

## **Instituto Profesional en Terapias y Humanidades**

**REVISIÓN TEÓRICA DEL USO DEL STAR EXCURSION BALANCE  
TEST PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DINÁMICA  
EN FUTBOLISTAS MASCULINOS CON POSTOPERATORIO DE  
AUTOINJERTO DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE 20 A  
25 AÑOS**

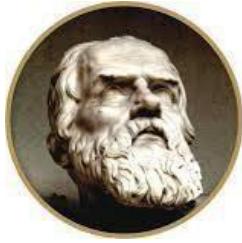


Que presenta

**Allison Vanessa Acajabón Díaz**

Ponente

**Ciudad de Guatemala, Guatemala, diciembre 2024**



## **Instituto Profesional en Terapias y Humanidades**

**REVISIÓN TEÓRICA DEL USO DEL STAR EXCURSION BALANCE  
TEST PARA LA EVALUACIÓN DE LA ESTABILIDAD DINÁMICA  
EN FUTBOLISTAS MASCULINOS CON POSTOPERATORIO DE  
AUTOINJERTO DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR DE 20 A  
25 AÑOS**



Tesis profesional para obtener el Título de  
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

**Allison Vanessa Acajabón Díaz**  
Ponente

**Lic. Juan Carlos Aguilar Palomares**

Director de Tesis

**Licda. María Isabel Díaz Sabán**

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala, diciembre 2024

**INVESTIGADORES RESPONSABLES**

PONENTE	Allison Vanessa Acajabón Díaz
DIRECTOR DE TESIS	Lic. Juan Carlos Aguilar Palomares
ASESOR METODOLÓGICO	Lcda. Isabel Díaz Sabán

Guatemala, 23 de noviembre de 2024

Alumna  
Allison Vanessa Acajabón Díaz  
Presente

Respetable Alumna:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión teórica del uso del Star Excursion Balance Test para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años”** correspondiente al Examen General Privado de la carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por **APROBADO** el mismo.

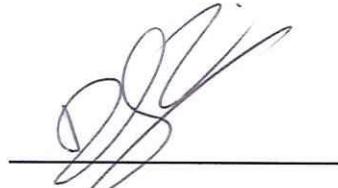
Aprovechamos la oportunidad para felicitarle y desearle éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

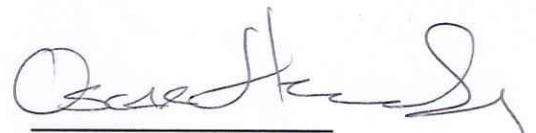
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD



Lic. Emanuel Alexander  
Vásquez Monzón  
Secretario



Lic. Diego Estuardo Jiménez  
Rosales  
Presidente



Lic. Oscar Omar Hernandez  
González  
Examinador

Guatemala, 26 de abril del 2023

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

Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que se ha realizado la revisión del trabajo de tesis titulado: **“Revisión teórica del uso del Star Excursion Balance Test para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años”** de la alumna Allison Vanessa Acajabón Díaz.

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. Oscar Omar Hernandez González  
Asesor de Tesis  
IPETH-Guatemala

Guatemala, 28 de abril del 2023

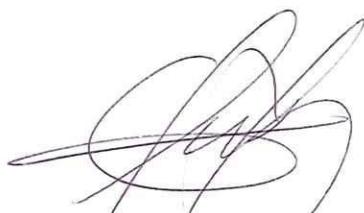
Doctora  
Vilma Chávez de Pop  
Decana  
Facultad de Ciencias de la Salud  
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que la Alumna Allison Vanessa Acajabón Díaz de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado **“Revisión teórica del uso del Star Excursion Balance Test para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años”**, mismo que 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,



Licda. Jessica Gabriela Yax Velásquez  
Revisor Lingüístico  
IPETH. Guatemala

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

<b>Nombre del Director:</b>	Lic. Juan Carlos Aguilar Palomares
<b>Nombre del Estudiante:</b>	Allison Vanessa Acajabón Díaz
<b>Nombre de la Tesina/sis:</b>	Revisión teórica del uso del Star Excursion Balance Test para la evaluación dinámica en futbolistas profesionales masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años
<b>Fecha de realización:</b>	30 de noviembre del 2023

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

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

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

13.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	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**



---

Nombre y Firma Del Director de Tesina

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

<b>Nombre del Asesor:</b>	Lcda. Isabel Díaz Sabán
<b>Nombre del Estudiante:</b>	Allison Vanessa Acajabón Díaz
<b>Nombre de la Tesina/sis:</b>	Revisión teórica del uso del Star Excursion Balance Test para la evaluación dinámica en futbolistas profesionales masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años
<b>Fecha de realización:</b>	30 de noviembre del 2023

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

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

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

h.	Oraciones completas.	X		
i.	Adecuado uso de oraciones de enlace.	X		
j.	Uso correcto de signos de puntuación.	X		
k.	Uso correcto de tildes.	X		
l	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
m.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
n.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
<b>3.</b>	<b>Formato de Cita</b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Observaciones</i>
a.	Empleo mínimo de citas.	X		
b.	Citas textuales o directas: menores a 40 palabras, dentro de párrafo u oración y entrecomilladas.	X		
c.	Citas textuales o directas: de 40 palabras o más, en párrafo aparte, sin comillas y con sangría de lado izquierdo de 5 golpes.	X		
d.	Uso de tres puntos suspensivos dentro de la cita para indicar que se ha omitido material de la oración original. Uso de cuatro puntos suspensivos para indicar cualquier omisión entre dos oraciones de la fuente original.	X		
<b>4.</b>	<b>Formato referencias</b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Observaciones</i>
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
<b>5.</b>	<b>Marco Metodológico</b>	<i>Si</i>	<i>No</i>	<i>Observaciones</i>
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.	Selecciónó 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**



Nombre y Firma del Asesor Metodológico

**DICTAMEN DE TESINA**

Siendo el día 30 del mes de noviembre del año 2023.

Los C.C

**Director de Tesina**  
Función

Lic. Juan Carlos Aguilar Palomares

**Asesor Metodológico**  
Función

Lcda. Isabel Diaz Saban

**Coordinador de Titulación**  
Función

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón

**Autorizan la tesina con el nombre**

"Revisión teórica del uso del Star Excursion Balance Test para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años"

**Realizada por el Alumno:**

Allison Vanessa Acajabón Díaz

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



En ejercicio de las atribuciones que le confiere el artículo 171 literal a) de la Constitución Política de la República de Guatemala y con fundamento en los Artículos 1, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 13, 15, 17, 18, 19, 21, 24, 43, 49, 63, 64, 65, 72, 73, 75, 76, 77, 78, 83, 84, 104, 105, 106, 107, 108, 112 y demás relativos a la Ley De Derecho De Autor Y Derechos Conexos De Guatemala Decreto Número 33-98 yo Allison

Vanessa Acajabón Díaz

como titular de los derechos morales y patrimoniales de la obra titulada Revisión teórica del uso del Star

Excusion Balance Test para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años";

; otorgo de manera gratuita y permanente al IPETH, Instituto Profesional en Terapias y divulguen entre sus usuarios, profesores, estudiantes o terceras personas, sin que pueda recibir por tal divulgación una contraprestación.

Fecha Noviembre 2023

Allison Vanessa Acajabón Díaz

Nombre completo



Firma de cesión de derechos

## **Dedicatoria**

A ti, querido viejo, que a lo largo de los años has creído en mí, sin siquiera dudar, aun cuando te fallaba siempre creíste en mis capacidades y me diste la seguridad que necesitaba para continuar y nunca me dejaste desmoronarme, te dedico con todo mi amor este trabajo. A ti mi bella madre, que con tu sudor y cansancio estuviste cuidándome con paciencia y amor, que me ensañaste a ser fuerte y valiente, que me educaste desde pequeña para llegar a tener las habilidades que hoy en día poseo, te dedico este trabajo con mi corazón. A mis hermanas y sus esposos que me dieron el amor que yo necesitaba para motivarme y seguir adelante. A mis amigos, que con risas y llantos compartimos este viaje, especialmente a Fátima y a Gerson que me ayudaron mucho para lograrlo; y a mi gatita, que me dio el último empujón, el necesario para seguir aquí. Pero, sobre todo, a mi amiga y compañera Andrea que con amor y paciencia me complementó y me enseñó con su hermosa forma de ser a convertirme en una persona amable, paciente, perseverante, pero sobre todo a ser resiliente. Iniciamos juntas este viaje, llenas de incertidumbre, asustadas del camino que estábamos por atravesar, pero sabíamos que íbamos a estar bien en cuanto permaneciéramos juntas, tomadas de la mano cruzamos el camino, con risas, con llantos, con tristezas y frustraciones... y ahora, tan cerca de la meta, debemos tomar caminos separados, sin embargo, te estaré esperando en la línea de meta para cruzarla juntas; te dedico con todo mi corazón esta tesis, porque con tu cariño y apoyo seguimos adelante.

**-Allison Vanessa Acajabón Díaz.**

## **Agradecimientos**

Mi viejito, gracias por amarme y apoyarme en todas mis decisiones, aun cuando no estoy en lo correcto, gracias por escucharme y, sobre todo, gracias por creer en mi aun cuando yo no lo hacía. Mami, mamita, gracias por todos tus esfuerzos estos años, por esperarme cuando regresaba de la universidad con comidita caliente aun cuando tú estabas muy cansada, por amarme y también darme la seguridad que necesitaba, por enseñarme que valgo más de lo que yo creo. Sofy, gracias por darme el empujón que necesitaba y tener fe en mí, porque gracias a eso me di cuenta de mis capacidades. Tete, gracias por siempre ser mi soporte y mi ancla en mis momentos más difíciles, por apoyarme siempre incluso cuando tomo las peores decisiones. Gracias a los licenciados que en este último recorrido me dieron las herramientas y la guía que necesitaba para continuar con este viaje. A mi amiga Andrea, gracias por ser ese faro de luz en mi vida, sin ti, esto no hubiera sido posible.

**Allison Vanessa Acajabón Díaz.**

## Palabras Clave

LCA

Postoperatorio LCA

*Star Excursion Balance Test*

*Anterior cruciate ligament*

*ACL*

# Índice

Portadilla .....	i
Investigadores Responsables .....	ii
Autoridades y Terna Examinadora .....	iii
Aprobación Asesor de Tesis .....	v
Aprobación Revisor Lingüístico .....	vii
Lista de Cotejo Director de Tesis.....	ix
Lista de Cotejo Asesor Metodológico .....	xi
Hoja de Dictamen de Tesis.....	xiii
Hoja Titular de Derechos .....	xiv
Dedicatoria .....	xv
Agradecimientos.....	xvi
Palabras Clave.....	xvii
Resumen.....	1
Capítulo I.....	2
Marco Teórico.....	2
1.1 Antecedentes Generales.....	2
1.1.1 Anatomía .....	3
1.1.2 Composición del ligamento.....	7
1.1.3 Biomecánica .....	12

1.1.4 Mecanismo lesional.....	24
1.1.5 Epidemiología .....	27
1.1.6 Cuadro clínico .....	28
1.1.7 Diagnóstico.....	29
1.1.8 Tratamiento médico.....	30
1.1.9 Tratamiento conservador .....	32
1.2 Antecedentes Específicos .....	32
1.2.1 Star Excursion Balance Test.....	32
Capítulo II .....	38
Planteamiento del Problema.....	38
2.1 Planteamiento del Problema.....	38
2.2 Justificación.....	42
2.3 Objetivos .....	45
2.3.1 Objetivo general .....	45
2.3.2 Objetivos específicos.....	45
Capítulo III.....	46
Marco Metodológico .....	46
3.1 Materiales .....	46
3.2 Métodos.....	48
3.2.1 Enfoque de la investigación .....	48
3.2.2 Tipo de estudio .....	49

3.2.3 Método de estudio.....	49
3.2.4 Diseño de la investigación.....	49
3.2.5 Criterios de selección .....	50
3.3 Variables.....	51
3.3.1 Variable independiente .....	51
3.3.2 Variable dependiente .....	51
3.3.3 Operacionalización de variables.....	51
Capítulo IV.....	53
Resultados .....	53
4.1 Resultados .....	53
4.2 Discusión.....	63
4.3 Conclusión.....	71
4.4 Perspectivas.....	73
Referencias .....	75

## Índice de Tablas

Tabla 1. Clasificación estructural de las articulaciones.....	16
Tabla 2. Clasificación funcional de las articulaciones.....	16
Tabla 3. Clasificación de las articulaciones de tipo sinovial.....	17
Tabla 4. Grados de movimiento por autor.....	20
Tabla 5. Rodamiento y deslizamiento de la rodilla .....	21
Tabla 6. Factores de riesgo.....	27
Tabla 7. Estudios de imagen.....	29
Tabla 8. Tipos de ligamentoplastia y fijación.....	31
Tabla 9. Aspectos sobre la ejecución y elaboración del SEBT.....	36
Tabla 10. Palabras clave y motores de búsqueda utilizados.....	47
Tabla 11. Criterios de inclusión y exclusión.....	50
Tabla 12. Operacionalización de variables.....	51

## Índice de Figuras

Figura 1. Anatomía del fémur .....	3
Figura 2. Pendiente tibial posterior de la meseta tibial. ....	4
Figura 3. Pendiente tibial posterior de la meseta tibial. ....	4
Figura 4. Anatomía de los meniscos.....	6
Figura 5. Meniscos. ....	6
Figura 6. Composición del ligamento. ....	7
Figura 7. Molécula de tropocolágeno.....	8
Figura 8. Partes del tendón.....	9
Figura 9. Inserción femoral del LCA .....	11
Figura 10. Anatomía del ligamento cruzado anterior.....	12
Figura 11. Planos y ejes anatómicos.....	14
Figura 12. Articulaciones sinoviales y sus movimientos.....	15
Figura 13. Articulación femoropatelar .....	17
Figura 14. Ejemplificación de los meniscos medial y lateral.....	18
Figura 15. Movimientos femorotibiales. ....	19
Figura 16. Surco troclear.....	22
Figura 17. Haces del ligamento cruzado anterior.....	23
Figura 18. Demostración gráfica de valgo y rotación interna de rodilla.....	26
Figura 19. Prueba de Lachman.....	30
Figura 20. Prueba de cajón anterior .....	30
Figura 21. Star Excusion Balance Test .....	33
Figura 22. Ejemplificación de la ejecución del SEBT .....	34

Figuras 23. Direcciones del alcance, SEBT .....	34
Figura 24. Valores normales obtenidos de las distancias normalizadas en pacientes sanos.....	35

## Resumen

Luego de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior, se da una serie de déficits que llega a afectar al futbolista profesional durante su recuperación, siendo la estabilidad dinámica la más afectada, esto se debe a que el ligamento se caracteriza por ser un estabilizador importante de la rodilla durante el movimiento, principalmente durante la rotación interna, acompañada de un valgo de rodilla con carga axial, por lo que en un deporte caracterizado por cambios de dirección, desaceleraciones bruscas y saltos, es necesario tener un buen control postural y estabilidad dinámica, para ello, se ha revisado por medio de literatura científica el uso del *Star Excursion Balance Test*, no como una herramienta clínica para la detección del riesgo de lesión, si no, para la evaluación de la estabilidad dinámica en esta población.

Así también, a través de esta revisión, describir por medio de esta revisión bibliográfica la correcta ejecución de esta prueba para una adecuada aplicación, estos autores realizan una comparación sobre el uso de la prueba modificada, no modificada u otra prueba como lo es el Y-test para determinar cuál resulta ser mejor para la evaluación de la estabilidad dinámica. Por otro lado, se revisa de forma teórica los procesos biológicos que se dan en el tejido injertado que permiten entender que ocurre en el mismo, para así, inferir dentro del proceso de cicatrización, el momento de mayor riesgo al aplicar esta evaluación.

Es por lo anteriormente descrito que se entiende que la estabilidad dinámica es un factor predominante en la propriocepción, el cual se puede ver afectado por un déficit, como el que presenta el LCA reconstruido, e interferir en el correcto retorno al juego, por lo que se espera que, en un futuro próximo, los estudios puedan enfocarse en el uso del SEBT para evaluar la estabilidad dinámica dirigido a futbolistas con reconstrucción de LCA con autoinjerto.

# **Capítulo I**

## **Marco Teórico**

El marco teórico de esta investigación está conformado por dos grandes apartados. El primero de ellos corresponde a los antecedentes generales y, el segundo, a los antecedentes específicos. Los antecedentes generales abordan todo lo referente a la anatomía de la rodilla, mecanismo lesional, epidemiología, su etiología, entre otros aspectos. Los antecedentes específicos, por su parte muestran lo concerniente al *Star Excursion Balance Test*, sus componentes, utilidad e importancia en lo que refiere a la posibilidad evaluativa de la citada patología.

### **1.1 Antecedentes Generales**

Los antecedentes generales abarcan la anatomía del complejo articular de la rodilla, su biomecánica natural y dentro del gesto deportivo que se está investigando, así como la composición y anatomía del ligamento, además se abarca el cuadro clínico, mecanismo de lesión y epidemiología de la lesión de ligamento cruzado anterior.

**1.1.1 Anatomía.** La rodilla está conformada de cuatro huesos: Fémur, tibia, peroné y rótula (Hernández, González y Delgado., 2022). La superficie articular del cóndilo femoral se conecta con la tibia, son convexos hacia sagital y horizontal que forman segmentos elípticos, la superficie articular de la tibia que está formada por dos superficies articulares que son sutilmente cóncavas y cubiertas de cartílago hialino formando dos cartílagos intraarticulares o también llamados meniscos lateral y medial que se conectan con los cóndilos del fémur (Almeida et al., 2020).

**Fémur:** El fémur en su superficie distal forma parte de tres articulaciones de la rodilla que son la femorotibial medial, lateral y patelofemoral. Los cóndilos femorales son asimétricos en tamaño y curvatura; el cóndilo medial es el más grande y su concavidad es más simétrica. Están separados entre sí por una fosa intercondílea que alberga a los ligamentos cruzados de la rodilla. Cada cóndilo femoral tiene puntos de referencia anatómicos que son los epicóndilos lateral y medial. La superficie donde se articula el fémur y la rótula es llamada tróclea porque tiene la forma de un surco delante de los dos cóndilos femorales rótula (Hernández et al., 2022).

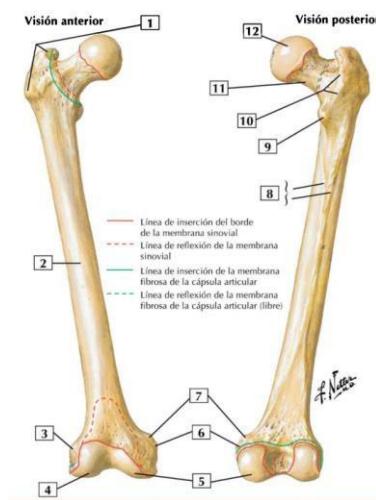


Figura 1. Anatomía del fémur.

Hansen, J., 2017.

**Tibia:** Según Lansdown et al., 2018, menciona que la morfología ósea de la tibia varía de persona en persona, así también describe a la meseta tibial en su parte lateral como convexa y en su parte posterior, una pendiente tibial, la cual puede variar en los grados de inclinación en cada persona, y en su parte medial, es cóncava, lo cual, al ser de esta forma, permite una mejor congruencia al recibir al cóndilo femoral medial. En la siguiente figura se puede observar una línea azul la cual esta perpendicularmente a la articulación, otra línea verde, la cual sigue linealmente a la meseta tibial y entre estas dos líneas se calcula el ángulo y da como resultado la pendiente tibial posterior; en línea punteada amarilla, se ilustra cómo podría verse una pendiente tibial aumentada.

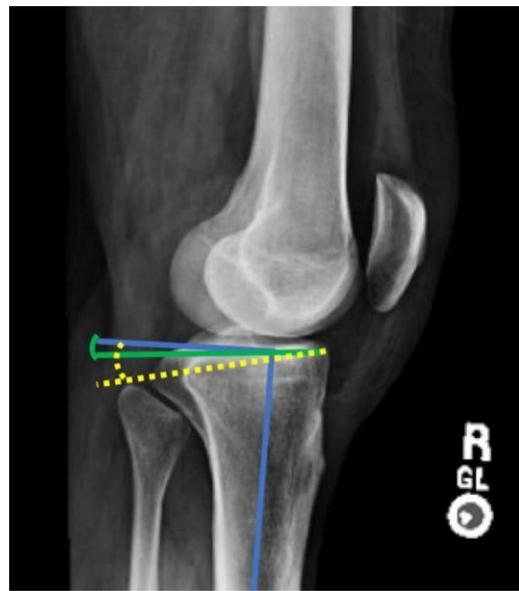


Figura 2. Pendiente tibial posterior de la meseta tibial.

Fuente: Lansdown et al., 2018.

El cóndilo lateral de la tibia está elevado en relación con la superficie articular medial teniendo un eje anteroposterior que pasa de cóncavo a convexo, pero termina siendo cóncavo en relación con su eje medio lateral. En el cóndilo medial no ocurre, este es cóncavo en todos sus ejes por lo tanto la sección femorotibial medial tiene menos movilidad interna. En la

sección intercondílea se encuentran dos protuberancias óseas denominadas espinas tibiales, lugar donde se insertan los ligamentos cruzados y los meniscos (Hernández et al., 2022).

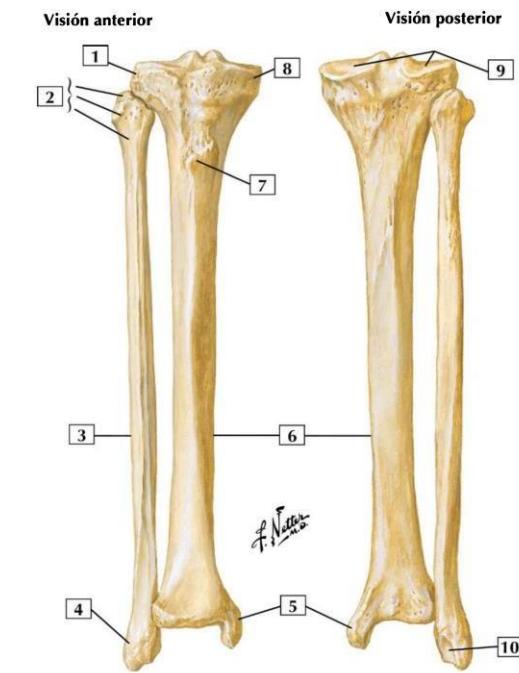


Figura 3. Anatomía de la tibia.

Hansen, J., 2017.

**Meniscos:** Son una estructura que forman parte de la articulación de la rodilla siendo los encargados de dar la estabilidad de la rodilla y congruencia ayudando a disminuir el impacto de la carga, también tiene un papel muy importante en dar protección al cartílago articular. Dentro de su composición anatómica se encuentra principalmente fibras de colágeno tipo I y agua. Su mecanismo de vascularización de caracteriza por presentarse en dos vías alternas la primera siendo a través de la superficie sinovial que se extiende por las superficie femoral y tibial de los meniscos, la segunda vía se encuentra comprometida entre la superficie de los meniscos y sus diferentes inserciones meniscales (Claramunt et al., 2019).

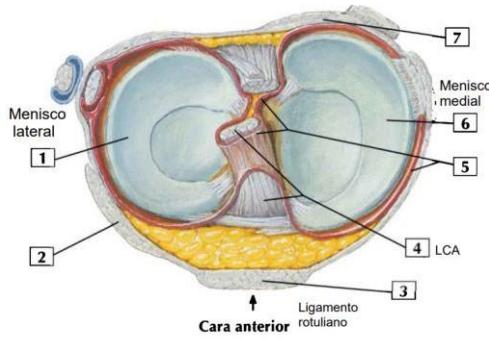


Figura 4. Anatomía de los meniscos.

Hansen, J., 2017.

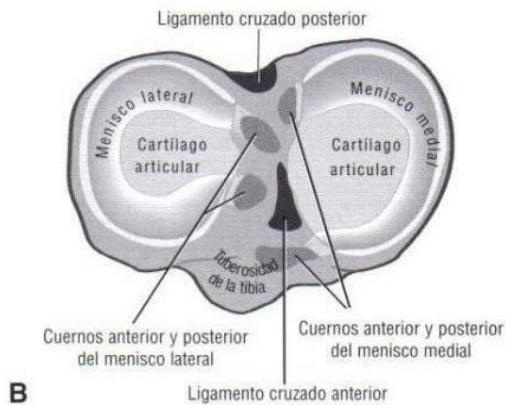


Figura 5. Meniscos.

Neumann, 2017.

**Cápsula articular:** Inicia en la parte delantera y superficie posterior de la rótula, se extiende desde la superficie inferior de la cara articular hasta llegar a la superficie anterior de los tubérculos intercondíleos, llega por encima de la rótula, desde su superficie posterior y superior hasta la base de la misma. Esta capsula en su parte lateral también se extiende de la superficie superior de la tróclea por en encima de los bordes posteriores de los epicóndilos del fémur, también se extiende por la superficie inferior a unos 4 o 5mm del revestimiento cartilaginoso de la carilla articular de la tibia (Pró, 2012).

En su parte posterior la capsula se inserta 1cm por encima de los cóndilos femorales en su revestimiento cartilaginoso extendiéndose hasta la fosa intercondílea hasta llegar a la superficie posterior y medial de la carilla articular en su parte superior hasta la inserción del ligamento cruzado anterior (Pró, 2012).

Es importante describir aquellos tejidos contráctiles y no contráctiles que se encuentran alrededor de la rodilla y se encargan de darle estabilidad y movimiento, es por ello que a continuación se desarrollara una descripción de lo anterior dicho.

### 1.1.2 Composición del ligamento.

El ligamento es una estructura densa y fibrosa de poca vascularización conteniendo fibroblastos, fibrocitos, células endoteliales y macrófagos; los fibroblastos en este caso son los encargados de realizar la síntesis del procolágeno que es expulsado hacia el espacio extracelular, estas células contienen un núcleo, un citoplasma con la capacidad de poder expandirse para poder conectarse con células adyacentes para formar una estructura tridimensional. La matriz extracelular que conforma el 70% de su estructura es de agua o sustancia fundamental, dentro de ella se localizan 4 componentes importantes ácido hialurónico, condroitín sulfato y queratán sulfato, y otros que como los glicosaminoglicanos, proteoglicanos y elastina (Saló, 2016).

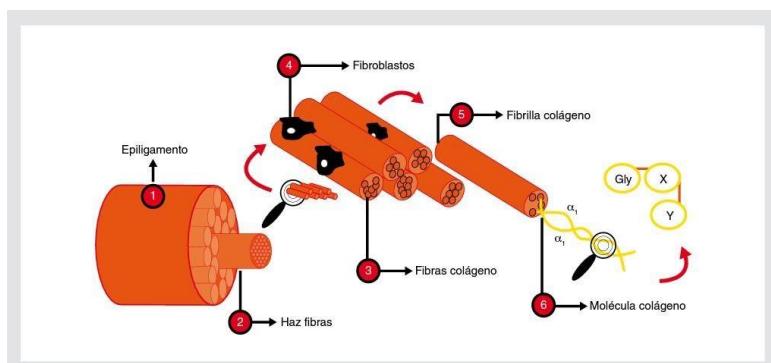


Figura 6. Composición del ligamento.

Fuente: Saló, 2016.

Esta estructura está compuesta por tejido conjuntivo que en gran proporción presenta fibras de colágeno tipo I, siendo un 90%, conformado por cadenas polipeptídicas en forma helicoidal llamada tropocolágena, entre la formación de estas cadenas se encuentran los aminoácidos, glicina, prolina, hidroxiprolina, hidroxilisina y arginina. El epiligamento considerado como la membrana que recubre el ligamento contiene mayor vascularización y células, lugar donde se encuentran los receptores sensitivos como Ruffini, terminaciones nerviosas libres y los corpúsculos de Pacini, los cuales activan y controlan los mecanismos de reflejo ligamento-musculo, importante en la estabilidad articular y dinámica (Saló, 2016).

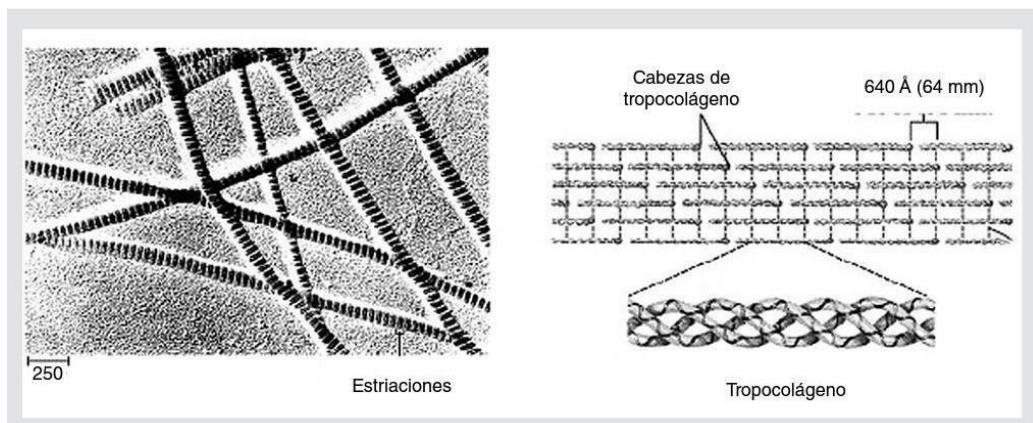


Figura 7. Molécula de tropocolágeno.

Fuente: Saló, 2016.

**1.1.2.1 Composición del tendón.** Tejido conectivo fibroso el cual tiene como función transmitir la fuerza ejercida por el músculo al hueso, a través de una unión miotendinosa, la cual es una región con fibrillas de colágeno insertadas en huecos formados por miocitos, lo cual permite el movimiento y reduce la tensión de tracción ejercida por el músculo al tendón; la unión entre el hueso y el tendón se denomina entesis, y tiene como función reducir y disipar la tensión entre ambas estructuras para

evitar el colapso de las fibras de colágeno (Leong, et al., 2021; Wu, Nerlich y Docheva, 2017).

Este se compone principalmente de agua, en un 55% a 70%, además contiene una matriz extracelular la cual está compuesta de fibras de colágeno tipo I y se encuentra alineadas, así también, contiene en menor cantidad elastina, decorina, biglicano y fibromodulina (Leong, et al., 2021).

El colágeno del tendón está conformado por tropocolágeno, la cual es una cadena peptídica de triple hélice que se fusionan en fibrillas, fibras, fascículos, haces terciarios y tendón; cada fibra está recubierta por tejido conectivo el cual se considera la última capa llamada endotendón; luego, se encuentra el tejido conectivo que recubre a todo el tendón, el cual contiene el riego sanguíneo, linfático y nervioso; y por último, el paratendón, tejido laxo que se compone de fibrillas de colágeno tipo I y II, fibrillas elásticas y células sinoviales (Leong, et al., 2021).

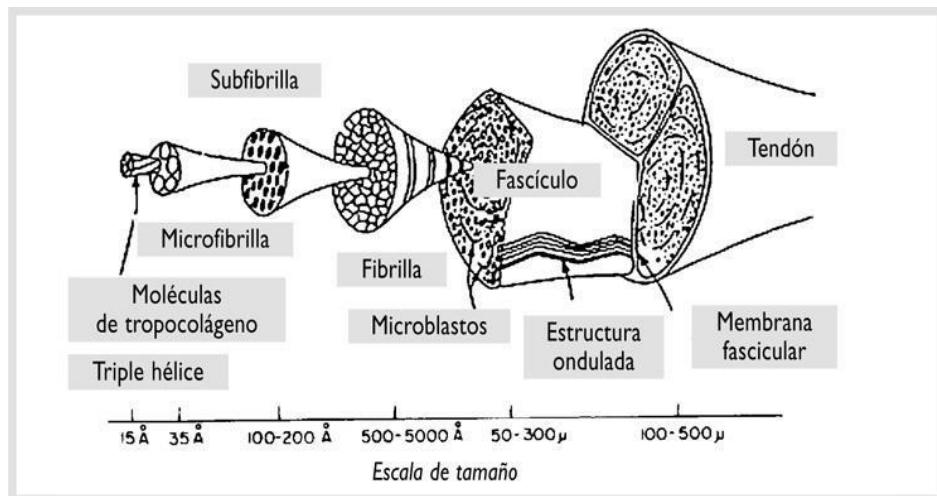


Figura 8. Partes del tendón.

Fuente: Jurado y Medina, 2008.

Es un tipo de tejido conectivo denso que contiene una matriz extracelular que contiene fibras y células de colágeno paralelas, siendo este último, colágeno tipo I, del cual el 65% al 80% de la masa seca del tendón; es importante conocer que colágeno tiene una unidad muy pequeña llamada tropocolágeno, el cual se sintetiza en la célula del tendón, luego podemos encontrar a la triple hélice la cual es un polipéptido que se une mediante enlaces intermoleculares en las fibrillas de colágeno y se secreta en la matriz extracelular; en esta última se compone también de 1% a 5% de proteoglicanos y glicoproteínas, 2% de elastina y un 0.2% de moléculas inorgánicas como lo son el manganeso, calcio y cobre (Wu, et al., 2017).

Los proteoglicanos se unen a las fibrillas de colágeno a través de las cadenas laterales de los glicosaminoglicanos, para crear una interconexión entre dichas estructuras y de esa forma mejorar el deslizamiento de las fibrillas de colágeno durante la marcha. En el colágeno podemos encontrar 4 tipos de células: Tenocitos, célula madre (TSC), célula perivascular o célula madre mesenquimales del tendón pericito y célula de la matriz intrafascicular. Por último, es importante mencionar que el tendón tiene escaso suministro de sangre de la unión osteotendinosa hasta el sitio de inserción, pero el músculo proporciona cierta irrigación sanguínea en la unión miotendinosa, así también los nervios sensoriales que se encuentran en el endotendón, en la unión miotendinosa

Ahora bien, ya descrita la composición histológica de estos dos tejidos, es importante describir donde se encuentra ubicado el ligamento cruzado anterior para comprender así más adelante su comportamiento durante el movimiento y poder entender el riesgo de una ruptura del mismo.

**1.1.2.1 Anatomía del ligamento cruzado anterior.** Estructura que su origen se encuentra anterior y entre los tubérculos intercondíleos de la meseta tibial, en ellos se encuentran dos haces, los cuales componen al LCA siendo el haz anteromedial y el haz posterolateral; por otra parte en el fémur, existen dos zonas en las que se encuentran insertados estos haces y de las cuales, se encuentra separadas por la cresta bifurcada lateral; la primera se encuentra en la cresta intercondílea lateral, la cual también recibe el nombre de cresta residente y la segunda en la cresta intercondílea bifurcada o cresta cruzada (Hassebrock et al., 2020)

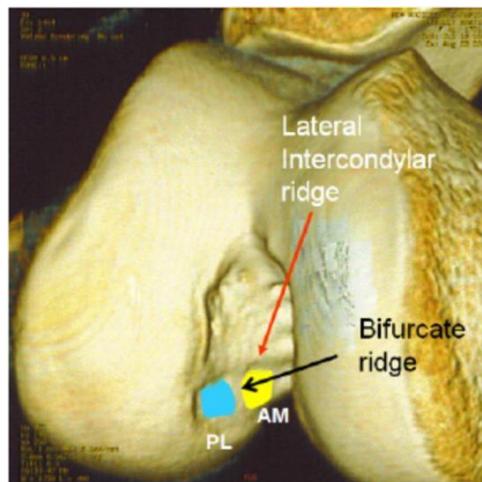


Figura 9. Inserción femoral del LCA

Christel, P., Boueri, W., 2011

Esta inervado por el nervio tibial con ramificaciones amielínicas, dentro de esas ramificaciones se encuentran los receptores sensitivos: corpúsculos de Ruffini, Pacini y laminares, que son los encargados de llegar la información propioceptiva y el movimiento de las articulaciones. De acuerdo con su irrigación se considera que es escasa, sin embargo, depende fundamentalmente de la arteria genicular medial mediante una red de vasos sanguíneos que se conectan con los vasos que se encuentran en la capa que recubre el hueso (periostio) del fémur y la tibia (Montaluisa y Bolívar, 2019).

Este ligamento es uno de los principales estabilizadores de la rodilla y uno de los más lesionados frecuentemente en la práctica deportiva. También es el responsable de realizar el movimiento de la translación en dirección anterior, posterior y rotación; es importante mencionar la funcionalidad de cada haz, siendo el haz anteromedial el que se tensiona durante la flexión de rodilla y el haz posterolateral durante la extensión (Mouth, 2020; Hassebrock et al., 2020).

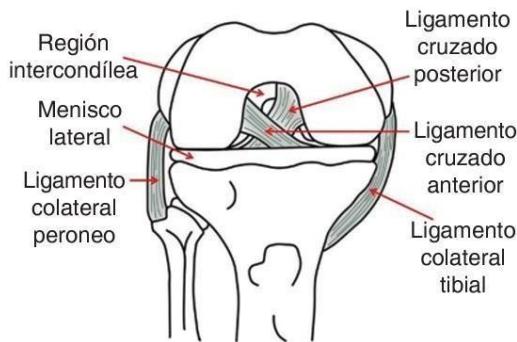


Figura 10. Anatomía del ligamento cruzado anterior.

Fuente: Valderrama, 2017.

### 1.1.3 Biomecánica

**1.1.2.1 Definición.** Según un estudio realizado por Cossio – Bolaños (2022) menciona dentro de las definiciones de la biomecánica menciona que, la biomecánica se centra en el análisis del movimiento a través del ejercicio físico y acciones motoras. Así también, hace mención sobre el concepto de la biomecánica deportiva dada por el Instituto de Biomecánica de Valencia [IBV] como un conjunto de disciplinas, tanto ciencias biomédicas como la tecnología y la mecánica, enfocadas en el cuerpo humano y a los factores que se puede ver sometido.

Otro estudio realizado por Arévalo (2020) define a la biomecánica como una disciplina que se centra en el análisis del movimiento en diferentes ámbitos, específicamente en la actividad

además de estudiar la respuesta biológica ante ello; así también, Neumann en su libro de Cinesiología del sistema musculoesquelético: fundamentos de la rehabilitación física (2016) define a la biomecánica como una disciplina que utiliza la física como base cuantitativa para el estudio de la aplicación de fuerzas en el cuerpo.

Según Chang y Lu (2012) definen también a la biomecánica como una rama de la mecánica continua enfocada al sistema biológico y sus efectos en el movimiento, es decir, el estudio de las cargas que se le aplican, así como la tensión y deformación en diferentes estructuras; también explica que la biomecánica, incluso estudia el funcionamiento interno de células, tejidos blandos y duros como lo es el hueso.

Para comprender bien la biomecánica, es importante abordar las divisiones de la mecánica y su relación con el cuerpo humano; las cuales son, la cinemática y la dinámica (Soriano y Belloch, 2015).

**1.1.2.2 Cinemática.** La cinemática explica la trayectoria, ángulos, aceleraciones y velocidades en el movimiento, sin tomar en cuenta las fuerzas aplicadas, los movimientos a los que hace referencia son: **a)** traslación: el cual se define como un movimiento en donde todos los puntos de un cuerpo firme se mueven en la misma dirección, lineal y paralelo, de cualquier parte del cuerpo; y también se encuentra **b)** la rotación, donde este mismo cuerpo firme rota sobre su mismo eje y su vez todos los puntos del cuerpo giran en la misma dirección y grados (Soriano y Belloch, 2015; Neumann, 2017).

Para poder entender mejor la ubicación y los movimientos que realizan el complejo articular de la rodilla, se abordará la definición de la osteocinemática y artrocinemática.

**1.1.2.4 Osteocinemática.** Hace referencia al movimiento del segmento óseo, es decir, el hueso en los 3 planos cardinales: plano frontal, sagital y horizontal. El plano sagital se encuentra pasando justo por la sutura sagital del cráneo, es decir por la mitad de la cabeza, lo cual divide el cuerpo en izquierda y derecha. El plano horizontal, también se le llama transversal, y este divide el cuerpo en mitad superior y mitad inferior, y divide de forma horizontal al cuerpo; por último, se encuentra el plano frontal, que divide todo el cuerpo en cara anterior y cara posterior, de forma anatómica, el corte visual parte de la sutura coronal del cráneo (Neumann, 2017).

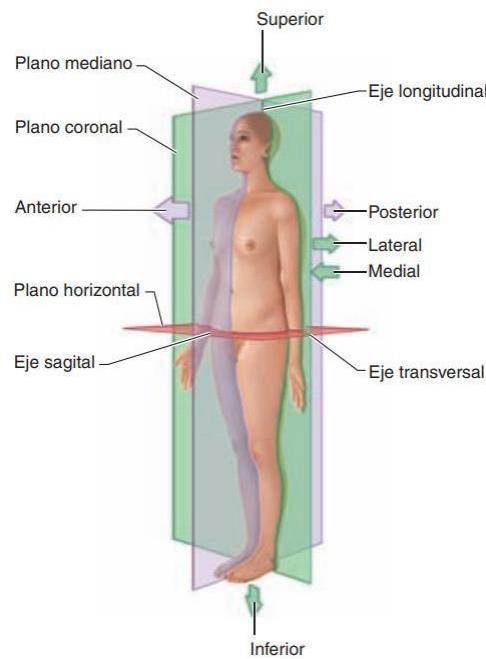


Figura 11. Planos y ejes anatómicos.

Pró, 2012.

**1.1.2.3 Artrocinemática.** Ahora bien, la artrocinemática se puede definir según Repetto (2005) como aquellos movimientos que ocurren dentro de la articulación, es decir, entre las superficies articulares de los segmentos involucrados en un movimiento. Para poder comprender los movimientos de *rodamiento* y *deslizamiento* que más adelante se explicaran,

se debe entender primero las leyes cóncavo y convexo. En el movimiento, existe siempre un extremo óseo, el cual permanece fijo y otro que genera el movimiento sobre este, y cuando la parte móvil es convexa y la parte fija es cóncava, se habla de la ley **convexo sobre cóncavo**, ahora bien, cuando la parte móvil es cóncava y la parte fija es convexa, es una ley convexa sobre cóncavo.

Los movimientos de rodamiento y deslizamiento tienen estrecha relación con las leyes de cóncavo y convexo, ya que estos movimientos se basan según dichas reglas;

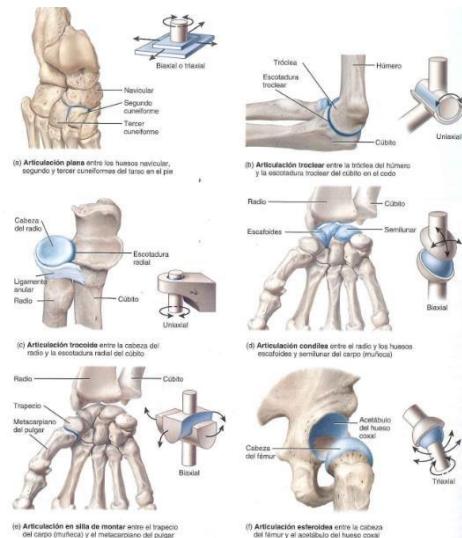


Figura 12. Articulaciones sinoviales y sus movimientos.

Tortora y Derrickson, 2018.

Panesso, Tolosa-Guzmán, Trillos-Chacón, (2008), mencionan que aquellos movimientos internamente en la articulación, se definen como: **rodamiento**: ocurre en superficies curvas y que sigue la misma dirección en la que se mueve el hueso, además de que todos los puntos de la superficie articular tocan nuevos puntos de la otra superficie, por otro lado, menciona otro movimiento, **el deslizamiento**: el cual puede ocurrir en superficies planas y la dirección del movimiento es opuesto al movimiento del hueso.

Para comprender mejor los movimientos antes descritos, se ejemplificará por medio de una ilustración dichas articulaciones con sus respectivos movimientos.

Es importante entender, que estos movimientos también dependen del tipo de clasificación que pertenezca la articulación a analizar, es por ello que a continuación se enlistara un breve resumen de dicha clasificación para una mejor compresión.

**Tabla 1.** Clasificación estructural de las articulaciones.

Según estructura	
Articulaciones fibrosas	Unión principalmente por tejido conectivo de tipo fibroso y sin cavidad sinovial.
Articulaciones cartilaginosas	Unión mediante cartílago y sin cavidad sinovial.
Articulaciones sinoviales	Unidos por tejido conectivo denso e irregular que rodea a la articulación como una capsula y que se acompaña de ligamentos, además de que si posee cavidad sinovial.

Elaboración propia, con información de: Tortora y Derrickson, 2018.

**Tabla 2.** Clasificación funcional de las articulaciones.

Según su función	
Sinartrosis	No tiene movimiento.
Anfiartrosis/ enartrosis	Movimiento limitado
Diartrosis	Posee mucho movimiento,

Elaboración propia, con información de: Tortora y Derrickson, 2018.

Sin embargo, nos enfocaremos en la clasificación de las articulaciones de tipo sinovial, debido a que el complejo articular de la rodilla pertenece a esta clasificación, es por ello que para lograr entender los tipos de movimientos que ejecutan estas articulaciones se enlistaran y se describirá brevemente cada una de ellas en la siguiente tabla.

**Tabla 3.** Clasificación de las articulaciones de tipo sinovial.

Articulación de tipo sinovial	
Troclear	Permiten solo 2 movimientos: flexión y extensión.
Trocoide	Permite únicamente el movimiento de rotación sobre el mismo eje.
Selar (En silla de montar)	Tipo biaxial, que permite movimientos de flexión y extensión, abducción, aducción y circunducción.
Condílea	Biaxial que permite movimientos de flexión y extensión, abducción, aducción y circunducción.
Plana	Permite únicamente el movimiento de deslizamiento.
Esferoidea	Articulación multiaxial, es decir que además de los movimientos que permite las articulaciones biaxiales, se agrega la rotación medial y lateral.

Elaboración propia con información de: Hansen, 2019.

Terminado de comprender como funcionan estos movimientos dentro de la articulación y dependiendo el tipo de articulación según su función y estructura, es vital el describir la biomecánica del complejo articular del cual se está investigando, por lo que a continuación, se hará una descripción de la biomecánica de la rodilla.

**1.1.2.5 Biomecánica de la rodilla.** El complejo articular de la rodilla es la más compleja y grande del cuerpo humano. (Panesso et al., 2008). Se compone de las siguientes articulaciones: a) femorotibial lateral y medial; b) femororrotuliana (Neumann, 2017).



*Figura 13. Articulación femoropatelar.*

Bernhardson, et al., 2019.

Ambos complejos articulares trabajan en conjunto, sin embargo, tienen diferentes biomecánicas, por lo cual, se desarrollará cada una por separado.

**1.1.2.6 Biomecánica femorotibial.** Es una articulación de tipo: bisagra o troclear, la cual realiza movimientos en el plano sagital de tipo extensión y flexión (Masouros, Bull y Amis, 2010). Como se menciona anteriormente, la articulación femorotibial se compone del lado medial y lateral; el primero se encarga de brindar estabilidad a la misma y parte lateral de permitirle al segmento la movilidad (Dufour y Pillu, 2006). Los cóndilos femorales son convexos, pero en su extremo distal son casi planos, lo cual permite que el área esté preparada para soportar peso; por otro lado, tenemos en la zona proximal de la tibia, a los platillos tibiales, los cuales son cóncavos (Panesso et al., 2008).

En dicha superficie se encuentran los meniscos, los cuales se encargan de: a) lubricar y reducir fricción entre los cartílagos; b) soportar o recibir a los cóndilos femorales y de minimizar la compresión que estos generan, ya que el peso puede llegar a ser el doble o triple y durante extensión máxima puede superar 9 veces el peso; c) permiten la estabilización de la articulación durante el movimiento, esto se logra gracias a estructuras ligamentosas que aunadas con los meniscos no permiten que afecte al movimiento, la incongruencia de las superficies cóncavas de la tibia y convexa del fémur (Neumann, 2017 y Panesso et al., 2008).



Figura 14. Ejemplificación de los meniscos medial y lateral.

Tortora y Derrickson, 2018.

Nordin (2013) menciona que estos cóndilos tibiales en su parte interna son cóncavos, siendo el medial unos pocos milímetros mayores que el cóndilo femoral y aumenta gracias al

menisco interno; por otro lado, el cóndilo externo permite un desplazamiento hacia anterior y posterior por medio de un pivote realizado por el cóndilo femoral gracias a una depresión en forma de curva que permite este movimiento.

Según Infante et al., (2021) menciona que, al ser una articulación de tipo bisagra, únicamente se permiten 2 movimientos, el de flexión y extensión, sin embargo, explica que durante la flexión los ejes de rotación varían, permitiendo 6 grados de movimiento como translación anteroposterior y medio-lateral, cefalocaudal rotación en flexo-extensión, interna y externa e inclinación en varo y valgo.

Es decir que por cada grado que la articulación avanza en la flexión se da una combinación entre rotación y desplazamiento hacia posterior ya que el contacto entre el fémur y la tibia se da hacia posterior, también conocido como *roll back*, ahora bien, en la extensión se da una mayor estabilidad ya que la superficie de la meseta tibial es más grande que la lateral por lo que la tibia rota externamente en los últimos 15° de flexión hacia la extensión (Infante et al., 2021).

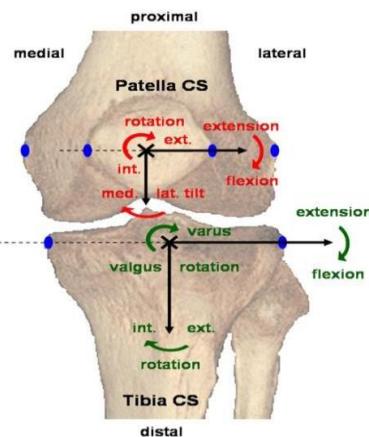


Figura 15. Movimientos femorotibiales.

Lorenz, et al., 2012.

Neumann (2017) explica que esta articulación posee solamente 2 grados de libertad, siendo la flexión y extensión la principal y, como Infante et al., (2021) igualmente menciona, durante una leve flexión de rodilla, hay una rotación tanto interna como externa en el plano horizontal.

Durante la flexión y extensión, se dan los movimientos anteriormente explicados de rodamiento y deslizamiento entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales; el movimiento de anterior hacia posterior del fémur es una combinación de dichos movimientos ya que de ser un rodamiento completo, los cóndilos se desplazarían hacia fuera de los platillos tibiales, es también que gracias al ligamento cruzado posterior, se evita un desplazamiento hacia anterior en cualquier ángulo de flexión, y el ligamento cruzado anterior evita un desplazamiento hacia posterior (Nordin, 2013).

**Tabla 4.** Grados de movimiento por autor.

Movimientos	Grados de movimiento		
	Nordin, 2013	Infante, et al., 2021	Neumann, 2017
Extensión	3° de hiperextensión o -3° de flexión.	5° de hiperextensión.	5° a 10° de hiperextensión.
Flexión	155°	150°	130° a 140°
Rotación externa	18°	30°	Con rodilla flexionada a 90° llega de 40° hasta 50° de rotación.
Rotación interna	25°	6°	
Abducción	-	0°	6 a 7° en el plano frontal
Aducción	-	10°	

Elaboración propia con información de: Nordin, 2013; Infante, et al., 2021 y Neumann 2017.

Una vez explicada la biomecánica de articular femorotibial, es importante describir el papel de la patela en la biomecánica de la rodilla, por ello, a continuación, se desarrollará su función en este complejo articular.

**1.1.2.7 Biomecánica patelofemoral.** Esta articulación está compuesta por la superficie inferior de la rótula y anterior del cartílago del fémur en su parte distal, también se le dice surco troclear. La rótula es un hueso sesamoideo que tiene como función brindar protección a la rodilla y mejorar la mecánica extensora (López, et al., 2020).

Así también, se encarga de brindar la estabilidad biomecánica distribuyendo adecuadamente las cargas entre el tejido periarticular y las superficies articulares, además de funcionar como brazo de palanca del aparato extensor; así también, los músculos del cuádriceps, ligamento patelofemoral, tendón patelar y retináculos colaboran a mantener dicha estabilidad. Sin embargo, esta articulación es poco congruente ya que solamente una zona de la patela tiene contacto con la tróclea (Infante et al., 2021; Muñoz, 2022 y López, et al., 2020). Ahora bien, es necesario entender el movimiento de rodamiento y deslizamiento en este complejo articular, cuando el miembro realiza una flexión y se encuentra en cadena cinemática cerrada, es decir, que el fémur es la parte móvil y la tibia la parte fija, hay un rodamiento hacia posterior y deslizamiento hacia anterior de los cóndilos femorales. Para sintetizar mejor la información, se describirá en la siguiente tabla los movimientos.

**Tabla 5.** Rodamiento y deslizamiento de la rodilla.

Movimientos artrocinemáticos	
De 0-25° de flexión en cadena cinemática cerrada	Rodamiento posterior y deslizamiento anterior. Al comenzar la flexión y al finalizar se da un rodamiento puro
Extensión	Fémur sobre platillos tibiales; rodamiento de los cóndilos sobre la tibia hasta llegar a una posición neutral.

Elaboración propia con información de: Panesso, et al., 2008.

La rótula tiene mayor contacto entre la faceta lateral de la tróclea debido a que es la más larga y menos empinada, además del surco troclear lateral; en su lado medial de la faceta, solo tiene contacto con la patela durante la flexión profunda. (López, et al., 2020)

Para que se dé un buen desplazamiento de la rótula por el surco troclear debe existir un buen alineamiento en miembro inferior y depende también de la geometría ósea y de los estabilizadores, tanto dinámicos como estáticos (Muñoz, 2022).

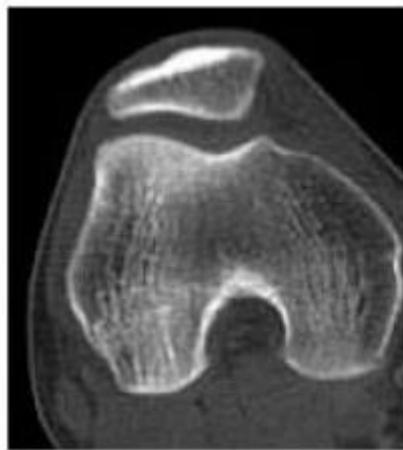


Figura 16. Surco troclear.

Caichug, 2023.

Infante et al., (2021) menciona que durante la flexión de 90° hay mayor contacto entre la rótula y el surco troclear, así también, su deslizamiento inicia a partir de los 20° y 30° de flexión por el surco troclear; explica que a partir de los primeros 30° la estabilidad se da principalmente por los ligamentos ya que las estructuras óseas no la brindan, por otro lado, la profundidad troclear la pendiente lateral ayuda a estabilizar la patela entre los 30° y 100° de flexión (Besch, 2015).

Una vez comprendida la biomecánica de ambas articulaciones y su importancia dentro del complejo articular de la rodilla, es vital describir la función del ligamento cruzado anterior en este segmento.

**1.1.2.8 Biomecánica del ligamento cruzado anterior.** Anteriormente se describe sobre la anatomía del ligamento cruzado anterior, pero es importante recordar ciertos aspectos con el fin de comprender mejor su biomecánica.

Como se menciona anteriormente, este tejido se compone de un haz antero medial [AM] y otro postero lateral [PL]. Este ligamento es el mayor estabilizador de la rodilla ya que restringe la translación antero posterior de la tibia, es decir que evita la hiperextensión de la rodilla; además de que permite un correcto movimiento de deslizamiento y rodamiento de la rodilla (Díaz, 2020; López, et al., 2020; Mediavilla, et al., 2017 y Panesso, et al., 2008). Así también, estos fascículos que componen al LCA, se encargan de estabilizar mientras se encuentra con carga en valgo o rotación, evitando un estiramiento que pueda llegar a deformar el tejido de forma permanente, además de que estabiliza cuando se realiza una rotación con el pie fijo en el suelo, evitando la rotación interna excesiva del fémur sobre la tibia (Montaluisa y Bolívar, 2019).

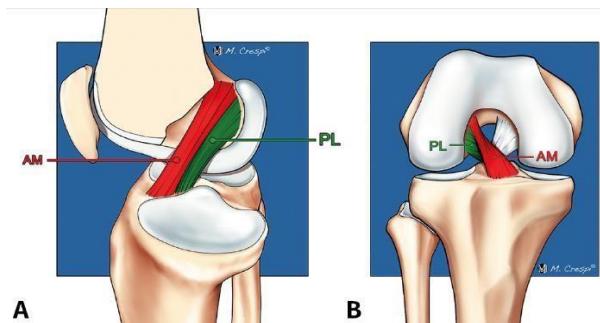


Figura 17. Haces del ligamento cruzado anterior.

Caichug, Pogo, Mendoza y Cola, 2023.

Durante la extensión el Haz postero lateral tracciona mientras el haz postero medial se encuentra relajado, sin embargo, cuando se da la flexión de la rodilla los papeles se invierten; el haz AM gira sobre el PL progresivamente durante la flexión, siendo el AM el que mayor tensión recibe y mejor elasticidad tienen a comparación del haz PL. Sin embargo, el LCA

funciona durante todo el movimiento de flexión y extensión (Díaz, 2020 y Mediavilla, et al., 2017).

El tejido ligamentoso, tienen como principal función soportar cargas de tracción gracias al colágeno, así también su capacidad de elongación es gracias a la elastina, claro está, que sin sobrepasar los límites elásticos, aun así, está diseñado para ofrecer resistencia cuando la articulación bajo carga puede llegar a límites peligrosos, contrario a cuando en rangos articulares normales, el ligamento no ofrece mayor resistencia (Soriano y Belloch, 2015).

El LCA puede absorber un 75% de la carga evitando la traslación anterior al estar en extensión completa y al tener una flexión de 30° y 90° puede absorber un 85%, sin embargo, al sobrepasarse del 20% de estiramiento de su longitud pierde sus propiedades plásticas y durante una elongación cíclica solo puede elongarse el 6% antes de rebasar los límites de deformación (Mediavilla, et al., 2017; Hassebrock et al., 2020).

**1.1.4 Mecanismo lesional.** En un estudio realizado menciona que un aproximado 270 millones de personas en el mundo juegan fútbol, es por ello que el riesgo de la lesión para el ligamento cruzado anterior es alto siendo desgarros en su mayoría con mecanismo lesional sin contacto. Durante la práctica deportiva los jugadores de fútbol deben realizar movimientos como aterrizar después de un salto, disminuir velocidad o realizar cambios de dirección, es decir, que son traumatismos indirectos sobre la rodilla que se generan durante la práctica deportiva (Entrena et al., 2018; Forsythe et al., 2021).

A continuación, se mencionará un estudio realizado por Álvarez et al., (2018) sobre el proceso de lesión que involucra tanto a la rodilla como a la posición del cuerpo en el momento de la desaceleración, a medida que esta se desacelera la cadera se flexiona gradualmente con una flexión de rodilla y pasa de la rotación externa y la abducción a una rotación interna. En los deportes hay dos movimientos comunes que si no se realizan de manera correcta puede

llegar a producir la lesión: aterrizar sobre un pie de un salto o un cambio de dirección; en ambos movimientos provocan una desaceleración repentina que cambia a una carga axial articular en respuesta a la fuerza de la reacción del piso.

Los autores del mismo estudio, afirman que ante una situación de lesión la cadera se bloquea durante 100 milisegundos, se cree que este bloqueo se puede deber a una debilidad de los músculos abductores, una respuesta tardía de los músculos cuádriceps o isquiotibiales o bien un deterioro del rango de movimiento de la cadera, debido a este bloqueo la cadera permanece en una posición sostenida o se extiende por la activación de los glúteos al momento del contacto con el suelo.

Esta posición determina que el cuerpo se estira en dirección posterior limitando la flexión progresiva de la rodilla que por la falta de la activación de los músculos de la rodilla ,quedá en una mínima flexión siendo estabilizada exclusivamente por los ligamentos; llegado a este punto la fuerza externa de reacción del suelo crea una carga axial y al llegar al platillo externo convexo de la tibia y aumentando la inclinación posterior provoca el colapso articular en valgo tensionando el ligamento colateral medial creando una compresión en el compartimiento lateral llevando a una luxación posterior del cóndilo lateral del fémur lo que provoca una rotación externa del fémur y rotación interna de la tibia.

Los estudios muestran que el valgo con la rotación interna es la combinación que más fuerza ejerce sobre el ligamento cruzado anterior y cuando esta se excede puede provocar la ruptura; se estima que este proceso puede ocurrir dentro de los primeros 30 a 50 milisegundos después del contacto con el suelo (Álvarez et al, 2018).

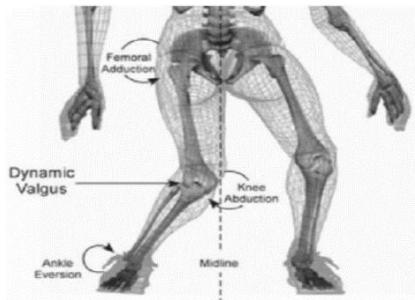


Figura 18. Demostración gráfica de valgo y rotación interna de rodilla.

Nguyen, D., Dong, P. 2020.

**1.1.3.1 Mecanismo lesional indirecto.** Es el mecanismo que se da sin contacto alguno, durante cambios de dirección a alta velocidad, aterrizajes o saltos siendo este reportado con un 70% de incidencia para las lesiones del ligamento cruzado anterior y se generan durante la ejecución del gesto deportivo, en movimientos tales como: cizallamiento anterior y rotación tibial interna por parte de la tibia junto con una abducción de la rodilla, esto se debe a que al momento de aterrizar después de un salto disminuye o no se realiza la flexión propia de la rodilla, lo que lleva a que aumente la tensión en el ligamento cruzado anterior mientras se está en una posición dinámica de valgo (Dressendorfer y Callanen., 2017).

**1.1.3.2 Mecanismo lesional directo.** Se deben a una fuerza externa en la rodilla. Estos se pueden generar por un golpe en la meseta tibial de la tibia provocando un hematoma en el cartílago articular tibiofemoral ocasionando una compresión en sentido axial que esto a su vez lleva no solo a una falla en el ligamento cruzado anterior si no también daño en estructuras cercanas como los meniscos, cartílagos e inclusive el hueso subcondral (Dressendorfer y Callanen., 2017).

**1.1.3.3 Factores de riesgo.** A continuación, se enlistarán aquellos factores que predisponen a una rotura de ligamento cruzado anterior de forma general.

**Tabla 6.** Factores de riesgo.

Factor	Cómo afecta
<b>Externos</b>	Sin importar la superficie del suelo el impacto que se genera al caminar, correr o saltar aumentan la fricción y la resistencia entre las estructuras aumentan el riesgo de provocar una lesión.
<b>Hormonales</b>	En las mujeres, durante el ciclo menstrual se da un proceso llamado fase preovulatoria debido a las células presentes que contienen receptores de hormonas modificando la tensión del ligamento que afecta las propiedades mecánicas del mismo aumentando el riesgo de lesión.
<b>Neuromusculares</b>	Haber presentado una lesión del LCA anteriormente provoca una disminución del control neuromuscular normal que genera el cuerpo que es el que se encarga de responder a diferentes estímulos sensoriales lo que lleva a que se presenten restricciones dinámicas.
<b>Movimiento</b>	El riesgo de sufrir una lesión puede aumentar cuando se realiza un movimiento que excede los rangos normales anatómicos de la articulación de la rodilla.

Elaboración propia con información de: Mouth, 2020.

**1.1.5 Epidemiología.** Se realizó un estudio en Estados Unidos sobre la lesión del ligamento cruzado anterior mostró que aproximadamente entre 80,000 y 250,000 casos al año; y que 100,000 de esos casos involucran cirugía reconstructiva de rodilla. Los estudios realizados fueron en edad de 8 a 63 años de los cuales el 70,68% eran pacientes masculinos y el 29,32% pacientes femeninas; 14.05% eran atletas de alto rendimiento. En cuanto a la ruptura de LCA cerca del 35,82% de los casos fueron lesiones de rodilla en varo siendo las lesiones deportivas la causa principal (Valderrama et al., 2017).

A continuación, se hará mención de un estudio realizado por Forsythe et al., (2021) sobre la afectación en el retorno al juego después de una cirugía de ligamento cruzado anterior y su incidencia en jugadores masculinos de fútbol elite.

En dicho estudio se determinaron los tiempos de regreso al juego después de una reconstrucción de LCA, de una de las cinco ligas del fútbol élite de la Unión Europea de

Asociaciones de Fútbol (UEFA) entre 1999 y 2019, incluyendo a 51 jugadores profesionales que sufrieron ruptura total del ligamento cruzado anterior, de los cuales se dividieron en áreas para dicho estudio según las siguientes características: edad, roles que desempeñaban y temporada de lesión/jugadas, haciendo una comparación con jugadores que aún no presentaban la lesión del ligamento cruzado anterior.

Se documentaron datos incluyendo la fecha de lesión, días y juegos perdidos, la fecha de regreso al juego y lesiones que haya presentado anteriormente, por último, se registraron datos que mostraban el rendimiento siendo el total de horas jugadas en cada partido/temporada, goles marcados y goles recibidos, rendimiento en los distintos momentos posteriores a la lesión y el grupo de control adaptado.

Como resultado, el rendimiento de los jugadores lesionados había disminuido considerablemente, además de que su presencia en tiempo y forma en cada temporada y partidos también había disminuido, sin embargo, en la tercera temporada igualó o superó al equipo de control que no estaba lesionado, excluyendo a los jugadores delanteros, los cuales continuaban con bajo rendimiento.

**1.1.6 Cuadro clínico.** Las manifestaciones que presentan las personas que sufren una rotura del ligamento cruzado anterior es la sensación de un chasquido, a primera instancia se presenta derrame articular provocando hemorragia dentro de la articulación provocando inflamación y dolor; también suelen manifestar sensación de inestabilidad limitando la funcionalidad del arco de movimiento de la rodilla (Erquínigo, 2017).

**1.1.5.1 Dolor.** Se define como una sensación desagradable por medio de la activación de los receptores sensitivos del dolor llamados nociceptores, se da con la finalidad de alertar que cierta parte del cuerpo no está funcionando de manera adecuada (Biedma et al., 2019).

**1.1.5.2 Inflamación.** Se considera como una respuesta normal como forma de defensa para el organismo, se desencadena ante infecciones o traumatismos, consta de 5 signos clínicos los cuales son: rubor, calor, dolor, tumor e impotencia funcional (González y Padrón, 2019).

**1.1.5.3 Inestabilidad.** Si el ligamento cruzado anterior sufre una lesión anatómicamente se crea una traslación en dirección hacia anterior del fémur con respecto a la tibia, esto lleva a que el complejo articular de la rodilla no se encuentre en alineación ocasionando una inestabilidad del miembro inferior (Rosales, 2018).

### 1.1.7 Diagnóstico

**Tabla 7.** Estudios de imagen.

<b>Estudios de imágenes</b>	
<b>Rayos X</b>	La radiografía muestra si hay o no presencia de avulsión en la inserción del mismo; en un estudio realizado se identificó que en vistas radiológicas anteroposteriores y posteroanteriores con flexión de rodilla a 45° más una carga sobre ella son utilizadas para descartar un pinzamiento en el espacio articular y alineamiento anatómico del varo de la rodilla.
<b>Resonancia nuclear magnética</b>	Es la principal opción que representa la integridad del ligamento, en la T2 se puede observar la presencia de edema y hemorragia dentro de dicha estructura, representado en imágenes de alta intensidad, lo que indicaría una rotura completa del ligamento.

Elaboración propia con información de: Lobos, 2019.

**1.1.6.2 Pruebas diagnósticas.** Nos ayuda a identificar inestabilidad anterior de la rodilla.

a) **Prueba de Lachman:** Para la ejecución de la prueba el paciente se debe encontrar en posición de decúbito supino con la rodilla a 30 grados de flexión y rotación neutra, el evaluador con una mano debe crear un bloqueo en la parte distal del fémur, con la otra mano debe realizar un desplazamiento forzado hacia anterior de la tibia.

Para que la prueba sea considerada positiva la traslación hacia anterior debe terminar en un tope blando (Hernández et al., 2022).



Figura 19. Prueba de Lachman.

Fuente: Insall, 2018.

**b) Prueba de cajón anterior:** Evalúa la integridad del ligamento cruzado anterior, para su ejecución se debe colocar al paciente en decúbito supino con flexión de rodilla a 90 grados, el evaluador debe estar situado a los pies del paciente estabilizando el miembro inferior, la ejecución consiste en realizar una traslación hacia anterior de la tibia. Para que la prueba sea considerada positiva debe existir un deslizamiento excesivo hacia anterior de la tibia sobre el fémur (Ortíz et al., 2021).



Figura 20. Prueba de cajón anterior.

Fuente: Insall, 2018.

**1.1.8 Tratamiento médico.** Para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior se realiza un proceso quirúrgico llamado artroscopia, consiste en realizar túneles de 9 milímetros de diámetro en la parte externa de la articulación; se realizan pequeñas incisiones por medio de los artroscopios en el hueso femoral y la tibia, con el fin de sustituir el ligamento dañado por un autoinjerto (Madera, 2022).

Los autoinjertos son tomados del propio paciente se han denominado como los más utilizados por proporcionar mayor conexión con el hueso y así mismo demostrando mejores resultados en cuanto a la estabilidad articular. Se toma de manera transversal de 8 milímetros de diámetro (Muñiz, 2020).

**Tabla 8.** Tipos de ligamentoplastia y fijación.

<b>Tipos de ligamentoplastia</b>	
<b>Técnica de doble incisión</b>	Consiste en realizar un túnel doble en el hueso fémur y la tibia, se realiza de manera independiente y de afuera hacia adentro.
<b>Técnica Monotúnel</b>	Se realizan túneles en el plano frontal, se menciona que esta técnica está diseñada para prevenir la torsión del autoinjerto con la escotadura intercondílea y poder proteger el largo del túnel tibial.
<b>Técnica de doble fascículo</b>	Técnica que ayuda a mejorar la estabilidad durante el movimiento de rotación, se realiza mediante dos fascículos: anteromedial que se realiza sobre todo en la parte interna y proximal y posterolateral que es más hacia posterior y distal, para ello se deben realizar dos túneles en el fémur.
<b>Fijación de la plastia</b>	
<b>Tornillos interferenciales</b>	La función que realizan es fijar el injerto en el interior contra las paredes del túnel femoral, con una oposición aproximadamente entre los 310N y 659N.
<b>Fijación transversal</b>	Se realiza al final del túnel femoral donde se alojan los tendones, estos son los que realizarán la fijación transversal.
<b>Fijación cortical</b>	Realizan la fijación realizando un corte en el fémur o bien en el túnel realizado en la tibia mediante una endoscopia.
<b>Fijación tibial</b>	Esta técnica se puede realizar con la utilización de tornillos que se colocan dentro del túnel tibial que su resistencia debe generarse entre 350N y 1332N; otras opciones para realizar dicha fijación es utilizar tornillos corticales, arandela dentada o doble grapa.

Elaboración propia con información de: Ayala, et al., 2015

### **1.1.9 Tratamiento conservador**

Este tratamiento consiste en la inmovilización de la estructura durante la fase aguda sintomática, se utilizan férulas protectoras durante este periodo; después del periodo de inmovilización se incluye un programa rehabilitador con ejercicios de estiramiento, ejercicios para mejorar la potencia, resistencia y propiocepción de la extremidad inferior afectada, fortalecimiento del core y ejercicios que sean beneficiosos para la adaptación al gesto deportivo, teniendo una duración de 3 a 4 meses. Este tipo de tratamiento se aplica para roturas parciales del ligamento demostrando buenos resultados clínico a corto plazo, pero algunos autores refieren que la rotura de los ligamentos en su mayoría equivale a roturas completas lo que hace que este tratamiento sea ineficiente a mediano o largo plazo (Cruz, 2020).

### **1.2 Antecedentes Específicos**

En los antecedentes generales se abordará el uso del *Star Excursion Balance Test*, es una prueba para evaluar la estabilidad dinámica del complejo articular de la rodilla y su utilidad jugadores de futbol con autoinjerto ligamento cruzado anterior.

#### **1.2.1 Star Excursion Balance Test.**

Es una prueba específica para evaluar el control postural dinámico de miembros inferiores, además de que tiene estrecha relación con la fuerza, rango de movimiento y habilidades propioceptivas, así como habilidades de coordinación, equilibrio, flexibilidad. Tiene diferentes funciones como identificar una lesión, detectar déficits posteriores a una lesión, además de que puede ser utilizada como parte de entrenamiento y en la rehabilitación posterior a una lesión (Coughlan, et al., 2012 y Filipa et al., 2010).

Para la realización del *Star Excursion Balance Test* es indispensable contar con los siguientes materiales: Cinta adhesiva, metro, papel, lapicero y una superficie estable y plana (Granja y Morales, 2022).

Para realizar el test, se debe formar una estrella de 8 líneas con cinta adhesiva en el suelo, las cuales deben tener una angulación de 45° entre cada una, en la cual el paciente debe colocarse en medio, la punta del segundo dedo en la convergencia de las líneas, con una sola pierna sosteniendo el peso, y con la pierna contralateral llegar lo más lejos posible con el pie en cada línea de la estrella (Coughlan, et al., 2012).

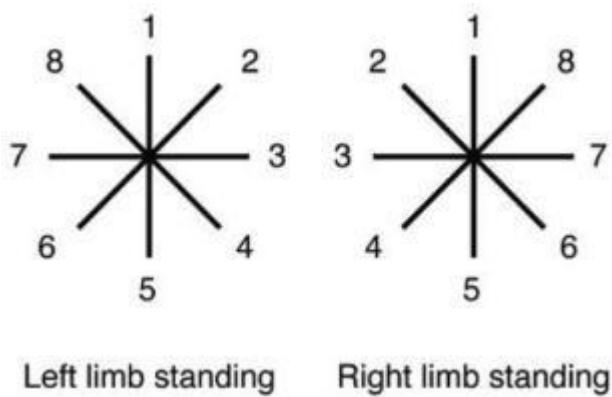


Figura 21. *Star Excursion Balance Test*

Tudpor, y Traithip, 2019.

**1.2.1.1 Ejecución de la prueba.** Como anteriormente se menciona, el paciente al colocarse en el centro de la prueba y debe mantener el equilibrio sosteniendo su peso con una sola pierna mientras que, con la pierna contralateral, específicamente con el dedo gordo del pie, realiza los ejercicios de alcance en todas las direcciones que marca la estrella (Rigidez et al., 2015).

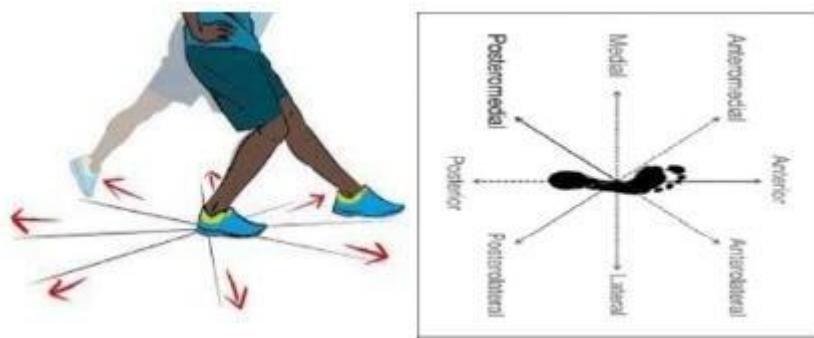
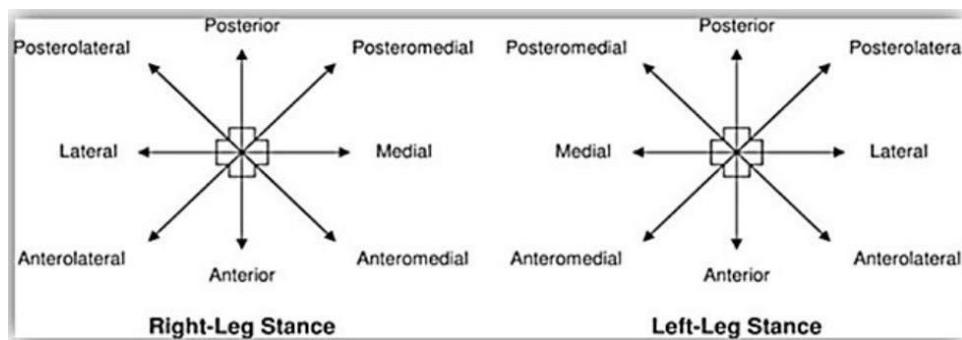


Figura 22. Ejemplificación de la ejecución del SEBT

Adigüzel y Koç, 2021.

Para llevarse a cabo la ejecución de la prueba se va guiando mediante instrucciones verbales hacia la dirección en la que debe guiar el movimiento de la pierna contralateral, las indicaciones corresponden a 8 direcciones las cuales son: Anterior (A), anteromedial (AM), anterolateral (AL), lateral (L), medial (M), posterior (P), posterolateral (PL) y posteromedial (PM). Luego se realizan marcas de la distancia alcanzada del pie en la línea con un marcador, posteriormente con una cinta métrica se realiza la toma del alcance máximo (Calori et al., 2018).



Figuras 23. Direcciones del alcance, SEBT

Fuente: Rosu y Cordún, 2022.

Según Coughlan et al., 2012, antes de realizar la prueba y las mediciones, se solicita que realice 4 ensayos de práctica para conocer la ejecución de la misma, luego de un descanso de

al menos 2 minutos, se continúa con la prueba realizando 3 veces para poder obtener las medidas alcanzadas y así evaluar los resultados.

Según Rosu y Cordún 2022, estos 3 circuitos se clasifican en distancia 1, distancia 2 y distancia 3 y para obtener los resultados de los 3 circuitos por cada pierna, primero se debe medir la longitud de la extremidad para poder realizar una comparación entre otros participantes y entre las mismas extremidades, para ello se mide desde la espina iliaca anterior superior a el centro del maléolo medial ipsilateral. Realizado lo anterior, se continúa con el registro de cada movimiento realizado, el cual se mide en centímetros por cada dirección, desde la distancia entre el punto máximo alcanzado y el punto central; se toma en cuenta como un circuito completo, la correcta ejecución en las 8 direcciones. Por lo que se realizarán 3 circuitos por pierna con 8 distancias de alcance por cada uno. Dicho autor menciona que al finalizar la prueba y obtener de cada circuito, se calcula según se realiza de la siguiente forma:

- Distancia promedio en cada dirección (cm) = a la distancia 1 + distancia 2 + distancia 3 y se divide dentro de 3
- Distancia promedio en cada dirección / longitud de miembros inferiores X 100 = Distancia relativa en cada dirección (%) normalizada

Estos resultados se deben comparar con valores ya preestablecidos, como los que se ven en la siguiente figura (24).

Tabla 1. Datos sobre los valores normales del Star Excursion Balance Test ([www.exercise.trekeducation.org](http://www.exercise.trekeducation.org))  
Distancias relativas normalizadas (expresadas como porcentaje de la longitud de las extremidades inferiores)

Dirección	Distancias relativas normalizadas (expresadas como porcentaje de la longitud de las extremidades inferiores)	
	Hombres	Mujer
Anterior (A)	79,2 +/- 7,0	76,9 +/- 6,2
Posterior (P)	93,9 +/- 10,5	85,3 +/- 12,9
Medial (M)	97,7 +/- 9,5	90,7 +/- 10,7
Laterales (L)	80,0 +/- 17,5	79,8 +/- 13,7
Anterolateral (AL)	73,8 +/- 7,7	74,7 +/- 7,0
Anteromedial (AM)	85,2 +/- 7,5	83,1 +/- 7,3
Posterolateral (PL)	90,4 +/- 13,5	85,5 +/- 13,2
Posteromedial (PM)	95,6 +/- 8,3	89,1 +/- 11,5

Figura 24. Valores normales obtenidos de las distancias normalizadas en pacientes sanos.

Fuente: Rosu y Cordún, 2022.

Según Powden et al., 2019 determinar los cambios en las distancias de alcance se realiza utilizando el cambio mínimo detectable (MDC), teniendo en cuenta que si el paciente aumenta o disminuye el porcentaje o los centímetros a continuación, significaría que hay un cambio verdadero o significativo de 5.87% para la dirección de alcance anterior, 7.84% para el alcance posteromedial, 7.55% para el alcance posterolateral utilizando las medidas alcance normalizadas; para evaluar los cambios en las medidas de alcance no normalizadas se utilizan las siguientes MDC: 6.37cm para el alcance anterior, 7.12 cm para el alcance posteromedial y 8.76 cm para el alcance posterolateral.

Se deben tener en cuenta ciertos aspectos al momento de ejecutar la prueba, por lo que a continuación se enlistaran algunos elementos que se deben tener presente.

**Tabla 9.** Aspectos sobre la ejecución y elaboración del SEBT.

Criterios importantes	Recomendaciones
Configuración de la prueba	Demostración previa a la prueba por parte del experimentador (o vídeo)
Número de ensayos	Para familiarizarse con el procedimiento, se realizan cuatro ensayos en cada dirección para ambas extremidades,
Número de pruebas registrados	Tres por dirección.
Posición de la mano	Ambas manos deben colocarse a nivel de caderas.
Colocación del pie	Descalzo, o en calcetines, falange distal del dedo gordo debe estar en 0, cruce de 3 líneas, durante todo el procedimiento.
Criterios de error en la prueba, la cual se descarta si el sujeto realiza lo siguiente	<ul style="list-style-type: none"> <li>a) El sujeto se cae o pierde el equilibrio, el pie que alcanza toca el suelo.</li> <li>b) El sujeto transfiere su peso en la extremidad de alcance cuando hace contacto con el suelo o hace contacto con el suelo varias veces o no alcanza la cinta métrica</li> <li>c) El pie que se encuentra en apoyo se mueve o se eleva el talón o cualquier parte del pie se levante del suelo</li> </ul>

	d) Las manos se retiran de las caderas.
Parámetro	a) Media de los 3 intentos para cada dirección y extremidad. b) Cálculo de la puntuación compuesta por la media de las 3 direcciones para puntuaciones normalizadas en porcentaje y las que no están normalizadas en centímetros c) Análisis cualitativo del movimiento
Normalización de la longitud de las extremidades	Las puntuaciones se expresan como un porcentaje de la longitud de la extremidad inferior evaluada, es decir, desde la espina iliaca anterosuperior hasta el maléolo medial preferiblemente o maléolo lateral.

Elaboración propia con información de: Picot et al., 2021

El SEBT originalmente consta de una estrella de 8 puntas, sin embargo, los estudios han demostrado que es necesario simplificar el número de direcciones a evaluar ya que eran redundantes, por lo cual, se considera utilizar las direcciones hacia anterior, posteromedial y posterolateral, siendo el nuevo nombre de *Star Excursion Balances Test modified* y por sus siglas en inglés MSEBT, de esta forma el tiempo se reduce y mejora el rendimiento de la prueba (Jagger, et al., 2020).

#### **1.2.1.2 Indicaciones**

- a) Según Herrington, et al., (2009) detectar déficits de rendimiento relacionados a lesión de ligamento cruzado anterior.
- b) Según Andrade y Villena, (2006) evaluar control postural dinámico.
- c) Según Picot et al., (2021) déficits funcionales durante la fase de retorno al deporte.

## **Capítulo II**

### **Planteamiento del Problema**

Este capítulo plantea el problema de investigación a partir de datos epidemiológicos a nivel nacional y de otras regiones sobre la lesión de ligamento cruzado anterior en futbolistas, así como la relevancia de un déficit en la estabilidad dinámica a causa de una reconstrucción quirúrgica del mismo y cómo el uso del *Star Excursion Balance Test* [SEBT] podría favorecer en este tipo de patología. Se justifica este trabajo con información relevante acerca de la magnitud, el impacto, la vulnerabilidad, el alcance y la factibilidad. Finaliza al indicar los objetivos que guían el proceso de indagación.

#### **2.1 Planteamiento del Problema**

En el mundo, el fútbol es un deporte famoso entre todo tipo de personas, y, según una encuesta que realizó en el año 2006 la Federación Internacional de Fútbol Asociación [FIFA], en diciembre de ese mismo año, se estimó que 240 millones de jugadores eran representados en 300,000 clubs en 204 países del mundo (Maqueda-Aristi, 2021).

Este es un deporte que se caracteriza por ser de tipo: cooperación – oposición, el cual combina conducción del balón, carreras, pases, patear y muchos movimientos que se

consideran explosivos (Camacaro, Colina y Zissu, 2021). Debido a estos movimientos de carácter explosivo y dinámico, este deporte puede ser considerado como lesivo (González-Fernández, 2020; García-Quiles y Aparicio-Sarmiento, 2021).

La mayoría de lesiones se originan durante el juego por contactos directos, sin embargo, hay lesiones que se generan al momento de hacer una recepción del balón con salto con la rodilla levemente flexionada y otras por los cambios repentinos de dirección en la carrera, estos cambios son uno de los factores de riesgo en una lesión de ligamento cruzado anterior ya que durante la carrera se pueden producir roturas debido a una desaceleración brusca con la articulación bloqueada o en extensión (González-Fernández, 2020; García-Quiles y Aparicio-Sarmiento, 2021).

Este tipo de lesiones entre jugadores de fútbol resulta problemático, ya que la rotura parcial o completa no le permite al jugador realizar sus actividades deportivas, también la constante preocupación de otra ruptura y de mantener el rendimiento que el jugador poseía antes de la lesión (Pereido et al., 2021; Guerrero y Mendes, 2020).

En un estudio realizado por Monroy, 2017, tuvo como objetivo determinar las lesiones de mayor frecuencia en jugadores profesionales de la liga mayor en Guatemala en el período de 2016-2017, obteniendo como resultado que el rango de edad con más lesiones con un 36% fue de 26 a 30 años, además, durante el estudio, la parte más afectada, obteniendo el 30%, fue el segmento de la rodilla del cual solamente el 2% obtuvo una ruptura de ligamento cruzado anterior de 128 participantes; Sin embargo es necesario realizar más investigaciones en el pueblo guatemalteco sobre la incidencia y prevalencia de este tipo de lesión en el fútbol guatemalteco y así brindar una mejor perspectiva a la Federación Nacional de Fútbol.

Según Ayala, García-Estrada y Pérez-España, 2015, en una actualización en las lesiones del ligamento cruzado anterior, mencionan que una de cada 3000 personas en Estados Unidos sufre de una rotura del ligamento de forma anual, de los cuales, el 75% y el 90% de los casos obtienen resultados favorables; Velázquez-Rueda, 2016, menciona que el 30% de estas lesiones son de origen traumático y el 70% no traumáticas, afectando mayormente a mujeres.

Por otro lado, se debe conocer la importancia del ligamento cruzado anterior no solo en el ámbito del fútbol, si no en el complejo articular de la rodilla también, su valor radica al ser el principal estabilizador de la rodilla ya que restringe la traslación que realiza la rodilla hacia anterior, evitando la hiperextensión de la misma, además de controlar la rotación tibial; sin este ligamento, la rodilla sería incapaz de aguantar el peso corporal o realizar cargas (Hernández et al., 2022, Entrena, Rincón y Rosas, 2018).

Es debido a su función estabilizadora dentro del complejo articular de la rodilla, que es una estructura predispuesta a una lesión, mayormente dentro del fútbol, es por ello que requieren un proceso de recuperación más largo después de una cirugía además del riesgo de reincidir, posterior a una rotura. El impacto de una lesión de esa magnitud se refleja no solo en la recuperación, sino también en el retorno al juego (Forsythe et al., 2021).

Según Forsythe et al., 2021 se analizó el rendimiento de jugadores de fútbol profesional de élite de la Unión Europea de Asociaciones de Fútbol [UEFA] después de una reconstrucción del LCA, mostraron que 41 jugadores retornaron a sus actividades después de la lesión, siendo el 80%, sin embargo, el 12% experimentó una rotura ipsilateral o contralateral, siendo 6 jugadores los afectados. El impacto de esta lesión también se vio reflejado en cada partido ya que, los jugadores lesionados estuvieron presentes en menos partidos y por menos tiempo cada temporada, además de que el rendimiento no era el mismo que antes de la lesión en la segunda temporada, no obstante, en la tercera temporada igualó o superó al equipo de control.

Según una publicación del equipo de Fútbol Club Barcelona (2020), menciona un estudio en el cual se hizo un análisis a 78 equipos europeos de tipo élite en 16 países durante 15 temporadas. En cuanto al retorno al juego, el 7% o 9 de los jugadores que regresaron a los entrenamientos habituales, solamente ese porcentaje tuvo complicaciones antes del primer partido, así también, un 85.8% regresó a los partidos competitivos un año después de la lesión, pero solo el 65% compitieron al máximo 3 años después, siendo en cifras normales 60 de 93 jugadores (Lago, 2020).

Una lesión de LCA tiene consecuencias al momento de retornar al deporte como lo anteriormente descrito como un bajo rendimiento y el riesgo a reincidir en una nueva rotura, sin embargo, pueden ser un efecto colateral de un déficit en el control postural, estabilidad dinámica y propiocepción ya que al verse sometidos a un procedimiento quirúrgico y al ser un órgano sensorial el cual tiene como objetivo proporcionar información proprioceptiva al sistema nervioso central y de iniciar tanto reflejos protectores como musculares, con el fin de generar así la estabilización, predispone al jugador a una inestabilidad articular, reflejos posturales anormales o en el peor de los casos a una enfermedad degenerativa. Por lo anteriormente descrito, que es necesario evaluar la estabilidad dinámica y propiocepción postoperatoria a través de pruebas que evalúen este tipo de déficits (Ma et al., 2021; Rosu y Cordun, 2022).

Es por ello, que el *Star Excursion Balance Test* es una prueba que ayuda a evaluar el equilibrio dinámico, requiere que el paciente tenga resistencia, extensibilidad y control neuromuscular, ha demostrado ser útil para valorar la inestabilidad de la rodilla promoviendo la adaptación de la rehabilitación dentro del ámbito deportivo (Ma et al. 2021; Rosu y Cordun, 2022).

En base a todo lo anteriormente descrito que nos hace plantearnos la siguiente pregunta, ¿Cómo se puede utilizar el Star Excursion Balance Test para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior?

## 2.2 Justificación

Peredo et al., 2021 realizó un análisis descriptivo durante 3 temporadas consecutivas (2016-2017, 2017-2018 y 2018-2019) a 93 personas siendo 84 hombres y 9 mujeres en España Cantabria, el estudio incluía aspectos como sexo, edad, si fue durante la práctica deportiva o en entrenamiento, posición, y además si realizaba trabajo preventivo o no, como también el tipo de lesión sufrida.

Tras aplicar el análisis la muestra fue de 78 jugadores, de los cuales 69 eran hombres entre 19 y 40 años y 9 mujeres entre 19 y 48 años. La lesión más registrada fue la de ligamento cruzado anterior, presentando en el caso de los hombres un total de 42 lesiones, y en el caso de las mujeres un total de 8 casos. El porcentaje restante además de presentar lesión de ligamento cruzado anterior, presentaba alteración de otras estructuras asociadas a este (Peredo et al., 2021).

En una lesión de ligamento cruzado anterior en primera instancia se observará inflamación articular y dolor intenso, que imposibilita a la persona a detener sus actividades de la vida diaria (Mouth, 2020). Esto repercute en el estilo de vida de las personas, provocando una vida sedentaria, limitada e inestable. La lesión perjudica la articulación de la rodilla a un largo plazo si no se somete a un procedimiento quirúrgico debido al desplazamiento que la tibia

tiene con respecto al fémur, lo que provoca inestabilidad que con el paso del tiempo puede generar la rigidez articular (Córdova, 2021).

Para una rotura parcial de ligamento cruzado anterior el tratamiento conservador clásico sí está correctamente indicado porque ha demostrado buenos resultados reduciendo la actividad física previa al retorno deportivo, incluye un periodo de inmovilización en la fase de síntomas agudos, ejercicios de estiramiento, ejercicios de fortalecimiento de las extremidades inferiores, ejercicios de propiocepción, resistencia cardiovascular y ejercicios de adaptación (Cruz et al., 2020).

Para ello, es necesario aplicar controles periódicos para evaluar el resultado de la rehabilitación y complicaciones como también el tiempo de reintegración a la actividad deportiva que suele ser de al menos 3 meses, sin embargo, otros autores describen que estas roturas equivalen a roturas completas y que el tratamiento conservador produce malos resultados a mediano o largo plazo (Cruz et al., 2020).

El *Star Excursion Balance Test* es una prueba que consiste en evaluar el equilibrio dinámico y estimular el mantenimiento de la estabilidad de la rodilla. La prueba consiste en realizar una estrella con 8 direcciones siendo: anterior, antero medial, medial, posteromedial, posterior, posterolateral, lateral y anterolateral (Jagger, et al., 2020).

El test es especialmente utilizado en lesiones de ligamento cruzado anterior por su capacidad de detectar deficiencias en el control de la postura de las extremidades inferiores ayudando en los programas de rehabilitación en el ámbito deportivo (Smale, 2017).

En diferentes estudios realizados han demostrado que evalúan el SEBT a los 6 o 12 meses después de una cirugía de ligamento cruzado anterior; se ha demostrado que dichas lesiones

después de ser sometidas a procedimientos quirúrgicos tendrán consecuencias para el rendimiento deportivo, en la investigación realizada de estos estudios recalcan que es mejor realizar esta prueba desde los inicios para mejorar el equilibrio dinámico antes de realizar cualquier otra técnica dinámica (Smale, 2017).

La prueba es un instrumento de evaluación que permite llevar un control sobre el progreso del control postural dinámico en deportistas, ayudando a que puedan mejorar su calidad de movimiento tomando en cuenta las habilidades propias del cuerpo como la fuerza, control neuromuscular, la flexibilidad de los tejidos, el rango de movimiento articular, la estabilidad, el equilibrio y propiocepción para tener un mejor retorno a las actividades deportivas (Smale, 2017).

En el fútbol, estas lesiones se originan a partir de los cambios repentinos que ocurren en la carrera, sobre todo en aquellas desaceleraciones bruscas con la rodilla en extensión o bloqueada son altamente lesivos y pueden conducir a una ruptura. El ligamento cruzado anterior, al ser el principal estabilizador dinámico de la rodilla es el que se ve altamente en riesgo en este tipo de gesto deportivo, además de que al lesionarse es el que requiere un proceso de recuperación más largo y mayor riesgo de reincidencia (González-Fernández, 2020).

Es por lo anteriormente descrito, que la aplicación del *Star Excursion Balance Test* puede resultar útil para la evaluación de la estabilidad dinámica luego de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior en jugadores profesionales masculinos, ya que juega un papel importante para una pronta recuperación y un retorno seguro al deporte (González-Fernández, 2020; García-Quiles y Aparicio-Sarmiento, 2021; Hernández et al, 2022; Entrena, Rincón y

Rosas, 2018; Faggal et al., 2019; Hajouj et al., 2021 y Huerta, Casanova, Barahona-Fuentes, 2019).

Es posible realizar la presente investigación ya que cuenta con las referencias bibliográficas suficientes para la realización de este trabajo para cumplir el objetivo general de la presente.

## 2.3 Objetivos

### 2.3.1 Objetivo general.

Identificar mediante una revisión teórica del uso del *Star Excursion Balance Test* para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años

### 2.2 Objetivos específicos.

- ❖ Describir el proceso biológico del autoinjerto del ligamento cruzado anterior en futbolistas masculinos de 20 a 25 años para identificar el riesgo de ruptura con la aplicación del *Star Excursion Balance Test* en etapas no idóneas.
- ❖ Reconocer la ejecución del *Star Excursion Balance Test* para su correcta aplicación en la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años.
- ❖ Identificar por medio de una revisión teórica que modalidad de evaluación entre el *Star Excursion Balance Test*, *Star Excursion Balance Test modificado* y *Y-Balance Test*, resulta mejor para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años

## **Capítulo III**

### **Marco Metodológico**

Este capítulo desarrolla la metodología empleada durante el proceso de investigación y se describen los materiales y métodos utilizados al desglosar el enfoque adoptado, el tipo de estudio, el método, el diseño de investigación, así como los criterios de selección. Del mismo modo se presentan las variables que guiaron la búsqueda de información. Se definen tanto la variable independiente como la dependiente y operacionalización

#### **3.1 Materiales**

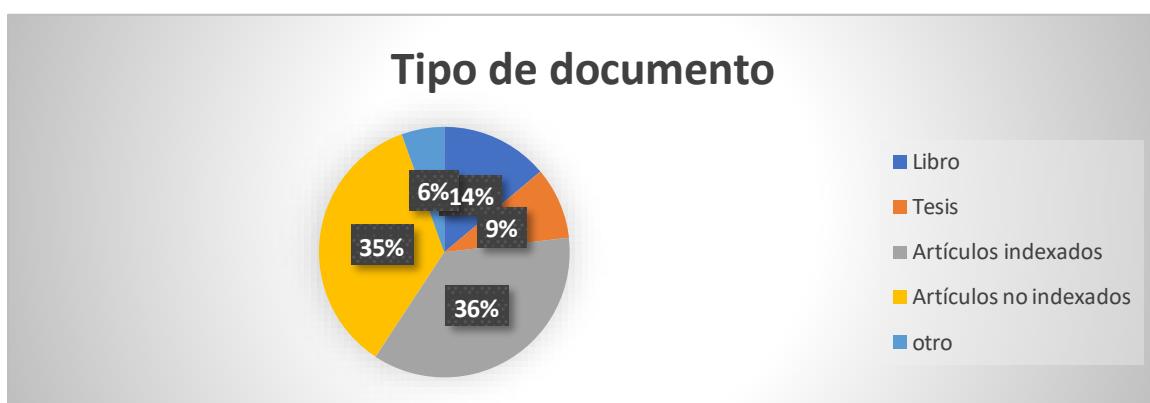
En la presente investigación se utiliza una técnica de tipo documental. A continuación, se presenta una tabla con los buscadores y una gráfica con las fuentes consultadas.

Para dar cumplimiento a los objetivos de este estudio se revisaron la base de datos de Google académico, PubMed, Elsevier, ResearchGate y Scielo que se muestra en la tabla 25, anterior, bajo las palabras claves: lesión, ligamento cruzado anterior, futbolistas, *Star Excursion Balance Test.*

**Tabla 10.** Palabras clave y motores de búsqueda utilizados.

Buscador	Definición	Palabras clave
Google Académico	Corchuelo, (2020) lo describe como: “Servicio de Google especializado en la búsqueda de contenido bibliográfico, académico y científico”.	Ligamento cruzado anterior, LCA, Postoperatorio LCA, Fútbol, lesiones en fútbol, mecanismo lesional, anatomía rodilla, incidencia lesión LCA fútbol, FIFA, UEFA
Research Gate	Según Moya, (2015) lo define como “una red social científica para científicos e investigadores cuya misión es conectar a investigadores y facilitarles compartir y acceder a sus publicaciones, conocimientos y experiencia”.	
Elsevier	Según Velterop, (2015) describe a esta editorial como una de las más grandes y con mayor acceso a descubrimientos científicos, además de contar con publicación de revistas científicas.	
PubMed	Gómez y Estrada-Lorenzo, (2010) lo definen como: “Es una base de datos de acceso libre y especializada en ciencias de la salud, con más de 19 millones de referencias bibliográficas.”	<i>Anterior cruciate ligament, ACL, football injuries, knee anatomy y Anterior cruciate ligament injury, ACLR</i>
Scielo	Según Canales, Medín, Villegas y Peña en (2009) Mencionan que es una plataforma que contiene información publicada en base a datos bibliográficos, permitiendo el acceso a diversos artículos científicos en diferentes idiomas.	Ligamento cruzado anterior, LCA, Postoperatorio LCA, Fútbol, lesiones en fútbol, mecanismo lesional, anatomía rodilla, incidencia lesión LCA fútbol, FIFA, UEFA

Elaboración propia con información de: Corchuelo, 2020; Moya, 2015; Velterop, 2015; Gómez y Estrada-Lorenzo, 2010 y Canales, Medín y Peña, 2009.



*Figura 25. Distribución de la información según los tipos de documentos consultados.*

*Elaboración propia.*

Como resultado de la búsqueda se encontraron un total de 77 artículos científicos, 39 artículos indexados, 38 artículos no indexados y 6 artículos tomados de páginas web, 15 libros y 10 tesis, para hacer un total de 108. Dentro de la base de datos que se utilizaron se puede apreciar que de Google académico se tomaron 58 artículos, PubMed 40 artículos, Research Gate 2 artículos, Elsevier 4 artículos y Scielo 2 artículos, de otros buscadores 2.

### **3.2 Métodos**

A continuación, las autoras desarrollaran los métodos utilizados para realizar esta investigación, abarcando el enfoque, el tipo de estudio, los métodos y el diseño del estudio que se realiza, además de establecer y operacionalizar las variables.

**3.2.1 Enfoque de la investigación.** La presente investigación corresponde a un enfoque cualitativo, según Espinosa (2020) el tema investigado requiere de base científica para realizar un análisis del contenido, el enfoque cualitativo es un proceso investigativo en el que sustenta el tema teórico, el investigador hace énfasis en cada investigación ya que estas pueden tener una explicación diferente con un enfoque subjetivo por ello se debe enfocar en la fiabilidad de los instrumentos utilizados para que dicha información pueda ser apropiada y que los resultados puedan ser válidos y fiables.

Esta investigación es cualitativa, porque se lleva a cabo la búsqueda de fuentes bibliográficas que proporcionan la recolección de datos para realizar una deducción de los resultados obtenidos respecto al uso del *Star Excursion Balance Test* para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas masculinos con autoinjerto de ligamento cruzado anterior.

**3.2.2 Tipo de estudio.** Esta investigación es de tipo descriptiva, la cual, según (Hernández et al., 2018) afirman que en este tipo de estudio se pretenden describir las características de los elementos del tema de investigación describiendo las características del mismo estableciendo diferentes hipótesis.

El presente trabajo se presentan las características principales del *Star Excursion Balance Test*, como su ejecución, sus criterios de falla, los materiales a utilizar, para así conocer su correcta aplicación, así mismo, describir su uso en la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con una reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

**3.2.3 Método de estudio.** El método inductivo parte de juicios sobre temas específicos para luego finalizar con lo general, por otro lado, el método deductivo realiza un juicio de forma general y luego desglosa para llegar a lo particular, es decir, ambos métodos se enfocan en el procesamiento de la información obtenida a través del razonamiento propio del investigador para llegar a una conclusión de la información recopilada a través de la investigación (Quesada y Medina, 2020).

Es por ello, que esta investigación utiliza este método, ya que se parte de los conocimientos básicos de anatomía, mecanismos lesionales y el uso del SEBT para razonar sobre cada uno de ellos y deducir su estrecha relación ya dentro del objetivo de la investigación.

**3.2.4 Diseño de la investigación.** La presente investigación se realizó en base a un diseño no experimental, en el cual no se tiene una relación directa con las variables estudiadas, solamente su análisis, descripción y compresión en la relación entre ambas variables (dependiente e independiente); ya que el diseño no experimental se subdivide, se eligió un

tipo de diseño transversal descriptivo donde se realiza la investigación en un tiempo único y se miden las variables en un solo momento (Hernández et al., 2018; Landero y González 2014) Esta investigación es de tipo transversal ya que fue realizada durante enero a mayo del año 2023.

**3.2.5 Criterios de selección.** Con el fin de recolectar información relacionada al tema y obtener buenos resultados, se aplicaron criterio de inclusión y exclusión para la selección de fuentes de información, las cuales sirvieron como referencia para la presente investigación.

**Tabla 11.** Criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"><li>• Artículos con 10 años de antigüedad</li><li>• Artículos o libros sobre el <i>Star Excursion Balance Test</i>.</li><li>• Artículos o libros con descripción anatómica del complejo articular.</li><li>• Artículos o libros sobre mecanismo lesional ligamento cruzado anterior en futbolistas.</li><li>• Artículos o libros sobre equilibrio dinámico en jugadores postoperatorios de ligamento cruzado anterior.</li><li>• Artículos o libros que mencionen sobre los factores de riesgo de una lesión de ligamento cruzado anterior.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>○ Fuentes que no contengan información sobre el uso de <i>Star Excursion Balance Test</i> en futbolistas masculinos.</li><li>○ Fuentes que no contengan información sobre lesión del ligamento cruzado anterior.</li><li>○ Fuentes que no contengan información sobre postoperatorio de ligamento cruzado anterior.</li><li>○ Estudios sobre futbolistas masculinos que sobrepasen los rangos de edad.</li><li>○ Fuentes sin autores y año.</li><li>○ Fuentes mayores a 10 años de antigüedad</li></ul>

Elaboración propia.

### 3.3 Variables

Según Baena et al., (2017, p. 93 y 94), se define la variable como: “Una característica o propiedad que puede variar entre individuos o conjuntos” además de que mencionan que también son herramientas que se utilizan para el análisis de categorías, la cual define como los conceptos.

**3.3.1 Variable independiente.** Es la causa del tema de investigación, puede ser una característica o propiedad, la cual no se puede controlar (Baena, 2017). La variable independiente de la presente investigación es el *Star Excursion Balance Test*.

**3.3.2 Variable dependiente.** Es aquella que depende o está sujeta a la variable independiente, es decir que tiene relación con los cambios que la variable pueda tener (Baena, 2017). La variable dependiente de la presente investigación es la evaluación de la estabilidad dinámica en ligamento cruzado anterior.

**3.3.3 Operacionalización de variables.** Según González, (2021) la operacionalización de las variables se define como: “Conjunto de técnicas y métodos que permiten medir la variable en una investigación, es un proceso de separación y análisis de la variable y sus componentes que permiten medirla”. A continuación, se definirán las variables utilizadas en la investigación presente.

*Tabla 12. Operacionalización de variables.*

		Definición conceptual	Definición operacional	Fuente
	<i>Star</i>	Es un instrumento que	Esta prueba requiere de	
<b>Independiente</b>	<i>Excursion Balance Test</i>	se utiliza para evaluar el equilibrio dinámico de las	ciertas capacidades físicas como: resistencia, flexibilidad,	(Rosu y Cordun, 2022)

	<p>extremidades inferiores.</p> <p>estabilidad, equilibrio, entre otras. Es por ello que utilizarlo para evaluar estas capacidades que pueden influir en la estabilidad dinámica</p>
<b>Dependiente</b>	<p>Evaluación de la estabilidad dinámica en ligamento cruzado anterior</p> <p>El control postural se define como la capacidad de generar acciones anticipatorias para mantener o recuperar el balance, la estabilidad de mantener una posición sin caer y se divide en estática y dinámica. La estabilidad dinámica es la capacidad de no perder el equilibrio y caer durante el movimiento.</p> <p>Después de un procedimiento quirúrgico la estabilidad dinámica se ve alterada ya que, en tejidos como ligamento, existen receptores, en este caso, propioceptores que se encargan de enviar información al sistema nervioso y realizar ajustes, por lo tanto, cuando se daña el tejido y se reemplaza se ve alterada, es por ello que es importante evaluar la misma a través de un test</p> <p>(Komaris et al., 2021)</p>

Elaboración propia con información de: Rosu y Cordun, 2022; Komaris et al., 2021).

## Capítulo IV

### Resultados

Este último capítulo consigna los resultados obtenidos mediante el proceso de investigación. Se presentan trabajos experimentales que sustentan los objetivos planteados. Del mismo modo, se realiza una discusión de esos resultados con la finalidad de señalar la conclusión a la que se arriba y las perspectivas posibles que este trabajo podría seguir.

#### 4.1 Resultados

- ❖ Describir el proceso biológico del autoinjerto de ligamento cruzado anterior en futbolistas profesionales masculinos de 20 a 30 años para identificar el riesgo de ruptura con la aplicación del *Star Excursion Balance Test* en etapas no idóneas.

**Janssen y Scheffler (2013)** realizaron una revisión sistemática en su artículo *Intra-articular remodelling of hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction*, en la cual revisó a través de bases de datos, publicaciones sobre el proceso de ligamentización en una reconstrucción de LCA con autoinjerto de tendón de isquiotibiales, se analizaron estudios en humanos y animales, sin embargo, estos últimos

se han obviado. Dichos autores explican que, existen factores que influyen en la rehabilitación y el éxito de la reconstrucción en función de las propiedades mecánicas, sin embargo, hace énfasis en los procesos a nivel biológico en el tejido tendinoso, los cuales permiten una correcta incorporación del injerto; menciona que, para llevar un seguimiento de este proceso, se obtuvo a través de una biopsia y estudio a nivel histológico.

Dichos autores, mencionan que el proceso de curación da lugar a una incorporación del injerto intratúnel y una remodelación en el injerto intraarticular; así mismo, identifican tres etapas de curación del autoinjerto, siendo la primera la etapa de curación temprana, la cual inicia desde el momento de la reconstrucción del ligamento hasta la cuarta semana luego de la operación. En esta fase, existe una hipocelularidad en el centro del injerto, así como un proceso necrótico.

Según Janssen y Scheffler (2013) durante la segunda semana observan una llegada de células hacia el injerto, lo cual según suposiciones del autor, podrían deberse al líquido sinovial que rodea al injerto, elementos provenientes de la médula ósea, debido a la perforación de los túneles en el hueso, así como células circundantes del LCA nativo; a la tercera semana, se da una separación y orientación de las fibrillas de colágeno, pero de forma lenta, sin embargo la estructura y patrón rizado del colágeno del tejido injertado continúan por lo que disminuye las propiedades mecánicas del tejido, por esa razón, en esta etapa, el sitio donde se inserta el injerto es débil a comparación del LCA nativo, por lo que puede fallar por una extracción del injerto, es por ello que tener una fijación del injerto.

Janssen y Scheffler (2013) delimitan la fase proliferativa en un periodo de 4 a 12 semanas luego de la cirugía y explican que es debido a la necrosis del tejido que se estimula la llamada de factores de crecimiento por lo que se da una síntesis y un aumento en la revascularización por medio de una migración y proliferación celular, dando lugar a un mayor número de miofibroblastos, responsables de la tensión *in situ*, además hay un cambio en la matriz extracelular por lo que es durante la fase de proliferación donde el autoinjerto podría tener una baja resistencia mecánica alrededor de la sexta a octava semana luego de la reconstrucción.

Muller, Bowman y Bedi (2013), en su artículo ***ACL graft healing and biologics***, describe 3 fases en el proceso de curación del injerto; menciona que durante la fase de curación temprana se caracteriza por una respuesta inflamatoria con presencia de macrófagos, en el cuarto día, hay presencia de neutrófilos y macrófagos en el sitio de inserción tendón-hueso, donde se encargaran de fagocitar desechos celulares y liberar citocinas proinflamatorias; describe que al décimo día hay presencia del factor de crecimiento transformante b (TGF-b) que contribuye a la formación del tejido cicatrizal fibrovascular entre el injerto y el túnel óseo, el autor menciona que esta cicatrización disminuye la capacidad mecánica del ligamento.

Muller, et al., (2013), mencionan que el regreso al deporte o un tratamiento de rehabilitación agresivo, puede llegar a perjudicar al injerto, debido a que se pueden producir micro movimientos del injerto dentro del túnel y conducir a una respuesta inflamatoria en sitio de entesis, estimulando el ensanchamiento del túnel debido a una estimulación de los osteoclastos por medio de la resorción ósea, sin embargo menciona que, aunque es el movimiento excesivo el que interrumpe este proceso de curación, el

movimiento controlado puede ser beneficioso en este proceso, aun así, resalta que debe ser luego del proceso inflamatorio inicial.

Moretti et al., (2022) en una revisión sistemática de su artículo: *Graft Intra-Articular Remodeling and Bone Incorporation in ACL Reconstruction: The State of the Art and Clinical Implications*, describe 3 fases de curación del injerto, siendo la primera la fase temprana que abarca luego de la cirugía hasta cuatro semanas posteriores y se caracteriza por una degeneración del injerto, iniciando con una necrosis de fibroblastos, lo que produce una liberación de citocinas y quimiocinas, desencadenando una cascada de factores de crecimiento que inducen a la fase de proliferación, también se caracteriza por una reducción de la vascularidad y celularidad. Durante esta etapa se encuentran células derivadas del LCA nativo, del líquido sinovial y de la médula ósea.

Moretti et al., (2022) menciona que el injerto se somete a un proceso de incorporación del injerto en el túnel óseo y de manera intraarticular una remodelación llamada ligamentización. Dichos autores destacan la importancia de conocer estos procesos biológicos para no interferir en la incorporación y remodelación del injerto durante un programa de rehabilitación, debido a que en la fase de curación temprana existe mayor riesgo, ya que hay una falta de incorporación del injerto en el túnel, por lo que durante esta etapa es importante no poner bajo tensión al injerto, aún si la carga ayuda a promover la remodelación.

Moretti et al., (2022). Describe la etapa proliferativa desde la cuarta a la doceava semana, en la cual hay una desorganización en la matriz extracelular teniendo mayor actividad celular, esto afecta a las propiedades mecánicas del injerto, generando una

deficiencia; los autores recomiendan realizar cargas durante esta fase para estimular la producción celular y extracelular con el fin de mantener la estabilidad del injerto.

- ❖ Reconocer la ejecución del *Star Excursion Balance Test* para su correcta aplicación en la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años.

Picot et al., (2021) en su artículo, *The Star Excursion Balance Test: An update Review and Practical Guidelines*, indica que, aunque la prueba fue descrita con 8 líneas, este puede modificarse a solo tres líneas de alcance: anterior (ANT), posteromedial (PM) y posterolateral (PL), esta modificación permite ahorrar tiempo y evitar la redundancia. Indica que no los sujetos a evaluar no deben colocarse zapatos para la prueba y manos a nivel de cadera con el fin de evitar compensaciones, luego se le pide que intente alcanzar la distancia máxima en cada dirección sin apoyar el pie, para luego al completar las tres direcciones colocarse en la posición inicial. Explica que la colocación del pie, depende de la dirección a evaluar, ya que recomienda que durante la evaluación de la dirección anterior se coloque el dedo hallux en 0 y para el alcance PM y PL el talón se coloque en 0, con el fin de minimizar el bajo rendimiento en estas direcciones por la longitud del pie

Picot et al., (2021) recomienda cuatro ensayos para miembro inferior antes de ejecutar la prueba, lo que permite un rendimiento estable y confiable, disminuyendo la fatiga muscular y el efecto de aprendizaje, ahora el número de ensayos que se deben registrar, el autor indica tres ensayos en cada dirección; también indica la necesidad de alternar entre miembros inferiores para disminuir la acumulación de fatiga.

Picot et al., (2021) menciona que se debe realizar un cálculo de normalización a la longitud de la extremidad inferior, desde la espina ilíaca anterosuperior hasta el maléolo medial, y se realiza un promedio por cada dirección, dividido la longitud de la extremidad, y el resultado multiplicado por cien, siendo el resultado la puntuación normalizada, expresado en porcentaje, luego de ello se estima la puntuación compuesta con los resultados de la puntuación normalizada de cada dirección, dividido tres, lo que da como resultado un porcentaje que refleja el rendimiento postural dinámico de la extremidad inferior que ha sido evaluada.

Picot et al., (2021) a través de revisiones bibliográficas, observa que una asimetría absoluta mayor o igual de 4cm en la dirección anterior se asocia con riesgo 2.5 mayor de lesiones. Según los autores se debe tener en cuenta el cambio significativo en las distancias de alcance normalizadas, donde debe superar el 5.9% para la dirección anterior, 7.8% en la dirección posteromedial y 7.6% en la dirección posterolateral; para direcciones no normalizadas 6.4 cm en dirección anterior, 7.1cm dirección posteromedial y 8.8 cm para dirección posterolateral, por lo que un cambio clínicamente relevante en adultos sanos.

Ness, et al., (2015) en su estudio observacional, *Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test*, en el cual, utilizan la prueba modificada con tres direcciones, mencionan que antes de realizar la prueba, se les mostró un video a los sujetos de prueba donde se demuestra la ejecución, posterior a ello, se le explica a detalle los criterios de falla, donde si pierde el equilibrio, transfiere el peso corporal al pie al tocar la cinta métrica, retorno no controlado, levantó el talón de apoyo, no mantuvo las manos en la cadera o no tocó la cinta métrica.

Ness, et al., (2015) utilizaron la normalización de las extremidades, utilizando la medida desde la espina iliaca anterosuperior de la pelvis hasta el maléolo medial ipsilateral, también se les pidió realizar la prueba descalzos y con las manos a nivel de cadera. Los autores realizaron cuatro ensayos de práctica antes de la prueba, con un período de descanso de 2 minutos para luego realizar los tres ensayos de prueba. Para calcular los resultados, se realizó una suma de la mayor distancia de alcance para cada dirección de alcance, luego se dividió por tres veces la longitud de la extremidad y se multiplicó por cien y así obtener la distancia de alcance compuesta para cada pierna.

Ness, et al., (2015) menciona que una diferencia en la distancia de alcance mayor a 4cm entre ambas extremidades podría relacionarse con riesgo de lesión futura, también se relaciona con una distancia de alcance compuesta menor a 89.6% de la longitud de la extremidad en hombres.

Clagg, et al., (2015) en su estudio de tipo transversal, *Performance on the modified star excursion balance test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction*, utiliza la prueba modificada, menciona que antes de iniciar con los ensayos se les muestra un video donde se detalla visualmente la prueba e instrucción para su ejecución; para la prueba se les permite el uso de calzado y se les pide que coloquen la falange distal del dedo hallux en el centro de la rejilla del SEBT modificado, para luego indicarle a los sujetos que realizaran alcances máximos en las tres direcciones, estos autores, realizan 6 pruebas de práctica antes de la prueba, tomando el registro de los alcances durante la séptima ejecución, observa que luego de los 6 intentos se da un efecto de aprendizaje seguido de una meseta sin cambios.

Clagg, et al., (2015) destaca los criterios de falla para no tomar en consideración el ensayo, siendo el que el sujeto no pueda mantener la postura, separación de las manos de las caderas, separación del talón de apoyo, transferencia de peso hacia el pie de alcance, no retorno de la extremidad a la posición inicial. Para realizar los cálculos del rendimiento de la prueba, se utilizaron las distancias de alcance normalizadas, puntuación compuesta (suma de las distancias de alcance ANT, PM y PL dividida tres veces la distancia de alcance normalizada, multiplicado por 100) e índices de simetría de las extremidades.

Clagg, et al., (2015) menciona que los índices de simetría se realizan por medio de una comparación entre el miembro inferior sano y LCA con reconstrucción, donde se divide el desempeño de ambas extremidades, multiplicado por cien, por lo que un 100% refleja una simetría entre ambas extremidades por lo tanto un buen desempeño. Si existe una diferencia entre ambas extremidades de más de 4 cm, puede existir un riesgo de lesión en participantes sanos, en el caso de una reconstrucción de LCA.

- ❖ Identificar por medio de una revisión teórica que modalidad de evaluación entre el *Star Excursion Balance Test*, *Star Excursion Balance Test Modificado* y *Y-test*, resulta mejor para la evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas profesionales masculinos con autoinjerto de ligamento cruzado anterior de 20 a 25 años.

Powden, Dodds y Gabriel, (2019), en una revisión sistemática *The reliability of the Star Excursion Balance Test and Lower Quarter Y-Balance Test in healthy adults: a systematic Review*, investigaron la confiabilidad del SEBT modificado y el YBT con el fin de determinar si eran pruebas fiables para evaluar la estabilidad dinámica en pacientes sanos, ya que al ser

este, esencial para las actividades deportivas, requiere de herramientas clínicas confiables con el fin de prevenir y tomar decisiones durante el proceso de rehabilitación. Estos autores, mencionan que actualmente el uso del SEBT no modificado no se utiliza debido a la redundancia por lo cual se redujo a tres direcciones, por otro lado, el YBT aunque es similar al SEBT, los autores identifican diferencias en las distancias de alcance anterior, por lo que demuestra que las pruebas no son comparables aún si ambas son similares en su ejecución y propósito.

Powden, (2019) indican que ambas pruebas son altamente confiables y se pueden utilizar entre distintos médicos, ya que posee una alta confiabilidad intra e inter evaluador, de igual forma, aclararon que el uso de una técnica de cuantificación diferente como la cinta métrica, el uso del kit instrumentado Y-balance, de igual forma otras variaciones metodológicas como la normalización, ensayos de prácticas y posición corporal, la confiabilidad de la prueba para evaluar la estabilidad dinámica era confiable. Resaltan que en todos los pacientes que se deseen comparar los resultados, el uso de la técnica de cuantificación y metodología deben ser las mismas con el fin de permitir la comparación.

Jagger, et al., (2020) realizó un estudio de cohorte descriptivo de medidas repetidas, *Scoring performance variations between the Y-Balance Test, a Modified Y-Balance Test, and the modified Star Excursion Balance Test*, en el cual, reclutaron 17 hombres y 11 mujeres de edades entre 18 y 35 años, sin lesiones anteriores, ni trastornos neurológicos, vestibulares o tratamiento para infección de oído, en estos sujetos fueron aplicadas las pruebas de forma aleatoria para disminuir los efectos de aprendizaje y fatiga, donde el objetivo del estudio era determinar si existen diferencias en las distancias de alcance al ser variaciones del SEBT que evalúan la estabilidad dinámica.

Jagger, et al., (2020) menciona que tanto la prueba SEBT modificada y la Prueba del Equilibrio Y del Cuarto Inferior YBT-LQ resultan ser confiables para la evaluación del control postural. Estos autores hacen mención de un estudio donde afirma que el uso de las ocho direcciones es redundante por lo que se realiza una modificación utilizando 3 direcciones para ahorrar tiempo, las cuales son: dirección anterior, posteromedial y posterolateral. Ahora bien, el YBT-LQ es una derivación del SEBTm, utilizando las mismas 3 direcciones, sin embargo, en esta prueba los participantes deben realizar un empuje lateral e inferior al pie en apoyo durante la extensión de la pierna que no está en apoyo, ya que están sobre una base ligeramente elevada.

Jagger, et al., (2020) realizó una modificación en la prueba del YBT-LQ permitiendo que el pie a realizar alcances, empujar desde una ubicación más central, con el fin de asemejar la posición de la prueba y al SEBTm y determinar si esta pequeña diferencia influía en las diferencias entre los resultados de ambas pruebas y de esa forma identificar si existían similitudes en ambas pruebas, los autores encontraron que entre el MYBT-LQ y el YBT-LQ si existen similitudes durante la ejecución pero no entre el MSEBT, por lo que dicha modificación no es la responsable de las diferencias entre ambas pruebas, ya que se teorizaba que debido a variaciones en la posición del pie de alcance influía en la diferencia en los resultados entre las pruebas.

**Domínguez, et al., (2018)** realizó un estudio prospectivo longitudinal en su artículo *The relationship between performance on the modified star excursion balance test and the Knee muscle strength before and after anterior cruciate ligament reconstruction* evaluó el equilibrio dinámico utilizando el *Star Excursion Balance Test modificado*, entre dos grupos de 20 a 40 años, un grupo de 24 hombres con autoinjerto del semitendinoso, con edad media de

27.5 años, y otro grupo de control de 24 hombres sanos; la evaluación del SEBT se realizó antes y después de la cirugía para determinar el desempeño, en el cual, determinaron que tanto antes como después de la cirugía no encontraron diferencias significativas, pero identificaron un mal desempeño en el grupo con lesión antes de la cirugía en comparación del grupo de control y solo se igualó, después de la reconstrucción.

Domínguez, et al., (2018) menciona en su estudio, que luego de una reconstrucción del LCA existe una deficiencia en el control postural, la cual se pueden observar a través del uso del SEBT, explica que en un estudio, hallaron deficiencias en direcciones anterior, lateral y posteromedial, y en el grupo con miembros no lesionado, en las direcciones medial y lateral, por lo que se interpreta que el LCA, no solo tiene como función servir para crear límites mecánicos en el movimiento, si no también, tiene un componente sensoriomotor, por lo cual, es debido estímulos sensoriales en las interneuronas inhibidores hay una disminución en la actividad y función del cuádriceps, generando una alteración en el control postural del miembro afectado.

Domínguez, et al., (2018) menciona que el SEBT modificado es una prueba sencilla y de rápida aplicación, además de que no representa riesgo para la integridad del neoligamento, también resulta ser válida para detectar déficits en el control postural y estabilidad dinámica, ya que requiere de capacidades neuromusculares, como coordinación, equilibrio, flexibilidad y fuerza muscular.

## 4.2 Discusión

Muller, Bowman y Bedi (2013), Janssen y Scheffler (2013) y Moretti, (2022), estos autores mencionan que el autoinjerto de tendón pasa por una incorporación de túnel óseo y un proceso de remodelación intraarticular en el autoinjerto, concuerdan en que

ambos procesos se dan en formas y tiempos diferentes, de igual forma la curación del injerto se ve influenciada por diferentes factores como el tipo de injerto, técnica de fijación, tensión del injerto y micro movimientos del túnel del injerto.

Janssen y Scheffler (2013) y Moretti, (2022), identifica 3 fases de curación en el injerto, una fase temprana de curación desde el momento después de la cirugía hasta la 4ta semana y es caracterizada por necrosis, hipocelularidad y revascularización, seguida de una fase proliferativa, de la 4ta semana a la 12va, se encuentra un aumento de revascularización y cambios en la matriz extracelular, mismos autores concuerdan que la etapa de ligamentización podría durar más de un año en asimilarse a las capacidades mecánicas y estructura del injerto nativo, este último autor, menciona que el proceso de ligamentización empieza a partir de la 12va semana. Muller, et al., (2013) a diferencia de los otros autores, no delimita en tiempo las fases de curación del tejido.

Muller, et al., (2013), Menciona que durante la 3ra semana y la 4ta semana se da una formación de fibras a modo de cicatriz fibrovascular en forma de haces de colágeno perpendiculares, con el fin de contrarrestar las tensiones de corte, uniendo al tendón y al hueso, y así resistir las fuerzas de extracción del injerto, lo cual minimiza el rendimiento mecánico del injerto, debido a la disposición desorganizada del colágeno, así como una menor fuerza de extracción. Moretti, (2022) menciona que es a la tercera semana que hay un crecimiento óseo hasta la interfase del injerto-hueso, así como el injerto del tendón rotuliano necesita 6 semanas para ser incorporado, a diferencia del injerto del semitendinoso que necesita 8 a 12 semanas para su incorporación, Janssen y Scheffler (2013) mencionan que en los estudios el injerto de LCA del tendón de la corva, podrían

tener una resistencia mecánica baja alrededor de la 6ta u 8va semana, lo cual podría darse por la necrosis del tejido, una revascularización, cambios en el rizado y composición del colágeno durante las fase de curación temprana y la proliferación, así también menciona que en la 2nda y 4ta semana la falta de incorporación del injerto en el sitio de inserción, sin embargo en la fase de proliferación es cuando en su zona intraarticular donde menor resistencia mecánica tiene.

Janssen y Scheffler (2013), menciona que si bien, es importante someter a cargas al tejido para un mejor progreso, con el fin de producir componentes celulares y extracelulares y mantener la estabilidad del injerto, sin llegar a comprometerlo, hace mención a que todavía no se ha estudiado la intensidad de la carga en relación a las fases de curación por lo que recomiendan no generar una tensión excesiva en el injerto en los primeros 3 meses luego de la cirugía, sin embargo, no define una etapa específica con riesgo de ruptura para el injerto, aun así menciona que durante la 2nda y 4ta semana de la etapa temprana, hay una falta de incorporación en sitio de fijación.

Muller, et al., (2013) concuerda en que el regreso temprano o un protocolo de rehabilitación agresivo puede llegar a provocar micro movimientos en el tejido, estimulando una respuesta inflamatoria, de igual forma podría provocar un ensanchamiento del túnel óseo por la estimulación de osteoclastos mediante la resorción ósea, por lo que recomienda que se dé un retraso en las cargas mecánicas controlados hasta después de la etapa inflamatoria para obtener mejores resultados. Moretti (2022) indica que durante la etapa de curación temprana se deben evitar las cargas aún si

resulta importante para promover la remodelación esto debido a la falta de incorporación del injerto dentro del túnel.

Si bien es necesario entender el proceso biológico que atraviesa el autoinjerto luego de la reconstrucción, se debe comprender todo lo que engloba al *Star Excursion Balance Test*, como su ejecución y así poder ser aplicada de manera correcta.

Clagg, et al., (2015) utiliza en su estudio, un video para explicar la ejecución de forma visual y verbal a los participantes en la prueba, a diferencia de Ness, et al., (2015) que no utiliza un video como demostración para la aplicación del test, pero los examinadores explican el procedimiento a realizar, sin embargo, no mencionan si lo hacen de forma verbal y visual, por otro lado, Picot et al., (2021), no hace mención del método de explicación sobre la ejecución de la prueba en su revisión.

Ness, et al., (2015) describe la colocación de las cintas, una cinta orientada hacia anterior y dos cintas métricas ancladas y comuna angulación de 135° con respecto al ápice, correspondiendo a la dirección de alcance PM y PL, también menciona que se colocaron 3 cintas etiquetadas en incrementos de 0.5 cm, sin embargo, Picot et al., (2021) no hace mención sobre la colocación de la cinta para la prueba modificada pero si para la prueba no modificada, donde coloca 8 cintas con una separación de 45° entre cada una de ellas. Clagg, et al., (2015) tampoco hace una aclaración sobre la colocación de las cintas, sin embargo, aclara el uso del SEBT modificado, por lo que se infiere que se utiliza la misma colocación que Ness, et al., (2015)

Clagg, et al., (2015) permite que durante la ejecución de la prueba se utilice calzado, similar a Picot et al., (2021), que permite el uso de calcetines durante la prueba o estar

completamente descalzos, contrario a Ness, et al., (2015) que les piden a los participantes que realicen la prueba descalzos

Clagg, et al., (2015) y Ness, et al., (2015) concuerdan con la colocación de las manos a nivel de cadera, sobre las crestas iliacas; este último autor menciona que se realiza con el fin de estandarizar la posición, Picot et al., (2021), concuerda con el autor y añade que si las manos no se colocan a nivel de caderas y se permite extenderlas, el uso de las mismas alteraría la evaluación de la prueba ya que facilitan el control del equilibrio por lo que impediría encontrar un déficit en el control del mismo, además su colocación en las crestas, disminuye el margen de error, de igual forma menciona que esto debería ser investigado acorde al tipo de deporte.

Por otro lado, Picot et al., (2021) menciona que la colocación de pie en la prueba debería ser más investigado para ser más preciso y consistente en cada procedimiento, aun así, describe el dedo hallux como referencia al igual que Clagg, et al., (2015), contrario a la aplicación de Ness, et al., (2015), que utilizó la colocación como referencia el borde anterior del segundo dedo del pie en la unión de las tres líneas.

Clagg, et al., (2015) menciona realizó 6 ensayos de prueba antes de la única prueba de medición, no indica si hay un tiempo de descanso entre cada ensayo o antes de la prueba; menciona que luego de la sexta se da un efecto de aprendizaje, y que se da una distancia máxima de alcance en la séptima prueba, luego de ello, no hay más cambios, sin embargo no menciona si esto es conveniente o no para los resultados, pero a pesar de esto, toma en cuenta el uso de esta cantidad de pruebas, por otro lado, Ness, et al., (2015), y Picot et al., (2021) realizaron solo 4 ensayos de prácticas en todas las

direcciones con cada extremidad, también se les permitió un descanso de 2 minutos luego de las 3 mediciones de prueba, sin embargo, difieren en cuanto a los efectos de aprendizaje, debido a que el último autor, si menciona que se realizan esa cantidad específica de ensayos de práctica con el fin de minimizar los efectos de aprendizaje de la prueba así como la fatiga muscular, y así obtener resultados confiable, también explica que esta reducción se da, ya que luego de los 6 intentos el rendimiento máximo se estabiliza como lo menciona el primer autor.

Picot et al., (2021), Clagg, et al., (2015) concuerdan en que la ejecución de la prueba se considera fallida cuando el sujeto de prueba no mantuvo la postura, separación de las manos a nivel de cadera, transferencia de peso al pie que realiza el alcance o si la misma no regresaba a la posición inicial antes de continuar a la siguiente dirección, sin embargo, Ness, et al., (2015), solo mencionan que si durante una prueba falla en una dirección de alcance no se considera válida, sin mencionar los criterios de fallo a diferencia de los otros autores.

Picot et al., (2021) No menciona como se puede relacionar directamente los resultados obtenidos a la evaluación del rendimiento de la estabilidad dinámica, sino se centra en la prueba como herramienta clínica para la detección o riesgo de lesión, de igual forma menciona la importancia de la evaluación cualitativa durante la ejecución del SEBT para identificar alteraciones cinemáticas y compensaciones, así como el rendimiento dinámico en la prueba, de igual forma, Ness, et al., (2015) también resalta la importancia de la observación durante la ejecución de la prueba, con el fin de apreciar deficiencias en el movimiento durante las direcciones de excursión, sin embargo,

menciona que aún no existen instrumentos ni el software para el análisis del movimiento biomecánico con el fin de evaluar de mejor manera el control postural dinámico durante la prueba,

Picot et al., (2021) menciona que la interpretación de los resultados debería ser más investigado, ya que el rendimiento del SEBT depende de diferentes factores, principalmente la población a la cual se aplica, ya que en personas que practican un deporte, las características del mismo pueden influir de gran manera en los resultados, por lo que no se pueden comparar resultados entre poblaciones, es por ello que se necesitarían una base de datos en sujetos sanos por cada deporte para tener un parámetro de comparación en cada deporte. Contrario a Clagg, et al., (2015) en su estudio utilizaron como referencia para la interpretación de los resultados un artículo en el cual mencionaba que mayor o igual a 4cm de diferencia entre las extremidades era indicativo de lesión, por lo que fue utilizado para comparar y evaluar asimetrías, así como el rendimiento en la prueba en pacientes sanos y con reconstrucción de LCA, sin embargo menciona que una diferencia del 3% en la distancia compuesta es un resultado clínicamente significativo para dicha población, por lo otro lado. Ness, et al., (2015) utiliza como referencia para comparación que un alcance ANT mayor a 4 cm puede existir un riesgo de lesión, además que un puntaje menor de 89.6% en la distancia de alcance compuesto en hombres también significa un riesgo de lesión, sin embargo, el estudio estaba dirigido hacia paciente sanos, por lo que no menciona si puede ser aplicado estos porcentajes en una población con reconstrucción de ligamento.

Jagger, et al., (2020) menciona que el YBT-LQ al ser una variación del SEBTm podría llevar a los investigadores a comparar los resultados de ambas pruebas, sin embargo, existen variaciones en las puntuaciones en el rendimiento de ambas pruebas, así como diferencias cinemáticas en la ejecución; han identificado una diferencia significativa en la dirección anterior en ambas pruebas. Si bien, Powden, et al., (2019) menciona, que el SEBT inicia como una estrella que utiliza 4 líneas, que posteriormente se redujo a 3 direcciones, además que se crea otra variante instrumentada, YBT, aclara ambas pruebas, SEBT modificado y YBT son herramientas confiables con resultados comparables entre los evaluadores, más no entre pruebas, no especifica sobre las diferencias entre el rendimiento de ambas pruebas

Jagger, et al., (2020) menciona que si bien, ambas pruebas utilizan las 3 direcciones existen diferencias entre ambas, ya que el YBT-LQ en lugar de extender y tocar un punto en la cinta métrica como en el SEBTm, el sujeto desliza durante todo el recorrido un indicador a lo largo de un tubo mientras mantiene el apoyo de la otra extremidad inferior, estas diferencias requieren demandas y estrategias neuromusculares dinámicas diferentes al momento de ejecutar la prueba. Powden, et al., (2019) no especifica la ejecución de ambas pruebas para determinar las diferencias, pero si menciona que, encontraron que en algunos estudios, el SEBT utilizó el kit instrumentado del YBT, y que a pesar de ello, continuaba siendo confiable entre los evaluadores, independientemente la técnica de cuantificación

Ahora bien, Jagger, et al., (2020) afirma que la diferencia entre ambas pruebas es debido a diferentes mecanismos de retroalimentación del control postural, donde SEBTm utiliza un mecanismo de retroalimentación anticipatorio, ya que no recibe información sensorial de

forma constante sino hasta el momento en el que el dedo hallux realiza el toque en la cinta métrica; por el contrario el YBT-LQ recibe de forma constante información sensorial mientras realiza el empuje del indicador durante la ejecución de la prueba, por lo que permite al sujeto determinar la distancia recorrida y cuando se está acercando a los límites de su estabilidad. Powden, et al., (2019) y Domínguez et al., (2017) no hacen ninguna comparación sobre los mecanismos de retroalimentación tanto en el SEBT como en YBT, lo que invita a investigar a mayor profundidad en un futuro, y de manera específica en una población con reconstrucción de ligamento cruzado anterior.

Domínguez et al., (2017), si realiza un estudio donde evalúa la estabilidad dinámica, reconstrucción de ligamento cruzado anterior y otros componentes en la población, a diferencia de Powden, et al., (2019) y Jagger, et al., (2020), utilizaron sujetos sanos y no toda la población tenían futbolistas profesionales, esto último tampoco es parte del estudio de Domínguez et al., (2017).

### **4.3 Conclusión**

En la presente investigación tiene como fin describir el uso del *Star Excursion Balance Test* como método de evaluación de la estabilidad dinámica en futbolistas masculinos con postoperatorio de autoinjerto de ligamento cruzado anterior en de 20 a 25 años. Se realizó una revisión bibliográfica de diversos artículos científicos lo que permiten conocer los procesos biológicos que ocurren en el autoinjerto luego de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior y de esa forma identificar la etapa de mayor riesgo para una ruptura del neoligamento,

como lo es la etapa de curación temprana, donde hay un proceso inflamatorio hasta la cuarta semana, por lo que generar cargas y tensión sobre el ligamento puede interferir en este proceso y prolongarlo, de forma que podría provocar un ensanchamiento del túnel óseo y poner en riesgo al tejido; aunque algunos autores mencionan que el *Star Excursion Balance Test* no pone en riesgo al ligamento, la evidencia demuestra que durante la etapa temprana de curación, no es recomendable generar carga sobre el tejido.

Basado en los resultados obtenidos se determinó que el número de ensayos de práctica deben ser 4 para evitar un efecto de aprendizaje, evitar la fatiga y de esa forma obtener resultados objetivos, por otro lado, se debe tener en cuenta la posición de las manos contribuye a una mejor evaluación, ya que, según los estudios, resulta mejor colocarlas a nivel de cadera para no alterar los resultados de la prueba, así como estar descalzo para realizar los alcances con el fin de no alterar la estabilidad con uso del calzado. También es importante tomar en cuenta los criterios de falla para tomar en cuenta una prueba, como no despegar manos de las caderas, despegar el talón de apoyo y no perder la postura durante la prueba y de esa forma obtener resultados confiables; es importante mencionar que los autores recalcan el uso de la normalización de las extremidades para poder compararlas entre los sujetos y diferentes poblaciones.

En cuanto al SEBT modificado y el YBT, queda demostrado a través de los artículos anteriormente expuestos, que ambas pruebas resultan confiables para la evaluación de la estabilidad dinámica, sin embargo no son iguales y tienen diferencias entre sí, por lo que no las hace comparables entre sí, ya que utilizan mecanismos de retroalimentación diferentes durante su ejecución por lo que las demandas sensoriomotoras difieren entre ambas.

Tras existir una lesión del ligamento cruzado anterior los mecanorreceptores se ven altamente afectados y por lo tanto la estabilidad en la articulación se ve fuertemente afectada, es por ello que la implementación del SEBT es fundamental como una herramienta clínica ya que se comprende de un conjunto de capacidad las cuales son: la fuerza, flexibilidad, equilibrio, estabilidad y propiocepción, todas estas destrezas llevan a que se pueda desarrollar el control neuromuscular que es el cofactor de la estabilidad dinámica.

#### **4.4 Perspectivas**

- ❖ Se espera que la presente investigación pueda ser utilizada a futuro como referencia para trabajos de investigación a nivel académico con el fin contribuir en el campo de la fisioterapia.
- ❖ Se desea que la presente investigación pueda ser tomada en cuenta en estudios de campo para observar el funcionamiento del *star Excursion Balance Test* en patologías específicas como lo es el LCA en poblaciones específicas como lo son los jugadores de fútbol a nivel profesional
- ❖ Se espera que esta investigación impulse a la comunidad científica a poder ampliar el conocimiento y evaluar el potencial del test para detectar y llevar un control de los déficits en el equilibrio dinámico luego de una reconstrucción de ligamento cruzado anterior.
- ❖ Se desea que la comunidad científica pueda obtener datos en poblaciones específicas como la reconstrucción de ligamento cruzado anterior en futbolistas para tener

parámetros de comparación para determinar la mejoría de los futbolistas con la aplicación del SEBT.

## Referencias

- Adigüzel, N., y Koç, M. (2021). Comparison of Dynamic Balance Test Scores of Young Female Volleyball and Soccer Players. (Comparación de las puntuaciones de la prueba de equilibrio dinámico de jugadoras jóvenes de voleibol y fútbol). *International Journal of Applied Exercise Physiology*. 9 (4). 101. Recuperado de: [https://www.researchgate.net/publication/351345705\\_Comparison\\_of\\_Dynamic\\_Balance\\_Test\\_Scores\\_of\\_Young\\_Female\\_Volleyball\\_and\\_Soccer\\_Players?enrichId=rqreq-74889de098a9f672fce36dcbdf8a1dbXXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1MTM0NTcwNTtBUzoxMDIwMDUxMTA4OTM3NzM2QDE2MjAyMTA1NDQ1OTA%3D&el=1\\_x\\_2&esc=publicationCoverPdf](https://www.researchgate.net/publication/351345705_Comparison_of_Dynamic_Balance_Test_Scores_of_Young_Female_Volleyball_and_Soccer_Players?enrichId=rqreq-74889de098a9f672fce36dcbdf8a1dbXXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM1MTM0NTcwNTtBUzoxMDIwMDUxMTA4OTM3NzM2QDE2MjAyMTA1NDQ1OTA%3D&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf)
- Almeida, A., De la Rosa, J., Santisteban, L., Peña, M. & Gonzales, D. (2020). La articulación de la rodilla: Lesión del ligamento cruzado anterior, 3 (1). <https://revdoscic.sld.cu/index.php/revdoscic/article/view/38/97>
- Álvarez, R., Gómez, G. & Pachano, A., (2018). Actualización bibliográfica del mecanismo de lesión sin contacto del LCA, 25 (1). [https://revista.aatd.org.ar/wpcontent/uploads/2019/02/actualizacion\\_bibliografica.pdf](https://revista.aatd.org.ar/wpcontent/uploads/2019/02/actualizacion_bibliografica.pdf)
- Andrade, C. & Villena, P. (2006). Estudio sobre la aplicación del “*Star Excursion Balance Test*” como método de Entrenamiento del equilibrio dinámico y propriocepción en sujetos que presenten inestabilidad funcional de tobillo. (Tesis de licenciatura). Universidad de Chile. Chile.

[https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/110647/andrade\\_c2.pdf?sequence=4&isAllowed=y](https://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/110647/andrade_c2.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

Arévalo, C., (2020). Biomecánica de la rodilla y el ciclo de la marcha. *Journal Boliviano de Ciencias*. 16 (49). P. 25.

<https://doi.org/10.52428/20758944.v16i49.352>

Ayala, J., García, G. & Pérez, L., (2015). Actualización de las Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior. Análisis de los Resultados Mediante TAC y Escalas Clínicas, 22 (1). Recuperado de:

[https://www.revistaartroscopia.com.ar/edicionesanteriores/images/artroscopia/volumen-22-nro-1/PDF/22\\_01\\_01\\_Ayala.pdf](https://www.revistaartroscopia.com.ar/edicionesanteriores/images/artroscopia/volumen-22-nro-1/PDF/22_01_01_Ayala.pdf)

Ayala, J., García-Estrada, G., Pérez-España, L., (2015). Actualización en las lesiones del ligamento cruzado anterior. Análisis de los resultados mediante TAC y escalas clínicas. *Artroscopía*. 22(1), 1-11, Recuperado de:

<https://www.revistaartroscopia.com.ar/ediciones-anteriores/97-volumen-05-numero-1/volumen-21-numero-5/691-juan-diego-ayala-mejias>

Baena, G. & Callejas, J. (2017). Metodología de la investigación, serie integral por competencias. México, Grupo Editorial Patria. ISBN Ebook: 978-607-744-748-1

Bernhardson, A., Aman, Z., Dornan, J., Kemler, R., Storaci, W., Brady, W., Nakama, G.,

LaPrade, R. F. (2019). Tibial Slope and Its Effect on Force in Anterior Cruciate Ligament Grafts: Anterior Cruciate Ligament Force Increases Linearly as Posterior Tibial Slope Increases. (Pendiente tibial y su efecto sobre la fuerza en injertos de ligamento cruzado anterior: la fuerza del ligamento cruzado anterior

- aumenta linealmente a medida que aumenta la pendiente tibial posterior). The American Journal of Sports Medicine, 47(2). 3. doi:10.1177/0363546518820302
- Besch, S. (2015). Inestabilidad rotuliana. EMC - Aparato Locomotor, 48(3), P. 2. doi:10.1016/s1286-935x(15)72884-4
- Biedma, L., García, I. & Serrano, R. (2019). Opiniones y Actitudes, percepciones sociales del dolor. Primera edición, Montalbán. Madrid.
- [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F4amDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=definici%C3%B3n+de+dolor&ots=LqSO8NGOut&sig=ImEMfbeA4NPIJjiCZH\\_Ejmddt8g#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20dolor&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F4amDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=definici%C3%B3n+de+dolor&ots=LqSO8NGOut&sig=ImEMfbeA4NPIJjiCZH_Ejmddt8g#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20dolor&f=false)
- Caichug, A., Pogo, E., Cola, D, y Mendoza, G. (2023). Reconstrucción anatómica del Ligamento cruzado anterior. Recimundo, 7(4), 224-234.
- [https://doi.org/10.26820/recimundo/7.](https://doi.org/10.26820/recimundo/7)
- Calori, P., Souza, F., Batista, T., Fonseca, L., Salim, R., Fogognolo, F. & Ferreira, A. (2018). La relación entre el rendimiento en la prueba de equilibrio de excursión en estrella modificada y la fuerza muscular de la rodilla antes y después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, 1 (1). //doi.org/10.1016/j.knee.2018.05.010
- Camacaro, M., Colina, A., & Zissu, M. (2021). Análisis de las variables cinemáticas en la técnica del pateo en el fútbol a partir de criterios de eficiencia biomecánicos. SPORT TK-Revista Euroamericana de Ciencias del Deporte, 10 (2), 25–45.
- <https://doi.org/10.6018/sportk.429211>
- Canales, C., Medín, C., Villegas, S. & Peña, P. (2009). SciELO: un proyecto cooperativo para la difusión de la ciencia, 11 (2). ISSN 2013-6463

- Chang, C., Lu, T. (2012). *Biomechanics of human movement and its clinical applications.* (Biomecánica del movimiento humano y sus aplicaciones clínicas). *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences.* 28 (25). P. 3.  
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1016/j.kjms.2011.08.004>
- Christel, P., Boueri, W., (2011). Contemporary Anterior Cruciate Ligament Reconstruction. (Reconstrucción contemporánea del ligamento cruzado anterior). InTech. doi: 10.5772/27437
- Clagg, S., Paterno, M., Hewett, T., Schmitt, L., (2015). *Performance on the Modified Star Excursion Balance Test at the time of return to sport following anterior cruciate ligament reconstruction.* (Rendimiento en la prueba de Prueba de la estrella de Excusión de equilibrio modificada en el momento del regreso al deporte después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior). Revista de fisioterapia ortopédica y deportiva. 45 (6). <https://www.jospt.org/doi/10.2519/jospt.2015.5040>
- Claramunt, R., Hinarejos, P., Sánchez, J., Leal, J., Lloret, J. & Carles, J. (2019). El menisco medial presenta un potencial de revascularización en gran parte de su superficie, 26 (2). <https://fondoscience.com/reaca/vol26-fasc2-num66/fs1902010-el-menisco-medialpresenta-un-potencial-de-revascularizacion>
- Corchuelo, C., (2020). Google académico: perfilando el impacto de las métricas, 1 (1). <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/22580>
- Córdova, J., (2021). Conceptos actuales sobre la lesión del ligamento cruzado anterior. (Título médico). Universidad Católica de Cuenca, Cuenca – Ecuador.

<https://dspace.ucacue.edu.ec/bitstream/ucacue/11366/2/9BT2021-MTI087-CORDOVA%20ROBLES%20JUAN%20CRISTOBAL.pdf>

Cossio-Bolaños, M., Arruda, M., (2022). Aplicaciones de la biomecánica al fútbol.

Educación Física Chile. 268 (2009). P. 45 a 47.

<http://revistas.umce.cl/index.php/refc/article/view/2114>

Coughlan, G., Fullam, K., Delahunt, E., Gissane, C., Caulfield, B., (2012). *A comparison between performance on selected directions of the Star Excursion Balance Test and the Y balance test.* (Una comparación entre el rendimiento en direcciones seleccionadas de la prueba de equilibrio de excursión estelar y la prueba de equilibrio Y). Journal of Athletic training. 47 (4). <https://doi.org/10.4085/1062-6050-47.4.03>

Cruz, A., Villalba, A., García, R & Cerezal, L. (2020) Monográfico de ligamento cruzado anterior. Lesiones parciales del ligamento cruzado anterior, 21 (69).

<https://fondoscience.com/reaca/vol27-fasc3-num69/fs1906024-lesiones-parciales-lca>

Díaz, C., (2020). Análisis Computacional de la Articulación de la Rodilla: aplicación en la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. Universidad de la república Uruguay. Tesis de maestría, Montevideo. P. 4 a 15. <https://hdl.handle.net/20.500.12008/26836>

Domínguez, P., Serenza, F., Muniz, T., Fonseca, L., Salim, R., Kfuri, M., Ferreira, A., (2018). *The relationship between performance on the modified star excursion balance test and the knee muscle strength before and after anterior cruciate ligament reconstruction.* (La relación entre el rendimiento en la prueba de equilibrio de excursión en estrella modificada y la fuerza muscular de la rodilla antes y después de la reconstrucción del

ligamento cruzado anterior). *The Knee*. 25(4).

<https://doi.org/10.1016/j.knee.2018.05.010>

Dressendorfer, R. y Callanen, A., (2017). Lesión de ligamento cruzado anterior:

prevención. 1 (1).

<https://www.ebsco.com/sites/g/files/nabnos191/files/acquiadamassets/Rehabilitation-Reference-Center-Clinical-Review-Recurrent-Patella- Dislocation.pdf>

Dufour, M., Pilu, M., (2006). Biomecánica funcional: cabeza, tronco, extremidades.

Elsevier Masson. ISBN-10: 8445816454

Entrena Yáñez, C. M., Rincón Bolívar, N. J., & Rosas Quintero, A. M. (2018). Ligamento cruzado anterior: prevención, rehabilitación pre-operatoria y post operatoria en atletas.

Revista Digital: Actividad Física Y Deporte, 4(1).

<https://doi.org/10.31910/rdafdf.v4.n1.2018.413>

Erquínigo, N., (2017). Efectos y resultados de una vía clínica para el tratamiento de las lesiones del ligamento cruzado anterior (tesis doctoral). Universidad de Murcia, Murcia, España.

<https://www.tdx.cat/bitstream/handle/10803/462199/TNSEA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Espinosa, E. (2020). La investigación cualitativa, una herramienta ética en el ámbito pedagógico, 16 (75). [http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1990-86442020000400103#:~:text=Seg%C3%BAn%20criterio%20de%20Espinoza%20\(2020,de%20este%20tipo%20de%20investigaci%C3%B3n.](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1990-86442020000400103#:~:text=Seg%C3%BAn%20criterio%20de%20Espinoza%20(2020,de%20este%20tipo%20de%20investigaci%C3%B3n.)

Faggal, S., Abdelsalam, S., Adel, M., Mahmoud, F., (2019) *Proprioceptive training after ACL reconstruction: Standard versus stump preservation technique*. (Entrenamiento

propioceptivo después de la reconstrucción del LCA: Técnica estándar versus preservación del muñón). *Physiotherapy Practice and Research*, 40 (1), page 1. DOI: 10.3233/PPR-180127

Filipa, A., Byrnes, R., Paterno, M., Myer, G., y Hewett, T., (2010). *Neuromuscular training improves performance on the star excursion balance test in Young female athletes*. (Mejora el entrenamiento neuromuscular rendimiento de la prueba de excusión de estrella en mujeres atletas jóvenes). *Journal of orthopaedic: sports physical therapy*. 40 (9). DOI: 10.2519/jospt.2010.3325

Forsythe, B., Lavoie-Gagne, O. Z., Forlenza, E. M., Diaz, C. C., & Mascarenhas, R. (2021). Return-to-Play Times and Player Performance after ACL Reconstruction in Elite UEFA Professional Soccer Players: A Matched-Cohort Analysis from 1999 to 2019. (Tiempos de regreso al juego y rendimiento del jugador después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior en jugadores de fútbol profesional de élite de la UEFA: un análisis de cohortes emparejadas de 1999 a 2019) *Orthopaedic journal of sports medicine*, 9(5), <https://doi.org/10.1177/23259671211008892>

García-Quiles, V., & Aparicio Sarmiento, A. (2021). Mecánica sagital del cambio de dirección en jugadoras de fútbol de diferente nivel competitivo. *JUMP*, (4), 46 y 47. <https://doi.org/10.17561/jump.n4.5>

Gómez, R., Estrada-Lorenzo, José-Manuel, (2010). La base de datos PubMed y la búsqueda de información científica, Seminarios de la fundación española de reumatología. 11 (2). 1. <https://doi.org/10.1016/j.semreu.2010.02.005>

González, J., (2021) Guía para elaborar la operacionalización de variables. Espacio I+D: Innovación más desarrollo. 10(28).

<https://doi.org/10.31644/IMASD.28.2021.a02>

González, M. & Padrón, A. (2019). La inflamación desde una perspectiva inmunológica: desafío a la medicina en el siglo XXI. 18 (1).

[http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1729-519X2019000100030&lng=es&tlng=es](http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1729-519X2019000100030&lng=es&tlng=es).

González-Fernández, F.T.; Falces-Prieto, M.; Baena-Morales, S.; Romance-García, A.R.; Adalid-Leiva, J.J.; Morente-Oria, H. (2020). Propuesta de un programa de entrenamiento propioceptivo en fútbol para prevenir lesiones deportivas. Trances: Revista de Transmisión del Conocimiento Educativo y de la Salud, 12(1):19-21. ISSN: 1989-6247

Granja, B., Morales, S., (2022). Plan de ejercicios pliométricos y propioceptivos para estabilidad de tobillo y salto vertical en jugadoras profesionales de baloncesto seleccionadas de la provincia de pichincha periodo agosto- septiembre 2021. Tesis de licenciatura en fisioterapia, Ecuador – Quito.

<http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/20308/TESIS%20BRENDA%20GRANJA%20Y%20SIDNEY%20MORALES.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Gribble, P., Hertel, J., Plisky, P., (2012). *Using the Star Excursion Balance Test to assess dynamic postural-control deficits and outcomes in lower extremity injury: a literature and systematic review.* (Uso de la prueba de equilibrio Star Excursion para evaluar los déficits de control postural dinámico y los resultados en lesiones de las extremidades

- inferiores: literatura y revisión sistemática). *Journal of athletic training*. 47(3). doi: 10.4085/1062-6050-47.3.08.
- Guerreo, J., Mendes, J., (2020). Retorno al deporte tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior. *Revista Española de Artroscopia y Cirugía Articular*, 28(69), 251 a 252. <https://doi.org/10.24129/j.reaca.27369.fs1906029>
- Hajouj, E., Hadian, M., Mohsen, S., Talebian, S., Ghazi, S., (2021) Effects of innovative Land-based Proprioceptive Training on Knee Joint Position Sense and Function in Athletes with Anterior Cruciate Ligament Randomized Controlled Trial. (Efectos del entrenamiento propioceptivo innovador en tierra sobre el sentido y la función de la posición de la articulación de la rodilla en atletas con reconstrucción del ligamento cruzado anterior: un ensayo controlado aleatorio). *Archives of Neuroscience*. 8 (1), 4 a 7. DOI: 10.5812/ans.111430
- Hansen, J., (2017). Netter's anatomy flash cards. (Tarjetas didácticas de anatomía de Netter) Barcelona, España. Elsevier España. ISBN: 9788491134015
- Hassebrock, J., Gulbrandsen, M., Asprey, W., Makovicka, J., Chhabra, A., (2020). *Knee Ligament Anatomy and Biomechanics*. (Anatomía y biomecánica de la rodilla). Sport Med Arthros rev. 28 (3), 80 a 86. doi: 10.1097/JSA.0000000000000279.
- Hernández, A., Ramos, M., Placencia, B., Indacochea, B., Quimis, A. y Moreno, L., (2018). Metodología de la investigación científica. Editorial Área de innovación y Desarrollo, S.L. ISBN: 978-84-948257-0-5
- Hernández, S., González, J. & Delgado, A., (2022). Traumatología y ortopedia. Miembro inferior. Elsevier, España.

<https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=L41hEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA189&dq=rodilla+anatomia&ots=oAKWA-2PXQ&sig=LVUWb1kKqQvLc2acnoRiLzO-Po0#v=onepage&q&f=false>

Herrington, L., Hatcher, J., Hatcher, A. & McNicholas, M. (2009). *A comparison of Star Excursion Balance Test reach distances between ACL deficient patients and asymptomatic controls.* (Una comparación de las distancias de alcance del Star Excursion Balance Test entre pacientes con deficiencia de LCA y controles asintomáticos). 16 (2). doi: 10.1016/j.knee.2008.10.004.

<https://barcainnovationhub.com/es/frecuencia-y-tiempo-de-recuperacion-de-la-lesion-del-ligamento-cruzado-anterior-en-el-futbol-deelite/#:~:text=La%20frecuencia%20de%20la%20lesi%C3%B3n,en%20los%20partidos%20de%20competici%C3%B3n>

Huerta, A., Casanova, D., Barahona-Fuentes, G., (2019). Métodos de entrenamiento propioceptivos como herramienta preventiva de lesiones en futbolistas: una revisión sistemática. Archivos de medicina del deporte. 36 (3), p. 173 y 174.

[https://www.researchgate.net/publication/336014124\\_Metodos\\_de\\_entrenamiento\\_propioceptivos\\_como\\_herramienta\\_preventiva\\_de\\_lesiones\\_en\\_futbolistas\\_una\\_revision\\_sistemática](https://www.researchgate.net/publication/336014124_Metodos_de_entrenamiento_propioceptivos_como_herramienta_preventiva_de_lesiones_en_futbolistas_una_revision_sistemática)

Infante, C., Barahona, M., Palet, M. y Zamorano C., (2021). Traumatología de la Rodilla. Editorial: Departamento de Ortopedia y Traumatología, Facultad de Medicina. Chile. <https://doi.org/10.34720/agz2-hw86>

- Jagger, K., Frazier, A., Aron, A., & Harper, B. (2020). Scoring performance variations between the y-balance test, a modified y-balance test, and the modified star excursion balance test. (Puntuación de las variaciones en el rendimiento entre la prueba de equilibrio y, una prueba de equilibrio y modificada y la prueba de equilibrio de excursión en estrella modificada). *International journal of sports physical therapy*, 15(1), 34–41.
- Jagger, K., Frazier, A., Aron, A., Harper, B., (2020). *Scoring performance variations between the Y Balance test, a Modified Y Balance Test, and the Modified Star Excursion Balance Test*. (Puntuación de las variaciones en el rendimiento entre la prueba de balance Y, una prueba de balance Y modificada y la prueba de balance de excursión de estrella modificada). *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy*. 15 (1).  
<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC7015020/>
- Janssen, R. P., & Scheffler, S. U. (2014). Intra-articular remodeling of hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction. (Remodelación intraarticular de injertos de tendones isquiotibiales después de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior). *Knee surgery, sports traumatology, arthroscopy: official journal of the ESSKA*, 22(9), 2102–2108.  
<https://doi.org/10.1007/s00167-013-2634-5>
- Janssen, R., y Scheffler, S., (2013). *Intra-articular remodeling of hamstring tendon grafts after anterior cruciate ligament reconstruction*. (Remodelación intraarticular de injertos de tendones isquiotibiales después de la reconstrucción del ligamento cruzado

anterior. *Knee Surg Sports Traumatol Arthrosc.* 22(9). DOI 10.1007/s00167-013-2634-

5

Komaris, D., Tedesco, S., O'Flynn, B., Govind, C., Clarke, J., Riches, P., (2021).

Dynamic stability during stair negotiation after total knee arthroplasty.

(Estabilidad dinámica durante la subida y bajada de escaleras después de una artroplastia total de rodilla). Elsevier, 87(21), 1 a 2.

<https://doi.org/10.1016/j.clinbiomech.2021.105410>

Lago, C., (2020). Frecuencia y tiempo de recuperación de la lesión de ligamento cruzado anterior en el fútbol de élite. *Barca Innovation Hub*, 1-11.

Lanas, D., Lanas-Perez, J., Mayorga, L., García, M., (2020). Análisis biomecánico de esfuerzos de la rodilla basado en reconstrucción digital de imagen. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*; 27(2020), P. 693.

<https://www.proquest.com/openview/92966bdef2aa47ca616bcf72bca2eb3e/1?pqorigsite=gscholar&cbl=1006393>

Landero H. y González, R. (2014) Estadística con SPSS y metodología de la investigación. Trillas, México.

<https://catalogosiidca.csuca.org/Record/CR.UNA01000283416/Details>

Lansdown, D., Ma, B., (2018). The influence of Tibial and Femoral Bone Morphology on knee Kinematics in the ACL Injured Knee. (Influencia de la morfología ósea tibial y femoral en la cinemática de la rodilla en pacientes con lesión del ligamento cruzado anterior LCA). *Clin Sports med.* 37 (1). 127 a 136. doi: 10.1016/j.csm.2017.07.012.

Lobos, G., (2019). Plastia de ligamento cruzado anterior: autoinjerto y aloinjerto (Licenciatura). Universidad de San Carlos de Guatemala, Chiquimula.  
<http://www.repository.usac.edu.gt/16351/1/19%20MC%20TG-3786-Lobos.pdf>

López, F., Zavala, K., Rojas, F., Ramos, C., (2020). Evaluación y tratamiento de la inestabilidad patelofemoral, Journal o American Health. 3 (2). P 12 a 13.

<https://www.jah-journal.com/index.php/jah/article/view/36>

Lorenz, A., Müller, O., Kohler, P., Wünschel, M., Wülker, N., y Leichtle, U. G. (2012). The influence of asymmetric quadriceps loading on patellar tracking. An in vitro study. (La influencia de la carga asimétrica del cuádriceps en el recorrido de la rótula. Un estudio in vitro). The Knee, 19(6), 818–822. doi:10.1016/j.knee.2012.04.011

Ma J, Zhang D, Zhao T, Liu, X., Wang J., Zheng, H., Jin, S., (2021) *The effects of proprioceptive training on anterior cruciate ligament reconstruction rehabilitation: A systematic review and meta-analysis* (Los efectos del entrenamiento propioceptivo en la rehabilitación de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior: una revisión sistemática y un metanálisis). Rehabilitación Clínica. 35(4), 6 a 7. doi: 10.1177/0269215520970737

Madera, S. (2022). Análisis por elementos finitos de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (L.C.A.). (Título de ingeniero civil mecánico) Universidad de Chile, Santiago de Chile. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/187081>

Maqueda- Aristi, I., (2021). Incidencia de lesiones en un equipo de fútbol: estudio de cohorte prospectivo. Logía, educación física y deporte: Revista Digital de Investigación en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte, 1 (2). página 2. ISSN: 2695-9305.

Masouros, S., Bull, A., Amis, A., (2010). *Biomechanics of the knee joint*. (Biomecánica de la rodilla). Orthopaedics and trauma. 28 (2). P. 84

<https://doi.org/10.1016/j.mporth.2010.03.005>

Mediavilla, I., Aramberri, M., Guerrero, J., Soler, F., (2017). Conceptos biomecánicos de la cirugía reconstructiva del ligamento cruzado anterior. Revista española de artroscopia y cirugía articular. 24 (59). P. 161 a 162.

<https://doi.org/10.24129/j.reaca.24259.fs1701004>

Monroy, J., (2017). Caracterización de lesiones deportivas en jugadores de liga mayor de fútbol guatemalteco (Tesis de licenciatura). Universidad San Carlos, Chiquimula, Guatemala.

Montaluisa, F., Bolívar, S., (2019). Disfunción biomecánica en rodilla izquierda tras la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, en un adulto masculino. Tesis de licenciatura en terapia física. Ecuador. P. 2 a 5.

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/30270>

Moretti, L., Bizzoca, D., Cassano, G. D., Caringella, N., Delmedico, M., y Moretti, B. (2022). Graft Intra-Articular Remodeling and Bone Incorporation in ACL Reconstruction: The State of the Art and Clinical Implications. (Remodelación intraarticular del injerto e incorporación ósea en la reconstrucción del ligamento

- cruzado anterior (LCA): estado del arte e implicaciones clínicas). *Journal of clinical medicine*, 11(22), 6704. <https://doi.org/10.3390/jcm11226704>
- Mouth, R., (2020) Efectividad del Kinesio Taping en las lesiones del ligamento cruzado anterior, 3 (32) <https://www.npunto.es/content/src/pdf-articulo/5fc4d69fe10e0art2.pdf>
- Moya, V., (2015). ResearchGate, la red social de los investigadores, 1 (1). ResearchGate, la red social de los investigadores, 1 (1).  
[https://bib.us.es/educacion/sites/bib3.us.es.educacion/files/default\\_images/researchgateTutorial\\_v2.pdf](https://bib.us.es/educacion/sites/bib3.us.es.educacion/files/default_images/researchgateTutorial_v2.pdf)
- Muller, B., Bowman, K. F., Jr, & Bedi, A. (2013). ACL graft healing and biologics. (Cicatrización del injerto del ligamento cruzado anterior (LCA) y productos biológicos.) *Clinics in sports medicine*, 32(1), 93–109.  
<https://doi.org/10.1016/j.csm.2012.08.010>
- Munro, A., Herrington, L., (2010). *Between-session reliability of the star excursion balance test*. (Fiabilidad entre sesiones de la prueba de equilibrio de excursión de estrellas). *Physical Therapy in Sport*. 11(4). <https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2010.07.002>
- Muñiz, P., García, R., Munárriz, T., López, R. & Fernández, M. (2020). Revisión del estado actual de las plastias empleadas en la reconstrucción ligamentosa en cirugía de rodilla. *Revista española de artroscopia y cirugía articular* 27 (69).  
<https://fondoscience.com/sites/default/files/articles/pdf/reaca.27369.fs1802008revision-estado-actual-plastia-ligamentosa-rodilla.pdf>

- Muñoz, S., Miranda, E., Iñiguez, M., Wainer, M., Cerdá, A., López, D., (2022). Estudio por imágenes de la articulación patelofemoral: estado del arte. *Revista chilena de radiología*. P. 12 a 14. <http://dx.doi.org/10.24875/rchrad.21000004>
- Ness, B. M., Taylor, A. L., Haberl, M. D., Reuteman, P. F., & Borgert, A. J. (2015). Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test. (Observación clínica y análisis de la calidad del movimiento durante la ejecución de la prueba de equilibrio de excusión en estrella). *International journal of sports physical therapy*, 10(2), 168–177.
- Ness, B., Taylor, A., Haberl, M., Reuteman, P., y Borgert, A. (2015). Clinical observation and analysis of movement quality during performance on the star excursion balance test. (Observación clínica y análisis de la calidad del movimiento durante la ejecución de la prueba de equilibrio de excusión en estrella). *International journal of sports physical therapy*, 10(2), 168–177.
- Neumann, D., (2017). *Cinesiología del Sistema Musculoesquelético: Fundamentos para la rehabilitación*, St. Louis, Missouri, Editorial: Médica Panamericana. ISBN9780323287531
- Nguyen, D., Dong, P. (2020). *The Current Situation of Anterior Cruciate Ligament in Sports and Effective Treatment Methods in Ho Chi Minh City (Vietnam)*. (La situación actual del ligamento cruzado anterior en el deporte y métodos de tratamiento eficaces en la ciudad de Ho Chi Minh. Vietnam) European Journal of Medical and Health Sciences. 2. Doi: 10.24018/ejmed.2020.2.5.486.

- Nordin, M. & Frankel, V., (2013). Bases biomecánicas del Sistema Musculoesquelético. Editorial Wolters Kluwer Health. ISBN:9788415840701
- Ortíz, A. & García, A., (2021). Inestabilidad anterior de la rodilla. Guía de práctica clínica basadas en evidencia, 1 (134).  
<https://www.igssgt.org/wpcontent/uploads/2022/04/GPC-BE-No-134-Inestabilidad-anterior-de-rodilla-IGSS.pdf>
- Panesso, M., Tolosa-Guzmán, Ingrid-Alexandra, Trillos-Chacón, María-Constanza. (2008). Biomecánica clínica de la rodilla. Editorial Universidad del Rosario.  
[https://doi.org/10.48713/10336\\_3693](https://doi.org/10.48713/10336_3693)
- Peredo, L., Bárcena, R., y Mecías, M. (2021). Lesión de ligamento cruzado anterior (LCA) en futbolistas cántabros. Análisis descriptivo de los factores de riesgo. *MLS Sport Research*, 1 (1). <https://www.mlsjournals.com/Sport-Research/article/view/654>
- Picot, B., Terrier, R., Forestier, N., Fourchet, F., McKeon, P., (2021). *The Star Excursion Balance Test: An update review and practical guidelines*. (La prueba de equilibrio de *Star Excursion*: una revisión actualizada y pautas prácticas). *Human Kinetics Journals*. 26 (6). <https://doi.org/10.1123/ijatt.2020-0106>
- Pró, E., (2012). Anatomía Clínica. Buenos Aires, Bogotá. Editorial médica panamericana. ISBN: 978-950-06-0565-6
- Quesada, A., Medina, A., (2020). Métodos teóricos de investigación: Análisis – síntesis, inducción - deducción, abstracto – concreto e histórico – lógico. Universidad de matanzas. ISBN: 978-959-16-4472-5

Repetto A., (2005). Bases biomecánicas para el análisis del movimiento humano.

Edición en CD-ROM. Argentina. Recuperado de:

<http://weblog.maimonides.edu/deportes/archives/basesbiomecanicas.pdf>

Stiffler, M., Sanfilippo, J., Brooks, A., Heiderscheit, B., (2015). *Star Excursion Balance Test performance varies by sport in healthy division I collegiate athletes.* (El rendimiento de la prueba de equilibrio de excursion de la Estrella varía según el deporte en atletas universitarios saludables de la división I). *Journal of Orthopaedic & Sports Physical Therapy.* 45 (10). DOI: 10.2519/jospt.2015.5777

Rivarola, H., Collazo, C., Palanconi, M., Meninato, M., Mendoza, C., Libertini, M. & Posse, R., (2022). Elección de injertos en la cirugía de reconstrucción del ligamento cruzado anterior: revisión de conceptos actuales. *Artroscopia*, 29 (2) 49-58. <https://revistarelart.com/index.php/revista/article/view/263>

Rosales, J., (2018). Resultados de la reconstrucción del ligamento cruzado anterior (tesis de grado). Universidad Rafael Landívar, Guatemala de la asunción.

<https://recursosbiblio2.url.edu.gt/tesisjrcd/2018/09/18/Rosales-Jose.pdf>

Rosu, B., Cordin, M., (2022). *The Star Excursion Balance Test (SEBT) in Knee sprain recovery.* *Science, movement and Health.* 12 (2). 165-166. <https://www.analefefs.ro/analeefs/2022/i2/peautori/14.%20RO%C8%98U%20Bogdan,%20CORDUN%20Mariana%202.pdf>

Saló, J., (2016). Estructura de los ligamentos. Características de su cicatrización.

Althaia, Xarxa Assistencial Universitària de Manresa, Manresa, Barcelona. (S8).

<https://www.elsevier.es/es-revista-revista-del-pie-tobillo-366-articulo-estructuralos-ligamentos-caracteristicas-su-X1697219816549387>

Smale, S. (2017). *Star excursion balance test & dynamic postural control* (Prueba de equilibrio Star Excursion y control postural dinámico), 1 (1).

<https://www.raynersmale.com/blog/2017/8/21/star-excursion-balance-test-dynamicpostural-control>

Soriano, P., Belloch, S., (2015). Biomecánica básica aplicada a la actividad física y el deporte. Paidotribo. España. P. 123 a 124, 354 a 357. ISBN: 978-84-9910-180-4

Tortora, G., Derrickson, B., (2018). Principios de anatomía y fisiología. Editorial Médica Panamericana. México, Ciudad de México. ISBN: 9786078546

Valderrama, A., Granados, J., Rodríguez, C., Barrera, B., Contreras, E., Uriarte, K. & Arauz, G. (2017). Lesión de ligamento cruzado anterior, 13 (4).

<https://www.medigraphic.com/pdfs/orthotips/ot-2017/ot174b.pdf>

Tudpor, K., y Traithip, W. (2019). Fall Prevention by Short-Foot Exercise in Diabetic Patients. (Prevención de caídas mediante ejercicios de pie corto en pacientes diabéticos.) Indian Journal of Physiotherapy and Occupational Therapy an International Journal. 13(2). Doi: 10.5958/0973-5674.2019.00048.0.

Velázquez, L., Rodríguez, M. & Serrano, R. (2019). Percepciones sociales del dolor. Opciones y actitud. Consejo Editorial de la colección Opiniones y Actitudes, <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=F4amDwAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA4&dq=definici%C3%B3n+de+dolor&ots=LqSO8NGOut&sig=ImEMfbeA4N>

PIJjiCZH\_Ejmddt8g#v=onepage&q=definici%C3%B3n%20de%20dolor&f=fals

e

Velázquez-Rueda, M., Martínez-Ávila, J., Pérez-Serna, A., Gómez-García, F., (2016).

Factores de riesgo y frecuencia de re-rupturas del ligamento cruzado anterior en adultos. *Acta ortopédica mexicana*, 30(2), 61-66. Recuperado en 01 de agosto de 2024, de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S2306-41022016000200061&lng=es&tlang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2306-41022016000200061&lng=es&tlang=es).

Velterop, J. La Elsevier que usted conoce no es la única Elsevier [online]. SciELO en

Perspectiva, 2015 [revisado el 12 Mayo 2023]. Recuperado de:

<https://blog.scielo.org/es/2015/04/09/la-elsevier-que-usted-conoce-no-es-la-unicaelsevier/>

Wu, F., Nerlich, M., Docheva, D., (2017). Tendon Injuries. Basic Science and new

repair proposals. (Lesiones de tendones). *EFORT Open Rev.* 2 (7). 332 a 342.

doi: 10.1302/2058-5241.2.160075.