tibia y fascia profunda de la pierna.	Produce la flexión y la rotación interna de la rodilla y extiende la articulación de cadera y participa en la rotación interna.
Semimembranoso	Tuberosidad del isquion en la porción proximal y externa con respecto al bíceps femoral y semitendinoso.	Cara posterointerna de la meseta interna de la tibia.	Realiza la flexión y la rotación interna de la articulación de la rodilla. Extiende la articulación de la cadera y participa en la rotación interna.
Bíceps femoral	Porción larga: Porción distal del ligamento sacrotuberoso y parte posterior de la tuberosidad del isquion. Porción corta: Labio externo de la línea áspera, dos tercios proximales de la línea supracondílea y tabique intermuscular externo.	Cara lateral de la cabeza del peroné, meseta externa de la tibia.	Produce la flexión y rotación externa de la articulación de la rodilla, además la porción larga extiende y ayuda en la rotación externa de la articulación de cadera.
Sartorio	Espina iliaca anterosuperior y mitad superior de la escotadura inmediatamente distal a la espina	Porción proximal de la superficie interna de la tibia, cerca de su borde anterior.	Produce la flexión, rotación externa y abducción de la cadera, además flexiona la rodilla e interviene en su rotación interna.
Grácil	Mitad inferior de la sínfisis púbica y reborde interno de la rama inferior del pubis.	Superficie interna de la diáfisis de la tibia, distal a la meseta, proximal a la inserción del semitendinoso y lateral a la inserción	Aducción y flexión de cadera y rotación interna de rodilla.

Músculo	Origen	Inserción	Acción
Poplíteo	Porción anterior del surco del cóndilo externo del fémur y ligamento poplíteo oblicuo de la articulación de la rodilla.	del sartorio. Área triangular proximal a la línea del soleo sobre la superficie posterior de la tibia y fascia de cobertura del músculo.	Sin carga de peso, produce la rotación interna de la tibia sobre el fémur y flexiona la articulación de la rodilla. Durante la carga produce rotación externa del fémur sobre la tibia y flexiona la rodilla.

Elaboración propia, que describe la musculatura de rodilla con información de Kendall's (2007).

1.1.2 Biomecánica

1.1.2.1 Osteocinématica de la articulación femorotibial. En el plano sagital realiza dos movimientos los cuales son la flexión y la extensión, y cuando la rodilla esta flexionada es capaz de realizar una rotación interna y externa en el plano horizontal, también llamada rotación axial, estos movimientos se realizan tanto del fémur sobre la tibia, así como de la tibia sobre el fémur. Los rangos de movimiento varían según la edad o el sexo (Neumann, 2007).

1.1.2.2 Artrocinématica de la articulación femorotibial. Para que se produzca la flexión, la articulación debe rotar internamente, esto para desbloquear una rodilla extendida, para que esto suceda el músculo poplíteo debe rotar externamente para realizar la flexión del fémur sobre la tibia. Para realizar la extensión de rodilla es necesario que la superficie articular de la tibia ruede y se deslice en sentido anterior sobre los cóndilos femorales. Como se mencionó anteriormente, para

que sea posible realizar la rotación interna y externa es necesario que las rodillas se encuentren flexionadas, esto para que haya una rotación entre la tibia y el fémur, además para que este movimiento sea posible, es necesario el apoyo de los meniscos, cuando los cóndilos femorales giran, estos se comprimen y estabilizan a la musculatura que realiza este movimiento, siendo estos el semimembranoso y el poplíteo (Neumann, 2007).

1.1.2.3 Artrocinemática de la articulación femorrotuliana.

Durante los movimientos de flexión y extensión, la superficie articular de la rótula se desliza sobre el surco troclear del fémur, en la flexión del fémur sobre la tibia, el fémur se desliza sobre la rótula y durante la flexión de la tibia sobre el fémur, la rótula se desliza sobre el fémur (Neumann, 2007).

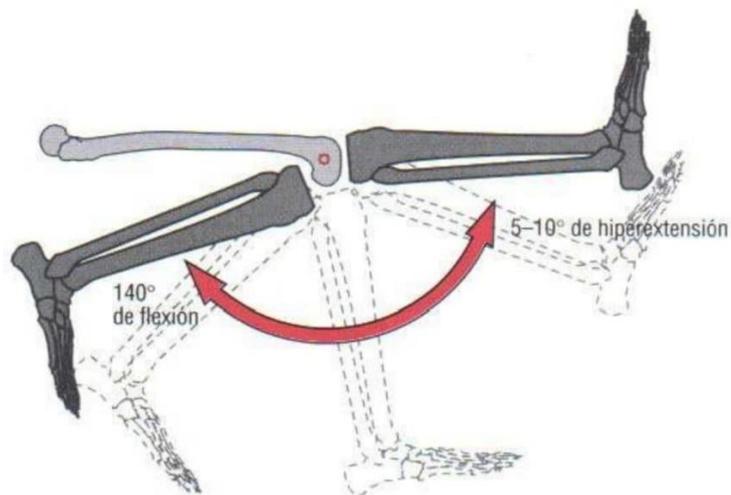


Figura 4. Flexión y extensión de rodilla

Fuente: Neumann, 2007. Se demuestran los movimientos de rodilla en el plano sagital

Tabla 2. Grados de movimiento de la rodilla

Flexión	Extensión
	Extensión Activa 0° (AO)
0°-150° (AO)	Extensión Pasiva 0°-10°(AO)
	Extensión Activa 0°(AAOS)
0°-135° (AAOS)	Extensión Pasiva 0°-10°(AAOS)

Elaboración propia, que demuestra los rangos de movimiento de rodilla con información de Taboadela (2007).

1.1.3 Desgarre de ligamento cruzado anterior

1.1.3.1 Definición. Es el estiramiento excesivo que puede terminar en ruptura parcial o completa del ligamento, los síntomas más comunes son el dolor, derrame articular, debilidad muscular, tumefacción y por consecuente, una limitación funcional importante (Raines, Naclerio y Sherman, 2017). Esta lesión es común en deportes como los que combinan saltos y cambios de dirección repentinos, y es más frecuente en atletas jóvenes, mayormente en mujeres (Hermoso et al., 2013). Un desgarre de ligamento cruzado anterior requiere de un importante gasto económico ya que el procedimiento normal es realizar cirugía y una larga recuperación, por lo que muchos atletas nunca vuelven a su nivel óptimo, esto ya que la intervención quirúrgica no garantiza al 100% que la estabilidad de la rodilla sea restaurada, además existe la posibilidad de que el injerto falle y provoque una lesión más grave que la anterior (Tat et al., 2021).

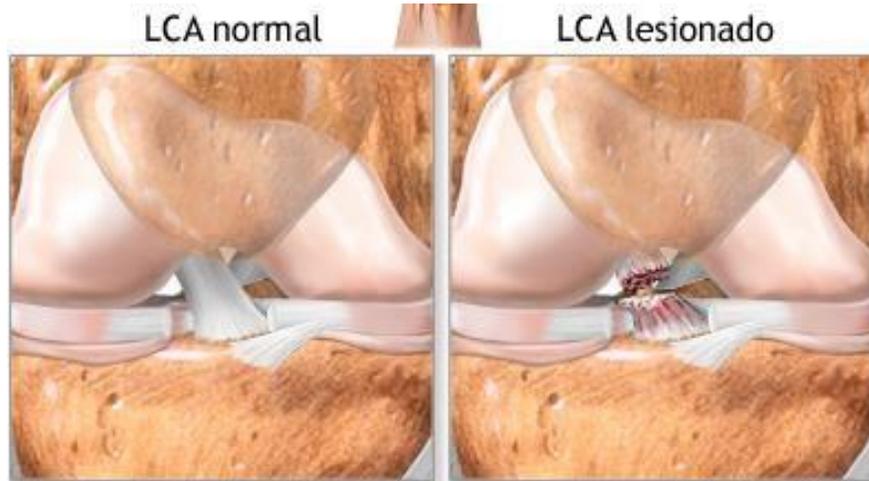


Figura 5. Lesión de ligamento cruzado anterior

Fuente: MedlinePlus, 2022. Desgarre del ligamento cruzado anterior

1.1.4 Etiología.

1.1.4.1 Mecanismo de lesión. Esta lesión se produce mayormente de manera indirecta cuando la rodilla se encuentra en extensión completa, con el cuádriceps en contracción, y se realiza una desaceleración o cambios de dirección bruscos. El mecanismo directo es menos frecuente, este sucede por un traumatismo directo con un objeto o con una persona cuando el pie está fijo en el suelo (Vaamonde et al., 2019). Además, también se produce por estrés en varo o una hiperextensión de rodilla (Martinez, Núñez y Carrera, 2019).

1.1.4.2 Factores de riesgo. Son muchos los factores que pueden influir en esta lesión, las diferencias de sexo, anatomía y genética son importantes (Hewett et al., 2016).

Tabla 3. Factores de riesgo

Factor	Cómo Afecta
Sexo	Se ha demostrado que las mujeres producen mayores fuerzas de aterrizaje, además los ángulos articulares de la cadera, tronco y rodilla se ven más alterados que en los hombres, esto en consecuencia provoca una menor estabilidad (Hewett et al., 2016).
Laxitud	“La fase ovulatoria del ciclo menstrual se ha asociado con un aumento de la laxitud de la articulación de la rodilla”, sin embargo, se ha demostrado que en la fase preovulatoria existe más riesgo de lesión (Hewett et al., 2016, p.1846).
Biomecánica	Los déficits biomecánicos y neuromusculares afectan gravemente a los atletas, esto porque su propiocepción y su fuerza muscular se ve disminuida, en consecuencia, hay mayor probabilidad de una lesión (Hewett et al., 2016).
Lesión previa	Las personas que anteriormente se han lesionado el ligamento cruzado anterior, presentan un alto riesgo de sufrir una lesión secundaria (Hewett et al., 2016).

Elaboración propia, que demuestra los factores de riesgo con información de (Hewett et al., 2016).

1.1.4.3 Mecanismos de lesión indirecto. “Se produce por mecanismos de desaceleración bruscos del miembro inferior con el cuádriceps en contracción y la rodilla cercana a la extensión máxima, o debido a cambios de dirección con un apoyo fijo del pie en el suelo” (Vaamonde, 2019, p.382).

1.1.4.4 Mecanismo de lesión directo. “Se produce por mecanismos de contacto directo con otra persona u objeto cuando la pierna queda fija en el suelo y recibe una serie de fuerzas externas” (Vaamonde, 2019, p.382).

1.1.5 Epidemiología

1.1.5.1 Prevalencia. Un estudio realizado en Estados Unidos describió que la prevalencia de la lesión del ligamento cruzado anterior es de 1 de cada 3000 personas, siendo más de 120,000 casos al año (Kiapour, 2014).

1.1.5.2 Incidencia. El ligamento cruzado anterior es una de las estructuras que mayor incidencia de lesión presenta, en torno al 50%, incluso llegando hasta el 60% cuando se trata de lesiones en el ámbito deportivo que necesitan cirugía (Vaamonde, 2019). Además, se ha demostrado que en Estados Unidos se realizan cerca de 200,000 reconstrucciones de ligamento cruzado anterior. Lamentablemente cada año esta cifra se incrementa ya que cada vez son más los jóvenes que deciden practicar algún deporte (Paschos y Howell, 2016).

1.1.6 Características clínicas

1.1.6.1 Dolor. “El dolor es una experiencia desagradable desde el punto de vista sensorial y emocional asociada con un daño tisular real o potencial” (Cameron, 2013, p.67).

1.1.6.2 Pérdida de propiocepción y equilibrio. En 2019, Vaamonde mencionó que el control postural y el equilibrio se ven alterados en pacientes con rotura de LCA, debido a la afectación de los mecanorreceptores encargados de informar sobre la posición de la rodilla.

1.1.6.3 Inestabilidad. “La estabilidad articular, basada en los ligamentos cruzados (anterior y posterior), los colaterales (lateral y medial) y los meniscos, se ve comprometida en las lesiones de LCA, de tal modo, se produce hipermovilidad e inestabilidad biomecánica y funcional” (Vaamonde, 2019, p.383).

1.1.6.4 Inflamación. “La lesión de los tejidos vascularizados provoca una serie de acontecimientos complejos, coordinados y dinámicos que en conjunto se le denomina inflamación” (Cameron, 2013, p.23).

1.1.7 Diagnóstico

1.1.7.1 Historia. Se sospecha de una lesión del ligamento cruzado anterior cuando el paciente menciona haber escuchado algo romperse y cuando refiere inflamación intensa (Filbay et al., 2019).

1.1.7.2 Pruebas diagnósticas. Existen distintas pruebas que permiten diagnosticar un desgarro de ligamento cruzado anterior, una de ellas es la prueba de Lachman, la cual se ha demostrado que es de la más precisas, por otro lado, también se utiliza la prueba del cajón anterior para padecimientos más crónicos (Filbay et al., 2019).

- Maniobra de Lachman: Esta prueba busca valorar la integridad del ligamento cruzado anterior. Para su ejecución el terapeuta coloca la rodilla entre la extensión completa y 15 grados de flexión, con una mano sobre el muslo estabiliza el fémur y con la otra sostiene la porción superior de la pierna, posteriormente el terapeuta ejecuta una presión firme, que busca producir un

desplazamiento anterior de la tibia. La prueba es positiva cuando existe una traslación anterior excesiva de la tibia respecto al fémur (Jurado, et al., 2002).



Figura 6. Prueba de Lachman

Fuente: Jurado et al., 2002. Se describe la maniobra de Lachman

- Maniobra de cajón anterior: Al igual que la prueba anterior, tiene como finalidad, valorar al ligamento cruzado anterior. Para su ejecución el paciente debe tener una flexión de rodilla de 90 grados y una flexión de cadera de 45 grados, posteriormente el terapeuta toma con ambas manos la epífisis proximal de la tibia y coloca los pulgares en la cara anterior de la rodilla y realiza una traslación anterior. La maniobra es positiva cuando existe un desplazamiento anormal de la tibia con respecto al fémur. Actualmente esta prueba ya casi no se utiliza, ya que no es tan confiable como otras pruebas ligamentarias (Jurado et al., 2002).

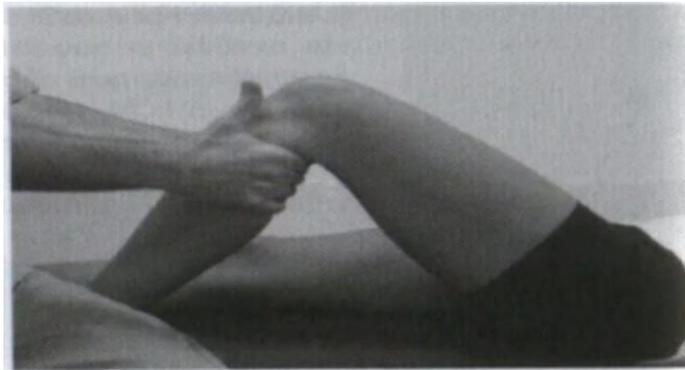


Figura 7. Maniobra del cajón anterior

Fuente: Jurado et al., 2002. Se demuestra la ejecución de la prueba de cajón anterior.

- **Prueba de Macintosh:** Tiene como objetivo demostrar una insuficiencia del ligamento cruzado anterior, el terapeuta coloca una mano en el pie y la otra sobre la cara posterior de la rodilla, para ejecutar esta maniobra, el examinador induce una rotación interna forzada, mientras que la otra mano realiza una flexión pasiva, la prueba se considera positiva cuando se aprecia un salto del platillo tibial lateral que puede llegar a ser palpable y doloroso (Jurado et al., 2002).



Figura 8. Maniobra de Macintosh

Fuente: Jurado et al., 2002. Se demuestra la ejecución de la prueba de Macintosh

- Prueba de Dejour: El objetivo de esta maniobra es evaluar la cápsula posteromedial y al ligamento cruzado anterior, el terapeuta coloca una mano sobre la cara anterolateral del tercio distal del muslo mientras la otra sujeta el tercio proximal de la tibia, para su ejecución se realiza una tracción tibial en sentido anterior, mientras la otra ejerce una fuerza sobre el muslo en sentido posterior, la prueba es positiva cuando se presenta una subluxación de la tibia al extender completamente la rodilla (Jurado et al., 2002).

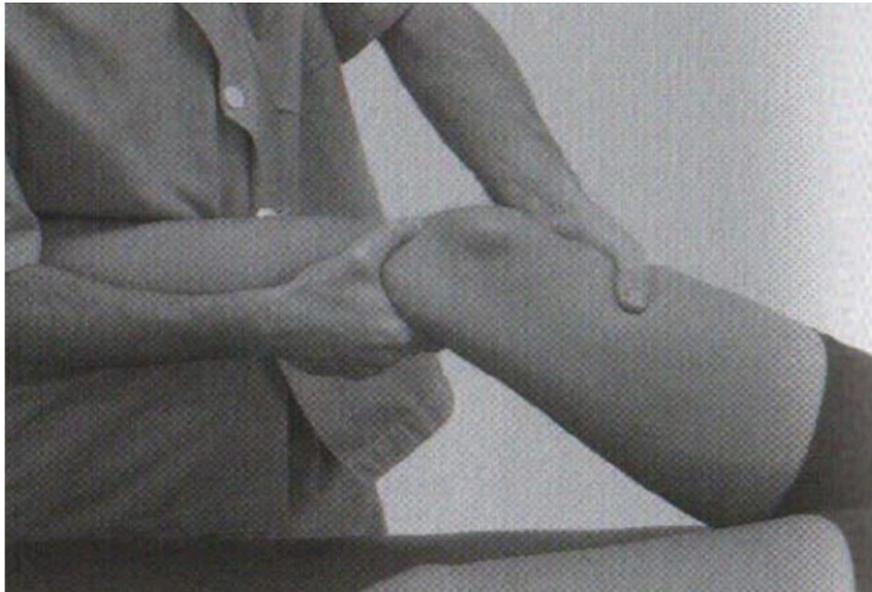


Figura 9. Maniobra de Dejour

Fuente: Jurado et al., 2002. Se demuestra la ejecución de la maniobra de Dejour

1.1.7.3 Resonancia magnética. Se ha demostrado que el dolor y el derrame articular puede dificultar el diagnóstico en el examen clínico, es por

ello que la resonancia magnética es una herramienta utilizada en estos casos para tener un diagnóstico más preciso y seguro (Finlay et al., 2019).

1.1.8 Escalas de evaluación

1.1.8.1 International knee documentation committee (IKDC). Este se compone de 3 dominios: el primero de ellos evalúa dolor, rigidez, hinchazón y sensación de bloqueo; el segundo dominio se encarga de valorar las actividades diarias y el deporte; y por último el tercer dominio evalúa la funcionabilidad de la rodilla antes y durante la lesión, “El IKDC se marca mediante el cálculo de la diferencia entre el valor bruto y el puntaje más bajo posible, y luego dividiendo dicha diferencia por el rango de puntajes posibles multiplicado por 100” (Almeida et al., 2016, p.2). Por último, se realiza una suma de los valores para formar un índice que demuestra síntomas menores de rodilla y niveles de funcionabilidad más altos (Almeida et al., 2016).

1.1.8.2 Tegner Lysholm. Esta escala se encarga de evaluar los distintos síntomas y signos que el paciente pueda presentar, consta de 8 preguntas de selección múltiple que valoran la hinchazón, dolor, cojera, inestabilidad, apoyo, sensación de bloqueo, subir escaleras y ponerse en cuclillas (Almeida et al., 2016). “A cada respuesta posible a cada uno de los 8 elementos se le ha asignado una puntuación arbitraria en una escala creciente, la puntuación total es la suma de cada respuesta a los 8 ítems, de una puntuación posible de 100” (Collins et al., 2011, p.15).

1.1.8.3 Knee injury and osteoarthritis outcome score (KOOS). Se compone de 5 dominios: el primero de ellos se encarga de valorar la severidad del dolor durante las actividades funcionales; el segundo evalúa la hinchazón, chasquido, limitación del movimiento y rigidez; el tercero valora las limitaciones o dificultades que presenta el paciente al realizar las actividades de la vida diaria; el cuarto dominio se encarga de valorar las limitantes que refiere el paciente al momento de realizar deporte; y por último, el quinto dominio evalúa la calidad de vida de la rodilla (Collins et al., 2011).

1.1.9 Tratamiento convencional

1.1.9.1 Crioterapia. Actualmente la implementación de la crioterapia es una buena opción para el manejo del desgarre de ligamento cruzado anterior. En 2013, Cameron describió que la crioterapia favorece la reducción del edema, disminuye la inflamación y el dolor a través de efectos sobre el sistema nervioso y vasos sanguíneos.

1.1.9.2 Electroestimulación. “La electroestimulación se recomienda como tratamiento complementario para el fortalecimiento de cuádriceps después de la reconstrucción de ligamento cruzado anterior ya que mejora el torque femoral del cuádriceps y fortalece el músculo” (Mizusaki et el, 2011, p.415).

1.1.9.3 Ejercicio Terapéutico. Según la evidencia científica, las movilizaciones pasivas tempranas son importantes para evitar la atrofia muscular y para mantener los rangos de movimiento de la articulación, además

se deben implementar ejercicios isométricos y de resistencia para fortalecer al cuádriceps y a los isquiotibiales, así como ejercicios de propiocepción para mejorar la funcionalidad y estabilidad de la rodilla (Anderson et al., 2016).

1.1.9.4 Entrenamiento neuromuscular. Este busca restaurar la fuerza, coordinación, resistencia, propiocepción, agilidad entre otros, con la finalidad de recuperar las funciones de la articulación afectada, además este entrenamiento ayuda a la cicatrización de tejidos blandos, así como también mejora la estabilidad postural y dinámica (Shim et al., 2015).

1.2 Antecedentes específicos

1.2.1 Tratamiento quirúrgico

1.2.1.1 Cirugía de reconstrucción no anatómica. En esta cirugía se coloca el injerto fuera de la inserción nativa del ligamento cruzado anterior, esto con la finalidad de reconstruir la estabilidad anteroposterior del ligamento (Raines et al., 2017).

1.2.1.2 Cirugía de reconstrucción anatómica. La finalidad de esta cirugía es restaurar la huella nativa del ligamento cruzado anterior para recuperar la cinemática articular (Raines et al 2017).

1. 2.1.3 Cirugía de doble haz. “La cirugía de reconstrucción de doble haz se considera, en general, en pacientes con un sitio de inserción tibial grande” (Raines et al., 2017, p.564).

1. 2.1.4 Cirugía de un haz. “La reconstrucción de un solo haz, por el contrario, está indicada para sitios de inserción tibial de menos de 14 mm de longitud” (Raines et al 2017, p.564).

1. 2.1.5 Tipos de injerto. Para realizar una reconstrucción de ligamento cruzado anterior, se utilizan dos tipos de injerto, los cuales son los autoinjertos y los aloinjertos. El tendón rotuliano y el tendón de los isquiotibiales son los más utilizados hablando de autoinjertos, por otro lado, los aloinjertos más utilizados son los tendones del tendón de Aquiles y del músculo tibial (Paschos et al., 2016).

1.2.2 Pliometría

1.2.2.1 Definición. Son aquellos ejercicios que combinan contracciones concéntricas y excéntricas, este ciclo de movimientos tiene el objetivo de mejorar la velocidad y la potencia de las articulaciones durante las actividades de los atletas (Davies, Riemann y Manske, 2015).

El entrenamiento pliométrico se basa en un ciclo de estiramiento-acortamiento, esto favorece la capacidad de los músculos y del sistema nervioso para producir en el menor tiempo posible una fuerza máxima (Maciejczyk et al., 2021). Durante mucho tiempo, la pliometría se ha utilizado en el deporte para mejorar el rendimiento explosivo, por ejemplo, para optimizar la velocidad, la altura del salto, entre otros (Buckthorpe et al., 2021).

Se han descrito distintas fases de la pliometría, Davies et al., (2015) mencionaron las siguientes: la primera lleva como nombre, estiramiento previo excéntrico, esta fase se caracteriza por ser una preparación o un calentamiento, en este punto, el huso neuromuscular del músculo y tendón se estira, provocando una mejor contracción concéntrica del músculo, además esta fase posee 3 variables que tienen un efecto directo sobre el movimiento excéntrico, las cuales son: duración, velocidad y magnitud del estiramiento.

La siguiente fase tiene como nombre, fase de amortización, se define como el tiempo que pasa desde que el pre estiramiento excéntrico termina hasta el comienzo de la contracción concéntrica, esta fase es de las más importantes ya que entre más corto sea el tiempo de amortización, mayor será la eficacia de la pliometría. La última fase se llama acortamiento concéntrico, esta se logra

gracias a las respuestas biomecánicas producidas por el músculo previamente estirado, además en esta fase se observa la producción de la energía resultante, (Davies et al., 2015).

1.2.2.2 Indicaciones. La pliometría está indicada para todos los atletas que buscan aumentar el rendimiento de salto, mejorar su agilidad, mejorar su sprint, ganar fuerza y resistencia (Maciejczyk et al., 2021).

1.2.2.3 Contraindicaciones. No todos los atletas son aptos para realizar este entrenamiento, Davies et al., 2015 describieron algunas prohibiciones para realizar estos ejercicios, las cuales son:

- Dolor
- Esguinces agudos o subagudos
- Inestabilidad articular
- Inflamación
- Demasiada debilidad muscular
- Distensiones agudas o subagudas
- Limitaciones de los tejidos blandos

1.2.2.4 Dosificación. Normalmente este entrenamiento debe realizarle alrededor de 6 a 12 semanas con una frecuencia de 1 a 3 sesiones por semana con una intensidad máxima o moderada (Maciejczyk et al., 2021). Existen algunas variables a considerar para dosificar la pliometría, en (2015) Davies et al describieron algunas de estas, con la finalidad de garantizar un mejor rendimiento, las cuales son:

- La sobrecarga neuromuscular o cargas aplicadas: Esto se explica en como “la sobrecarga neuromuscular suele tomar la forma de un cambio rápido de dirección de una extremidad o de todo el cuerpo sin cargas externas” (Davies et al., 2015, p.765).

- Sobrecarga parcial: Esta se basa en la activación muscular y el reflejo de estiramiento en un rango de movimiento específico, esto porque se conoce que estos reflejos favorecen el aumento de la fuerza.

- Sobrecarga temporal: Esta explica que entre más corta sea la fase de amortización, se generará una mayor potencia.

- Volumen: Se refiere a la carga de ejercicio que realiza el atleta, es decir, las series, repeticiones etc.

- Intensidad: En la pliometría existen muchos tipos de ejercicio de diferente intensidad por lo que es importante saber cuál beneficia al paciente en cada fase de rehabilitación, y se define como el esfuerzo real que realiza el atleta.

- Frecuencia: Que se refiere al número de entrenamientos al que acude el atleta durante su periodo de rehabilitación.

- Recuperación: Debido a las demandas que requiere el ejercicio pliométrico, es importante evitar que el paciente se lesione y que se provoque un sobre entrenamiento, por ello se recomiendan tiempos más largos de descanso entre cada serie de ejercicio.

- Especificidad: El entrenamiento pliométrico debe adaptarse a cada deporte y atleta, ya que cada uno requiere de diferentes objetivos.

1.2.2.5 Efectos fisiológicos. El entrenamiento pliométrico genera algunos cambios en las propiedades mecánicas del tendón y del músculo. Al realizar este entrenamiento, la rigidez muscular aumenta, el nivel de esta depende del tamaño del músculo, de su función, del tipo de fibra muscular, así como del tipo de ejercicios que realice el paciente (Mroczek et al., 2019). Por otro lado, la extensibilidad del tendón aumenta al realizar este entrenamiento y la histéresis del mismo disminuye (Kubo et al., 2021). Esto en conjunto mejora el rendimiento de salto, trote y de carrera, ya que se la energía elástica se encuentra acumulada durante el aterrizaje (Mroczek et al., 2021).

1.2.2.6 Efectos terapéuticos. En (2019) Silva et al describieron los siguientes:

- Aumenta la fuerza máxima
- Mejora el rendimiento de sprint o velocidad
- Maximiza la agilidad de los atletas
- Mejora el rendimiento de salto vertical
- Favorece el rendimiento del salto horizontal
- Aumenta la potencia de miembros superiores e inferiores
- Mejora la flexibilidad

1.2.2.6 Ejemplos de pliometría.



Figura 10. Salto en cuclillas

Fuente: Davies et al., 2015. Se demuestra la posición inicial del atleta antes de realizar el salto



Figura 11. Ejercicio de cadena cinemática cerrada

Fuente: Davies et al., 2015. Flexiones pliométricas de brazos contra la pared



Figura 12. Ejercicio de cadena cinemática cerrada

Fuente: Davies et al., 2015. Flexión de tronco

1.2.2.7 Ejemplo de entrenamiento pliométrico. En (2021), Buckthorpe et al describieron un plan de entrenamiento pliométrico para atletas que tuvieron una reconstrucción de ligamento cruzado anterior, el cual se divide en 4 fases las cuales son las siguientes descritas.

La etapa 1 se basa en un entrenamiento de baja intensidad, que se enfoca en ejercicios simétricos bilaterales con el objetivo de reeducar el movimiento del atleta. Estos ejercicios se complementan con peso muerto, sentadillas entre otros, en esta fase se busca fortalecer el cuádriceps y que los ejercicios sean de calidad, sin importar la intensidad y cantidad de estos.



Figura 13. Estocada con salto

Fuente: Buckthorpe et al., 2021. Se describe la posición inicial y final

La etapa 2 se enfoca en mejorar el control excéntrico de una sola extremidad, así como la fuerza y potencia máxima, para esto, es necesario que el atleta pueda realizar sentadillas monopodales, que sea capaz de hacer ejercicios de cadena cinemática cerrada y que pueda correr en la cinta sin fin. En esta fase se realizan ejercicios bilaterales buscando un esfuerzo máximo.



Figura 14. Salto Bilateral

Fuente: Buckthorpe et al., 2021. Se demuestra la posición inicial y final del ejercicio, así como la ejecución del mismo

En la etapa 3 se tiene el objetivo de mejorar el rendimiento de los saltos bilaterales y monopodales, así como de mejorar la cinemática durante los cambios de velocidad y dirección. En esta fase se implementan ejercicios unilaterales y de coordinación multidireccional.



Figura 15. Salto con una sola pierna

Fuente: Buckthorpe et al., 2021. Se demuestra un salto monopodal sobre una caja

La fase 4 es similar a la anterior, se basa en ejercicios unilaterales máximos con perturbaciones para mejorar el control y rendimiento neuromuscular, además en esta fase se busca readaptar al atleta a su deporte y garantizar un rendimiento óptimo.



Figura 16. Salto lateral con balón medicinal

Fuente: Buckthorpe et al., 2021. Se demuestra un salto unilateral con perturbaciones

1.2.2.8 Pliometría como método de prevención de lesiones. Se ha demostrado que el entrenamiento neuromuscular mejora la propiocepción y la estabilidad de la rodilla, esto mediante distintos ejercicios estáticos y dinámicos que fortalecen los músculos cuádriceps e isquiotibiales y mejoran su capacidad de contracción (Chang y Tung, 2014). Además, este entrenamiento reduce los ángulos de varo y valgo de rodilla, esto disminuye las fuerzas de aterrizaje luego de un salto, por lo que las probabilidades de sufrir un desgarre del ligamento cruzado anterior se vuelven menos (Ghaderi et al., 2021).

Capítulo II

Planteamiento del problema

El siguiente capítulo se le denomina planteamiento del problema en el cual se encuentra una descripción del problema a investigar y la justificación de la investigación con sus elementos como la magnitud, trascendencia, impacto entre otros. Finaliza con el objetivo general y específicos.

2.1 Planteamiento del Problema

La rodilla es de las articulaciones más propensas a lesionarse por dos factores los cuales son su movilidad y su responsabilidad de soportar las cargas del cuerpo. El ligamento cruzado anterior [LCA] es el encargado de proporcionar estabilidad rotacional a la rodilla tanto en el plano frontal como en el transversal. El desgarro de LCA es un estiramiento excesivo que puede terminar en una rotura parcial o completa del ligamento, esto resulta en distintas afecciones en la articulación como alteración de la marcha y de la cinemática de la rodilla, derrame articular, debilidad muscular y por consiguiente una limitación funcional importante (Raines et al., 2017).

Gran parte de los atletas que practican fútbol, baloncesto, beisbol entre otros, están expuestos a un desgarro de ligamento cruzado anterior. Aproximadamente el 70% de las lesiones de LCA se producen sin contacto directo mediante mecanismos de desaceleración

bruscos del miembro inferior con el cuádriceps en contracción y la rodilla cercana a la extensión máxima o debido a cambios de dirección con un apoyo fijo del pie en el suelo (Vaamonde et al., 2019). Lamentablemente la incidencia de esta lesión se ha ido incrementando cada vez más, esto debido a que actualmente los jóvenes se han involucrado más en practicar algún deporte, además se ha demostrado que las mujeres son las que tienen un mayor riesgo de sufrir un desgarre de ligamento cruzado anterior (Kaeding, Leger y Magnussen, 2017).

Se ha demostrado que un entrenamiento de pliometría es beneficioso en la recuperación pos desgarre de ligamento cruzado anterior, esto mediante ejercicios de velocidad, saltos y de agilidad que ayudan al atleta a recuperar su control neuromuscular y así poder incorporarse a sus actividades deportivas nuevamente (Buckthorpe y Della, 2021).

Dicho esto, se plantea la siguiente pregunta:

¿Cuáles son los beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años?

2.2 Justificación

Hoy en día la lesión del ligamento cruzado anterior es un tema que produce miedo en los atletas, ya que consideran que esta lesión acaba con sus carreras deportivas. El desgarre de este ligamento implica una larga y complicada recuperación, además está demostrado que no todos los atletas regresan a su nivel óptimo tras haber sufrido esta lesión (Ghaderi, et al., 2021). Otro estudio caracteriza esta lesión como una de las más terribles para un deportista, ya que supone un largo periodo de tiempo fuera de sus deportes, una reducción de la calidad de vida, carga económica, deterioro funcional de la articulación de la rodilla y osteoartritis

temprana (Walker et al., 2020). Es por ello que un programa de rehabilitación es tan importante para recuperar la función de la rodilla, mejorar la calidad de vida y mejorar las actividades de la vida diaria a largo plazo (Filbay y Grindem, 2019).

El ligamento cruzado anterior es una de las estructuras que mayor incidencia de lesión presenta, en torno al 50%, llegando incluso hasta el 60% cuando se trata de lesiones en el ámbito deportivo que necesitan cirugía (Vaamonde et al., 2019). Un estudio realizado en Estados Unidos describió que la prevalencia de la lesión del ligamento cruzado anterior es de 1 de cada 3000 personas, siendo más de 120,000 casos al año (Kiapour y Murray, 2014). Además otra investigación describió que en Estados Unidos ocurren anualmente entre 80,000 y 350,000 lesiones de LCA (Kawashima et al., 2021).

“Los atletas de entre 15 y 20 años son los que más sufren este tipo de lesión, a nivel de escuela preparatoria, el fútbol femenino es el que presenta más lesiones del LCA” (Wolf, 2019, p.6). Se ha demostrado que las mujeres se ven más afectadas que los hombres, esto debido a factores hormonales, biomecánicos y anatómicos (Sugimoto, et al., 2014). Un estudio mencionó que existen dos tipos de pacientes cuando hay una ruptura de LCA, los que toleran la lesión, es decir que realizan sus actividades de la vida diaria sin presentar síntomas y por otro lado los no tolerantes que son aquellos que sus actividades diarias se ven afectadas o limitadas en gran manera, esto por la inestabilidad articular que produce esta lesión (Álvarez y García, 2015).

Hoy en día la técnica quirúrgica más común para abordar un desgarre de LCA es retirar el tejido dañado de la rodilla y reemplazarlo con un tendón de aloinjerto o autoinjerto tomado de los isquiotibiales o del tercio medio del tendón rotuliano (Kiapour et al., 2014). El protocolo

fisioterapéutico que se realiza luego de la reconstrucción del ligamento se divide en varias fases; la fase inicial donde el tratamiento va enfocado en el manejo de dolor, inflamación y mantener rangos articulares, la fase intermedia en la cual ya se comienza a trabajar fuerza muscular así como la implementación del entrenamiento neuromuscular que consiste en ejercicios de equilibrio, propiocepción, estabilidad y pliometría y por último la fase final donde el atleta es introducido de nuevo a su deporte (Filbay y Grindem, 2019). Un estudio demostró que el entrenamiento pliométrico utilizado de forma correcta aumenta la fuerza muscular, la calidad del movimiento y el rendimiento atlético, además de mejorar el control neuromuscular de varios grupos musculares y un buen rendimiento de salto y aterrizaje con una pierna (Buckthorpe et al., 2021).

Lamentablemente no todas las personas tienen la capacidad económica para someterse a una cirugía y a una posterior rehabilitación, por lo que existe el tratamiento conservador que se basa en que el paciente sigue con sus actividades de la vida diaria, pero con un grado de limitación que no le permite realizar distintos movimientos que antes sí podía realizar. Sin embargo, se ha demostrado que los resultados de este tratamiento suelen ser muy variables, ya que depende del tipo de lesión, la edad, el tiempo de evolución entre otros (Mejias et al., 2014).

Por los motivos previamente mencionados es importante identificar los beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años con el propósito de determinar un buen protocolo fisioterapéutico.

Esta investigación tiene altas posibilidades de realizarse ya que existe información sobre el desgarre de ligamento cruzado anterior, así como del entrenamiento pliométrico, además de que se cuenta con la ayuda de profesionales en fisioterapia y metodología.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general.

Distinguir los beneficios terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas a través de una revisión bibliográfica.

2.3.2 Objetivos específicos.

- Describir la condición clínica de los atletas para la aplicación de ejercicio pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior.
- Identificar los efectos terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años a partir de la evidencia científica para entender como beneficia al paciente.
- Definir la dosificación del entrenamiento pliométrico a través de una revisión bibliográfica para el tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años.

Capítulo III

Marco Metodológico

En el siguiente capítulo se describen los materiales y métodos utilizados para esta investigación, tales como las principales fuentes de búsqueda, palabras clave, así como criterios de inclusión y exclusión.

3.1 Materiales

Para realizar esta investigación se utilizaron 50 fuentes bibliográficas, se tomaron en cuenta artículos de PubMed, PubMed central, Scielo, Google Scholar y EBSCO, todas estas plataformas contienen información confiable y verídica. Así como también se utilizaron literatura impresa y digital. Para esta búsqueda se utilizaron distintos términos de búsqueda tales como *plyometrics*, *anterior cruciate*, *knee injury*, *jump training*, *landing*, entre otros.

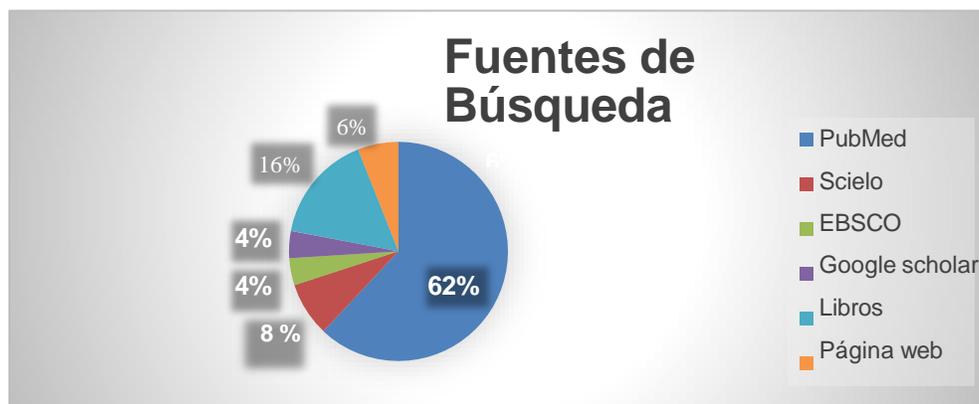


Figura 17. Gráfico de buscadores

Fuente: Elaboración propia. Gráfico de pie que muestra las diferentes plataformas de búsqueda para la recolección de información para esta investigación

3.2 Métodos

3.2.1 Enfoque de investigación. Un enfoque cualitativo se caracteriza porque “Utiliza la recolección y análisis de los datos para afinar las preguntas de investigación o revelar nuevas interrogantes en el proceso de interpretación” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p.7). La investigación se desarrolla acorde a un enfoque cualitativo, donde se utiliza la recolección de datos. De esta manera se busca describir los beneficios de la pliometría como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior.

3.2.2 Tipo de estudio. El estudio descriptivo “Busca especificar propiedades y características importantes de cualquier fenómeno que se analice, también describe tendencias de un grupo o población”. (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 92). Esta investigación será de tipo descriptiva porque se describirán los beneficios del entrenamiento pliométrico en pacientes que presentan desgarre de ligamento cruzado anterior.

3.2.3 Método de estudio. El método analítico-sintético funciona en conjunto, por una parte, el análisis que busca desarmar mentalmente un fenómeno en sus propiedades, cualidades, relaciones y componentes y la síntesis que establece una unión de lo analizado anteriormente permitiendo describir características semejantes entre dos elementos (Rodríguez y Pérez, 2017).

Esta investigación busca realizar un análisis de la información existente sobre el entrenamiento pliométrico como tratamiento para un desgarre de ligamento cruzado anterior y realizar una síntesis de los beneficios del tratamiento.

3.2.4 Diseño de investigación. Un estudio no experimental son aquellos “que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observan los fenómenos en su ambiente natural para analizarlos” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p.152). Esta investigación es de tipo no experimental por lo que solo se recolectan datos con evidencia ya preestablecida y no se realizará ningún estudio de campo. Esta investigación es de corte transversal ya que se describen las variables en un momento dado y se hace de manera observacional, el corte transversal se refiere a “Investigaciones que recopilan datos en un momento único” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p.154).

3.2.5 Criterios de selección.

Tabla 4. Criterios de selección

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Artículos con Doi • Artículos sin Doi • Artículos en español • Artículos en inglés • Páginas web oficiales • Artículos sobre desgarre de ligamento cruzado anterior • Artículos sobre pliometría • Artículos que describan la anatomía y biomecánica de la rodilla • Artículos encontrados en PubMed, EBSCO, Scielo y Google Scholar • Artículos con 10 años o menos de antigüedad • Libros sobre agentes físicos • Libros de pruebas funcionales • Libros de anatomía y biomecánica 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos con más de 10 años de antigüedad • Artículos en otro idioma que no sea español o inglés • Artículos que hablen sobre farmacología • Artículos que hablen sobre otras técnicas • Artículos que no concluyan resultados • Artículos que describan un grupo de estudio menor a 20 años

Fuente: elaboración propia. Se describen los criterios de inclusión y exclusión de la investigación.

3.3 Variables

Se define como una “Propiedad que tiene una variación que puede medirse u observarse” (Hernández-Sampieri et al., 2014, p. 105).

3.3.1 Variable independiente. Se le denomina independiente “Cuando se presume que es causa de la presencia o manifestación de la variable dependiente” (Oyola y Enrique, 2021, p.91).

Siendo la variable independiente de este estudio, el entrenamiento pliométrico.

3.3.2 Variable dependiente. Se define como dependiente “Cuando se presume que es el posible efecto o el resultado de la presencia o manifestación de la variable independiente. Es el centro de máxima atención del estudio” (Oyola y Enrique, 2021, p.91). Siendo la variable dependiente de esta investigación, el desgarrar de ligamento cruzado anterior.

3.3.3 Operacionalización de variables.

Tabla 5. Variables y sus definiciones conceptual y operacional

Tipo	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Fuentes
Independiente	Entrenamiento pliométrico	Se trata de un programa de entrenamiento que tiene como finalidad mejorar el rendimiento explosivo, favoreciendo la velocidad, la altura de salto entre otros.	frecuente en	El entrenamiento pliométrico se basa en ejercicios de velocidad, saltos y de agilidad que ayudan al atleta a recuperar su control neuromuscular. Los síntomas más frecuentes son dolor, tumefacción, inestabilidad y
Dependiente	Desgarre de ligamento cruzado anterior	Es una ruptura o estiramiento excesivo del ligamento. Es		

Buckthorpe et al., 2021.

H
e
r
m
o

so et al.,
2013.

Ayala, J.
García, G.

deportes que combinan saltos y recepciones con carrera, en los cuales los cambios de ritmo son importantes	laxitud anteroposterior	Alcocer, L, 2014.
--	-------------------------	-------------------

Tabla que describe la operativización de variables (elaboración propia).

Capítulo IV

Resultados

En el siguiente capítulo se darán a conocer los diferentes artículos científicos utilizados en esta investigación. Estos contienen información acerca de los efectos terapéuticos, dosificaciones y condición clínica para realizar un entrenamiento pliométrico durante la rehabilitación de la lesión de ligamento cruzado anterior. Los siguientes artículos se organizan en un texto con sus autores, materiales y métodos, así como los resultados de cada investigación.

4.1 Resultados

Primer objetivo. Describir la condición clínica de los atletas para la aplicación de ejercicio pliométrico como tratamiento post desgarre de ligamento cruzado anterior

Kasmi et al. (2021) en su artículo *The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes* realizaron un estudio experimental donde participaron 48 atletas de alto rendimiento de entre 20 y 32 años, solo 40 de ellos completaron la intervención. Fueron divididos en 4 grupos, 3 experimentales y uno de control, fueron seleccionados según su sexo, edad e IMC. Para realizar este tipo de entrenamiento los participantes necesitaban cumplir con ciertos requerimientos los cuales eran: A) que se ejercitaran de 6 a 8 veces

a la semana, B) lesión de ligamento cruzado anterior sin contacto, C) que no tuvieran antecedentes de lesiones musculares o articulares, D) que no tuvieran complicaciones luego de la cirugía. Los grupos experimentales estaban divididos en excéntricos, pliométricos y la combinación de ambos, para las intervenciones se realizaron ejercicios tales como saltos verticales, saltos unilaterales, saltos de profundidad, saltos laterales, *curl* excéntrico y extensión excéntrica de cuádriceps y el grupo de control realizó un tratamiento conservador. Se concluyó que la combinación de excéntricos y pliométricos es lo más eficaz ya que mejora la estabilidad y el rendimiento funcional en atletas de élite.

Álvarez et al. (2021) en su artículo *efectos de la pliometría para el tratamiento fisioterapéutico de lesiones deportivas de rodilla*, realizaron un estudio cuasi experimental donde participaron 20 personas mayores de edad que presentaban lesiones de rodilla, la intervención tuvo una duración de 12 sesiones, 2 intervenciones por semana. Los pacientes realizaron diferentes tipos de ejercicio tales como; saltos en contra de movimiento, salto en cuclillas y salto en caída. Los participantes debían contar con cierta condición clínica para participar en el estudio, A) que practicaran deporte, B) que no presentaran enfermedades metabólicas de rodilla, C) que no presentaran enfermedades degenerativas osteoarticulares, D) que estuvieran en una etapa aguda luego de una cirugía. El estudio concluyó que el entrenamiento pliométrico incrementa la elasticidad, fuerza y el nivel de salto.

Chmielewski et al. (2016) en su artículo *Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise During Rehabilitation After Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*, realizó un ensayo clínico donde participaron 25 pacientes entre 15 y 30 años. Los participantes se dividieron de forma aleatoria en 2 grupos, por un lado, los ejercicios de baja intensidad y por otro lado el grupo de ejercicio de alta intensidad. Las intervenciones se realizaron 2 veces por semana durante 8

semanas por un fisioterapeuta. Los participantes necesitaron una condición clínica idónea o ciertos criterios para participar en este estudio, entre ellos cabe mencionar los siguientes: A) cirugía de ligamento cruzado anterior de no más de 6 meses, B) que realizaran deporte que incluyera saltos o pivoteo, C) que tuvieran extensión completa activa de rodilla, D) que no tuvieran más de 2 puntos de 10 de dolor, E) lesión unilateral de rodilla y F) que no tuviera antecedentes de reparación de cartílago. En el grupo de baja intensidad se realizaron ejercicios de salto, de agilidad y de velocidad, a diferencia del primer grupo, en el de alta intensidad los participantes necesitaron hacer un mayor esfuerzo para ejecutar los ejercicios, esto, realizándolos a una mayor velocidad. El estudio describió que en ambos grupos se aumentó la altura de salto vertical, cambios positivos en la función de la rodilla y en el estado psicológico que es importante para que atleta vuelva a participar en sus actividades. Se concluyó que no existen diferencias entre el grupo de baja y alta intensidad.

Segundo objetivo. Identificar los efectos terapéuticos del entrenamiento pliométrico como tratamiento post desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años a partir de la evidencia científica para entender como beneficia al paciente.

Elias et al. (2015) en su artículo *High Repetition Jump Training Coupled With Body Weight Support In a Patient With Knee Pain And Prior History Of Anterior Cruciate Ligament Reconstruction*, realizaron un reporte de caso, donde participó una mujer de 23 años con historia previa de reconstrucción de ligamento cruzado anterior. Las intervenciones se realizaron 2 veces por semana durante 8 semanas, cada entrenamiento estaba compuesto de saltos verticales, saltos anchos, saltos giratorios y laterales, las terapias tuvieron una duración de alrededor de 1 hora, durante las primeras 6 semanas la participante realizo el entrenamiento con un sistema de soporte

de peso corporal (BWS) con el objetivo de permitir libertad de movimiento con una fuerza vertical constante permitiendo un movimiento y especificidad deportiva, además BWS tenía la función de permitir una menor intensidad y una mayor repetición en cada sesión de entrenamiento. Las últimas 2 semanas se realizó la intervención sin el sistema BWS y se empezó a progresar el entrenamiento, se implementó enfoque de atención externos, pidiéndole a la paciente que se sentara en una silla durante el aterrizaje de un salto, por otro lado, también se implementó enfoque de atención internos, donde se le solicitó a la participante aterrizar con las rodillas flexionadas. Las actividades deportivas se implementaron en la semana 5 hasta y se continuaron progresando hasta la última semana, la paciente pasó de realizar saltos mientras agarraba un balón hasta lanzar y agarrar la pelota durante el aterrizaje. Para medir los resultados se utilizaron 2 escalas, las cuales fueron IKDC y ACL RSI, estas se utilizaron al principio y al final del tratamiento. Las puntuaciones en ambas escalas aumentaron favorablemente de 68% y 43% a 90% y 84%, A) los ángulos de flexión de rodilla y cadera aumentaron durante el aterrizaje de 47° y 53° a 72° y 80° y por último B) las fuerzas de reacción verticales durante el aterrizaje disminuyeron de 3,8 N/kg a 3,2 N/kg. El estudio concluyó que el entrenamiento pliométrico es capaz de C) generar cambios positivos en las deficiencias mecánicas y psicológicas del paciente.

Elias et al. (2018) en su artículo *Clinical Efficacy of Jump Training Augmented With Body Weight Support After ACL Reconstruction*, realizaron un ensayo clínico donde participaron 19 atletas de entre 12 y 35 años que tuvieran de 6 a 48 meses de haberse sometido a una reconstrucción de ligamento cruzado anterior. La intervención se realizó 2 veces por semana durante 8 semanas, cada una con una duración de 1 hora. Los participantes se dividieron en 2 grupos, el primero que se basaba en un entrenamiento de salto en condiciones normales de peso corporal (JTBW) y el otro que era un entrenamiento de salto aumentado por un sistema

(JTBWS). Cada sesión empezaba y finalizaba con un informe verbal de dolor de rodilla y dolor muscular, los entrenamientos para el grupo JTBW estaban compuestos de saltos verticales, saltos laterales, saltos divididos, saltos de longitud, saltos giratorios, salto sobre cajas, entre otros. El grupo JTBWS realizó saltos combinados, saltos sobre caja, ejercicios de agilidad, entre otros. Para medir los resultados se utilizó la escala IKDC, se encontraron cambios positivos durante el entrenamiento, pero no hubo diferencias entre ambos grupos o sexo. A) La puntuación IKDC aumentó de 76-12 a 87-8, B) la flexión de rodilla durante el aterrizaje con una sola pierna aumentó de 57°-11° a 73°-9. El estudio concluyó que el entrenamiento de salto C) reduce el riesgo de una segunda lesión de ligamento cruzado anterior y de padecer osteoartritis, además D) mejora la función física, así como la coordinación neuromuscular y E) reduce el riesgo de derrame articular.

Maciejczyk et al. (2021) en su artículo *Efectos del entrenamiento pliométrico de corta duración sobre la agilidad, el salto y el rendimiento de sprints repetidos en jugadoras de fútbol*, realizaron un ensayo aleatorizado donde participaron jugadoras de fútbol de entre 16 y 26 años, la intervención se realizó 2 veces por semana durante 4 semanas. Las participantes se dividieron en 2 grupos, el grupo pliométrico PLY y el grupo de control CON. El grupo PLY realizó ejercicios tales como: saltos bilaterales sobre vallas, saltos unilaterales sobre vallas, saltos laterales, saltos hacia adelante y atrás y distintas combinaciones entre estos. El total de saltos realizados durante las 4 semanas fueron 524. El estudio demostró que el entrenamiento pliométrico A) mejora el rendimiento de salto, B) mejora la agilidad y C) mejora el salto contra movimiento. Se concluyó que este entrenamiento puede ser efectivo cuando se aplica durante 4 semanas en lugar de 6 o 12 como se hace normalmente.

Tercer objetivo. Definir la dosificación del entrenamiento pliométrico a través de una revisión bibliográfica para el tratamiento post desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años

Baharuddin et al. (2020) en su artículo *Effect of Plyometric Training on Anterior Cruciate Ligament Injury among Female Volleyball Players*, realizaron un estudio transversal donde participaron 20 atletas de voleibol de entre 19 y 25 años, se dividieron de forma aleatoria en 2 grupos, el experimental y el de control, la intervención se realizó 2 veces por semana durante 6 semanas. Cada sesión estaba compuesta por una fase de estiramiento, calentamiento y enfriamiento, se realizaron 4 tipos de ejercicios los cuales fueron: salto bilateral, salto unilateral, saltos *tuck* y salto bilateral de tobillos, para su correcta dosificación se utilizaron los principios de progresión, esto manipulando las repeticiones, intensidad y series. A) La primera semana se realizaron sentadillas con saltos bilaterales, unilaterales y saltos de tobillos, se les pidió a los atletas realizar 3 series de 10 repeticiones con un descanso de 30 segundos después de cada serie y 2 minutos de descanso entre cada ejercicio. B) La segunda semana realizaron 3 series de 15 repeticiones y los mismos tiempos de descanso que la semana 1. C) En la tercer y cuarta semana se implementó el salto *tuck*, del cual realizaron 2 series de 10 repeticiones y de los ejercicios anteriores se realizaron 4 series de 10 repeticiones con los mismos tiempos de descanso. D) En las últimas 2 semanas los atletas realizaron 3 series de 15 repeticiones del salto *tuck* y 5 series de 15 repeticiones de los otros ejercicios con los mismos tiempos de descanso. El estudio concluyó que el entrenamiento pliométrico fortalece los miembros inferiores y ayuda a prevenir lesiones.

Alikhani et al. (2019) en su artículo *The Effect of a Six-week Plyometric Training on Dynamic Balance and Knee Proprioception in Female Badminton Player*, realizaron un estudio experimental donde participaron 22 jugadoras de badminton entre 15 y 25 años, se dividieron en 2 grupos, 12

fueron al experimental y 10 al grupo de control. La intervención para el grupo experimental tuvo una duración de 6 semanas, 3 sesiones a la semana, cada una con una duración de 20 minutos. El entrenamiento se dividió en 3 fases, cada una con un nivel de dificultad más elevado que el anterior. A) La primera fase constó de 1 serie de 15 repeticiones de saltos en cuclillas, saltos laterales, saltos hacia adelante y detrás y límites. 1 serie de 30 repeticiones de saltos de 180°, 1 serie de 5 repeticiones de saltos de longitud, 1 serie de 6 repeticiones de saltos en tijera y de saltos en caja. B) La segunda fase fue similar a la anterior con la diferencia que las repeticiones del salto de longitud aumentaron de 5 a 15, en el salto en caja se aumentó a 2 series de 6 repeticiones y se agregaron saltos en 180° con agarre de balón donde se realizó 1 serie de 6 repeticiones, también se agregaron saltos *tuck* 1 serie de 15 repeticiones. C) En la última fase se agregaron saltos de profundidad 2 series de 6 repeticiones, saltos-x 2 series de 6 repeticiones y *box drops* 2 series de 6 repeticiones. El estudio concluyó que la pliometría mejora el equilibrio dinámico y la propiocepción de la rodilla.

Krishna et al. (2019) en su artículo *Plyometric-based Training for Isokinetic Knee Strength and Jump Performance in Cricket Fast Bowlers* realizaron un estudio experimental donde participaron jugadores de cricket de entre 18 y 30 años. Se crearon 2 grupos, el experimental y el de control. La intervención tuvo una duración de 12 semanas, se dividió en 4 fases, cada una duraba 3 semanas, y cada una tenía su propia dificultad. A) La primera fase constaba de saltos en cuclillas, salto de vallas, salto de obstáculos y algunos ejercicios de fuerza, todos estos ejercicios se realizaron 3 series de 8 repeticiones. B) En la segunda fase se realizaron saltos de longitud, de vallas y de obstáculos de los cuales se realizaron de igual manera 3 series de 8 repeticiones y los ejercicios de fuerza aumentaron a 10 repeticiones. C) En la tercera fase se realizaron saltos unilaterales sobre caja, saltos de obstáculos y límites los cuales se realizaron 3 series de 8

repeticiones y los ejercicios de fuerza 3 series de 10 repeticiones. D) En la última fase se realizaron saltos verticales sobre caja, límites continuos, salto de obstáculos, límites y saltos rotacionales, estos se realizaron 3 series de 8 repeticiones y los ejercicios de fuerza 3 series de 10 repeticiones. El estudio concluyó que el entrenamiento de pliometría y fuerza mejora la fuerza isocinética de la rodilla y reduce el riesgo de lesión de columna vertebral en atletas de cricket.

4.2 Discusión

En el estudio de Kasmi et al., 2021 la condición clínica necesaria para realizar un entrenamiento pliométrico requería de una lesión de ligamento cruzado anterior sin contacto, que se ejercitaran de 6 a 8 veces por semana, que no tuvieran complicaciones post quirúrgicas y que no tuvieran antecedentes de lesiones musculares o articulares. El cumplimiento de estos requisitos dio como resultado una mejora en la estabilidad y del rendimiento funcional en los atletas.

Por el contrario, en el estudio de Álvarez et al., 2021 describieron que los participantes no debían presentar historia de enfermedades metabólicas de rodilla, que no presentaran enfermedades degenerativas osteoarticulares y, por último, no estar en una etapa aguda luego de la cirugía. El resultado de realizar la intervención con estos criterios fue un aumento de la fuerza, elasticidad y del nivel de salto.

En tercera instancia Chmielewski et al., 2016 definieron que los participantes necesitaban haber pasado más de 6 meses luego de la cirugía, que realizaran ejercicios que incluyeran saltos, que pudieran realizar la extensión completa de rodilla y que no tuviera historia de reparación de cartílago. Gracias al cumplimiento de esta condición clínica se consiguió una mejora en la altura de salto, cambios positivos en la función de la rodilla y en el estado psicológico.

Está claro que el entrenamiento pliométrico es beneficioso para los atletas que han sufrido una lesión de ligamento cruzado anterior, en el estudio de Elias et al., 2015 se evidencia que los ángulos de flexión rodilla y cadera aumentaron durante el aterrizaje, también que las fuerzas de reacción verticales durante el aterrizaje disminuyeron de 3.2 N/KG a 3.2 N/KG luego de la intervención y por último que hubo cambios positivos en las deficiencias mecánicas y psicológicas del paciente.

Por otro lado, en el estudio de Elias et al., 2018 se observó que los participantes aumentaron la flexión de rodilla durante el aterrizaje con una sola pierna, también los atletas mejoraron su condición física, así como la coordinación neuromuscular y que se reduce el riesgo de una segunda lesión de ligamento cruzado anterior y de padecer osteoartritis.

Desde otra perspectiva en el estudio de Maciejczyk et al., 2021 se puede observar que los participantes mejoraron en varios aspectos claves para realizar deporte. Mejoraron su rendimiento de salto, su agilidad y el salto contra movimiento.

Se han definido distintas dosificaciones para el entrenamiento pliométrico, en el estudio de Baharuddin et al., 2020 la intervención se realizaba 2 veces por semana durante de 6 semanas, cada sesión estaba compuesta de una fase de estiramiento, calentamiento y enfriamiento. Se realizaron diferentes tipos de saltos, todos se realizaron de manera progresiva siendo 3 series de 10 repeticiones en la primera semana, 3 series de 15 repeticiones en la segunda semana y en las últimas semanas se fueron implementando distintos ejercicios que incrementarían la dificultad. Realizando esta dosificación los participantes mejoraron su fuerza muscular de los miembros inferiores y además ayuda a prevenir futuras lesiones.

Por otro lado, en el estudio de Alikhani et al., 2019 la intervención se realizó 3 veces por semana durante 6 semanas con una duración de 20 minutos. La intervención se realizó en 3 fases, en la

primera de ellas se realizaron 15, 30, 5 y 6 repeticiones de distintos tipos de salto, en las demás fases las repeticiones fueron aumentando, así como la dificultad. Con esta dosificación se pudo observar una mejora en el equilibrio y propiocepción de la rodilla.

Para finalizar en el estudio de Krishna et al., 2019 la intervención se dividió en 4 fases, cada una con una duración de 3 semanas donde cada una tenía su propia dificultad. En la primera fase se realizaron 3 series de 8 repeticiones de distintos ejercicios de salto, luego se fueron incluyendo más ejercicios y las repeticiones aumentaron a 10. Con este plan de tratamiento los atletas mejoraron la fuerza isocinética de la rodilla y se reduce el riesgo de lesión de columna vertebral.

4.3 Conclusiones

Respondiendo a la pregunta planteada acerca de cuáles son los beneficios del entrenamiento pliométrico como tratamiento pos desgarre de ligamento cruzado anterior en atletas de 20 a 30 años se obtienen las siguientes conclusiones:

- La condición clínica para realizar un entrenamiento pliométrico es variada, sin embargo, se puede concluir que para realizar este tipo de ejercicio es necesario contar con una buena condición física y no presentar antecedentes de lesiones articulares o musculares de las rodillas.
- Según los resultados de varios artículos utilizados en esta investigación, el entrenamiento pliométrico causa distintos efectos terapéuticos que benefician a la recuperación de los atletas, siendo los más importantes el fortalecimiento muscular y una buena funcionalidad de la articulación de la rodilla.

- Los parámetros de tratamiento son variados cuando hablamos del tipo de ejercicio, ya que existen múltiples tipos de saltos y la combinación de estos con otros ejercicios o elementos de apoyo, no obstante, se puede observar que la duración del tratamiento oscila siempre entre 6 a 12 semanas y que la dosificación debe ser siempre progresiva con el objetivo de lograr un mejor rendimiento deportivo.

4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas

Implementar una base de datos a nivel nacional donde se incluyan este tipo de lesiones deportivas para conocer más sobre ellas y así implementar planes de tratamiento fisioterapéutico para prevenir lesiones.

Buscar que se realicen futuros meta-análisis para conocer más acerca del entrenamiento pliométrico en la rehabilitación pos-reconstrucción de ligamento cruzado anterior, esto con el objetivo de conocer más efectos, beneficios, etc.

Realizar estudios experimentales para conocer la correcta utilización de la pliometría en este tipo de lesiones, así como una adecuada dosificación para garantizar una rehabilitación y un rendimiento deportivo óptimo.

Referencias

Alikhani, R., Shahrjerdi, S., Golpaigany, M., & Kazemi, M. (2019). The effect of a six-week plyometric training on dynamic balance and knee proprioception in female badminton players. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 63(3), 144–153.

Álvarez Carrión., Robayo. Vallejo Chinche., Zurita Alvarez., & Guamán Capito. (2021). Efectos de la Pliometría para el Tratamiento Fisioterapéutico de Lesiones Deportivas de Rodilla. *Mediciencias UTA*, 5(4.1), 134 - 138. doi:10.31243/mdc.uta.v5i4.1.1154.2021

Álvarez López, Alejandro, & García Lorenzo, Yenima. (2015). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Revista Archivo Médico de Camagüey*, 19(1), 83-91. Recuperado en 20 de abril de 2022, de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1025-02552015000100014&lng=es&tlng=es.

Anderson, M. J., Browning, W. M., 3rd, Urband, C. E., Kluczynski, M. A., & Bisson, L. J. (2016). A Systematic Summary of Systematic Reviews on the Topic of the Anterior Cruciate Ligament. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 4(3), 2325967116634074. <https://doi.org/10.1177/2325967116634074>

Ayala-Mejías, JD, García-Estrada, GA, & Alcocer Pérez-España, L. (2014). Lesiones del ligamento cruzado anterior. *Acta ortopédica mexicana*, 28(1), 57-67. Recuperado en 20 de abril de 2022, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022014000100012&lng=es&tlng=es.

Baharuddin, M. Y., Sudirman, S., Aminudin, S. N. A. (2020). Effect of Plyometric Training on Anterior Cruciate Ligament Injury among Female Volleyball Players. *American Journal of Sciences and Engineering Research*, 3(6), 86-90.

Buckthorpe, M., & Della Villa, F. (2021). Recommendations for Plyometric Training after ACL Reconstruction - A Clinical Commentary. *International journal of sports physical therapy*, 16(3), 879–895. <https://doi.org/10.26603/001c.23549>

Cameron, M. H. (2013). *Agentes físicos en rehabilitación: De la investigación a la práctica* (4.aed.). Elsevier.

Campagne, D. (3 de marzo de 2022) *esguinces de rodilla y lesiones de menisco*. Manual MSD versión para profesionales.

<https://www.msmanuals.com/es/professional/lesiones-y-envenenamientos/esguinces-y-otras-lesiones-de-partes-blandas/esguinces-de-rodilla-y-lesiones-de-menisco>

Chang, Wen Dien; Lai, Ping Tung (2014). Neuromuscular Training for Prevention of Anterior Cruciate Ligament Injury in Female Athletes. *International Journal of Athletic Therapy and Training*, 19(6), 17–21. doi:10.1123/ijatt.2014-0042

Chmielewski, T. L., George, S. Z., Tillman, S. M., Moser, M. W., Lentz, T. A., Indelicato, P. A., Trumble, T. N., Shuster, J. J., Cicuttini, F. M., & Leeuwenburgh, C. (2016). Low- Versus High-Intensity Plyometric Exercise during Rehabilitation after Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. *The American journal of sports medicine*, 44(3), 609–617. <https://doi.org/10.1177/0363546515620583>

Collins, N. J., Misra, D., Felson, D. T., Crossley, K. M., & Roos, E. M. (2011). Measures of knee function: International Knee Documentation Committee (IKDC) Subjective Knee Evaluation Form, Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS), Knee Injury and Osteoarthritis Outcome Score Physical Function Short Form (KOOS-PS), Knee Outcome Survey Activities of Daily Living Scale (KOS-ADL), Lysholm Knee Scoring Scale, Oxford Knee Score (OKS), Western Ontario and McMaster Universities Osteoarthritis Index (WOMAC), Activity Rating Scale (ARS), and Tegner Activity Score (TAS). *Arthritis care & research*, 63 Suppl 11(0 11), S208–S228. <https://doi.org/10.1002/acr.20632>

Davies, G., Riemann, B. L., & Manske, R. (2015). CURRENT CONCEPTS OF PLYOMETRIC EXERCISE. *International journal of sports physical therapy*, 10(6), 760–786.

Do Carmo Almeida, T. C., de Alcantara Sousa, L. V., de Melo Lucena, D. M., Dos Santos Figueiredo, F. W., Valenti, V. E., da Silva Paiva, L., de Abreu, L. C., & Adami, F. (2016). Evaluation of functional rehabilitation physiotherapy protocol in the postoperative patients with anterior cruciate ligament reconstruction through clinical prognosis: an observational prospective study. *BMC research notes*, 9(1), 449. <https://doi.org/10.1186/s13104-016-2234-9>

- Elias, A., Harris, K. J., LaStayo, P. C., & Mizner, R. L. (2018). Clinical Efficacy of Jump Training Augmented With Body Weight Support After ACL Reconstruction: A Randomized Controlled Trial. *The American journal of sports medicine*, *46*(7), 1650–1660. <https://doi.org/10.1177/0363546518759052>
- Elias, A. R., Kinney, A. E., & Mizner, R. L. (2015). High repetition jump training coupled with body weight support in a patient with knee pain and prior history of anterior cruciate ligament reconstruction: a case report. *International journal of sports physical therapy*, *10*(7), 1035–1049.
- Filbay, S. R., & Grindem, H. (2019). Evidence-based recommendations for the management of anterior cruciate ligament (ACL) rupture. *Best practice & research. Clinical rheumatology*, *33*(1), 33–47. <https://doi.org/10.1016/j.berh.2019.01.018>
- Ghaderi, M., Letafatkar, A., Thomas, A. C., & Keyhani, S. (2021). Effects of a neuromuscular training program using external focus attention cues in male athletes with anterior cruciate ligament reconstruction: a randomized clinical trial. *BMC sports science, medicine & rehabilitation*, *13*(1), 49. <https://doi.org/10.1186/s13102-021-00275-3>
- Hermoso, J. A. H., & García, M. J. C. (2013). *Lesiones ligamentosas de la rodilla* (primera edición). Marge Books.
- Hernández-Sampieri, R. (2014). *Metodología De La Investigación (6ta Edición)* (6th ed.). McGraw Hill.
- Hewett, T. E., Myer, G. D., Ford, K. R., Paterno, M. V., & Quatman, C. E. (2016). Mechanisms, prediction, and prevention of ACL injuries: Cut risk with three sharpened and validated tools. *Journal of orthopaedic research: official publication of the Orthopaedic Research Society*, *34*(11), 1843–1855. <https://doi.org/10.1002/jor.23414>
- Imoto, A. M., Peccin, S., Almeida, G. J., Saconato, H., & Atallah, Á. N. (2011). Effectiveness of electrical stimulation on rehabilitation after ligament and meniscal injuries: a systematic review. *Sao Paulo medical journal = Revista paulista de medicina*, *129*(6), 414–423. <https://doi.org/10.1590/s1516-31802011000600008>
- Jurado, A. y Medina, I. (2002). *Manual de pruebas diagnósticas; Traumatología y ortopedia*.

Editorial Paidotribo.

Kaeding, C. C., Léger-St-Jean, B., & Magnussen, R. A. (2017). Epidemiology and Diagnosis of Anterior Cruciate Ligament Injuries. *Clinics in Sports Medicine*, 36(1), 1–8. <https://doi.org/10.1016/j.csm.2016.08.001>

Kasmi, S., Zouhal, H., Hammami, R., Clark, C., Hackney, A. C., Hammami, A., Chtara, M., Chortane, S. G., Salah, F., Granacher, U., & Ounis, O. B. (2021). The Effects of Eccentric and Plyometric Training Programs and Their Combination on Stability and the Functional Performance in the Post-ACL-Surgical Rehabilitation Period of Elite Female Athletes. *Frontiers in physiology*, 12, 688385. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.688385>

Kawashima, T., Omi, Y., Kuriyama, S., Hoshida, T. y Sugimoto, D. (2021). Efecto del entrenamiento para la prevención de la ruptura del injerto en atletas jóvenes después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: un estudio de intervención prospectivo de 8 años. *Revista ortopédica de medicina deportiva*, 9 (1), 2325967120973593. <https://doi.org/10.1177/2325967120973593>

Kendall, F. P., & Kendall McCreary, E. (2007). *Kendall's músculos: Pruebas funcionales, postura y dolor* (5ª ed.). Madrid: Marbán.

Kiapour, A. M., & Murray, M. M. (2014). Basic science of anterior cruciate ligament injury and repair. *Bone & Joint Research*, 3(2), 20-31. <https://doi.org/10.1302/2046-3758.32.2000241>

Krishna, S. A., Alwar, T. K., Sibeko, S., Ranjit, S., & Sivaraman, A. (2019). Plyometric-based Training for Isokinetic Knee Strength and Jump Performance in Cricket Fast Bowlers. *International journal of sports medicine*, 40(11), 704–710. <https://doi.org/10.1055/a-0970-5564>

Kubo, K., Ikebukuro, T., & Yata, H. (2021). Effects of plyometric training on muscle-tendon mechanical properties and behavior of fascicles during jumping. *Physiological reports*, 9(21), e15073. <https://doi.org/10.14814/phy2.15073>

Leirós-Martínez, L., Abalo-Núñez, R., & Da Cuña Carrera, I. (2019). La vuelta al fútbol tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Revista Andaluza de Medicina Del Deporte*, 12(3), 268–271. <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2019.07.001>.

- Logterman, S. L., Wydra, F. B., & Frank, R. M. (2018). Posterior Cruciate Ligament: Anatomy and Biomechanics. *Current reviews in musculoskeletal medicine*, 11(3), 510–514. <https://doi.org/10.1007/s12178-018-9492-1>
- Maciejczyk, M., Błyszczuk, R., Drwal, A., Nowak, B., & Strzała, M. (2021). Effects of Short-Term Plyometric Training on Agility, Jump and Repeated Sprint Performance in Female Soccer Players. *International journal of environmental research and public health*, 18(5), 2274. <https://doi.org/10.3390/ijerph18052274>
- Medlineplus. (2022). Lesión de ligamento cruzado anterior (LCA). Medlineplus: autor. Recuperado de: <https://medlineplus.gov/spanish/ency/article/001074.htm>
- Moore, K., Dailey, A. y Agur, A. (2013) *Anatomía con orientación clínica*, (Traducido Magri-Ruiz, B. 7ma edición) Barcelona, Lippincott Williams & Wilkins.
- Mroczek, D., Maćkała, K., Chmura, P., Superlak, E., Konefał, M., Seweryniak, T., Borzucka, D., Rektor, Z., & Chmura, J. (2019). Effects of Plyometrics Training on Muscle Stiffness Changes in Male Volleyball Players. *Journal of strength and conditioning research*, 33(4), 910–921. <https://doi.org/10.1519/JSC.00000000000003074>
- Neumann, D. (2007) *Fundamentos de rehabilitación física cinesiología del sistema esquelética*, Badalona, España: Editorial Paidotribo.
- Oyola-García, Alfredo Enrique. (2021). La variable. *Revista del Cuerpo Médico Hospital Nacional Almanzor Aguinaga Asenjo*, 14(1), 90-93. <https://dx.doi.org/10.35434/rcmhnaaa.2021.141.905>
- Paschos, N. K., & Howell, S. M. (2017). Anterior cruciate ligament reconstruction: principles of treatment. *EFORT open reviews*, 1(11), 398–408. <https://doi.org/10.1302/2058-5241.1.160032>
- Raines, B. T., Naclerio, E., & Sherman, S. L. (2017). Management of Anterior Cruciate Ligament Injury: What's In and What's Out?. *Indian journal of orthopaedics*, 51(5), 563–575. https://doi.org/10.4103/ortho.IJOrtho_245_17
- Rodríguez Jiménez, A., & Pérez Jacinto, A. O. (2017). Métodos científicos de indagación y de construcción del conocimiento. *Revista Escuela de Administración de Negocios*, 82, 175–195. <https://doi.org/10.21158/01208160.n82.2017.1647>
- Shim, J. K., Choi, H. S., & Shin, J. H. (2015). Effects of neuromuscular training on knee

joint stability after anterior cruciate ligament reconstruction. *Journal of physical therapy science*, 27(12), 3613–3617. <https://doi.org/10.1589/jpts.27.3613>

Silva, A. F., Clemente, F. M., Lima, R., Nikolaidis, P. T., Rosemann, T., & Knechtle, B. (2019). The Effect of Plyometric Training in Volleyball Players: A Systematic Review. *International journal of environmental research and public health*, 16(16), 2960. <https://doi.org/10.3390/ijerph16162960>

Sugimoto, D., Myer, G. D., Foss, K. D., & Hewett, T. E. (2014). Dosage effects of neuromuscular training intervention to reduce anterior cruciate ligament injuries in female athletes: meta- and sub-group analyses. *Sports medicine (Auckland, N.Z.)*, 44(4), 551–562. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0135-9>

Tat, J., Crapser, D., Alaqeel, M., Schupbach, J., Lee-Howes, J., Tamimi, I., Burman, M., & Martineau, P. A. (2021). A Quantifiable Risk Factor for ACL Injury: Applied Mathematics to Model the Posterolateral Tibial Plateau Surface Geometry. *Orthopaedic journal of sports medicine*, 9(4), 2325967121998310. <https://doi.org/10.1177/2325967121998310>

Taboadela, C. (2007). *Goniometría una herramienta para la evaluación de las incapacidades laborales*, Ciudad Autónoma de Buenos Aires, Argentina: asociart ART

Vaamonde, D., Vega Lozano, A., Canales Domínguez, A., & Barossi, J. (2019). Prevención y tratamiento de lesiones de ligamento cruzado anterior relacionadas con el deporte. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 381-385. <https://doi.org/10.33155/j.ramd.2019.05.006>

Vaianti, E., Scita, G., Ceccarelli, F., & Pogliacomini, F. (2017). Understanding the human knee and its relationship to total knee replacement. *Acta bio-medica: Atenei Parmensis*, 88(2S), 6–16. <https://doi.org/10.23750/abm.v88i2-S.6507>

Walker, A., Hing, W., & Lorimer, A. (2020). The Influence, Barriers to and Facilitators of Anterior Cruciate Ligament Rehabilitation Adherence and Participation: a Scoping Review. *Sports medicine - open*, 6(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s40798-020-00258-7>

Wolf, S. F. (2019, 25 septiembre). *Lesiones del LCA en deportistas jóvenes*. Recuperado de: HealthyChildren.org. <https://www.healthychildren.org/Spanish/health-issues/injuries-emergencies/sports-injuries/Paginas/ACL-Injuries.aspx>