

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

**BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE CORRIENTES TIPO EMS SOBRE EL
MÚSCULO CUÁDRICEPS EN FUTBOLISTAS DE 20 A 30 AÑOS POST
OPERATORIO DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR PARA LA
REINCORPORACIÓN A LAS ACTIVIDADES DEPORTIVAS**

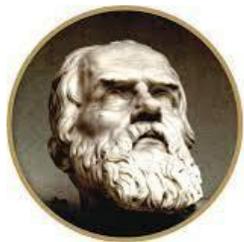


Que Presenta

Esteban Sechel Balsells

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2023



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

**INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES**
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

BENEFICIOS DE LA APLICACIÓN DE CORRIENTES TIPO EMS SOBRE EL MÚSCULO CUÁDRICEPS EN FUTBOLISTAS DE 20 A 30 AÑOS POST OPERATORIO DE LIGAMENTO CRUZADO ANTERIOR PARA LA REINCORPORACIÓN A LAS ACTIVIDADES DEPORTIVAS



Tesis profesional para obtener el Título de Licenciado en
Fisioterapia

Que Presenta

Esteban Sechel Balsells

Ponente

L.F.T Flor de María Molina Ortiz

Director de Tesis

Lic. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2023

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente

Esteban Sechel Balsells

Director de Tesis

L.F.T Flor de maría Molina Ortiz

Asesor Metodológico

Lic. María Isabel Díaz Sabán



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 21 de octubre 2023

Estimado alumno:
Esteban Sechel Balsells

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación a las actividades deportivas”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

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

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Haly Guadalupe
Cristina Caxaj Interiano
Secretario

Lic. Noemí Hilda
Martínez Florián
Presidente

Lic. Flor de María
Molina Ortiz
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 11 de mayo 2022

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

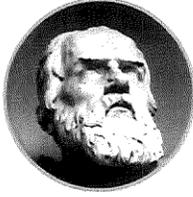
Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación a las actividades deportivas”** del alumno **Esteban Sechel Balsells**.

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

Atentamente



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



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2022

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

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que el alumno **Esteban Sechel Balsells** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación a las actividades deportivas”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



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

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA COTEJO DE TESINA DIRECTOR DE TESINA

Nombre del director: L.F.T Flor de María Molina Ortiz
Nombre del Estudiante: Esteban Sechel Balsells
Nombre de la Tesina/sis: Beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación de las actividades deportivas
Fecha de realización: Primavera 2022

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

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

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, evidencian 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



L.F.T Flor de María Molina Ortiz



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES A.C. LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA COORDINACIÓN DE TITULACIÓN INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESINA ASESOR METODOLÓGICO

Nombre del Asesor: Licenciada María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: Esteban Sechel Balsells
Nombre de la Tesina/sis: Beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación de las actividades deportivas
Fecha de realización: Primavera 2022

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

ELEMENTOS BÁSICOS PARA LA APROBACIÓN DE LA TESINA

No.	Aspecto a evaluar	Registro de cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1	Formato de Página			
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	X		
i.	correcta. Times New Roman (Tamaño 12).	X		
j.	Color fuente negro.	X		
k.	Estilo fuente normal.	X		
l.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
m.	Texto alineado a la izquierda.	X		
n.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
o.	Interlineado a 2.0	X		
p.	Resumen sin sangrías.	X		
2.	Formato Redacción			
a.	Sin faltas ortográficas.	X		
b.	Sin uso de pronombres y adjetivos personales.	X		
c.	Extensión de oraciones y párrafos variado y medido.	X		
d.	Continuidad en los párrafos.	X		
e.	Párrafos con estructura correcta.	X		

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



Licenciada María Isabel Díaz Sabán

DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 13 del mes de mayo del año 22.

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

Los C.C

Director de Tesina
 Función

L.F.T Flor de María Molina Ortiz



Asesor Metodológico
 Función

Lic. María Isabel Díaz Sabán



Coordinador de Titulación
 Función

Lic. Diego Estuardo Jiménez Rosales



Autorizan la tesina con el nombre de:

Beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación de las actividades deportivas

Realizada por el Alumno:

Esteban Sechel Balsells

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



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

Dedicatoria

Me gustaría dedicar este trabajo de investigación principalmente a mis padres que me han brindado su amor y apoyo incondicional durante toda mi vida, a mis hermanos, amigos cercanos y a los catedráticos que ayudaron a mi formación profesional.

Esteban Sechel Balsells

Agradecimientos

Quiero agradecer a mis padres por su trabajo y esfuerzo durante todos estos años para poder brindarle una educación a mis hermanos y a mí, gracias por su amor, por ser una guía y ejemplo a seguir, gracias a mis amigos, colegas y una especial mención a mi pareja Katherine Ortega por apoyarme todos estos días y darme motivación.

Esteban Sechel Balsells

Palabras clave

Ligamento Cruzado Anterior

Cuádriceps

Lesión

EMS

Electroestimulación

Futbolistas

Post operatorio

Índice

Portadilla	i
Investigadores responsables	ii
Hoja de autoridad y terna examinadora.....	iii
Carta de aprobación del asesor.....	iv
Carta de aprobación del revisor.....	v
Listas de cotejo.....	vi
Hoja de dictamen de tesis	x
Dedicatoria	xi
Agradecimientos.....	xii
Palabras clave.....	xiii
Resumen	1
Capítulo I.....	2
Marco Teórico.....	2
1.1 Antecedentes Generales	2
1.1.1 Anatomía de rodilla.....	2
1.1.2 Ligamento cruzado anterior	6
1.1.3 Lesión de ligamento cruzado anterior	7
1.1.4 Reconstrucción del ligamento cruzado anterior	8
1.1.5 Fisiopatología	8
1.1.6 Músculos	12
1.1.7 Cuádriceps femoral	13
1.2 Antecedentes específicos.....	15
1.2. Evaluación médica	15
1.2.2 Evaluación fisioterapéutica	16

1.2.3 Abordaje fisioterapéutico	18
1.2.4 Electroestimulación	19
1.2.5 Estimulación muscular eléctrica.....	23
1.2.6 Parámetros para el fortalecimiento muscular ...	23
1.2.7 Fortalecimiento del musculo cuádriceps utilizando EMS.....	23
1.2.8 Fisiología de la electroestimulación	27
1.2.9 Colocación de electrodos	27
Capítulo II	29
Planteamiento del problema.....	29
2.1 Planteamiento de problema	29
2.2 Justificación.....	31
2.3 Objetivos	33
2.3.1 Objetivos general	33
2.3.2 Objetivos específicos.....	33
Capítulo III	34
Marco Metodológico... ..	34
3.1 Materiales	35
3.2 Métodos..... --	35
3.2.1 Enfoque de investigación	35
3.2.2 Tipos de estudio	36
3.2.3 Métodos de estudio	36
3.2.4 Diseño de investigación.....	37
3.2.5 Criterios de selección	37
3.3 variables	38
3.3.1 Variable Independiente	38
3.3.2 Variable dependiente.....	38
3.3.3 Operacionalización de variables.....	39
Capítulo IV.....	40

Resultados	40
4.1 Resultados	40
4.2 Discusión.....	50
4.3 Conclusión.....	51
4.4 perspectivas	52
Referencias	53

Índice de tablas

Tabla 1.....	11
Tabla 2.....	26
Tabla 3.....	34
Tabla 4.....	37
Tabla 5.....	39

Índice de figuras

Figura 1	2
Figura 2	3
Figura 3	4
Figura 4	5
Figura 5... ..	7
Figura 6... ..	7
Figura 7... ..	9
Figura 8... ..	14
Figura 9... ..	15
Figura 10... ..	15
Figura 11... ..	16
Figura 12... ..	16
Figura 13... ..	17
Figura 14... ..	18
Figura 15... ..	21
Figura 16... ..	22
Figura 17... ..	28

Resumen

La ruptura del ligamento cruzado anterior es común en pacientes jóvenes deportistas, de no proceder con un abordaje fisioterapéutico adecuado cierto porcentaje de pacientes no logran regresar a sus actividades deportivas, representan el 50% de las lesiones ligamentosas de la rodilla produciéndose el 75% en actividades deportivas.

Se realizó una investigación acerca de los beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación a las actividades deportivas con el propósito de dar a conocer los beneficios de esta técnica para el abordaje fisioterapéutico en esta patología, además de describir su sintomatología, los parámetros correctos, y sus efectos terapéuticos.

Como metodología se utilizó un enfoque cualitativo con un diseño experimental y un método de análisis y síntesis, los resultados demostraron tener beneficios en el músculo cuádriceps utilizando un rango de 50-85 Hz y 100-300 microsegundos, al igual que muchos autores sostienen que la correcta colocación de los electrodos es ubicando el punto motor del vasto lateral, medio y recto femoral, y por último los resultados demostraron tener un incremento en el fortalecimiento del cuádriceps a partir de la 5ta semana del plan de tratamiento.

Capítulo I

Marco Teórico

En este capítulo se realizará una descripción detallada de los elementos relacionados con la anatomía y la biomecánica de la articulación de la rodilla, además de ello, se dará a conocer la técnica propuesta que será utilizada para el desarrollo de esta investigación buscando a demostrar los beneficios terapéuticos para el fortalecimiento del músculo cuádriceps en el post operatorio de ligamento cruzado anterior.

1.1 Antecedentes generales

1.1.1 Anatomía de rodilla. Quiroz (2013) describe la articulación de rodilla como una de las más complejas del cuerpo humano ya que es una de las articulaciones más grandes, de tipo bicondílea que principalmente está formada por la extremidad inferior del fémur, la extremidad superior de la tibia, y la cara posterior de la rótula.

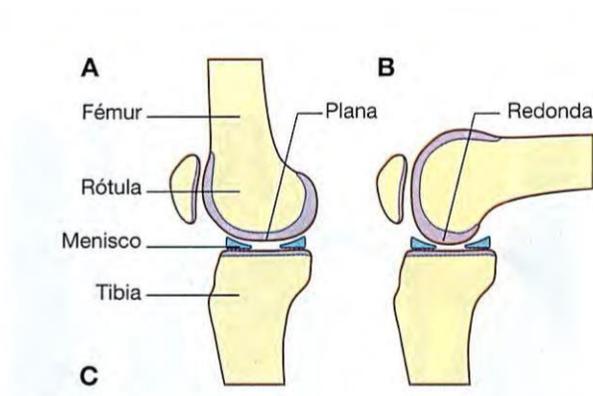


Figura 1. Articulación de rodilla (Drake, 2020)

Kapandji (2010) menciona que la a rodilla es una articulación de un solo grado de libertad, por lo tanto, permite los movimientos de flexo-extensión, debido a la gravedad y el peso del cuerpo cuando la rodilla se encuentra en extensión máxima posee una gran estabilidad, sin embargo, cuando la rodilla se encuentra en flexión se considera ser una posición de inestable dejando la rodilla expuesta a lesiones ligamentosas.

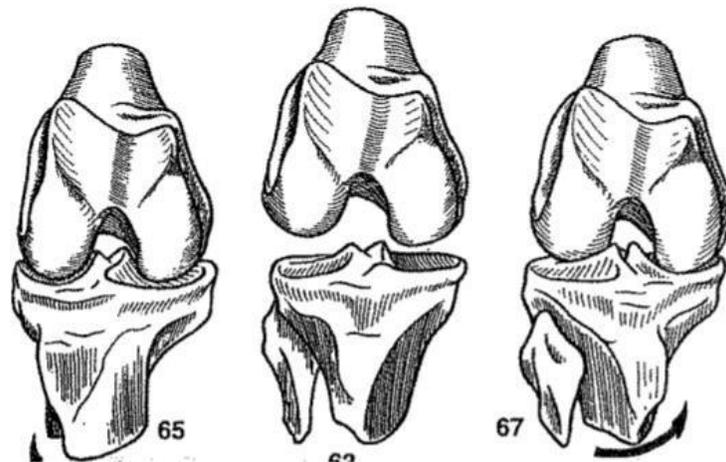


Figura 2. Articulación de rodilla (Kapandji, 2010)

1.1.1.1 Medios de unión. consta de 4 ligamentos periféricos y 2 ligamentos cruzados, que junto a la capsula articular comprenden los medios de unión y junto a los músculos proveen la estabilidad articular de la rodilla, La cápsula articular posee una forma de manguito y realiza su inserción a 2 centímetros del reborde cartilaginoso, se encuentra perforada en su interior donde deja paso a los ligamentos cruzados, por último la cápsula articular de la rodilla se adhiere a la circunferencia externa de los meniscos interarticulares de forma íntima haciendo casi imposible la separación entre las estructuras que conforman la rodilla, en el año (2013) Quiroz nos da a

conocer el nombre de los ligamentos que constituyen la rodilla siendo estos los siguientes; ligamento rotuliano, ligamento posterior, ligamento poplíteo, ligamento lateral externo e interno y por último el ligamento cruzado anterior y el ligamento cruzado posterior.



Figura 3. Estructuras anatómicas de la articulación de rodilla (Drake, 2020)

1.1.1.2 Bursas. “Las bursas son estructuras que se ubican alrededor del tejido blando y las superficies articulares; tienen como función reducir la fricción, además de servir como cojín para amortiguar el movimiento de una estructura del cuerpo con otra” (Panesso, Trillos y Guzmán, 2008, p.12).

Algunas de las bursas que podemos encontrar en el complejo articular de la rodilla son: la bursa prepatelar localizada en la parte anterior de la patela y la bursa tibio femoral ubicada entre la cabeza de los gastrocnemios y la cápsula articular.

1.1.1.3 Cápsula articular. Se describe como una estructura compleja con forma de manguito que rodea las articulaciones femorotibiales y la patelofemoral

brindando estabilidad, envolviendo la articulación y reteniendo el líquido sinovial, Panesso et al., 2008 nos dan a conocer la capsula medial, lateral y anterior.

1.1.1.4 Meniscos. Los meniscos son estructuras asimétricas de fibrocartílago con forma de semicírculo que se encuentran entre los entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales, su principal objetivo es unir la articulación firmemente y actuar como amortiguador durante los movimientos generados en la rodilla, Panesso et al., 2008 describen al menisco lateral con forma de “O” mientras que el menisco medial es un poco más ancho con forma de “C” con un grosor aproximado de 10mm.

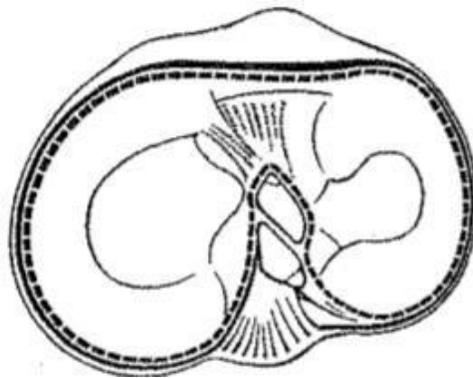


Figura 4. Meniscos (Kapandji, 2010)

1.1.1.5. Rótula. Es de forma triangular con una base ancha y gruesa que se encuentra formada dentro del tendón del músculo cuádriceps femoral, como función principal soporta el roce del tendón rotuliano y provee estabilidad a la articulación de rodilla, Drake (2020) afirma que la rótula es el hueso sesamoideo más grande del cuerpo humano.

1.1.2 Ligamento cruzado anterior (LCA). Es una estructura que se encuentra dentro de la rodilla que se origina en el cóndilo femoral externo y se inserta a nivel de la espina de la tibia, Álvarez, López y Arce (2008) describen la función de asegurar la estabilidad de la rodilla, limitar la hiperextensión, así como también proveer movilidad a partir de ciertos grados de flexión.

El ligamento cruzado anterior tiene la característica de proveer una tensión adecuada a través de todo el rango de movimiento ya que posee una forma helicoidal, adicionalmente consta de múltiples fascículos que se encuentran armónicamente orientados según Saló (2012) cuenta con un espesor aproximado de 5 ± 1 mm y la anchura de 10 ± 2 mm siendo el volumen total de 2.3 ± 4 ml haciendo que este ligamento sea muy resistente y capaz de soportar las constantes cargas a las que se somete la rodilla en la vida cotidiana.

1.1.2.1 Composición del ligamento. Mejías (2014) nos habla de los ligamentos como estructuras muy bien organizadas cuya función primordial es proteger y estabilizar las articulaciones permitiendo su movilidad, están constituidos por tejido conjuntivo especializado ricos en fibras de colágeno lo que confiere sus propiedades biomecánicas idóneas para su función, en un ligamento el colágeno representa aproximadamente el 75% de su peso, mientras que otros componentes como la elastina, glucoproteínas y proteoglicanos constituyen el 25% restante, los ligamentos poseen resistencia mecánica gracias a su estructura de forma helicoidal que brinda una notable resistencia a las fuerzas de tracción y aun así poder conservar su propiedad elástica.

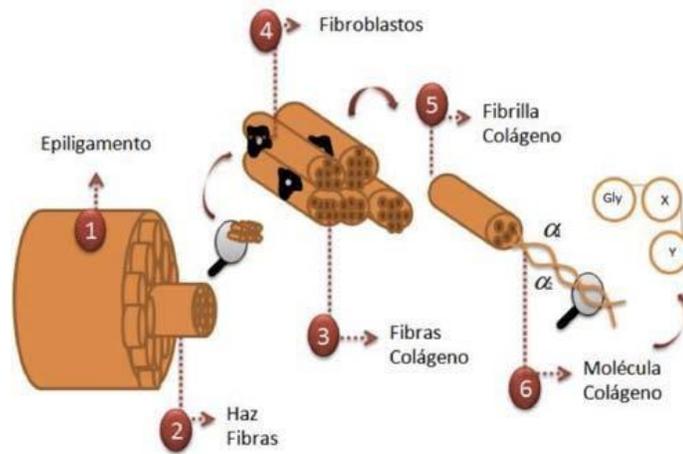


Figura 5. Estructura jerárquica del ligamento (Wang y Cols, 2011)

1.1.3 Lesión del ligamento cruzado anterior. “Cuando se produce una sobrecarga de las fibras del ligamento por encima de su capacidad de resistencia, el tejido cede produciéndose una pérdida parcial o completa de su solución de continuidad esguince o rotura” (Saló, 2012, p.3). Las roturas del ligamento cruzado anterior por lo general se dan en la zona media del ligamento, al ocurrir esto la reparación se dará tras un proceso biológico que evoluciona en fases diferenciadas.



Figura 6. Ligamento cruzado anterior (Mejías, 2014).

1.1.4 Reconstrucción de LCA. Para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior se han descrito muchas técnicas quirúrgicas donde se emplean varios tipos de injertos y fijaciones, en la actualidad existen dos tipos de plastias, en donde el más utilizado es el injerto del tendón rotuliano junto con los tendones de la pata de ganso ya que existe una menor morbilidad de la zona donante. “El injerto con tendón rotuliano ha sido tradicionalmente la plastia más utilizada para la reconstrucción del ligamento cruzado anterior, Éste proporciona una resistencia de 168% mayor que la de un LCA normal; sin embargo, puede producir síntomas como el dolor anterior de rodilla en la zona donante. Los tendones de las "pata de ganso" constituyen una buena alternativa, siendo una plastia que actualmente está empleándose cada vez más” (Mejías, 2014, p.60).

1.1.4.1 Tipos de plastias de LCA. Mejías (2014) expone que actualmente hay dos opciones de plastias para el LCA: los autoinjertos y los aloinjertos. Los aloinjertos presentan ciertas ventajas potenciales sobre los autoinjertos. En primer lugar, un autoinjerto requiere la sustitución del LCA con tejido obtenido de otra parte del cuerpo. Si el injerto falla, la rodilla puede verse más comprometida por la alteración a nivel de la zona donante.

1.1.5 Fisiopatología. Zahínos, Gonzales y Salinero (2010) hacen mención que el fútbol tiene un alto índice lesional, hablando de las lesiones del ligamento cruzado anterior que representan el 70% de las lesiones de rodilla más comunes en el fútbol, el mecanismo que produce la lesión es debido a la desaceleración brusca con la rodilla bloqueada en extensión, con o sin cambio de dirección, o al caer después de un salto, sin embargo, otro mecanismo lesional es

debido a la rotación del fémur sobre la tibia, estando el pie fijo en el suelo, dejando como consecuencia la rotura total o parcial del ligamento cruzado anterior dando lugar a la baja de la práctica deportiva.



Figura 7. Mecanismo de lesión del Ligamento cruzado anterior.

La fase inflamatoria da inicio al momento que se produce la lesión consiste en la formación de coágulos y la liberación de factores del crecimiento como la VEGF (*vascular endothelial growth factor*) que dará formación a nuevos vasos sanguíneos y la FGF (*Fibroblast Growth Factor*) que estimulará las células para la formación nueva de colágeno, Saló (2012) menciona que la fase inflamatoria se da en las primeras 48 a 72 horas luego de haberse producido la lesión.

En la fase proliferativa “Se produce una notable proliferación de fibroblastos que van elaborando la nueva matriz extracelular. Poco a poco, aparece un tejido cicatricial, desorganizado, con más vascularización, fibroblastos, adipocitos y células inflamatorias que en un ligamento normal” (Saló, 2012, p.4) esta fase puede durar hasta 6 semanas o incluso más hasta que los valores de colágeno tipo 1 sean altos.

Por último se da la tercera fase o fase de remodelación, Saló (2012) describe que puede durar varios meses desde que se produce la lesión, en esta fase el colágeno tipo 1 se agrupa en forma de fascículos dando la estructura de un tejido normal, dada la compleja estructura del tejido es posible que un ligamento lesionado nunca llegue a tener las mismas capacidades que el tejido original, sin embargo el tejido de la cicatriz puede ir mejorando su comportamiento biomecánico incluso hasta 2 años luego de la lesión.

1.1.5.1 Factores de riesgo. “Respecto al factor desencadenante de la lesión de LCA, en los resultados de nuestro trabajo se observa que el factor principal es el desequilibrio entre la musculatura agonista y antagonista, seguido por la fatiga muscular, la irregularidad del terreno de juego y una mala planificación de los entrenamientos” Zahínos, Gonzales y Salinero, 2010, p. 145)

Tortora y Derrickson (2018) hacen mención que las lesiones del ligamento cruzado anterior son más frecuentes en mujeres, este hecho se atribuye a que las hormonas femeninas aumentan la flexibilidad de los ligamentos, músculos y tendones lo cual no permiten que absorban las tensiones aplicadas sobre ellos, lo cual transfieren las fuerzas hacia el LCA produciendo una carga mayor y produciendo una lesión.

1.1.5.2 Epidemiología. “La rotura del ligamento cruzado anterior (LCA) de la rodilla es de una importancia epidemiológica de primer orden, ya que se ha estimado que anualmente una de cada 3,000 personas sufre una rotura del LCA en los Estados Unidos. Dicho de otra manera, cada año se realizan en Estados Unidos 100,000 reconstrucciones del LCA, cuyos buenos resultados oscilan entre 75% y más de 90%” (Mejías, 2014, p.57).

“La rotura del Ligamento Cruzado Anterior (LCA) es una lesión muy seria ya que necesita de tratamiento quirúrgico y aleja al futbolista del campo al menos durante 3-4 meses. Aunque existen en la literatura muchos trabajos que hablan del tratamiento quirúrgico y rehabilitador de las lesiones del LCA” (Pereira, 2003, p.2).

Pereira (2003) realiza un estudio utilizando ocho equipos de fútbol masculino europeos de primera división: Bologna 1909 FC. (Italia), Chelsea FC. (Inglaterra), Juventus FC (Italia), S.S. Lazio Calcio (Italia), AC. Parma (Italia), AS. Roma (Italia), Valencia CF. (España) y West Ham United FC. (Inglaterra).

Los ocho equipos de fútbol europeos tenían un total de 504 jugadores durante un periodo estudiado de 5 cinco temporadas.

1.1.5.3 Incidencia. El porcentaje fue calculado dividiendo el número de lesiones por el número de jugadores considerados en el estudio.

Función en el campo	Jugadores (n°)	%	Lesiones del LCA (n°)	Incidencia por función en el campo
Guardameta	50	10	1	2%
Defensor	178	35	10	6%
Mediocampista	165	33	11	7%
Delantero	111	22	8	7%
Total	504	100	30	6%

Tabla 1. Jugadores divididos según la función que desempeñan en el campo y la incidencia de lesión del LCA en función de esta.

Se puede concluir que la incidencia media del fútbol profesional masculino es de 6 lesiones del LCA cada 100 jugadores en un periodo de cinco años, Los jugadores operados regresan al campo de juego como media después de 6 meses.

1.1.6 Músculos. Son órganos contráctiles, encargados de producir movimiento, brindar estabilidad articular, mantener la postura, transformar la energía mecánica en química y aportar calor, Quiroz (2013) divide los músculos en superficiales, cutáneos y profundos, por su forma los divide en músculos largos que se pueden encontrar en los miembros superiores e inferiores, músculos anchos que se pueden encontrar en las paredes del tronco y por ultimo músculos cortos que se pueden encontrar en la cara o en las palmas de las manos.

Drake (2020) clasifica los músculos en extrínsecos siendo aquellos que están implicados en el movimiento de los miembros, los intrínsecos siendo profundos en su localización y siendo estos los que soportan la columna vertebral y participan en los movimientos de la cabeza.

1.1.6.1 Músculos del muslo. Quiroz (2013) describe que se pueden encontrar los siguientes músculos: el tensor de la fascia lata, el sartorio y el cuádriceps crural.

- *Tensor de la fascia lata.* Es un músculo situado en la parte externa del muslo, que se extiende desde la cresta ilíaca a la extremidad superior de la tibia, funciona como tensor de la aponeurosis femoral y como abductor del muslo y contribuye al equilibrio del cuerpo cuando se está en apoyo monopodal.

- *Sartorio.* Es un músculo con forma de cinta que se extiende oblicuamente por las caras anterior e interna del muslo desde la espina iliaca anterosuperior y su inserción es en la parte superior de la cara interna de la tibia, “la contracción del sartorio produce la flexión de la pierna sobre el muslo y de este sobre la pelvis. Además, pone el muslo en abducción y lo hace girar hacia afuera, dirigiendo el talón hacia adentro” (Quiroz, 2013, p.447).

1.1.7 Cuádriceps femoral. Drake (2020) describe al cuádriceps femoral como un gran músculo que encuentra formado por 4 porciones, el vasto medial, intermedio y lateral, y la cuarta parte corresponde al recto femoral, gracias a la activación de estos 4 músculos es considerado ser un potente extensor de la pierna y la articulación de rodilla aunque también participa en la flexión de la cadera, gracias al origen y la inserción de sus porciones es capaz de estabilizar la rótula en los movimientos de la articulación de rodilla.

“Los músculos vastos de originan en el fémur, mientras que el musculo recto femoral se originan en el hueso pélvico. Todos se insertan primero en la rótula mediante el tendón del cuádriceps femoral y después en la tibia mediante el ligamento rotuliano” (Drake, 2020, p.519)

1.1.7.1 Nervio Femoral. Drake (2020) nos da a conocer que el nervio se divide en 2 porciones una anterior y otra posterior, inerva los músculos del compartimiento anterior del muslo, así como la piel situada en la cara anterior y medial del muslo, el nervio femoral es originado en el plexo lumbar situado en la pared abdominal posterior, y entra en el triángulo femoral pasando por debajo del ligamento inguinal, posee diferentes ramos cutáneos que atraviesan la fascia profunda para inervar la piel situada en el muslo y la rodilla, así como también numerosos nervios motores que inervan el músculo cuádriceps.

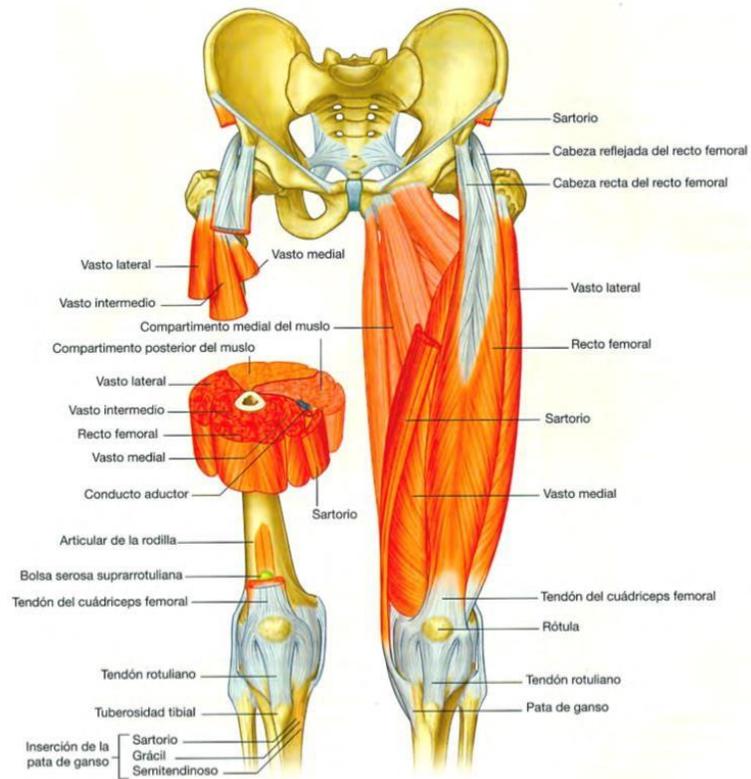


Figura 8. Músculos del muslo (Drake, 2020)

1.2 Antecedentes específicos

1.2.1 Evaluación médica. Cruz, Villalba, y García (2020) comentan que el diagnóstico de esta lesión se realiza primeramente por anamnesis, interrogando sobre el mecanismo lesional. Posteriormente, mediante la exploración clínica valoramos la inestabilidad articular, luego utilizando los métodos de diagnóstico por imagen, principalmente la Resonancia Magnética (RM) que debe realizarse con equipos especiales de alto campo magnético, y por último la artroscopia de rodilla es la técnica definitiva para confirmar el diagnóstico de rotura parcial del LCA.

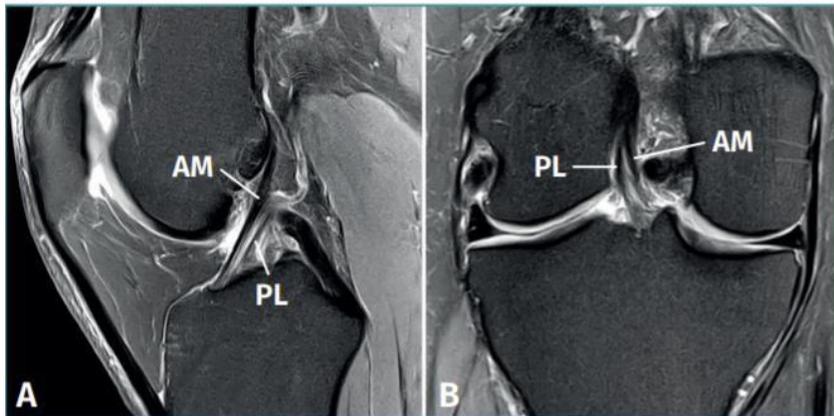


Figura 9. Anatomía normal del ligamento cruzado anterior (LCA) en secuencias convencionales de resonancia magnética (RM) (Cruz et al., 2020)

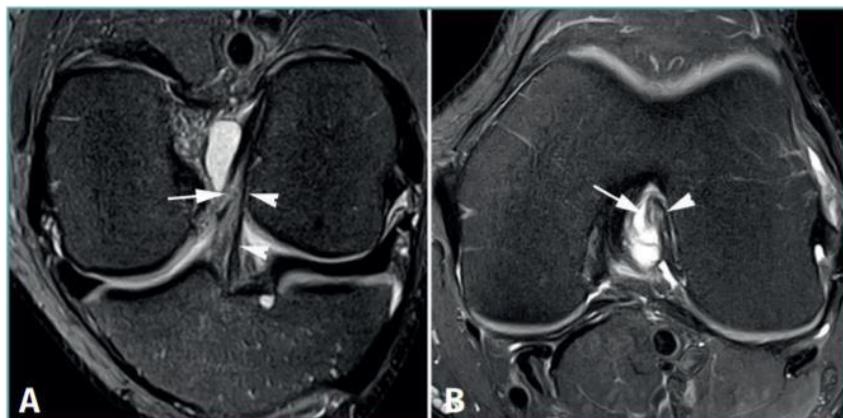


Figura 10. Rotura parcial del fascículo anterior del ligamento cruzado anterior (LCA) en secuencias convencionales de resonancia magnética (RM) (Cruz et al., 2020)

1.2.2 Evaluación fisioterapéutica. Klaus y Johannes (2019) mencionan la a prueba de Lachman para identificar una insuficiencia del ligamento cruzado anterior, para realizar esta prueba se debe colocar al paciente con una flexión de rodilla de 30 grados, se debe realizar una ligera rotación externa de la pierna y el evaluador debe traccionar la tibia, se deberá sospechar de una lesión del ligamento cruzado anterior cuando la tibia se desplaza de forma evidente con relación al fémur.

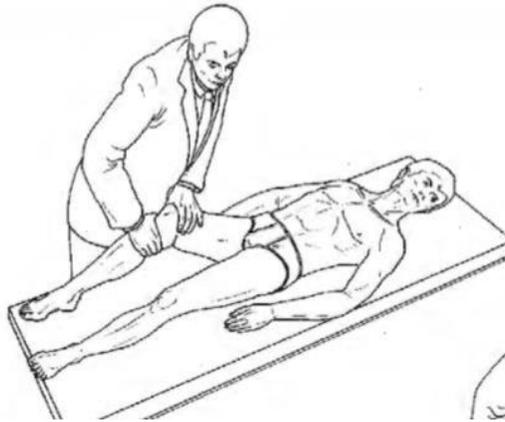


Figura 11. Posición inicial prueba de Lachman (Klaus y Johannes, 2019)

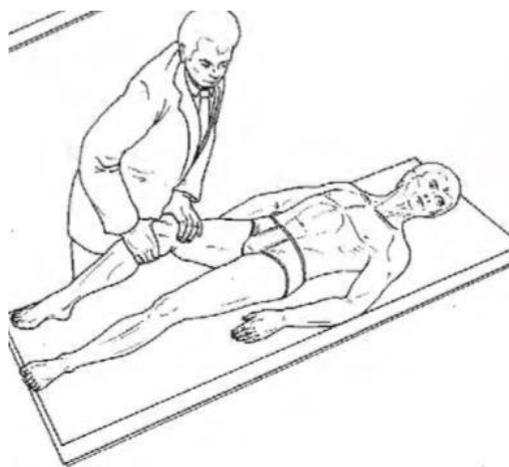


Figura 12. Posición final prueba de Lachman (Klaus y Johannes, 2019)

1.2.2.1 Prueba del desplazamiento medial. En esta prueba el explorador debe sujetar con una mano en el muslo del paciente y con la otra mano sujetará la parte interna de la rodilla, para realizar la prueba se debe hacer una fuerza de ambas manos en sentido contrario, de existir una rotura del ligamento cruzado anterior la tibia se desplazará hacia medial o hacia adentro afirma Klaus y Johannes (2019).



Figura 13. Prueba del desplazamiento medial (Klaus y Johannes, 2019)

1.2.2.2. Fuerza muscular del cuádriceps. Daniels (2015) informa que el músculo cuádriceps debe evaluarse como un grupo funcional, a pesar de tener 3 vastos y el recto femoral ninguno de ellos puede ser evaluado individualmente.

Para realizar esta prueba el paciente debe permanecer sentado con un cojín por debajo del muslo, el examinador ejerce una resistencia en contra mientras el paciente realiza una extensión de la rodilla.

Daniels (2015) determina una puntuación del 0 al 5, siendo el grado 0 (nula), grado I (escasa), grado II (mal), grado III (regular), grado IV (bien), grado V (normal)

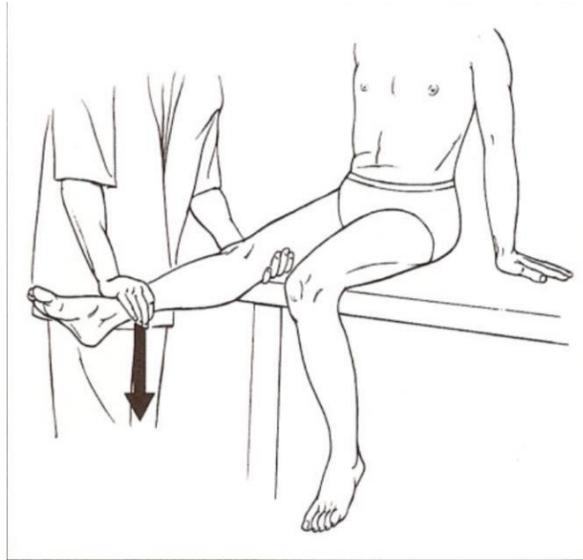


Figura 14. Prueba de fuerza de músculo cuádriceps (Daniels, 2015)

1.2.3 Abordaje fisioterapéutico. “Paralelamente a la decisión sobre el tratamiento, conservador o quirúrgico de la lesión, debe seleccionarse el programa de rehabilitación. Este debe planificarse de forma individualizada en función de los siguientes factores: tipo de tratamiento (conservador o quirúrgico), técnica quirúrgica utilizada, objetivos después del tratamiento y posibilidades o recursos de rehabilitación” (Álvarez, López y Arce, 2008, p.65).

1.2.3.1 Fase inicial o inmediata. Posterior a la lesión y prequirúrgica, según Álvarez, López y Arce (2008), comentan que esta fase busca evitar el dolor con la presencia de fármacos que frecuentemente son antiinflamatorios no esteroideos y utilizar agentes físicos como la crioterapia para minimizar la inflamación, Se debe tener en cuenta que por la inmovilización y la inflamación de los tejidos, el músculo cuádriceps es capaz de perder hasta el 30% de su fuerza en los primeros días de lesión por lo que es necesario llevar un abordaje fisioterapéutico.

1.2.3.2 Fase de recuperación temprana. Esta fase dura entre 2-4 semanas y como principal objetivo busca mejorar el rango de movimiento de la articulación y recuperar el control muscular, la movilización temprana de la articulación puede ayudar a disminuir el dolor. “Ya que

la pérdida del arco de movilidad, en extensión y en flexión es un hecho frecuente tras la cirugía, se plantea como fundamental, obtener una extensión completa y una flexión a 90° en la primera semana post quirúrgica” (Álvarez, López y Arce, 2008, p.69).

1.2.3.3 Fase intermedia. Esta fase se da aproximadamente entre las 6-10 semanas post operatorio y como principal objetivo tiene fortalecer la musculatura del miembro afectado, recuperar la marcha, y trabajar en la propiocepción (equilibrio y coordinación), para cumplir dichos objetivos en esta fase se realizan diferentes ejercicios de flexión y extensión de rodilla, el uso de la electroestimulación que puede aportar grandes beneficios al fortalecimiento muscular.

1.2.3.4 Fase de recuperación. Esta fase se inicia aproximadamente a los 2 o 3 meses después de la reconstrucción, y busca seguir trabajando en el fortalecimiento del miembro afectado junto con la implementación de estiramientos para mejorar la flexibilidad y la recuperación de la resistencia aeróbica, también constituye un objetivo en esta etapa.

1.2.3.5 Fase final. Esta fase inicia al 4to mes post operatorio y su principal objetivo introducir y aplicar un programa de actividades en el que practiquen cambios de ritmo como aceleración, desaceleración y cambios de dirección. (Álvarez et al., 2008) afirman que, para los deportes de bajo impacto, la media de recuperación es de 5 meses, con rangos entre 3-9 meses. La incorporación a los deportes de impacto medio se produce a los 5,8 meses, con rangos entre 4-9 meses. Por último, para participar en deportes de alto impacto el tiempo medio estimado es de 8,1 meses, con variabilidad entre 4-18 meses.

1.2.4 Electroestimulación. Cameron (2019) la describe como una técnica utilizada en la rehabilitación física que consiste en la aplicación de corrientes eléctricas por medio de un electroestimulador para generar contracciones musculares y que dependiendo de sus parámetros puede

ser utilizada para controlar el dolor agudo, crónico y que también posee la capacidad de fortalecer y reeducar a los músculos, evitar la atrofia, la formación de trombosis venosa profunda (TVP) y el desarrollo de úlceras de presión en pacientes con lesiones medulares, así como para disminuir los espasmos musculares, la electroestimulación cuenta con los siguientes parámetros dependientes del tiempo.

- *Duración del pulso.* Se expresa en microsegundos y es la cantidad de tiempo que dura cada pulso, por lo general las duraciones de impulso más breves se utilizan para modular el dolor, mientras que las duraciones de impulso prolongadas se utilizan para generar contracciones musculares.

- *Amplitud.* Es la intensidad o fuerza de la corriente, este parámetro suele ser controlado por el paciente ya que dependerá de cómo este percibe la estimulación.

- *Frecuencia.* La frecuencia suele estar representada en Hertzios o pulsos por segundo, este parámetro dependerá del efecto fisiológico o la finalidad del tratamiento.

- *tiempo encendido y apagado.* “ Los temporizadores de encendido y apagado se emplean normalmente cuando se utiliza electroestimulación eléctrica para producir contracciones musculares voluntaria y de relajación del ejercicio fisiológico normal y para disminuir la fatiga muscular.

1.2.4.1 Historia de la electroestimulación. Benito (2013) habla sobre la etimología de la electroestimulación, describiendo que la palabra viene del latín *electrum* (electricidad) y del sufijo griego *therapeia* (terapia).

Benito (2013) separa la historia de la electroestimulación en los siguientes acontecimientos:

- Los antiguos griegos y romanos utilizaban las descargas eléctricas del pez torpedo para la cura de las cefaleas crónicas y los ataques de gota (Aristóteles, 284 a.C-322 a.C) inicia la electricidad con fines terapéuticos.



Figura 15. Pez torpedo

- Luigi Galvani (1737-1798) realiza experimentos sobre la contracción muscular en animales a través de la medula espinal de una rana muerta.
- En el año 1663 se produce un gran avance en la electroestimulación ya que se fabrica el primer generador electrostático capaz de producir cargas eléctricas por medio de la fricción de una bola de azufre sólido sobre un eje metálico, más adelante en el año 1768 el generador se perfecciona y se utiliza en laboratorios de física.
- En el año 1745 el alemán Christian Gottlieb escribe el primer libro sobre la electroterapia en donde describe los efectos biológicos derivados de la aplicación de cargas eléctricas sobre el humano describiendo un aumento de pulso y la aparición de un sueño reparador, y las indicaciones para el tratamiento de la parálisis, enfermedades nerviosas y de la sangre

- En 1766 se mide la fuerza eléctrica de la corriente en base a la magnitud del dolor que producía cuando se aplicaba en el cuerpo.
- En el año 1850 nuevos científicos (Armstrong y Winter) instalan conductores para poder recibir cargas positivas y cargas negativas.
- En 1970 aparecen las corrientes EMS por primera vez utilizadas por el ruso Kotz como entrenamiento en deportistas élite con el fin de aumentar la fuerza muscular y no solo con fines terapéutico, 5 años después se persigue a desarrollar más los estudios de Kotz buscando las mejoras en el rendimiento deportivo a través de la EMS.
- En 1980 Portman tras implementar una corriente EMS utilizando los parámetros descritos por Kotz consigue un incremento del 28% de la fuerza y resistencia a la velocidad en futbolistas.

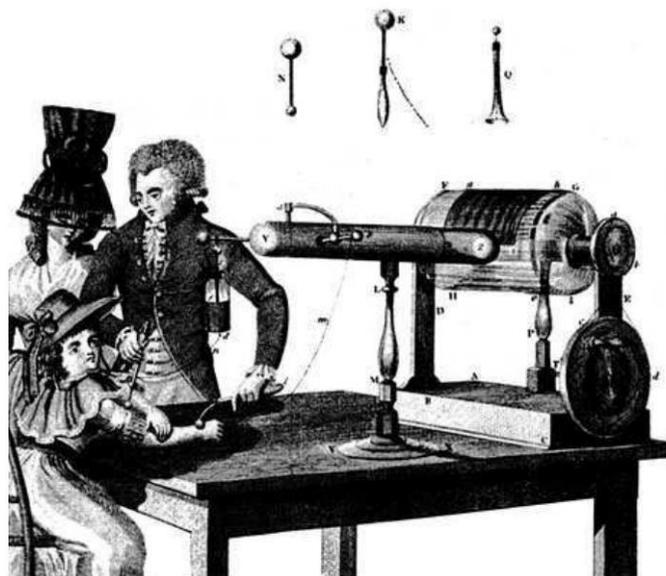


Figura. 16 máquina electrostática

1.2.5 Estimulación muscular eléctrica (EMS) Benito (2013) describe esta técnica como la aplicación de corrientes eléctricas aplicado en los músculos o los nervios periféricos para poder generar una contracción involuntaria de los músculos, y de esta manera poder obtener un mayor reclutamiento de fibras musculares para el fortalecimiento de los músculos.

Bircan y Peker (2002) comentan ciertos beneficios de utilizar EMS, que van desde mantener la masa muscular en momentos de inactividad, facilitar el control motor y mejorar el rango de movimiento de las articulaciones.

Herrero y Fernández (2010) brindan la información que desde hace 2 décadas los estudios del uso del EMS han incrementado y también nos dan a conocer que el músculo más estudiado últimamente es el cuádriceps femoral ya que en diferentes ocasiones se ha demostrado los efectos que esta técnica tiene sobre el fortalecimiento muscular incrementando entre un 7-62%.

1.2.6 Parámetros para fortalecimiento muscular. La dosificación de la electroestimulación debe ser adecuada según la finalidad del tratamiento, en este caso para el fortalecimiento muscular, Cameron (2019) recomienda utilizar una frecuencia de pulso de 35-80pps (Hz), duración de pulso de 150-200us para los músculos pequeños, 200-350us para músculos grandes, con un tiempo encendido de 6-10 segundos, tiempo apagado de 50-120 segundos con un tiempo de tratamiento de 10-20 minutos.

1.2.7 Fortalecimiento del músculo cuádriceps utilizando EMS. Cameron (2019) explica que luego de una cirugía de ligamento cruzado anterior el músculo del miembro afecto puede llegar a perder un 23% de su fuerza, por lo tanto, el fortalecimiento del cuádriceps es vital para la recuperación funcional luego de la operación.

Diferentes estudios han demostrado que por medio de EMS se pueden encontrar muchos beneficios en el fortalecimiento del músculo cuádriceps.

- Bircan et al., (2002) expone sus resultados realizando un estudio en donde utilizo un grupo de 30 personas entre el rango de edad de 20-30 años que fueron separados en grupos.

A 15 personas se les coloco una corriente EMS durante 15 Minutos al día por 5 días a la semana, utilizando los siguientes parámetros: 80 Hz con 100 us con un tiempo encendido de 13 segundos de electroestimulación y un tiempo apagado de 50 segundos y Un grupo control de 15 personas que no recibieron ni un tipo de electroestimulación.

En los resultados finales el grupo que recibió la electroestimulación de tipo EMS en el musculo cuádriceps tuvo un incremento del 20.7% mientras que el grupo que no recibe electroestimulación tuvo una pérdida de fuerza muscular del 0.9%, la técnica que utiliza Bircan et al., (2002) para medir la fuerza muscular fue utilizando un dinamómetro para tener resultados más precisos.

- Herrero et al., 2010 realizan un estudio utilizando 28 personas separadas en 2 grupos, al grupo A se le coloco una electroestimulación de tipo EMS utilizando los siguientes parámetros: 120 Hz, 400 microsegundos en el musculo cuádriceps durante 15 minutos, mientras que el grupo B realizo ejercicios sin el uso de electroestimulación, ambos grupos fueron observadas durante 4 semanas y en sus resultados se muestra que el grupo que recibe EMS Tuvo un incremento mayor en el fortalecimiento muscular que el grupo que realizo ejercicios de contracción voluntaria.

1.2.7.1 Tratamiento fisioterapéutico utilizando EMS. Sánchez (2021) expone un estudio que involucro a 78 clubes de futbol en donde se observó a los jugadores durante 14 años, al finalizar el estudio el conteo de roturas de ligamento cruzado anterior superaba los 140 casos en futbolistas de 24 años, el estudio demostró que la mayoría de las lesiones del LCA se produjeron durante los partidos, un 98% de los futbolistas se sometieron a la reconstrucción del LCA y luego de un periodo de 6,6 meses de rehabilitación pudieron regresar al entrenamiento y un periodo aproximado de 7,4 meses para volver a jugar partidos.

La técnica utilizada en la rehabilitación de los futbolistas es la siguiente:

- Se aplicará EMS en la musculatura del cuádriceps previo a la operación hasta la completa recuperación de la fuerza muscular, con ello se evitará la atrofia muscular y el debilitamiento causado por la inactividad deportiva.
- Se aplicará EMS únicamente en el cuádriceps previo a la cirugía realizando descansos de 48 horas.
- En la fase preoperatoria las sesiones serán de 25 minutos, siendo 5 minutos de calentamiento con movimientos pasivos realizados por un fisioterapeuta, 15 minutos de trabajo y 5 minutos de enfriamiento con una frecuencia de 40 Hz con un ancho de impulso de 300 us, la intensidad del impulso será según la tolerancia del paciente, el ciclo de trabajo que se empleará será de 6 segundos de contracción, es decir de encendido y 18 segundos de relajación, es decir apagado.

Parámetros de EMS para la fase postoperatoria

Fase 1 post cirugía	Se empleará una frecuencia de 30 Hz donde se reclutarán fibras lentas con un ancho de impulso de 350 us en el cuádriceps en esta fase se utilizará un ciclo de 5 segundos de encendido y 20 segundos de apagado.
Fase 2 post cirugía	Se empleará una frecuencia de 50 Hz donde se reclutarán fibras intermedias con un ancho de impulso de 340 us en el cuádriceps en esta fase se utilizará un ciclo de 6 segundos de encendido y 18 segundos de apagado.
Fase 3 post cirugía	Se empleará una frecuencia de 70 Hz con un ancho de impulso de 330 us en el cuádriceps en esta fase se utilizará un ciclo de 6 segundos de encendido y 16 segundos de apagado.
Fase 4 post cirugía	Se empleará una frecuencia de 90 Hz donde se reclutarán fibras lentas con un ancho de impulso de 320 us en el cuádriceps en esta fase se utilizará un ciclo de 6 segundos de encendido y 15 segundos de apagado.

Tabla 2. Elaboración propia

1.2.8 Fisiología de la electroestimulación. Cameron (2019) describe un potencial de acción que viaja a través de los nervios motores, dichos nervios se despolarizan y se contraen, la diferencia principal entre las contracciones musculares estimuladas eléctricamente con las contracciones iniciadas fisiológicamente son el orden de reclutamiento de las fibras motoras, con la electroestimulación las fibras musculares tipo II de contracción rápida y de gran tamaño son se activan en primer lugar para posteriormente reclutar las de menor tamaño, en el proceso fisiológico normal el proceso es de manera contraria, las contracciones por medio de la electroestimulación pueden ser sumamente eficaces para fortalecer las fibras musculares debilitadas por el desuso, sin embargo los pacientes deberán realizar contracciones musculares fisiológicamente para para que exista una integración funcional de ambos tipos de contracciones musculares.

1.2.9 Colocación de electrodos. Los electrodos deben tener una separación entre ellos de al menos 5 cm, se debe ubicar el punto motor del músculo por medio del estudio de la anatomía humana y de la palpación, un electrodo es ubicado sobre el punto motor que se encuentra en la porción media del vientre muscular, y el otro en el músculo que se va a estimular, se busca que los electrodos quede alineados en paralelo a la dirección de las fibras musculares, permitiendo que la corriente genere una contracción máxima con la menor cantidad de electricidad en el caso del cuádriceps.

Cameron (2019) describe al Ánodo como el electrodo positivo y al cátodo como el electrodo negativo, en la actualidad los electrodos más utilizados son desechables y flexibles que adicionalmente cuentan con un gel auto adherible que actúa como medio conductor y que a su vez reduce la resistencia del electrodo con la piel, el número de veces que se puede utilizar un electrodo dependerá de los cuidados que se le brinda, ya que con el paso del tiempo la cobertura del gel empieza a secarse y la liberación de la corriente será menos uniforme provocando que esta sea una corriente desigual, para prolongar la vida de los electrodos se recomienda almacenarlos en una bolsa hermética y colocarlos sobre una lámina de plástico.

Según Herrero et al. 2010 la colocación adecuada de los electrodos para fortalecimiento del músculo cuádriceps debe ser utilizando 3 electrodos, el primer electrodo (negativo) de aproximadamente 10 x 5 cm se colocara en la parte más proximal del músculo, ubicado a 10 mm por debajo de la ingle tratando de ubicar el recorrido del nervio femoral, posterior se colocaran 2 electros (positivos) aproximadamente de 5 x 5 cm ubicando el punto motor del vasto externo e interno del cuádriceps, con esta colocación se conseguirá la activación y la contracción del músculo facilitando el fortalecimiento del mismo.



Figura 17. Ubicación de electrodos en músculo cuádriceps.

Capítulo II

Planteamiento del problema

En este capítulo se desarrollará los conceptos generales de las posibles alteraciones del ligamento cruzado anterior y la aplicación de corrientes tipo *Electrical Muscle Estimulation* (EMS) sobre el músculo cuádriceps en el post operatorio del mismo, se mencionarán diversos datos epidemiológicos y se finalizara el capítulo planteando los objetivos de esta investigación.

2.1 Planteamiento de problema

Una lesión del ligamento cruzado anterior se da tras la ruptura parcial o total de la estructura anatómica, el futbol tiene un alto índice lesional y el ligamento cruzado anterior representa el 70% de las lesiones, para los futbolistas las consecuencias son tanto físicas como en el rendimiento deportivo, en muchas ocasiones la lesión puede ser la causa del fin de la carrera y los deportistas pueden permanecer con afectaciones del ligamento por el resto de sus vidas afirma Zahínos (2010).

Álvarez (2008) informa que este tipo de lesión tiene una mayor incidencia en mujeres, en su mayoría estas lesiones se producen debido a la desaceleración brusca con la rodilla bloqueada en extensión, con o sin cambio de dirección, al caer después de un salto o por un traumatismo

durante la actividad deportiva, los síntomas que presenta este tipo de lesión son dolor intenso, pérdida de la movilidad, aumento de volumen e inestabilidad.

“Paralelamente a la decisión sobre el tratamiento, conservador o quirúrgico de la lesión, debe seleccionarse el programa de rehabilitación. Este debe planificarse de forma individualizada en función de los siguientes factores: tipo de tratamiento (conservador o quirúrgico), técnica quirúrgica utilizada, objetivos después del tratamiento y posibilidades o recursos de rehabilitación” (Álvarez, 2008, p.65).

Benito (2013) nos habla de estudios que sugieren que la electroestimulación con corrientes tipo EMS en el abordaje fisioterapéutico tiene un gran impacto en el incremento de la fuerza muscular en los deportistas de alto rendimiento ya que esta consiste en la aplicación de corrientes eléctricas en el Músculo provocando una contracción involuntaria y así lograr un mayor reclutamiento de fibras musculares.

Ante esta circunstancia se plantea la siguiente pregunta de investigación ¿Cuáles son los beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el Músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior para la reincorporación a las actividades deportivas?

2.2 Justificación

La ruptura del ligamento cruzado anterior es común en pacientes jóvenes deportistas, de no proceder con un abordaje fisioterapéutico adecuado cierto porcentaje de pacientes no logran regresar a sus actividades deportivas, Basas (2017) describe que una de las técnicas más utilizadas en rehabilitación es la electroestimulación ya que cuenta con una amplia sustentación científica brindando los beneficios de reforzar la musculatura del miembro inferior y reincorporar al paciente a sus actividades deportivas.

En estados unidos se estima que anualmente una de cada 3,000 personas sufre de rotura de ligamento cruzado anterior dando lugar a más de 100,000 reconstrucciones al año, cuyos buenos resultados oscilan entre el 75% y más de 90%, Álvarez (2008) informa que la lesión más común es la que afecta al ligamento cruzado anterior, representando el 50% de las lesiones ligamentosas de la rodilla a nivel mundial produciéndose el 75% durante actividades deportivas y afectando en mayor proporción a las mujeres que a los hombres.

Diversos estudios sugieren que la rehabilitación debe comenzar entre las primeras semanas post operatorio, la intervención temprana da lugar a mejores resultados y a mejor expectativa de éxito, reportando que el 80% de los deportistas son capaces de regresar a la práctica deportiva luego de 6 a 8 meses de rehabilitación, según Mejías (2014) el tratamiento se enfoca en restaurar la función articular a corto plazo y prevenir la aparición de alteraciones degenerativas a largo plazo.

Mejías (2014) Expone que actualmente existen dos opciones de plastias para el ligamento cruzado anterior, Los autoinjertos poseen una tasa de riesgo ya que requiere la sustitución del ligamento con un tejido de alguna otra parte del cuerpo, de fallar el injerto la rodilla puede verse comprometida, por otro lado, los aloinjertos se apoyan con la ayuda de diversos tendones como el rotuliano y los tendones de la pata de ganso, adicionalmente la estética de los aloinjertos es mejor ya que se ahorran las incisiones y procedimientos quirúrgicos de la obtención de otros tejidos del cuerpo, junto con protocolos de abordaje terapéutico los pacientes son capaces de regresar a sus actividades deportivas.

Álvarez (2008) comenta que el diagnóstico de esta lesión se determina mediante la exploración clínica para valorar la inestabilidad articular, diagnóstico por imagen principalmente resonancia magnética y maniobra exploratoria de Lachman, el éxito de la recuperación funcional y el regreso del paciente a sus actividades deportivas dependerá del tratamiento quirúrgico y el abordaje fisioterapéutico.

La técnica de la electroestimulación viene empleándose en la rehabilitación desde hace mucho tiempo aportando importantes beneficios en el campo del deporte, siendo una de las técnicas más importantes en la rehabilitación física, de ser bien dosificada la electroestimulación puede brindar diferentes efectos fisiológicos como el reclutamiento de fibras musculares para optimizar el fortalecimiento muscular, o también brindar un efecto analgésico en la zona

afectada, Benito (2013) expone que utilizar la electroestimulación de tipo EMS por 15 minutos por 5 días a la semana produce un incremento significativo en el fortalecimiento muscular.

2.3 Objetivos.

2.3.1 Objetivo general. Determinar los beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el Músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior basado en evidencia científica para la reincorporación a las actividades deportivas.

2.3.2 Objetivos específicos.

- Determinar los parámetros correctos de la electroestimulación tipo EMS para el fortalecimiento del músculo cuádriceps mediante la revisión bibliográfica de los agentes físicos.
- Establecer la colocación de electrodos a través de la anatomía humana y la palpación, para lograr un mayor reclutamiento de fibras musculares en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior.
- Definir el tiempo de fortalecimiento del músculo cuádriceps utilizando corrientes de tipo EMS mediante la investigación de artículos científicos para la reincorporación del paciente a sus actividades deportivas.

Capítulo III

Marco Metodológico

3.1 Materiales.

Para el desarrollo de esta investigación se realizó una búsqueda de información a través de diversas bases de datos como Google Académico, Elsevier, Scielo, Ebsco con el fin de proveer la información adecuada a los objetivos planteados en esta investigación.

Para realizar la investigación se emplearon las siguientes palabras clave: Electroestimulación, Futbolistas, Ligamento cruzado anterior, EMS, Fortalecimiento, Cuádriceps.

Tabla 3. Bases de datos

Fuente	Cantidad
Artículos científicos	20
Libros	7
Tesis	1
Total	28

Elaboración propia.

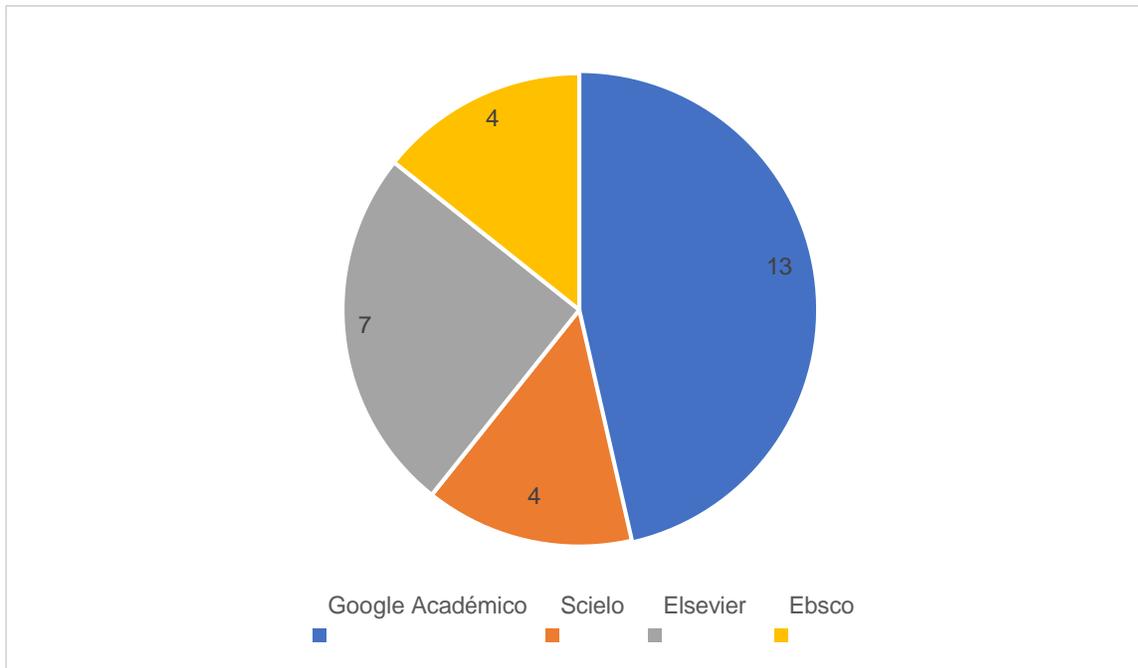


Figura 18. Gráfica de las bases de datos utilizadas en la investigación. Elaboración propia

3.2 Métodos.

3.2.1 Enfoque de investigación. Sampieri (2004) menciona que el enfoque cualitativo refleja la necesidad de medir y estimar magnitudes de los fenómenos o problemas de investigación, también se utiliza el análisis de datos para afinar las preguntas de investigación, por lo tanto, para esta investigación se consideró el enfoque cualitativo ya que se busca investigar los beneficios o el por qué, además de generar una pregunta de investigación acerca de los beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas con un post operatorio de ligamento cruzado anterior, para la reincorporación a las actividades deportivas.

3.2.2 Tipos de estudio. Sampieri (2004) comenta los estudios descriptivos como aquellos que buscan especificar las propiedades, características y los perfiles de personas, grupos, comunidades o cualquier otro fenómeno que sea sometido a análisis. Es decir, únicamente pretenden medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre las variables a las que se refieren.

Esta investigación se hablará sobre los beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años con un post operatorio de ligamento cruzado anterior, para la reincorporación a las actividades deportiva de manera independiente a través de la recopilación de información de diversas bases de datos.

3.2.3 Método de estudio. Sampieri (2004), explica el análisis y síntesis como aquel que consiste en la separación de las partes de la investigación para estudiarlas de forma individual este método se utiliza en la presentación del informe final, y lo describe como el razonamiento que, partiendo de casos particulares, se eleva a conocimientos generales, se basa en la investigación científica, formulación de hipótesis y en la exposición de resultados.

Esta investigación demostrara por medio de artículos y libros con sustentación científica los beneficios de la aplicación de corrientes tipo EMS sobre el músculo cuádriceps en futbolistas de 20 a 30 años con un post operatorio de ligamento cruzado anterior, para la reincorporación a las actividades deportivas.

3.2.4 Diseño de investigación. Sampieri (2004) brinda el término diseño refiriéndose al plan o la estrategia concebida para responder las preguntas de investigación o de la hipótesis planteada además le señala al investigador lo que debe hacer para alcanzar sus objetivos de estudio.

En esta investigación es no experimental ya que toda la información será obtenida de estudios que ya han sido realizados por otros investigadores, por lo tanto, no se involucrara la participación de pacientes reales.

3.2.5 Criterios de selección. Sampieri (2004) los describe como criterios que especifican las características que la población debe tener, estos se clasifican en criterios de inclusión y exclusión.

Tabla 4. Criterios de selección

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
<ul style="list-style-type: none"> - Libros que no excedan los 20 años de antigüedad. - Artículos en español e inglés. - Pacientes futbolistas de 20-30 años - Pacientes post operatorios de ligamento cruzado anterior. - Pacientes futbolistas - Pacientes con debilidad en el cuádriceps - Artículos de electroestimulación tipo EMS. 	<ul style="list-style-type: none"> - Periódicos, revistas y artículos informales. - Pacientes mayores de 30 años. - Libros mayores a 20 años. - Pacientes que no sean deportistas - Artículos científicos mayores a 15 años de antigüedad. - Pacientes pediátricos - Pacientes geriátricos - Pacientes con enfermedades - Artículos de electroestimulación que no sean de tipo EMS. - Pacientes que no sean post operatorios de ligamento cruzado anterior.

Elaboración propia

3.3. Variables

3.3.1 Variable independiente. “Las variables independientes son la causa de la variación observada en las variables dependientes. La variable independiente no se mide, es la variable que se manipula para observar los efectos causados en las variables dependientes” (Sampieri, 2004, p.49).

La Variable independiente que será utilizada en esta investigación: electroestimulación de tipo EMS.

3.3.2 Variable dependiente. Sampieri (2004) expone que las variables dependientes varían en función de otras variables. La variable dependiente es el efecto medido en el experimento.

La Variable dependiente que se utilizara en esta investigación: fortalecimiento del músculo cuádriceps post operatorio de ligamento cruzado anterior.

3.3.3 Operacionalización de variables

Tabla 5 variables.

Tipo de variable	Variable de estudio	Definición conceptual	Definición operacional
Independiente	Electroestimulación de tipo EMS.	Benito (2013) describe esta técnica como la aplicación de corrientes eléctricas aplicado en los músculos o los nervios periféricos para poder generar una contracción involuntaria de los músculos, y de esta manera poder obtener un mayor reclutamiento de fibras musculares para el fortalecimiento de los músculos.	Cameron (2019) afirma que pueden aplicarse para fortalecer y reeducar a los músculos, para evitar la atrofia, así como para disminuir los espasmos musculares.
Dependiente	Post operatorio ligamento cruzado anterior.	Saló, 2012 describe que cuando se produce una sobrecarga de las fibras del ligamento por encima de su capacidad de resistencia, el tejido cede produciéndose una pérdida parcial o completa de su solución de continuidad esguince o rotura.	Según Mejías (2014) los síntomas que puede presentar una persona con este tipo de lesión son dolor intenso, pérdida de la movilidad, aumento de volumen e inestabilidad.

Elaboración propia.

Capítulo IV

Resultados

En el siguiente capítulo se encontrarán los resultados obtenidos para cada uno de los objetivos planteados, tras la revisión bibliográfica de artículos científicos se buscara evidenciar si la técnica planteada como abordaje tiene un impacto positivo en el fortalecimiento muscular del cuádriceps tras un post operatorio de ligamento cruzado anterior, posteriormente se realizara una discusión de los estudios realizado y se finalizara con las conclusiones en donde se resaltaran la información más importante de la investigación.

4.1 Resultados

Primer objetivo. Parámetros correctos de la electroestimulación tipo EMS para el fortalecimiento del músculo cuádriceps mediante la revisión bibliográfica de los agentes físicos.

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultados
<p>Herrero et al. (2015) Posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo.</p>	<p>Realizaron una revisión sistemática en donde se analizaron 9 artículos, en donde el protocolo de entrenamiento utilizando EMS consistió en 3 sesiones de 20-30 minutos cada 2 semanas utilizando los parámetros de 85hz, 350 microsegundos con un tiempo encendido de 6 segundos y un tiempo de reposo de 4 segundos en los miembros inferiores, se realizó tras la colocación de electros en el vientre muscular lo más cercano al punto motor.</p>	<p>Diferentes artículos de revisión demostraron</p> <p>La eficacia de EMS local para la mejora de fuerza muscular y producir adaptaciones neurales en sujetos sanos.</p> <p>En los últimos 5 años se han creado en España más de 500 centros de entrenamiento que utilizan corrientes de tipo EMS ya que se consigue activar la musculatura profunda, mejorar la fuerza, la resistencia, tonificar y además incrementa la velocidad en atletas élite.</p> <p>Se han descrito en la literatura aplicaciones de corrientes de 85hz de manera continua durante 15 minutos, con un tiempo encendido de 10 segundos y un tiempo apagado de 20 segundos tiene un incremento en la fuerza del músculo cuádriceps.</p>

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultados
<p>Liebano et al. (2013) The Effect of Burst-Duty-Cycle Parameters of Medium-Frequency Alternating Current on Maximum Electrically Induced Torque of the Quadriceps Femoris, Discomfort, and Tolerated Current Amplitude in Professional Soccer Players.</p>	<p>Realizaron una revisión bibliográfica, sistematizada en donde el objetivo principal fue evaluar el efecto de la electroestimulación en ráfaga con frecuencia media en el músculo cuádriceps femoral, el estudio utilizó 30 futbolistas profesionales masculinos entre las edades de 18-23 años, con una masa corporal de 74,3 kg, con una altura de 1,78 metros que tuvieran por lo menos 3 años de experiencia de experiencia de juego y un entrenamiento semanal, los parámetros utilizados de la electroestimulación de tipo EMS fueron los siguientes: 50 hz, 200 microsegundos, rampa de 3 segundos, con una duración de encendido de 9 segundos, con un tiempo de apagado de 5 segundos.</p>	<p>Brindando como resultado</p> <p>La electroestimulación con un ciclo de trabajo en ráfaga produjo un incremento superior al 35%.</p> <p>El pico máximo de fuerza muscular en este estudio fue conseguido con una frecuencia de 50 hz, ubicando los electrodos en los puntos motores del recto femoral y vasto medial del músculo cuádriceps del futbolista.</p> <p>Aunque las corrientes alternas son muy utilizadas en la rehabilitación también han demostrado tener mejoras en el rendimiento muscular de los deportistas.</p>

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultados
<p>Bircan et al. (2002) Efficacy of two Forms of Electrical Stimulation in Increasing Quadriceps Strength: A Randomized Controlled Trial</p>	<p>Realizaron un estudio experimental que como objetivo tiene investigar si la electroestimulación (EMS) es capaz de aumentar la fuerza del musculo cuádriceps en pacientes sanos, el estudio se realizó 30 estudiantes de la facultad de medicina con una media de edad de 23.20 años, divididos en 3 grupos , cada grupo de 10 pacientes (5 hombres y 5 mujeres), el grupo A) recibió una electroestimulación de alta frecuencia con 2500hz y 100 microsegundos, el grupo B) recibió una electroestimulación de baja frecuencia de 80hz y 100 microsegundos y el grupo C o grupo control no recibió electroestimulación, adicionalmente los grupos A y B recibieron electroestimulación durante 15 minutos, 5 veces a la semana en el músculo cuádriceps, tras medir la fuerza con un dinamómetro.</p>	<p>Se pudo obtener como resultado Ambas corrientes utilizadas en este estudio se pueden usar para el fortalecimiento muscular del cuádriceps con los parámetros planteados en este estudio.</p> <p>Se obtuvo un incremento significativo en el aumento de la fuerza muscular del grupo A y B en comparación al grupo C que no recibió electroestimulación.</p>

Segundo objetivo. Colocación de electrodos a través de la anatomía humana y la palpación, para lograr un mayor reclutamiento de fibras musculares en futbolistas de 20 a 30 años post operatorio de ligamento cruzado anterior.

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultado
<p>Garzón y Ramírez (2008) Análisis de sensibilidad por la colocación de electrodos en la electromiografía de superficie (Semg).</p>	<p>Realizaron un ensayo clínico en donde se buscó mediante la electromiografía determinar la correcta colocación de electrodos en el músculo cuádriceps para una mayor activación muscular, se colocaron electrodos bipolares sobre los músculos: vasto lateral, vasto medial y recto femoral, los factores a considerar en el estudio fueron los siguientes: 1. La posición longitudinal del electrodo (esta posición está dada por la distancia entre el ápice de la rótula y el punto donde se debe poner el centro del electrodo), 2. La orientación del electrodo (dirección de las fibras musculares), para realizar el estudio se plantearon tres estrategias para ubicar la colocación de los electrodos: la primera en el vientre muscular, en el punto medio entre el origen y la inserción, el segundo entre la zona de inervación, y el tercero en el punto motor el estudio se realizó con 5 pacientes sanos, de 25-30 años, con una estatura de 167,54 cm y un peso de 60,4 kg, se les pidió a los pacientes permanecer sentados en una camilla con una flexión de cadera de 90 grados y con la espalda apoyada a un espaldar, sujetos a nivel de la cadera por unas cinchas para evitar compensaciones de otros músculos y realizar varias extensiones de rodillas manteniendo 6 segundos para poder evaluar mediante un dinamómetro la fuerza máxima en cada una de las tres estrategias planteadas.</p>	<p>El estudio dio como resultado</p> <p>La orientación de los electrodos es un factor fundamental en el momento de la colocación de electrodos ya que puede variar la amplitud de señal hasta un 30%.</p> <p>La mejor orientación de los electrodos es de 0 grados para el vasto lateral, 70 grados para el vasto medial, y – 20 grados para el recto femoral según muestra la electromiografía.</p> <p>Si se coloca el electrodo en la zona de inervación del músculo (nervio femoral) se encuentra un 25 % del incremento de señal según la electromiografía dando mejores resultados en la activación del músculo.</p>

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultado
<p>Carneiro et al. (2017) Efecto de la electroestimulación neuromuscular sobre la fuerza muscular, capacidad funcional y composición corporal en los pacientes en hemodiálisis.</p>	<p>Realizaron un estudio experimental utilizando a 20 pacientes dividiéndolos en 2 grupos el grupo A con un total de 13 paciente fue sometida a una electroestimulación en el músculo cuádriceps y el grupo B o grupo control fue de 7 pacientes a los que no se le colocó electroestimulación, cada paciente contaba con sus propios electrodos y partiendo de una posición recostado sobre una camilla con una extensión completa de las piernas y una mínima flexión de rodillas utilizando una almohadilla por debajo se procede a colocar los electrodos de 5x10 cm de forma precisa sobre el punto motor de los vientres musculares del cuádriceps (recto anterior, vasto interno y externo), garantizando la máxima comodidad y eficiencia.</p>	<p>Tras finalizar el estudio se demostró Tras utilizar esta posición de electrodos durante el estudio se pudo observar la activación del músculo cuádriceps y, por último.</p> <p>En esta posición del paciente no se observó ni una bioimpedancia eléctrica (rechazo del cuerpo a la electroestimulación) por lo tanto se afirma que la colocación de los electrodos fue la correcta.</p>

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultado
<p>Linares et al. (2004) Revisión bibliográfica de las corrientes eléctricas y parámetros más efectivos en la electroestimulación del cuádriceps.</p>	Realizaron un análisis bibliográfico en donde el objetivo del estudio es determinar los parámetro más efectivos para el fortalecimiento muscular del cuádriceps incluyendo la correcta colocación de los electrodos, la mayoría de los artículos utilizados para este estudio fueron seleccionados de las bases de datos Medline, PubMed, y Doyma, en la mayoría de los estudios se utilizaron sujetos adultos de ambos sexos y los estudios fueron basados en la investigación del cuádriceps utilizando 3 técnicas diferentes para la colocación de los electrodos 1. Sobre los puntos motores del cuádriceps mediante una técnica bipolar colocando el Cátodo (negro) 5cm por debajo de la espina iliaca anterosuperior (5 cm por debajo de la ingle), y el Ánodo (rojo) 5 cm encima del borde superior de la rótula, 2. Técnica bipolar doble (en donde se estimula la salida del nervio crural y los puntos motores del vasto interno, recto anterior y vasto externo) y la técnica 3. Coloco un electrodo en la zona lumbar (a nivel de las raíces nervios L3, L4, L5) y el otro electrodo en el nervio crural.	Al finalizar el estudio los resultados mostraron lo siguiente La tercera técnica es una buena alternativa cuando no se puede conseguir la activación del cuádriceps de manera directa. Por medio de la técnica bipolar o bipolar doble se puede obtener hasta el 60% de la contracción muscular del cuádriceps.

Tercer objetivo. Tiempo de fortalecimiento del músculo cuádriceps utilizando corrientes de tipo EMS mediante la investigación de artículos científicos para la reincorporación del paciente a sus actividades deportivas.

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultados
<p>Billot et al. (2010) Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players.</p>	<p>Presentaron un estudio experimental, que consistió en someter a 20 jugadores de futbol a un entrenamiento con corrientes tipo EMS durante 5 semanas, se dividió al grupo en 10 jugadores a los que se les aplicó EMS en el músculo cuádriceps durante las 5 semanas, y 10 jugadores que fueron parte de un grupo control, luego de realizar pruebas de velocidad, salto vertical y diferentes pruebas de fuerza muscular.</p>	<p>El estudio obtuvo como resultado Luego de las 5 semanas del programa de entrenamiento utilizando corrientes tipo EMS, los jugadores demostraron tener un incremento en las pruebas de velocidad, salto vertical, y pruebas de fuerza muscular.</p> <p>El estudio demostró que los beneficios en los jugadores empezaron a notarse a partir de la tercera semana del programa de entrenamiento utilizando corrientes EMS</p>

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultado
<p>Pacheco y Santamaría (2008) Electroestimulación con ejercicios físicos para aumentar la fuerza muscular del cuádriceps.</p>	<p>Realizaron un estudio experimental utilizando a 6 futbolistas de 20 años de edad para valorar la eficacia de la electroestimulación para aumentar la fuerza muscular de cuádriceps de manera rápida, se dividió a los 6 futbolista en 3 grupos (2 pacientes en cada grupo), el grupo experimental 1 recibió una electroestimulación con 120 hz, y 300 microsegundos por 20 minutos al día sobre el cuádriceps , el grupo experimental 2 realizo ejercicios convencionales, y el grupo control no realizo ni un tipo de actividad física, el estudio se realizó durante 12 sesiones, 2 por semana y las pruebas de medición se realizaran en la 1 y 12 sesión.</p>	<p>Al finalizar el estudio se dio como resultado</p> <p>En el grupo control la mejoría no es visible.</p> <p>El grupo que recibió electroestimulación durante las 6 semanas que duro el estudio fue el que obtuvo los mejores resultados en el fortalecimiento del músculo cuádriceps.</p>

Autor, año y título del artículo	Metodología	Resultado
<p>Patiño et al. (2019) Reconstrucción del aparato extensor de rodilla con aloinjerto: técnica quirúrgica y protocolo de rehabilitación.</p>	<p>Presentaron un reporte de caso en un futbolista de 20 años de edad con un postoperatorio de rodilla, en donde el protocolo de rehabilitación inicio con la inmovilización del miembro inferior durante 6 semanas y en donde solamente se autorizó la carga mínima del miembro inferior utilizando el apoyo de muletas, el protocolo también incluía la colocación de 2 sesiones diarias de electroestimulación (EMS) por 20 minutos que se aplicó a partir de la semana 6 a la 12 de su plan de tratamiento, ya que esto permite el reclutamiento de las unidades motoras y promueve el fortalecimiento muscular, el paciente luego de finalizar su protocolo de rehabilitación fue evoluciono sin complicaciones y fue capaz de reincorporarse a sus actividades deportivas.</p>	<p>Al finalizar el estudio se pudo obtener como resultado</p> <p>La técnica quirúrgica adecuada y el protocolo de rehabilitación son fundamentales para lograr un buen resultado.</p> <p>El estudio demuestra que se debe utilizar el uso de electroestimulación sobre el músculo cuádriceps por al menos 6 semanas para poder notar un cambio en el fortalecimiento muscular.</p>

4.2 Discusión

En el estudio de Herrero et al. (2015) propone utilizar los parámetros de 85hz, 350 microsegundos con un tiempo encendido de 6 segundos y un tiempo de reposo de 4 segundos para activar la musculatura profunda, mejorar la fuerza, la resistencia, tonificar y además incrementa la velocidad en atletas élite, Mientras que Liebano et al. (2013) exponen que el pico máximo de fuerza muscular es conseguido con una frecuencia de 50 Hz por lo que en estos casos proponen utilizar una dosificación de 50 hz, 200 microsegundos, rampa de 3 segundos, con una duración de encendido de 9 segundos, con un tiempo de apagado de 5 segundos en última instancia Bircan et al. (2002) mantiene que una electroestimulación de baja frecuencia con 80 hz y 100 microsegundos es más que suficiente para obtener un incremento significante de la fuerza muscular del músculo cuádriceps.

Por otro lado, Garzón y Ramírez (2008) exponen que la correcta colocación de electrodos en el músculo cuádriceps para una mayor activación muscular, es colocando los electrodos a 0 grados para el vasto lateral, 70 grados para el vasto medial, y – 20 grados para el recto femoral y de ubicar el electro cerca del nervio femoral se logra estimular al músculo un 25% más, contando con las opiniones de Carneiro et al. (2017) que proceden a colocar los electrodos de forma precisa sobre el punto motor de los vientres musculares del cuádriceps (recto anterior, vaso interno y externo), garantizando la máxima comodidad y eficiencia demostrando la activación del músculo cuádriceps, a diferencia de Linares et al. (2004) que propone colocar un electrodo en la zona lumbar (a

nivel de las raíces nervios L3, L4, L5) y el otro electrodo en el nervio crural ya que demostró que es una buena alternativa cuando no se puede conseguir la activación del cuádriceps de manera directa.

Por último, Billot et al. (2010) aplicaron corrientes EMS durante 5 semanas, al finalizar el estudio se logró demostrar que los futbolistas incrementaron su fuerza muscular a partir de la tercera semana, mientras que Pacheco y Santamaría (2008) obtuvieron resultados a la 6ta semana junto a Patiño et al. (2019) que también demostró tener un incremento de la fuerza del músculo cuádriceps a partir de la 6 semana de su protocolo de rehabilitación.

4.3 Conclusiones

Si bien los parámetros descritos por los autores anteriormente tienen sus diferencias, todos los estudios demostraron tener beneficios en el incremento de la fuerza del músculo cuádriceps en futbolistas con un post operatorio de ligamento cruzado anterior, utilizando un rango de 50-85hz y 100-350 microsegundos.

Con respecto a la colocación de los electrodos, varios autores sostienen que la mejor colocación es buscando la activación del nervio femoral y colocar los electrodos sobre los puntos motores del vasto medial, vasto externo y recto femoral, ya que de esta forma se consigue la mejor activación muscular del cuádriceps.

Se pudo demostrar tras finalizar esta investigación que el tiempo para conseguir un fortalecimiento del músculo cuádriceps es a partir de la 5ta semana, es importante recordar que

una rehabilitación temprana aumentara las probabilidades del deportista para regresar a sus actividades deportivas

Si bien la electroestimulación no es el único tratamiento utilizado en este tipo de traumatismos o lesiones, a demostrados tener muchos beneficios en la rehabilitación de estos casos, por lo tanto, en la actualidad no se descarta el uso de ella en un protocolo de rehabilitación, ya que muchos fisioterapeutas se apoyan de esta técnica en el abordaje a sus pacientes.

4.4 Perspectivas y/o aplicaciones prácticas

-La expectativa de esta investigación es dar a conocer los beneficios que tiene la aplicación de la electroestimulación de tipo EMS en este tipo de lesiones como esta puede ser útil en el fortalecimiento del músculo cuádriceps.

-Que este trabajo esté al alcance de los fisioterapeutas y que sea una guía confiable para aquellos que la utilicen en futuras investigaciones o abordajes fisioterapéuticos.

- Que esta investigación le sea útil a aquellos futuros profesionales en el área de la salud y aportar un poco de conocimiento a la población de Guatemala.

REFERENCIAS

- Ayala-Mejías JD. (2014) Lesiones del Ligamento Cruzado Anterior. Hospital San Rafael Madrid España.
- Basas, A. (2017) Metodología de la electroestimulación en el deporte. Rev. Iberoam Fisioterapia Kinesio 2017;4(1):15-45.
- Benito, E. (2011) Effects of combined Electrostimulation. (Vol 6): 603-613.
- Bickel CS, Gregory CM, Dean JC. Motor unit recruitment during neuromuscular electrical stimulation: A critical appraisal. Eur J Appl Physiol. 2011; 111:2399–407.
- Billot et al. (2010) Effects of an electrostimulation training program on strength, jumping, and kicking capacities in soccer players.
- Bircan C. (2002) Efficacy of two forms of electrical stimulation in increasing quadriceps strength: a randomized controlled trial. Vol. 16: 194-199. Department of physical medicine and rehabilitation, university medical faculty, Izmir Turkey.
- Cameron, M. (2019) Agentes Físicos en Rehabilitación (Vol.4). España: Rústica.
- Carneiro et al. (2017) Efecto de la electroestimulación neuromuscular sobre la fuerza muscular, capacidad funcional y composición corporal en los pacientes en hemodiálisis.
- A. Cruz (2020). Lesiones parciales del ligamento cruzado anterior. Vol. 27. 203-212. Revista española de artroscopia y cirugía articular.
- Daniels W. (2015) Pruebas funcionales musculares. 6. Edición. Editorial Marbán.

Drake R. y Mitchell M. (2020). Gray. Anatomía para estudiantes. 4. Edición. Editorial Elsevier.
Barcelona. España

Filipovic A, Kleinoder H, Dormann U, Mester J. Electromyostimulation: A systematic review of the effects of different electromyostimulation methods on selected strength parameters in trained and elite athletes. J Strength Cond Res. 2012; 26:2600–14

Garzón y Ramírez (2008) Análisis de sensibilidad por la colocación de electrodos en la electromiografía de superficie (Semg).

Herrero et al. (2015) Posicionamiento de la National Strength and Conditioning Association-Spain. Entrenamiento con electroestimulación de cuerpo completo

Herrero J. (2010) Short- Term effect of strength training with and without superimposed electrical stimulation of muscles strength and anaerobic performance. Vol. 24. 1609-1615. Journal of strength and conditioning research.

Hernández-Sampieri, R., & Torres, C. P. M (2004). Metodología de la investigación (Vol. 4). México D.F: McGraw-Hill Interamericana.

Johannes B. (2019). Pruebas clínicas para patología ósea, articular y muscular. 6. Edición. Editorial Elsevier. Barcelona. España

Kapandji A.I. (2010). Fisiología Articular. 6, Edición. Editorial Médica Panamericana.

Liebano RE, Waszczuk S, Correa JB. The effect of burst-duty-cycle parameters of medium-frequency alternating current on maximum electrically induced torque of the quadriceps femoris, discomfort, and tolerated current amplitude in professional soccer players. J Orthop Sports Phys Thera. 2013; 43:920–6.

Linares et al. (2004) Revisión bibliográfica de las corrientes eléctricas y parámetros más efectivos en la electroestimulación del cuádriceps.

Pacheco y Santamaría (2008) Electroestimulación con ejercicios físicos para aumentar la fuerza muscular del cuádriceps.

Patiño et al. (2019) Reconstrucción del aparato extensor de rodilla con aloinjerto: técnica quirúrgica y protocolo de rehabilitación.

Panesso, M. C., Trillos, M. C., & Tolosa Guzmán, I. (2008). Biomecánica Clínica de la rodilla. Rehabilitación y Desarrollo Humano.

Pereira, MT. y cols. (2003). Epidemiología de las lesiones del ligamento cruzado anterior en el futbolista profesional. (Vol. 96): 299-303.

Quiroz, F. (2013) *Anatomía Humana*. México: Editorial. Porrúa

Ramos Álvarez, J.J, López, Arce (2008). Rehabilitación del paciente con lesión del ligamento cruzado anterior de la rodilla (LCA). Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte, 8 (29), 62-92

Saló, J., María (2012). Estructura de los ligamentos y Características de su cicatrización. Facultad de ciencias de la salud, Barcelona.

Sánchez García (2021). Evaluar la eficacia de la electroestimulación neuromuscular para la rotura del ligamento cruzado anterior en futbolistas: tesis de licenciatura escuela de enfermería y fisioterapia San Juan de Dios. Madrid, España.

Tortora G. y Derrickson, B. (2018). Principios de anatomía y fisiología, 13. Edición. Buenos Aires Argentina. Editorial Médica Panamericana.

Zahínos, J.I (2010) Epidemiological study of the injuries in the processes of readaptation and prevention of the injury of anterior cruciate ligament in the professional football. Journal of Sport.