

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS PROTOCOLOS DE EJERCICIO TERAPÉUTICO EMPLEADOS EN LA INTERVENCIÓN DE LAS LESIONES DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN LA REHABILITACIÓN DE JUGADORES DE FUTBOL SOCCER.



Que Presenta

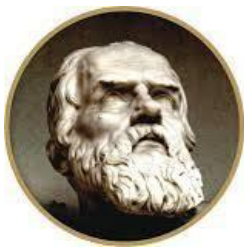
Edgar Arnulfo Solís Yantuche

Ponente

Ciudad de Guatemala, Guatemala.

Junio 2023.





Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA DE LOS PROTOCOLOS DE EJERCICIO TERAPÉUTICO EMPLEADOS EN LA INTERVENCIÓN DE LAS LESIONES DE LA MUSCULATURA ISQUIOSURAL EN LA REHABILITACIÓN DE JUGADORES DE FUTBOL SOCCER.



Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia

Que Presenta

Edgar Arnulfo Solís Yantuche

PONENTE

Mtro. José Raymundo Ramírez Cano

DIRECTOR DE TESIS

Licenciada María Isabel Díaz Sabán

ASESOR METODOLÓGICO

Ciudad de Guatemala, Guatemala. Junio 2023

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente

Edgar Arnulfo Solís Yantuche

Director de Tesis

Mtro. José Raymundo Ramírez Cano

Asesor Metodológico

Licenciada María Isabel Díaz Sabán



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 6 de mayo 2023

Estimado alumno:
Edgar Arnulfo Solís Yantuche

Presente.

Respetable:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de futbol soccer”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por usted, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

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

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Isabel Díaz Sában
Secretario

Lic. Emanuel
Alexander Vásquez
Monzón
Presidente

Lic. Diego Estuardo
Jiménez Rosales
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 12 de mayo 2021

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

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que el alumno **Edgar Arnulfo Solís Yantuche** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminó su informe final de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de fútbol soccer”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 11 de mayo 2021

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

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de futbol soccer”** del alumno **Edgar Arnulfo Solís Yantuche**.

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. Diego Estuardo Jiménez Rosales
Asesor de tesis
IPETH – Guatemala



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

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

Nombre del director: Mtro. José Raymundo Ramírez Cano
Nombre del Estudiante: Edgar Arnulfo Solís Yantuche
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de futbol soccer.
Fecha de realización: Primavera 2021.

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesis 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 TESIS

No.	Aspecto a Evaluar	Registro de Cumplimiento		Observaciones
		Si	No	
1.	El tema es adecuado a sus Estudios de Licenciatura.	X		
2.	Derivó adecuadamente su tema en base a la línea de investigación correspondiente.	X		
3.	La identificación del problema es la correcta.	X		
4.	El problema tiene relevancia y pertinencia social.	X		
5.	El título es claro, preciso y evidencia claramente la problemática referida.	X		
6.	Evidencia el estudiante estar ubicado teórica y empíricamente en el problema.	X		
7.	El proceso de investigación es adecuado.	X		
8.	El resumen es pertinente al proceso de investigación.	X		
9.	Los objetivos tanto generales como particulares han sido expuestos en forma correcta, no dejan de lado el problema inicial, son formulados en forma precisa y expresan el resultado de la labor investigativa.	X		
10.	Justifica consistentemente su propuesta de estudio.	X		

11.	Planteó claramente en qué consiste su problema.	X		
12.	La justificación está determinada en base a las razones por las cuales se realiza la investigación y sus posibles aportes desde el punto de vista teórico o práctico.	X		
13.	El marco teórico se fundamenta en: antecedentes generales y antecedentes particulares o específicos, bases teóricas y definición de términos básicos.	X		
14.	La pregunta es pertinente a la investigación.	X		
15.	Organizó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
16.	Sus objetivos fueron verificados.	X		
17.	Los aportes han sido manifestados en forma correcta.	X		
18.	El señalamiento a fuentes de información documentales y empíricas es el correcto.	X		
19.	Los resultados evidencian el proceso de investigación realizado.	X		
20.	Las perspectivas de investigación son fácilmente verificables.	X		
21.	Las conclusiones directamente derivan del proceso de investigación realizado	X		
22.	El problema a investigar ha sido adecuadamente explicado junto con sus interrogantes.	X		
23.	El planteamiento es claro y preciso.	X		
24.	El capítulo I se encuentra adecuadamente estructurado en base a los antecedentes que debe contener.	X		
25.	En el capítulo II se explica y evidencia de forma correcta el problema de investigación.	X		
26.	El capítulo III se realizó en base al tipo de estudio, enfoque de investigación y método de estudio y diseño de investigación señalado.	X		
27.	El capítulo IV proyecta los resultados, discusión, conclusiones y perspectivas pertinentes en base a la investigación realizada.	X		
28.	Permite al estudiante una proyección a nivel investigativo.	X		

Revisado de conformidad en cuanto al estilo solicitado por la institución



Mtro. José Raymundo Ramírez Cano



IPETH INSTITUTO PROFESIONAL EN TERAPIAS Y HUMANIDADES

LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA

COORDINACIÓN DE TITULACIÓN

INSTRUMENTO DE EVALUACIÓN: LISTA DE COTEJO TESIS

ASESOR METODOLÓGICO

Nombre del Asesor: Licenciada María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: Edgar Arnulfo Solís Yantuche
Nombre de la Tesina/sis: Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de futbol soccer.
Fecha de realización: Primavera 2021

Instrucciones: Verifique que se encuentren los componentes señalados en la Tesis 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 TESIS

<i>No.</i>	<i>Aspecto a evaluar</i>	<i>Registro de cumplimiento</i>		<i>Observaciones</i>
		<i>Si</i>	<i>No</i>	
I	Formato de Página			
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.5 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.	Inicio de capítulo centrado, mayúsculas y negritas.	X		
i.	Número de capítulo estilo romano a 8 cm del borde superior de la hoja.	X		
j.	Título de capítulo a doble espacio por debajo del número de capítulo en mayúsculas.	X		
k.	Times New Roman (Tamaño 12).	X		
l.	Color fuente negro.	X		
m.	Estilo fuente normal.	X		
n.	Cursivas: Solo en extranjerismos o en locuciones.	X		
o.	Texto alineado a la izquierda.	X		
p.	Sangría de 5 cm. Al iniciar cada párrafo.	X		
q.	Interlineado a 2.0	X		

r.	Resumen sin sangrías.	X		
s.	Uso de viñetas estándares (círculos negros, guiones negros o flecha.	X		
t.	Títulos de primer orden con el formato adecuado 16 pts.	X		
u.	Títulos de segundo orden con el formato adecuado 14 pts.	X		
v.	Títulos de tercer orden con el formato adecuado 12 pts.	X		
2.	Formato Redacción	Si	No	Observaciones
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		
	Empleo mínimo de paréntesis.	X		
l.	Uso del pasado verbal para la descripción del procedimiento y la presentación de resultados.	X		
m.	Uso del tiempo presente en la discusión de resultados y las conclusiones.	X		
n.	Continuidad de párrafos: sin embargo, por otra parte, al respecto, por lo tanto, en otro orden de ideas, en la misma línea, asimismo, en contraste, etcétera.	X		
o.	Indicación de grupos con números romanos.	X		
p.	Sin notas a pie de página.	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		
e.	Uso de corchetes, para incluir agregados o explicaciones.	X		

4.	Formato referencias	Si	No	Observaciones
a.	Correcto orden de contenido con referencias.	X		
b.	Referencias ordenadas alfabéticamente en su bibliografía.	X		
c.	Correcta aplicación del formato APA 2016.	X		
5.	Marco Metodológico	Si	No	Observaciones
a.	Agrupó y organizó adecuadamente sus ideas para su proceso de investigación.	X		
b.	Reunió información a partir de una variedad de sitios Web.	X		
c.	Seleccionó solamente la información que respondiese a su pregunta de investigación.	X		
d.	Revisó su búsqueda basada en la información encontrada.	X		
e.	Puso atención a la calidad de la información y a su procedencia de fuentes de confianza.	X		
f.	Pensó acerca de la actualidad de la información.	X		
g.	Tomó en cuenta la diferencia entre hecho y opinión.	X		
h.	Tuvo cuidado con la información sesgada.	X		
i.	Comparó adecuadamente la información que recopiló de varias fuentes.	X		
j.	Utilizó organizadores gráficos para ayudar al lector a comprender información conjunta.	X		
k.	Comunicó claramente su información.	X		
l.	Examinó las fortalezas y debilidades de su proceso de investigación y producto.	X		
m.	El método utilizado es el pertinente para el proceso de la investigación.	X		
n.	Los materiales utilizados fueron los correctos.	X		
o.	El marco metodológico se fundamenta en base a los elementos pertinentes.	X		
p.	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

Hoja de Dictamen de tesis

DICTAMEN DE TESINA

Siendo el día 12 del mes de Mayo del año 2021.

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

Los C.C

Director de Tesina
Función

Mtro. José Raymundo Ramírez Cano

Asesor Metodológico
Función

Licenciada María Isabel Díaz Sabán

Coordinador de Titulación
Función

Licenciado Diego Estuardo Jiménez Rosales

Autorizan la tesina con el nombre de:

Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de futbol soccer.

Realizada por el Alumno:

Edgar Arnulfo Solís Yantuche

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
Firmá y Sello de Coordinación de Titulación

Dedicatoria

Quiero dejar en claro que las palabras, son realmente cortas y no son lo suficientemente acertadas como para exteriorizar mis sentimientos por las dos personas a quienes va dedicada esta carrera y tesis. Quiero dedicar esta licenciatura y trabajo de tesis a mi Mamá, Ana María Yantuche Canel, mami. Ella es quien me ha inculcado desde los 3 años hasta el día de hoy en ser una mejor persona, con valores, motivaciones aspiraciones y autosuperación; todo esto desde su profesión como educadora, la cual admiro mucho por ella; quien con unas simples pero poderosas palabras: “La educación es lo único que nadie le podrá quitar, eso es para usted y de usted y es mi mejor regalo para el resto de su vida”, me inspiró desde que tengo uso de razón, con esto tengo claro desde pequeño que en algún momento tendrá que partir terrenalmente, pero que todo lo que ella me dio como herramientas, perdurarán a perpetuidad hasta el fin de mis días y el fin de mi conciencia. Mami, gracias por ser mi pilar desde siempre y para siempre. Quiero cerrar esta dedicatoria a mi madre con unas estrofas del cantautor guatemalteco, Ricardo Arjona “Ella es mi novia desde que me acuerdo, Amor del bueno desde que la vi. Yo ya tenía un espacio en mi cuaderno. Para pintar su nombre y presumir. Me quiso cuando al borde de la meta. Llegué penúltimo en la maratón. Me quiere de insensible o de poeta. De genio, de ministro o de bufón. Mi novia se me está poniendo vieja. Y yo que me empezaba a enamorar. Del peso de las cosas que aconseja. De su don universal de perdonar”.

Y a mi abuela materna Herminia Canel España, quien marcó mi vida desde siempre, por el amor que me dio a lo largo de su vida y lo corto de la mía, por todas sus oraciones por mí, mis decisiones y mis situaciones adversas. Dedico todo este esfuerzo a ella, tal cual fue el esfuerzo de ella en nuestro último abrazo. Las amo y para ustedes todo.

Agradecimientos

Agradezco y reconozco el valor y la indiscutible fortaleza que representa mi familia, como pilar de vida, como apoyo y guía, mi mamá Ana María Yantuche, quien desde siempre ha sido la persona más involucrada en mi proceso formativo y quien ha sido mi fuente de inspiración. Agradezco el ejemplo, el arduo esfuerzo y las ganas de superación de mi papá Arnulfo Solís quien también es mi pilar y consejero personal. A mi tía Lucía Yantuche, quien, por medio de sus llamadas de atención, consejos, apoyo en diversas situaciones a lo largo de estos últimos años y a mis hermanos Rafael Juárez Yantuche y Miguel Ángel Solís Yantuche, quienes son y representan esa parte, que para mí es un reto y es la constancia y disciplina, y cada día me motivan a ser un mejor de mí mismo. Quiero agradecer a mis amigos y compañeros de la 100 Compañía del Benemérito Cuerpo de Bomberos Voluntarios de Guatemala, quienes también han sido de gran apoyo en mi vida personal, profesional y pasión que nos ha permitido coincidir en esta etapa. Así mismo agradecer el esfuerzo y humildad con la que cada uno de los licenciados, catedráticos y asesores de IPETH y CRIPETH, gracias por ayudarme a ser una mejor versión e inspirarme a ser un buen profesional y buscar prosperidad esta profesión en Guatemala. Hoy en día puedo decir que estoy satisfecho de todo lo que tocó hacer y dejar de hacer en la búsqueda de una vida como profesional, por medio de la fisioterapia, gracias a las personas y familias que me dieron su apoyo Raúl y Gaby Molina y familia, William Jiménez, Cuevas, Lima Riva, Gonzáles, también gracias por la confianza depositada en mi persona y la amistad que el tiempo ha permitido forjar. También a una colega que admiro mucho, gracias por los desvelos, explicaciones, ánimos, puntos de interés y de discusión, por el tiempo y metas superadas que pudimos compartir a lo largo de la carrera, gracias L.F.T. Samantha Medina.

Palabras clave

Isquiosurales
Ham-string injuries
Ejercicio terapéutico
Protocolos tratamiento
Futbolistas
Rehabilitación
Fisioterapia

ÍNDICE DE CONTENIDO

Investigadores responsables	ii
Hoja de autoridades y terna examinadora	iii
Carta de aprobación de asesor.....	iv
Carta de aprobación del revisor	v
Lista de cotejo director de tesis	vi
Lista de cotejo asesor metodológico	viii
Hoja de dictamen de tesis	xi
Dedicatoria	xii
Agradecimientos.....	xiii
Palabras clave.....	xiv
Resumen.....	1
CAPÍTULO I.....	2
MARCO TEÓRICO	2
1.1 Antecedentes generales	2
1.1.1 Sistema musculoesquelético.....	2
1.1.2 Componentes de tejido conectivo.....	7
1.1.3 Inervación muscular e irrigación sanguínea.....	8
1.1.4 Anatomía de la fibra muscular	11
1.1.5 Proteínas musculares.....	15
1.1.6 Tipos de fibras musculares.....	18
1.1.7 Fisiología de la contracción muscular	20
1.1.8 Potencial de acción	21
1.1.9 Ciclo de la contracción.....	21
1.1.10 Metabolismo muscular.....	24
1.1.11 Reclutamiento de unidades motoras.....	27
1.1.12 Tipos de contracción muscular.....	28
1.1.13 Músculos isquiosurales.....	30
1.1.14 Lesión de los músculos isquiosurales.....	35
1.1.15 Definición	36
1.1.16 Clasificación	36
1.1.17 Etiología.....	38
1.1.18 Factores de riesgo	40
1.1.19 Epidemiología.....	41
1.1.20 Diagnóstico	42
1.1.21 Tratamiento.....	46

1.2	Antecedentes específicos	48
	Palabras clave	
1.2.1	Fútbol soccer	48
1.2.2	Generalidades	49
1.2.3	Reglas	50
1.2.4	Biomecánica	53
1.2.5	Ejercicio terapéutico	61
1.2.6	Definición	62
1.2.7	Principios del entrenamiento	63
1.2.8	Capacidades musculares	65
1.2.9	Tipos de ejercicios	65
1.2.10	Adaptaciones fisiológicas	70
1.2.11	Contraindicaciones y precauciones	75
CAPÍTULO II		78
2.1	Planteamiento del problema	78
2.2	Justificación	80
2.3	Objetivos	82
2.3.1	Objetivo general	82
2.3.2	Objetivos particulares	82
CAPÍTULO III		84
MARCO METODOLÓGICO		84
3.1	Materiales	84
3.2	Enfoque de investigación	86
3.3	Tipo de estudio	87
3.4	Método de estudio	87
3.5	Diseño de investigación	88
3.6	Criterios de selección	89
3.7	Operativización de variables	90
CAPÍTULO IV		92
RESULTADOS		92
4.1	Resultados	92
4.2	Discusión	100
4.3	Conclusión	104
4.4	Perspectivas	106
REFERENCIAS		xv

Índice de figuras

Figura 1 Hueso esponjoso y hueso trabecular	4
Figura 2 Sistema muscular.....	6
Figura 3 Componentes del tejido conectivo	8
Figura 4 Placa motora terminal.....	10
Figura 5 Irrigación e inervación muscular.....	11
Figura 6 Anatomía de la fibra muscular.....	14
Figura 7 Filamentos de actina, troponina y tropomiosina.....	17
Figura 8 Fibras tipo I [tinción oscura] y tipo IIb [poco teñidas]	20
Figura 9 Modelo del filamento deslizante de la contracción muscular	23
Figura 10 Tipos de contracción.....	29
Figura 11 Músculos del compartimento posterior del muslo.....	31
Figura 12 Inervación de la musculatura isquiosural	34
Figura 13 Irrigación de los músculos isquiosurales	35
Figura 14 Examen físico	44
Figura 15 Diagnóstico por imagen [RM]	45
Figura 16 Gol de cabeza, Leonel Messi	50
Figura 17 Vista de partido de fútbol, Estadio Camp Nou.....	50
Figura 18 Análisis biomecánico [RM]	56
Figura 19 Fases de la carrera	57
Figura 20 Fases de la zancada.....	59
Figura 21 Adaptación del corazón al ejercicio	73

Índice de tablas

Tabla 1 Tabla de buscadores.....	84
Tabla 2 Operacionalización de variables.....	91
Tabla 3 Tabla de resultados. Autoría propia	100

Resumen

La lesión de los músculos isquiosurales, es de las más comunes en los atletas de futbol soccer, y otros deportes que involucran los saltos, las carreras, cambios de dirección. Produce mayor tiempo de baja deportiva en el futbol, abarcando semanas, incluso meses, sin discriminar a los atletas por edad, capacidad física o experiencia. La etiopatogenia sugiere que la lesión puede tener diversas causas como el nivel de elongación insuficiente en el grupo muscular. El presente trabajo de investigación planteó como objetivo principal mostrar los diferentes protocolos de ejercicio terapéutico empleados en jugadores de fútbol soccer con lesión de los músculos isquiosurales para su rehabilitación, según la literatura científica.

El enfoque empleado para el desarrollo de este trabajo de investigación fue de tipo cualitativo y el estudio de tipo deductivo, ya que se recopiló, analizó y sintetizó información empleando un proceso descriptivo de los datos, ya que no se desarrolló ninguna investigación de campo, efectuándose a partir de la recolección de datos bibliográficos obtenido de bases de datos sólidas y confiables.

La evidencia ha permitido asimilar la importancia de la implementación de protocolos de ejercicio presentando mayor tasa de efectividad y mayor coincidencia entre autores de diversos artículos, están los ejercicios de estiramiento y excéntricos empleados previo o posterior al entreno regular, como protocolos de rehabilitación y preventivos, destacándose los ejercicios Nórdicos (NHE) y el Curl Nórdico, que se ejecutan en fases excéntricas, aumentando la longitud y ángulo poplíteo, fuerza y cambios arquitectónicos en la musculatura y mayor capacidad de reclutamiento de fibras musculares, la disminución de riesgo de lesión y riesgo de reincidencia a la lesión en atletas que ya han tenido con anterioridad lesión en dicho grupo muscular.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

En el siguiente capítulo, se describirán los diversos sistemas corporales, que se ven involucrados en el proceso patológico de la lesión de la musculatura de los isquiosurales en atletas de futbol soccer, cómo lo son el sistema esquelético, sistema muscular, conformación de los mismos, de la misma forma, se describirá el tipo de lesión muscular que se produce en el grupo muscular de los isquiosurales, al igual que sus componentes y procesos correspondientes a los sistemas que se describan en este capítulo.

1.1 Antecedentes generales

1.1.1 Sistema musculoesquelético. Se definirán los sistemas muscular y esquelético de forma individual para una mejor comprensión del cuerpo humano y el análisis topográfico de la lesión en los atletas de futbol soccer.

- *Sistema Esquelético.* El esqueleto está conformado por aproximadamente 206 huesos, presentando en algunos casos, huesos supernumerarios, siendo estos los huesos del cráneo y los huesos sesamoideos; éste es un conjunto de huesos unidos entre sí, en la vida fetal del ser humano, el sistema esquelético suele ser osteocartilaginoso, remplazado posteriormente por hueso de sustitución. En el ser humano adulto, el hueso predomina la constitución del esqueleto y a su vez,

el cartílago persiste de forma limitada como los cartílagos costales, tabique nasal, cartílago articular entre otros.

Las estructuras óseas son piezas sólidas, con propiedades resistentes, con diversas funciones, cómo las de sostén y anclaje para los músculos que la rodean (Latarjet, 2007).

Los huesos pueden agruparse de la siguiente forma:

Elementos de protección: éstos se deben a la conformación de los grupos óseos, que, a la unión entre sí, conforman cavidades que alojan sistemas e incluso sentidos [cráneo, tronco, orbitas, entre otros] (Latarjet, 2007).

Elementos articulares: las articulaciones, son el punto de unión entre dos o más huesos, algunas pueden ser articulaciones móviles, las cuales en la unión pueden presentar cápsulas, ligamentos y músculos, siendo los ligamentos conectores activos y las articulaciones, conectores pasivos (Latarjet, 2007).

- *Cartílagos y huesos.* El cartílago, tejido de consistencia semirrígida, se encuentra en las partes del esqueleto donde se refiere más flexibilidad. El hueso, es un tejido vivo, tipo de tejido conectivo, duro, altamente especializado que compone la mayor parte del esqueleto; estos cumplen con algunas funciones como lo son (Moore, 2013)
 - El soporte del cuerpo y su actividad vital es el principal tejido de sostén del organismo.
 - Protección de las estructuras sistemas u órganos vitales como el corazón, pulmones, cerebro.
 - Fungen como base mecánica para el movimiento como palanca.

- Almacenamiento de sales.
- Funciones homeostáticas, como el aporte continuo de nuevas células sanguíneas, producidas en la médula ósea.
- Puntos de anclaje para los tendones.

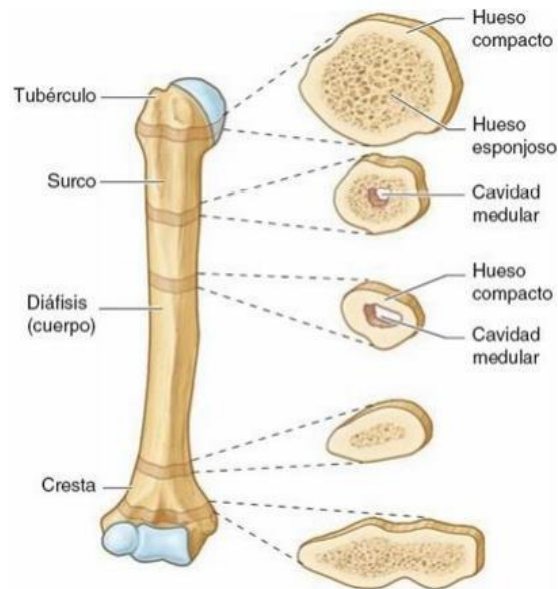


Figura 1 Hueso esponjoso y hueso trabecular (Moore, 2013).

- *Sistema muscular.* El sistema muscular está compuesto por todos los músculos del cuerpo siendo aproximadamente seiscientos cincuenta músculos; los músculos esqueléticos voluntarios constituyen su gran mayoría. Todos los músculos esqueléticos están compuestos por un tipo específico de tejido muscular y otros tipos de tejido muscular forman algunos músculos y son componentes importantes de los órganos de otros sistemas: cardiovascular, digestivo, genitourinario, tegumentario y visual (Moore, 2013).

Según Moore (2013), las células musculares denominadas fibras musculares a causa de su forma alargada y estrecha en estado de relajación, son células contráctiles especializadas. Están organizadas en tejidos que mueven partes del cuerpo, o modifican temporalmente la forma [reducen total o parcialmente el perímetro] de los órganos internos. El tejido conectivo asociado produce fibras nerviosas y capilares a las células musculares uniéndolos en haces y fascículos. Se distinguen 3 tipos de músculos según sus características en relación a:

- i. Músculos estriados esqueléticos: son músculos somáticos voluntarios que mueven o estabiliza los huesos y otras estructuras (Moore, 2013).
- ii. El músculo estriado cardiaco: es un músculo visceral involuntario que constituye la mayor parte de las paredes cardíacas y partes adyacentes de los grandes vasos, como la aorta y bombea la sangre (Moore, 2013).
- iii. Los músculos lisos [no estriados]: son músculos viscerales involuntarios que forman parte de las paredes de la mayoría de los vasos sanguíneos y órganos huecos [vísceras], y mueven sustancias a través de ellos mediante contracciones secuenciales coordinadas [pulsaciones o contracción peristálticas] (Moore, 2013).

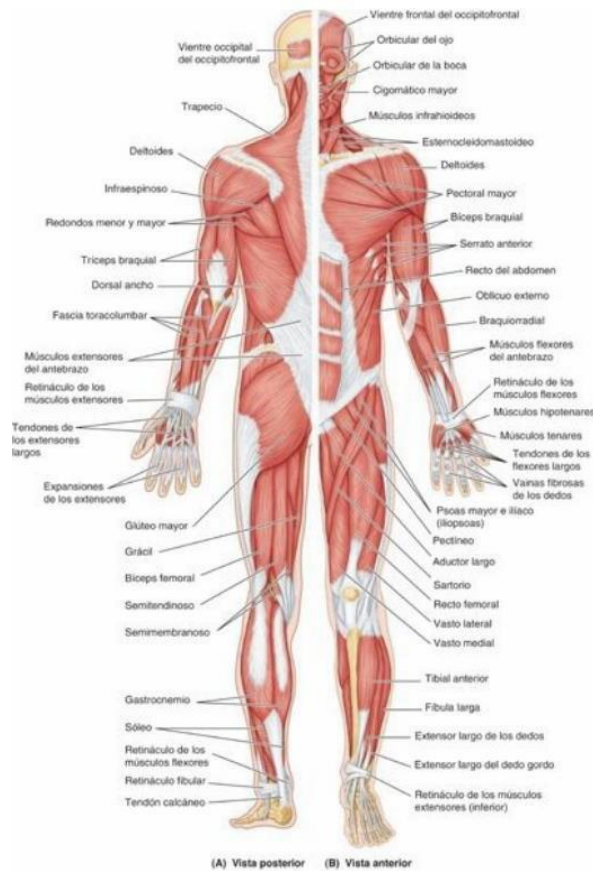


Figura 2 Sistema muscular (Moore, 2013).

Al considerar la longitud del músculo se incluyen el vientre muscular y los tendones, es decir, la longitud de un músculo es la distancia entre sus inserciones. La mayoría de los músculos esqueléticos se insertan de manera directa o indirecta en los huesos, los cartílagos, los ligamentos, o en alguna combinación de estas estructuras. Los músculos se pueden fijar en órganos, la piel o en las mucosas. Los músculos son órganos de locomoción o movimiento, pero también proporciona su soporte estático, dan forma al cuerpo y aportan calor (Moore, 2013).

1.1.2 Componentes de tejido conectivo. El tejido conjuntivo está compuesto por células y matriz extracelular, formada por fibras, sustancia fundamental y líquido hístico.

Inmersos en la matriz extracelular se encuentran los vasos sanguíneos y linfáticos, que permiten el intercambio con el medio externo.

Este tiene diferentes funciones, como el hueso, cartílago y tendones, sirven para el sostén del cuerpo, y células como los macrófagos que se encargan de la defensa y destrucción de partículas extrañas y microorganismos (Rodríguez, 2015).

- *Epimisio.* Es la capa más externa del tejido conectivo denso, irregular, que rodea el músculo (Tortora, 2013).
- *Perimisio.* Capa de tejido conectivo denso, irregular, rodea grupos de 10 a 100 o más fibras musculares y los separa en haces llamados fascículos. Muchos de estos, son lo suficientemente grandes como para ser observados a simple vista (Tortora, 2013).
- *Endomisio.* Penetra en el interior de cada fascículo y separa fibras individuales entre sí. El endomisio consiste, en su mayor parte, en fibras reticulares (Tortora, 2013).

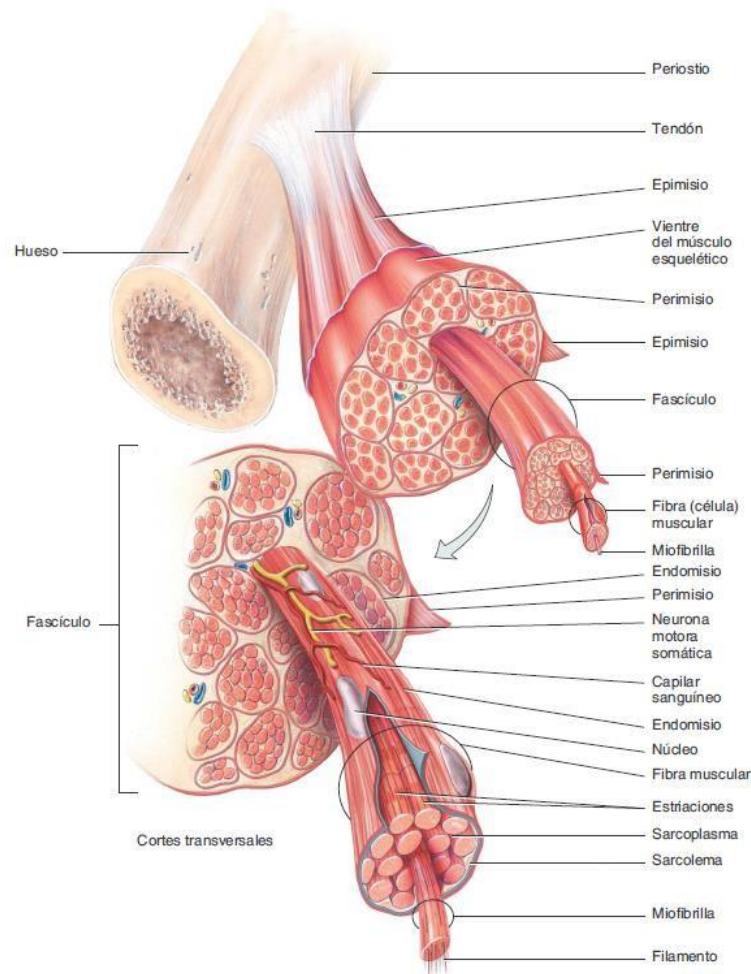


Figura 3 Componentes del tejido conectivo (Tortora, 2013).

1.1.3 Inervación muscular e irrigación sanguínea. Las fibras musculares, regularmente están inervadas por una sola fibra nerviosa, localizada cerca del punto medio de la fibra (punto motor), excepto un 2% de ellas (Guyton, 2016).

Una neurona motora alfa y las fibras que la inervan, forman la unidad motora (Mulroney, 2011).

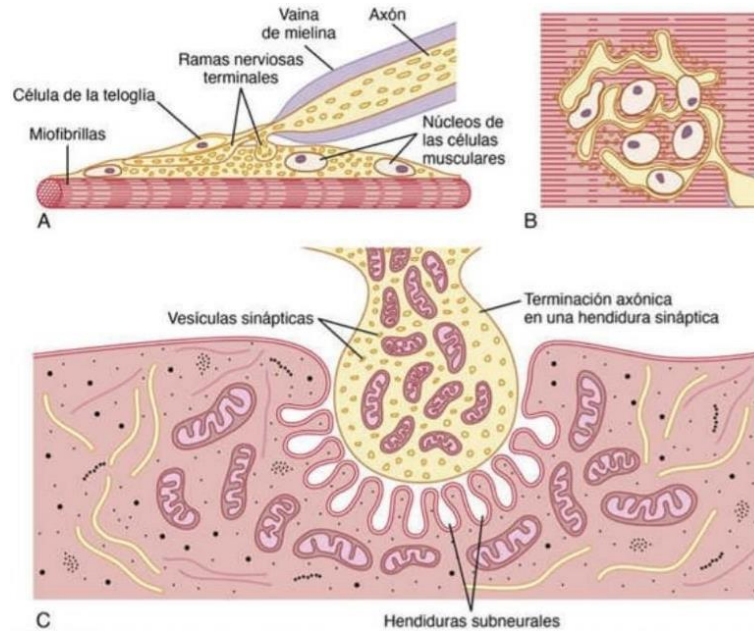
- *Unidad motora.* Todas las motoneuronas salen de la médula espinal, inervan múltiples fibras musculares, y el número de fibras nerviosas depende del tipo de músculo. Todas las fibras musculares que son inervadas por una única fibra nerviosa se denominan unidad motora (Guyton, 2016).

Las fibras musculares de las unidades motoras se superponen a otras unidades motoras en micro fascículos de 3 a 15 fibras. Esta interdigitación permite que las unidades motoras separadas se contraigan cooperando entre sí y no como segmentos totalmente individuales (Guyton, 2016).

Cada fibra muscular recibe una terminal de axón única, proveniente de una neurona motora somática. La neurona motora estimula la fibra muscular. Para que se contraiga al liberar acetilcolina en la unión neuromuscular. La región especializada del sarcolema de la fibra en la unión neuromuscular se conoce como una placa motora terminal (Fox, 2014).

Son nervios aferentes que se originan en el SNC y se comunican con las fibras del músculo esquelético en sinapsis especializadas conocidas como placas motoras terminales o uniones neuromusculares (Mulroney, 2011).

- *Placa motora terminal.* Cada fibra nerviosa forma un complejo de terminaciones nerviosas ramificadas que invaginan una superficie de la fibra muscular (Figura 4) pero que permanece fuera de la membrana plasmática, toda la estructura se denomina placa motora terminal, está cubierta por una o más células de Schwann que las aíslan de los líquidos circundantes (Guyton, 2016).



*Figura 4 Placa motora terminal
(Guyton, 2016)*

Los vasos sanguíneos microscópicos denominados capilares son abundantes en el tejido muscular; cada fibra muscular está en estrecho contacto con uno o más capilares (Figura 5), éstos capilares llevan oxígeno y nutrientes, y eliminan calor y productos de deshecho del metabolismo muscular. Especialmente durante la contracción, una fibra muscular sintetiza una cantidad considerable de ATP (adenosín trifosfato). Estas reacciones requieren de oxígeno, glucosa, ácidos grasos u otras sustancias que son transportadas hacia la fibra muscular por la sangre (Tortora, 2013).

El músculo en reposo es abastecido por 3ml sangre/ 100g de tejido/min. Cuando el músculo trabaja al máximo, la irrigación se puede incrementar hasta los 70ml/100g /min. La necesaria expansión de los vasos para ello se produce mediante estímulos de productos del metabolismo local, pero también por fibras

vasodilatadoras del sistema simpático. La cantidad de sangre que fluye a través del músculo a pesar de la dilatación de los vasos depende fundamentalmente del tipo de actividad (Hünter-Becker, 2006).

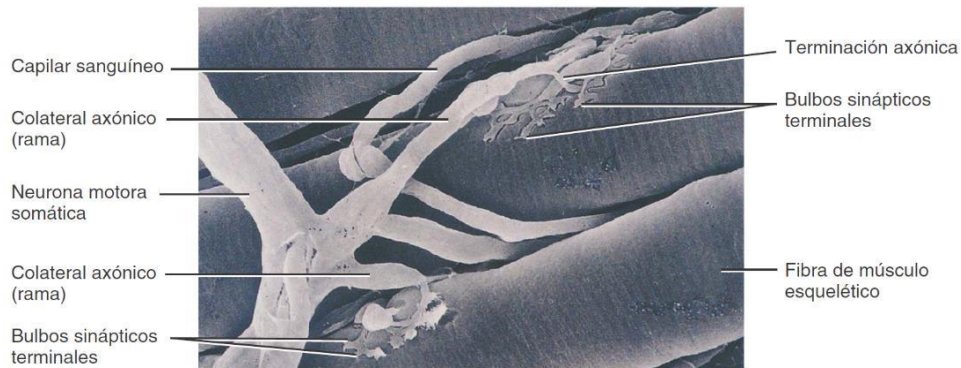


Figura 5 Irrigación e inervación muscular (Tortora, 2013).

1.1.4 Anatomía de la fibra muscular

Aproximadamente el 40% del cuerpo está conformado por músculo esquelético y otro 10% de músculo liso.

El músculo esquelético está formado por diversas fibras con diversidad de diámetros variando entre 10 y 80 mm, estas fibras a su vez son formadas por subunidades y estas fibras, regularmente se extienden a lo largo de toda la longitud del músculo (Guyton, 2016).

- *Sarcolema.* El sarcolema es una fina membrana que envuelve a una fibra musculoesquelética. El sarcolema está formado por una membrana celular verdadera, denominada membrana plasmática, y una cubierta externa formada por una capa delgada de material polisacárido que contiene numerosas fibrillas delgadas de colágeno. En cada uno de los dos extremos de la fibra muscular la capa superficial del sarcolema se fusiona con una fibra tendinosa. Las fibras tendinosas a su vez se agrupan en haces para

formar los tendones musculares, que después insertan los músculos en los huesos (Guyton, 2016).

- *Miofibrillas.* Cada fibra muscular contiene varios cientos a varios miles de miofibrillas. Cada miofibrilla está formada por aproximadamente mil quinientos filamentos de miosina y tres mil filamentos de actina adyacentes entre sí, que son grandes moléculas proteicas polimerizadas responsables de la contracción muscular real (Guyton, 2016).

Los filamentos gruesos de los diagramas son miosina y los filamentos delgados son actina (Guyton, 2016).

- *Bandas claras y oscuras.* Las bandas claras contienen solo filamentos de actina y se denominan bandas I porque son isótropas a la luz polarizada. Las bandas oscuras contienen filamentos de miosina, así como los extremos de los filamentos de actina en el punto en el que se superponen con la miosina, y se denominan bandas A porque son anisótropas a la luz polarizada (Guyton, 2016).
- *Puentes cruzados.* Las pequeñas proyecciones que se originan a los lados de los filamentos de miosina se denominan puentes cruzados. La interacción entre estos puentes cruzados y los filamentos de actina produce la contracción. Los extremos de los filamentos de actina están unidos al disco Z.

Desde este disco estos filamentos se extienden en ambas direcciones para interdigitarse con los filamentos de miosina. El disco Z, que está formado por proteínas filamentosas distintas de los filamentos de actina y miosina, atraviesa las miofibrillas y también pasa desde unas miofibrillas a

otras, uniéndolas entre sí a lo largo de toda la longitud de la fibra muscular.

Por tanto, toda la fibra muscular tiene bandas claras y oscuras, al igual que las miofibrillas individuales. Estas bandas dan al músculo esquelético y cardíaco su aspecto estriado. La porción de la miofibrilla (o de la fibra muscular entera) que está entre dos discos Z sucesivos se denomina sarcómero (Guyton, 2016).

- *Sarcómero*. Unidad funcional básica de una miofibrilla, regiones estrechas de material denso en forma de placa, denominadas líneas Z (Tortora, 2013).

Cuando la fibra muscular está contraída, la longitud del sarcómero es de aproximadamente 2 mm. Cuando el sarcómero tiene esta longitud, los filamentos de actina se superponen completamente con los filamentos de miosina y las puntas de los filamentos de actina están comenzando ya a superponerse entre sí. Como se expone más adelante, a esta longitud el músculo es capaz de generar su máxima fuerza de contracción.

Las moléculas filamentosas de titina mantienen en su lugar los filamentos de miosina y actina. La relación de yuxtaposición entre los filamentos de miosina y de actina se mantiene por medio de un gran número de moléculas filamentosas de una proteína denominada titina (Guyton, 2016).

- *Sarcoplasma*. Éste es el citoplasma de la fibra, posee una cantidad sustancial de glucógeno, macromolécula compuesta por muchas moléculas de glucosa. El glucógeno es utilizado para la producción de ATP. Además el sarcoplasma posee una proteína denominada mioglobina, ésta únicamente se encuentra en el músculo (Tortora, 2013).

El sarcoplasma es el fluido intracelular entre las miofibrillas. También hay muchas mitocondrias que están dispuestas paralelas a las miofibrillas. Estas mitocondrias proporcionan a las miofibrillas en contracción grandes cantidades de energía en forma de adenosín trifosfato (ATP), que es formado por las mitocondrias (Guyton, 2016).

- *Retículo sarcoplásmico.* Forma una red compleja que rodea las miofibrillas, esta forma especializada de retículo endoplásmico liso es el lugar de almacenamiento de elevadas concentraciones de Calcio (Ca^{2+}) y calsecuestrina (Mulroney, 2011).

El retículo sarcoplásmico es un retículo endoplásmico especializado del músculo esquelético, rodea a las miofibrillas de todas las fibras musculares, también hay un extenso retículo denominado retículo sarcoplásmico. Este tiene una organización especial que es muy importante para regular el almacenamiento, la liberación y la recaptación de calcio, y por tanto, para controlar la contracción muscular. Los tipos de fibras musculares de contracción rápida tienen retículos sarcoplásmicos especialmente extensos.

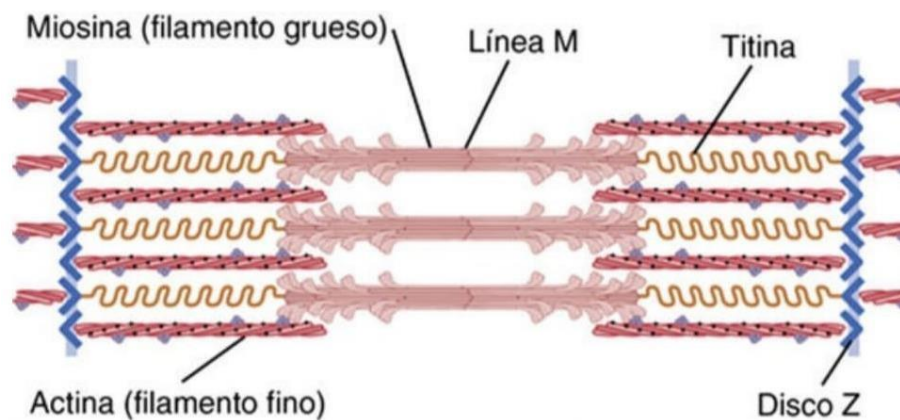


Figura 6 Anatomía de la fibra muscular (Guyton, 2016).

1.1.5 Proteínas musculares.

- *Miosina.* Actúa como proteína motora en los tres tipos de tejido muscular; estas proteínas son motoras, encargadas de ejercer presión o traccionar diversas estructuras celulares para llevar a cabo el movimiento, tras convertir la energía química en forma de ATP en energía mecánica contráctil o productora de fuerza (Tortora, 2013).

Proteína motora larga asociada a actina, con forma de varilla. La miosina tiene dos cabezas globulares conectadas por brazos de palanca con una larga cola. Cada monómero de miosina contiene una cadena ligera esencial [ELC] y una cadena ligera reguladora [RLC]. La interacción entre las cadenas pesadas y ligeras determina la velocidad y la fuerza de la contracción muscular. La cabeza de miosina tiene dos sitios de unión específicos, uno para el ATP con la actividad ATPasa y otro para la actina (Ross, 2015).

- *Actina.* Forma la columna vertebral del filamento, las moléculas de actina son globulares y se unen entre sí para formar hilos de moléculas de actina. Luego, dos hilos se enrollan formando un diseño helicoidal, muy similar a dos filamentos de perlas entrelazados. Cada molécula de actina tiene un lugar de enlace activo que sirve de punto de contacto con la cabeza de miosina (Wilmore, 2004).

Molécula pequeña, se polimeriza para formar una hélice de doble hebra, llamado filamento de actina, éstos son polares. Todas las moléculas de actina están orientadas en la misma dirección, el extremo positivo de cada filamento está unido a la línea Z, por la Alfa actina con la asistencia de la nebulina (Ross, 2015).

- *Nebulina*. Esta proteína forma parte del tejido muscular, se encuentra ubicada entre la banda A y la banda Z, la medida del filamento de actina, finaliza cuando contacta con la nebulina, por tanto, permite regular la longitud de los filamentos delgados, asimismo, permite la alineación de una miofibrilla con otra, cuando se produce una contracción, permitiendo la interacción entre la actina y miosina durante el movimiento (Ross, 2015).

Tiene propiedades funcionales como regular la interacción entre los filamentos finos y gruesos con las regiones periféricas del disco Z, haciendo que así se alineen las líneas Z de una miofibrilla con las vecinas (Fox, 2014).

- *Tropomiosina*. Proteína en forma de tubo que se enrolla alrededor de los hilos de actina, encajado en las hendiduras entre ellos (Wilmore, 2004).

En el músculo relajado, la unión de la miosina a la actina se encuentra bloqueada por que hebras de tropomiosina que cubren los sitios de unión (Tortora, 2013).

- *Troponina*. Las hebras de actina y miosina se mantienen en su lugar por medio de las moléculas de troponina (Tortora, 2013).

La troponina es una proteína más compleja que se une a intervalos regulares a los dos hilos de actina y a la tropomiosina (Figura 6), (Wilmore, 2004).

La troponina y tropomiosina actúan juntas de un modo intrincado junto con iones de calcio para mantener la relajación o para iniciar la acción de la miofibrilla (Wilmore, 2004).

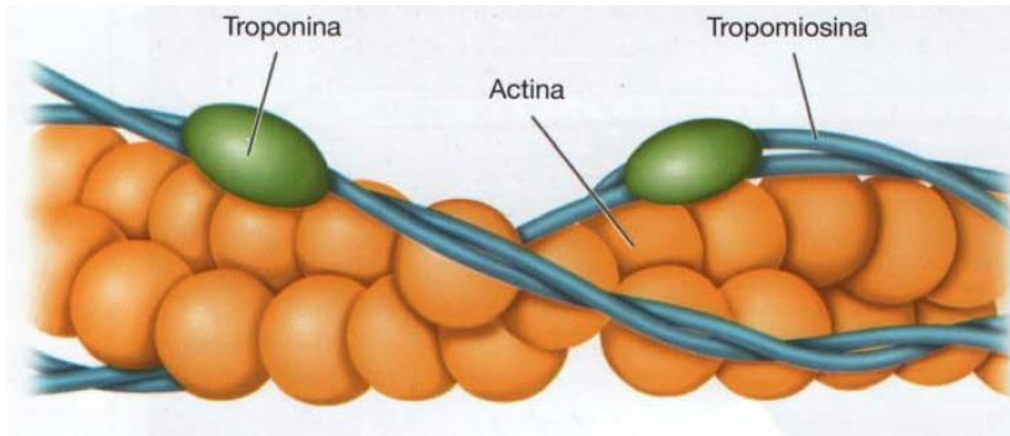


Figura 7 Filamentos de actina, troponina y tropomiosina (Wilmore, 2004).

- *Titina.* Proteína que abarca la mitad del sarcómero. La titina se extiende desde la línea Z y el filamento delgado en su terminal N hacia el filamento grueso y la línea M en su terminal C (Ross, 2015).

Estas moléculas elásticas de titina actúan como armazón que mantiene en su posición los filamentos de miosina y de actina, de modo que funcione la maquinaria contráctil del sarcómero. Un extremo de la molécula de titina es elástico y está unido al disco Z; para actuar a modo de muelle y con una longitud que cambia según el sarcómero se contrae y se relaja.

La otra parte de la molécula de titina la une al grueso filamento de miosina. La molécula de titina también parece actuar como molde para la formación inicial de porciones de los filamentos contráctiles del sarcómero, especialmente los filamentos de miosina (Guyton, 2016).

1.1.6 Tipos de fibras musculares. Las fibras musculares muestran variabilidad tanto en su funcionamiento como en su morfología. Existen dos tipos de fibra musculares, en estas encontramos las fibras de contracción lenta [I] y de contracción rápida (II); estas últimas se subdividen en IIa y IIb y IIx [no clasificadas] (Vived, 2005).

- *Fibras musculares lentas (tipo I, músculo estriado rojo).* Se caracterizan por lo siguiente:
 - Las fibras son más pequeñas que las fibras rápidas.
 - Están inervadas por pequeñas neuronas del tipo motoneuronas Alfa 2. La contracción es más prolongada que la de las fibras blancas, haciéndolas muy resistentes a la fatiga debido a su inervación y metabolismo aeróbico.
 - En comparación con las fibras rápidas, las fibras lentas tienen un sistema de vascularización más extenso y más capilares para aportar cantidades adicionales de oxígeno.
 - Las fibras lentas tienen números muy elevados de mitocondrias, también para mantener niveles elevados de metabolismo oxidativo.
 - Las fibras lentas contienen grandes cantidades de mioglobina, una proteína que contiene hierro y que es similar a la hemoglobina de los eritrocitos. La mioglobina se combina con el oxígeno y lo almacena hasta que sea necesario, lo cual acelera notablemente el transporte de oxígeno hacia las mitocondrias. La mioglobina da al músculo

lento un aspecto rojizo y el nombre de músculo rojo (Guyton, 2016; Vived, 2005).

- *Fibras musculares rápidas (tipo II, músculo estriado blanco)*. Las características de las fibras rápidas son:
 - Las fibras rápidas son grandes para obtener una gran fuerza de contracción.
 - Existe un retículo sarcoplasmático extenso para una liberación rápida de iones de calcio al objeto de iniciar la contracción.
 - Están presentes en grandes cantidades de enzimas glucolíticas para la liberación rápida de energía por el proceso glucolítico.
 - Las fibras rápidas tienen una vascularización menos extensa y menos mitocondrias, que las lentas, también porque el metabolismo oxidativo es secundario.
 - Están inervadas por neuronas del tipo motoneuronas Alfa 1, de gran calibre, que solo se activan cuando hay que realizar una fuerza considerable, respondiendo con una contracción del tipo “todo o nada” (se contrae toda la fibra o no se contrae).
 - Un déficit de mioglobina roja en el músculo rápido da el nombre de músculo blanco (Guyton, 2016; Vived, 2005).
- *Fibras musculares intermedias (tipo IIa)*. comparten características de los dos tipos de fibras precedentes, teniendo un tamaño y metabolismo intermedio y son capaces de resistir generando fuerzas considerables (Vived, 2005).

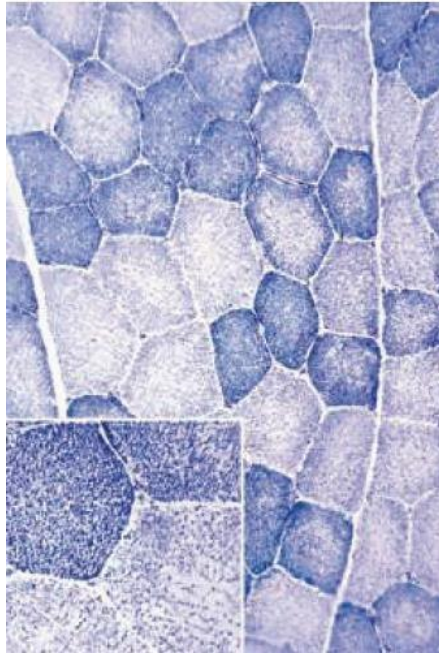


Figura 8 Fibras tipo I [tinción oscura] y tipo IIb [poco teñidas] (Ross, 2015).

1.1.7 Fisiología de la contracción muscular. El proceso concéntrico, se inicia en la unión del nervio con el músculo (placa motora) mediante la generación de un potencial de acción que se propaga por el sarcolema y por la membrana de los túbulos T [invaginaciones del sarcolema] hasta el interior de la fibra muscular; activando una serie de mecanismos que producen la liberación rápida de calcio del retículo sarcoplásmico (Vived, 2005).

Para que se produzca realmente la contracción han de tener centenares de ciclos de formación y ruptura de puentes para producir el desplazamiento observado en cualquier músculo. Para relajar el músculo, debe cesar el estímulo nervioso, el calcio vuelve activamente al retículo sarcoplásmico y los complejos de troponina-tropomiosina cubren de nuevo los lugares de unión de los filamentos de actina, recuperando el estado de reposo (Vived, 2005).

1.1.8 Potencial de acción. Hay potenciales eléctricos a través de las membranas prácticamente en todas las células del cuerpo. Algunas células, como las células nerviosas y musculares, generan impulsos electroquímicos rápidamente cambiantes en sus membranas, estos impulsos se utilizan para transmitir señales a través de las membranas de los nervios y de los músculos, en otro tipo de células, como hacen las glandulares, los macrófagos y muchas de las funciones de las células (Guyton, 2016).

Las señales nerviosas se transmiten mediante potenciales de acción, que son cambios rápidos del potencial de membrana que se extienden a lo largo de la membrana de la fibra nerviosa. Cada potencial de acción comienza con un cambio súbito desde el potencial de membrana negativo en reposo normal hasta un potencial positivo y termina con un cambio casi igual de rápido de nuevo hacia el potencial negativo. Para conducir una señal nerviosa el potencial de acción se desplaza a lo largo de la fibra nerviosa hasta que llega a su extremo (Guyton, 2016).

Es una despolarización rápida que tiene lugar en una célula excitable (neuronas y células musculares), iniciado por un efecto eléctrico o por estimulación química. Esto aumenta la permeabilidad a un ion en la membrana celular (Mulroney, 2011).

1.1.9 Ciclo de la contracción. El inicio y ejecución de la contracción muscular se producen en las siguientes etapas secuenciales:

- i. Un potencial de acción viaja a lo largo de una fibra nerviosa hasta sus terminales sobre las fibras musculares.
- ii. En cada terminal, el nervio secreta una pequeña cantidad de sustancia neurotransmisora acetilcolina.
- iii. La acetilcolina actúa en la zona local de la membrana de la fibra muscular para abrir múltiples canales de cationes activados por acetilcolina a través de moléculas proteicas que flotan en la membrana.
- iv. La apertura de los canales activados por acetilcolina permite que grandes cantidades de iones de sodio difundan hacia el interior de la membrana de la fibra muscular. Esta acción provoca una despolarización local, que, a su vez, conduce a la apertura de los canales de sodio activados por el voltaje, que inician un potencial de acción en la membrana.
- v. El potencial de acción viaja a lo largo de la membrana de la fibra muscular de la misma manera que los potenciales de acción viajan a lo largo de las membranas de las fibras nerviosas.
- vi. El potencial de acción despolariza la membrana muscular, y buena parte de la electricidad del potencial de acción fluye a través del centro de la fibra muscular, donde hace que el retículo sarcoplásmico libere grandes cantidades de iones de calcio que se han almacenado en el interior de este retículo.
- vii. Los iones de calcio inician fuerzas de contracción entre los filamentos de actina y miosina, haciendo que se deslicen unos sobre otros en sentido longitudinal, lo que constituye el proceso contráctil.

- viii. Después de una fracción de segundo los iones de calcio son bombeados de nuevo hacia el retículo sarcoplásmico por una bomba de Ca^{++} de la membrana y permanecen almacenados en el retículo hasta que llega un nuevo potencial de acción muscular; esta retirada de los iones de calcio desde las miofibrillas hace que cese la contracción muscular (Guyton, 2016).

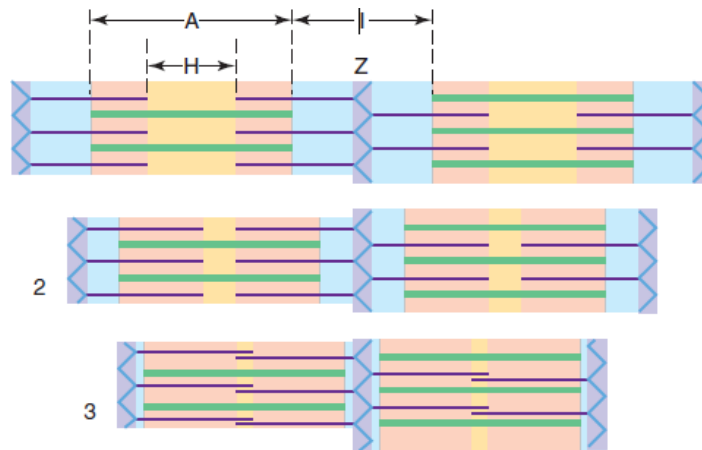


Figura 9 Modelo del filamento deslizante de la contracción muscular (Fox, 2014).

- *Teoría del filamento deslizante.* La contracción de un músculo disminuye la longitud, como resultado del acortamiento de sus fibras individuales, a su vez, produce acortamiento de sus miofibrillas, que ocurre como un resultado del acortamiento de la distancia de un disco Z, a otro. A medida que los sarcómeros se acortan, las bandas A no se acortan si no que se mueven hasta quedar más cerca una de la otra. El acortamiento de los sarcómeros no se produce por acortamiento de los filamentos, si no, más

bien por el deslizamiento de filamentos delgados sobre filamentos gruesos u entre estos últimos. En el proceso de contracción los filamentos delgados de ambos lados de cada banda A, se deslizan a profundidad, cada vez mayor hacia el centro, lo que produce superposición cada vez mayor con los filamentos gruesos. Así, las bandas I (filamentos delgados) y bandas H (filamentos gruesos), se acortan durante la contracción (Figura 9) (Fox, 2014).

1.1.10 Metabolismo muscular. La reposición de ATP durante el ejercicio puede llegar a realizarse cientos de veces más en comparación del estado de reposo (Chicharro, 2010).

El metabolismo muscular es, el o los procesos que emplea el sistema muscular para la síntesis y consumo energético, acorde a la demanda del sistema muscular para la contracción muscular (Tortora, 2013).

El ATP presente en las fibras musculares es suficiente para impulsar la contracción durante algunos segundos, si la contracción muscular persiste después de cierto periodo, las fibras musculares deben sintetizar más ATP por medio de tres sistemas metabólicos (Tortora, 2013; Chicharro, 2010).

- *Metabolismo de los fosfágenos.* El APT y la fosfocreatina pertenecen al grupo de los denominados fosfágenos o fosfatos de alta energía, entre los que figuran el GTO (guanointrifosfato), el UTP (uridín trifosfato y el ADP (Adenosín difosfato), aunque el ATP es al más utilizado cuando hablamos del trabajo celular del organismo.

El metabolismo de los fosfágenos de alta energía, proporciona la energía necesaria para la contracción muscular al inicio de la actividad y durante

ejercicios explosivos, breves y de alta intensidad. El ATP debe resintetizarse constantemente en las células, ya que se encuentra en concentraciones pequeñas y se gasta continuamente para mantener las funciones celulares, en las células musculares. Parte de este ATP se resintetiza gracias a la energía proporcionada por otro fosfágeno denominado fosfocreatina. Consiste en la transferencia de energía desde la fosfocreatina al ADP para que éste pueda reincorporar un grupo fosfato a su molécula y transformarse en ATP (Chicharro, 2010).

- *Glucólisis.* La glucólisis es la vía metabólica mediante la cual la glucosa, un azúcar de seis carbonos, se convierte en dos moléculas de ácido pirúvico, o piruvato, que comprende de pasos controlados por enzimas (Fox, 2014).
- *Respiración celular Anaeróbica.* Son una serie de reacciones que producen ATP, y no requieren oxígeno. Cuando continúa la actividad muscular y se agota la reserva de fosfocreatina de las fibras musculares, se cataboliza glucosa para generar ATP. La glucosa pasa con facilidad de la sangre a las fibras musculares en contracción por difusión facilitada y también es producida por la degradación de glucógeno dentro de las fibras musculares. Después, una serie de reacciones conocidas como glucólisis degradan cada molécula de glucosa en dos moléculas de ácido pirúvico. La glucólisis tiene lugar en el citosol y determina una ganancia neta de dos moléculas de ATP.

Generalmente, el ácido pirúvico formado en la glucólisis, ingresa en las mitocondrias, donde sufre una serie de reacciones que requieren oxígeno; es la respiración celular aeróbica (descrita a continuación), que produce una gran cantidad de ATP. Sin embargo, durante periodos de ejercicio intenso,

las fibras musculares esqueléticas no disponen de oxígeno suficiente. En este caso, las reacciones anaeróbicas convierten la mayor parte del ácido pirúvico en ácido láctico, en el citosol. La respiración celular anaeróbica puede aportar energía suficiente para aproximadamente 30 o 40 segundos de actividad muscular máxima (Tortora, 2013).

- *Respiración celular aeróbica.* Durante periodos de reposo o de ejercicio de leve a moderado, las fibras musculares esqueléticas disponen de una cantidad suficiente de oxígeno. En estos casos, el ATP utilizado para la actividad muscular se produce a partir de una serie de reacciones que requieren oxígeno; es la denominada respiración celular aeróbica. Durante este proceso, el ácido pirúvico ingresa en las mitocondrias, donde es completamente oxidado mediante reacciones que generan ATP, dióxido de carbono, agua y calor. Si bien la respiración celular aerobia es más lenta que la glucólisis, produce una cantidad mucho mayor de ATP.

El tejido muscular tiene dos fuentes de oxígeno: 1) oxígeno que difunde hacia las fibras musculares de la sangre y 2) oxígeno liberado por la mioglobina dentro de las fibras musculares. Tanto la mioglobina (hallada solo en las fibras musculares) como la hemoglobina (presente solo en los eritrocitos) son proteínas transportadoras de oxígeno. Se unen al oxígeno cuando este es abundante y lo liberan cuando es escaso.

La respiración celular aeróbica aporta suficiente ATP para la actividad prolongada, siempre que haya oxígeno y nutrientes suficientes. Estos nutrientes son ácido pirúvico obtenido de la glucólisis de la glucosa, ácidos grasos provenientes de la degradación de los triglicéridos de las células

adiposas y aminoácidos originados en la degradación de las proteínas.

Durante actividades que duran más de 10 minutos, el sistema aeróbico aporta más del 90% del ATP necesario. Al final de un evento de resistencia, como una maratón, casi el 100% del ATP es producido por respiración celular aeróbica (Tortora, 2013).

1.1.11 Reclutamiento de unidades motoras. El reclutamiento de unidades motoras sigue el orden del calibre, primero se activan las unidades motoras más pequeñas (requieren menos estímulo para su activación), luego las intermedias y, finalmente, las más grandes. Es decir, se va ajustando el número de unidades motoras a la cantidad de fuerza que se ha de producir de forma progresiva.

Dependiendo de la velocidad del esfuerzo, las grandes pueden activarse primero, ya que son de contracción rápida. Además, no se usan las mismas unidades motoras durante un esfuerzo continuo, sino que se van relevando para no llegar al agotamiento. Esto se consigue manteniendo un número de unidades motoras activas necesarias para realizar el trabajo, mientras que las otras permanecen inactivas. Por otro lado, los deportes donde se deben generar gran fuerza, duran poco, ya que usan gran cantidad de unidades motoras y las grandes se fatigan rápidamente, las unidades motoras de menor calibre no son capaces de mantener gran tensión (Vived, 2005).

- *Patrón de utilización de las fibras.* Durante la contracción muscular, se usan fibras tipo I en el 1er lugar. Cuanta más fuerza o velocidad se necesite, se superponen primero las fibras tipo IIa y luego las IIb si es necesario. Este

patrón se emplea en toda la actividad muscular. Así que, sí el ejercicio es de intensidad baja y no requiere de muchísima velocidad se emplean las fibras tipo I, si el ejercicio requiere movimientos rápidos y mayor resistencia, entonces se usan fibras tipo I y fibras tipo II (Bemhardt, 1990).

1.1.12 Tipos de contracción muscular.

- *Contracción isométrica.* Se produce cuando la fuerza producida no es capaz de vencer a la de la resistencia, por tanto, no hay un cambio en la longitud externa del músculo (sí que lo hay a nivel interno) ni se observa movimiento.

Se dice que la contracción muscular es isométrica cuando el músculo no se acorta durante la contracción. El músculo se contrae contra un transductor de fuerza sin disminuir la longitud del músculo (Noir, 2011).

- *Contracción dinámica.* Es la que se realiza mediante un ciclo de acortamiento-estiramiento, es decir, hay un movimiento externo observable (Vived, 2005).
 - *Contracción concéntrica [contracción de acortamiento o positiva].* Las fuerzas que producimos vencen a la resistencia y se produce un acortamiento del músculo y el movimiento de la resistencia (Vived, 2005).
 - *Contracción excéntrica (contracción de alargamiento o negativa).* Cuando la fuerza externa es mayor que la que puede producir el músculo éste es vencido y se va alargando mientras se mantiene la tensión. El músculo actuaría como un freno que controla el movimiento de carga. El gasto de esta contracción es menor, aunque las causas no han sido del todo descritas. Se piensa que se genera más tensión por los elementos elásticos, los puentes de actina y miosina no tienen que desplazarse para acortarse con el ahorro de ATP que eso supone.

Además, la actividad eléctrica en un movimiento excéntrico es menor cuando los mismos músculos se contraen de manera concéntrica, con la misma carga, distancia y rapidez. La contracción excéntrica está realizada por los antagonistas del movimiento (Vived, 2005).

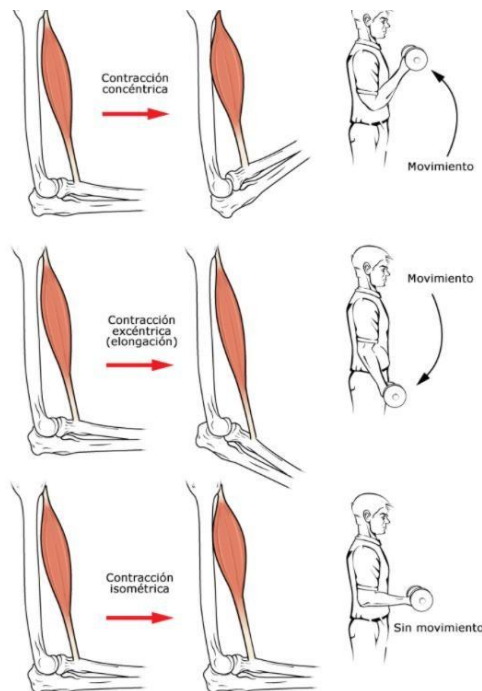


Figura 10 Tipos de contracción (OpenStax, 2018).

La disposición de las fibras musculares en el músculo es adecuada a la tarea que desempeñan. En los músculos que deben realizar sobre todo movimientos, están dispuestas paralelas al eje longitudinal del músculo, ya que el acortamiento es proporcional a la longitud de la fibra muscular. Los músculos que deben desarrollar fuerza principalmente presentan unas fibras dispuestas oblicuamente con respecto al eje longitudinal, que son correspondientemente más cortas (Hüter-Becker, 2006).

1.1.13 Músculos isquiosurales.

1.1.13.1 Descripción general. El grupo muscular de los isquiosurales tiene como fin principal la flexión de la rodilla, rotación interna y externa y la extensión de cadera. En base a esto mencionaremos los orígenes, inserciones, inervaciones y acciones de cada uno y describiremos de la manera más explícita datos específicos de cada músculo.

1.1.13.2 Orígenes.

- *Semimembranoso.* Tuberosidad del isquion en la porción proximal.
- *Semitendinoso.* Tuberosidad del isquion por medio de un tendón común del bíceps femoral.
- *Bíceps Femoral.*
 - *Porción Larga:* Porción distal del ligamento sacrotuberoso y parte posterior de la tuberosidad del isquion.
 - *Porción Corta:* labio externo de la línea áspera, 2/3 proximales de la línea supracondílea (Kendall, 2014).

1.1.13.3 Inserciones.

- *Semimembranoso.* Cara postero interna de la meseta de la tibia.
- *Semitendinoso.* Superficie interna del cuerpo de la tibia y fascia profunda de la pierna.
- *Bíceps Femoral.* Cara lateral de la cabeza del peroné, meseta externa de la tibia y fascia profunda externa de la pierna (Kendall, 2014).

1.1.13.4 Acción.

- *Semimembranoso*. Realiza los movimientos de flexión y rotación interna de rodilla.
- *Semitendinoso*. Realiza los movimientos de flexión, rotación interna de rodilla y extensión de cadera.
- *Bíceps Femoral*. Realiza los movimientos de flexión y rotación externa de rodilla (Kendall, 2014).



Figura 11 Músculos del compartimento posterior del muslo (Drake, Vogl y Mitchell, 2005)

1.1.13.5 Fisiología.

- *Semimembranoso.* El semimembranoso es flexor de la pierna; extiende el muslo sobre la pelvis e imprime a la pierna una rotación interna. La concepción de las cadenas musculares nos permite enriquecer la fisiología de este músculo (Busquet, 2001).
- *Semitendinoso.* Su acción es complementaria a la del semimembranoso, pero añade un parámetro de rotación interna más marcado. Flexor de pierna sobre el muslo, participa en la extensión de la pierna sobre la pelvis. Cuando este músculo trabaja con la cadena de flexión, flexiona la rodilla y posterioriza el iliaco al tiempo que el psoas iliaco realiza flexión de la cadera (Busquet, 2001).

Durante el trabajo concéntrico de la cadena de extensión (recto anterior), participa pasivamente por su tensión excéntrica en la extensión de la rodilla. Esta colaboración con la cadena de extensión finaliza con el alineamiento de la rodilla (Busquet, 2001).

Si la cadena de extensión es dominante e impone un recurvatum, el semitendinoso, al igual que los isquiosurales, opondrá una resistencia. El recurvatum se debe a una hipertonia del recto anterior que acaba por distender la cobertura condílea. El semitendinoso determinará una rotación interna de la tibia en la extensión. El semitendinoso participa en la estabilidad de la rodilla protegiendo el LCI. El tendón terminal se localiza por el acto y puede presentar subluxaciones anteriores (Busquet, 2001).

- *Bíceps Femoral.* como los isquiosurales, flexiona la rodilla y extiende el muslo sobre la pelvis, pero ofreciendo un parámetro de rotación externa la pierna. El

bíceps femoral unido a la cadena de flexión participará en la flexión de la rodilla y en la posterioridad iliaca, mientras que el psoas flexiona la cadera (Busquet, 2001).

La porción larga del bíceps, durante el trabajo concéntrico de la cadena de extensión (recto anterior), participará pasivamente, por su extensión excéntrica, en la extensión de la rodilla, imprimiéndole una tracción posterior sobre la cabeza del peroné. Esta tensión sobre la cabeza del peroné favorece la rotación externa de la pierna si los músculos de la pata de ganso lo permiten. En caso contrario, es la articulación peroneo tibial la que absorberá esas tensiones. La cabeza del peroné podrá subir y usarse en posterioridad (Busquet, 2001).

Las porciones larga y corta del bíceps femoral participan en la estabilidad externa de la rodilla, su tendón terminal está separado del cóndilo externo femoral por una bolsa serosa, el tendón podrá adaptarse a las fuerzas de la rodilla cuando es requerido en varo (Busquet, 2001).

El bíceps femoral colabora con el ligamento colateral lateral (LCL), también desempeña un papel propioceptivo en relación con la LCA. En flexión participa en el deslizamiento posterior de la tibia bajo el fémur. En extensión, tendrá una acción de pulsión sobre el cóndilo externo, sin embargo, ejerce un contacto más lateral sobre el cóndilo externo que su equivalente al semimembranoso sobre el cóndilo interno. Su acción de antepulsión será completada por el poplíteo y el gemelo externo (Busquet, 2001).

1.1.13.6 Inervación.

- *Semimembranoso.* Nervio Ciático Rama Tibial (L4-S2).
- *Semitendinoso.* Nervio Ciático Rama Tibial (L4-S2).

Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de fútbol soccer.

○ *Bíceps Femoral.*

- Porción larga: Nervio Ciático Rama Tibial (L5-S1).
- Porción corta: Nervio Ciático Rama Peronea (L5-S1) (Kendall, 2014).

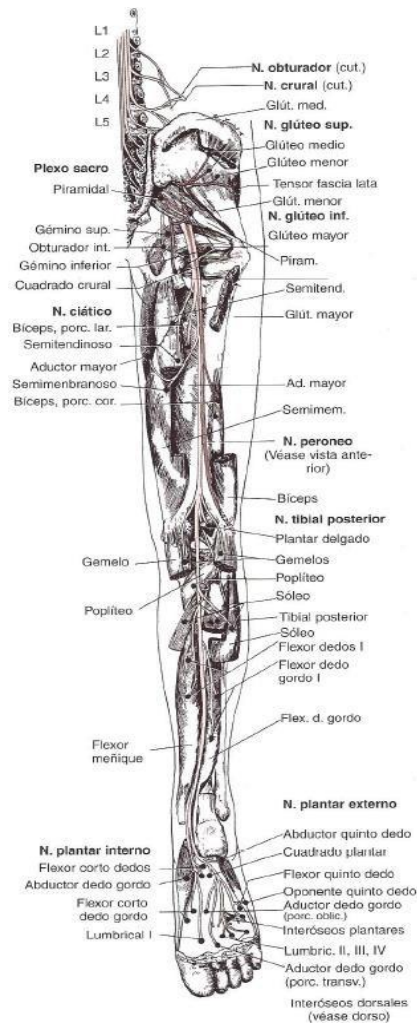


Figura 12 Inervación de la musculatura isquiosural (Kendalls, 2014).

1.1.13.7 Irrigación. La irrigación sanguínea de los músculos isquiosurales, está a cargo de la arteria glútea inferior y la arteria femoral profunda que se anastomosa e irriga directamente los músculos isquiosurales por medio de las arterias perforantes (Moore, 2013).

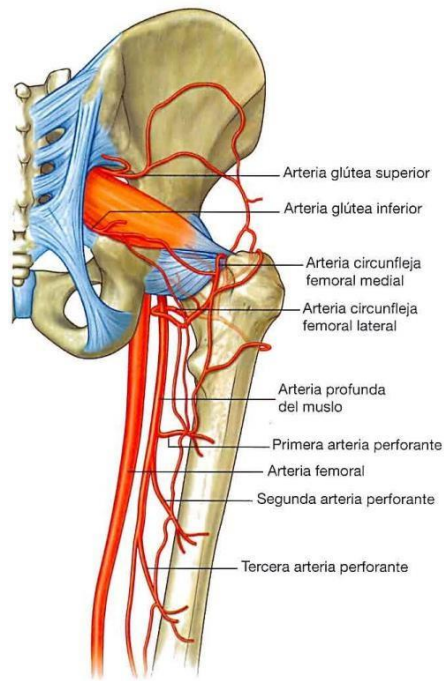


Figura 13 Irrigación de los músculos isquiosurales (Drake, Vogl y Mitchell, 2005).

1.1.14 Lesión de los músculos isquiosurales. El músculo estriado, en términos de cantidad, es el mayor tejido simple del cuerpo, en tanto constituye un 40-45% del peso corporal total. Presenta dos tipos de fibras musculares: las fibras tipo I o de contracción lenta (más adecuadas para la contracción repetitiva y más resistentes a la fatiga) y las tipo II o de contracción rápida (más apropiadas para las fuerzas rápidas fásicas, para la actividad intensa de corta duración y para desarrollar mayor tensión) (Schvartzman, 2016).

En la actualidad, está demostrado que la mayoría de los desgarros ocurre a nivel de la unión miotendinosa, en músculos biarticulares que presentan alta proporción de fibras tipo II, como los isquiotibiales, el recto anterior del cuádriceps, el gemelo interno y los aductores, entre los más afectados. Si bien pueden producirse por

traumatismo directo (contusión o laceración muscular en deportes más susceptibles al impacto, como el rugby), son más comunes por un mecanismo indirecto (maniobras de distracción o elongación, como las que habitualmente se ven en deportes como el fútbol) (Schvartzman, 2016).

1.1.15 Definición. El término esguince hace referencia a una lesión de los ligamentos, en contraposición a la distensión, que hace referencia a una lesión del músculo o tendón. Las lesiones de los ligamentos, músculos y tendones suelen clasificarse en tres categorías y estos tipos de lesiones denominan esguinces y distensiones de primer, segundo y tercer grado (Walker, 2009).

1.1.16 Clasificación. Desde el punto de vista anatómico, podemos clasificar los desgarros musculares en tres grados:

- *Distensión muscular (lesión grado I).* se produce cuando el músculo llega a su límite máximo de elongación. En este caso, el paciente refiere un dolor severo sin determinar un punto preciso de mayor sensibilidad. Anatómicamente estas lesiones son microscópicas (rotura fibrilar), comprometiendo menos del 5% del espesor total del músculo. Son de difícil evaluación, aunque factibles de diagnosticar en ecografía (con la ayuda de eco palpación). Su hallazgo en resonancia magnética (RM) es aún más dificultoso (Schvartzman, 2016).

1er grado: Una distensión de primer grado es la menos grave. Es el resultado de un estiramiento menor de los músculos y viene acompañado de un leve dolor,

algo de inflamación y rigidez de la articulación. Normalmente tiene como consecuencias muy poca pérdida de estabilidad de la articulación (Walker, 2009).

- Desgarro parcial (lesión grado II): es una lesión más extensa que ocurre cuando la elongación del músculo supera su límite máximo de elasticidad, comprometiendo más del 5% del espesor. En el momento de la injuria el paciente refiere un “pinchazo” que lo obliga a abandonar la actividad física.

Cuando el músculo está ubicado superficialmente, además puede desarrollar equimosis. Anatómicamente es una rotura de fascículos que evidencia, en general, una colección hemática o un incremento de la intensidad de señal en la RM. También es posible su diagnóstico por ecografía (Schvartzman, 2016).

Una distensión de 2do grado es el resultado de un estiramiento y también algo de desgarro de los músculos. Hay un aumento de la inflamación y del dolor asociados a las distensiones de 2do grado, y una moderada pérdida de estabilidad alrededor de la articulación (Walker, 2009)

- Desgarro completo (lesión grado III): compromete el vientre completo del músculo con una separación completa de los cabos por su retracción y la interposición de un hematoma. La presencia de equimosis es la norma, pudiendo existir un defecto palpable en el examen físico. Es preferible su evaluación mediante RM por su amplio campo visual para medir la brecha del desgarro

(GAP). En determinados casos requiere tratamiento quirúrgico (Schvartzman, 2016).

Una distensión de tercer grado es la más grave de los tres; es el resultado de un desgarró o ruptura de uno o más músculos y provocará inflamación masiva, dolor intenso y una patente inestabilidad (Walker, 2009).

Un punto interesando de éstas es que, poco tiempo después de la lesión, la mayor parte del dolor localizado podría desaparecer. Esto a consecuencia del daño producido en las terminaciones nerviosas, que causan una falta de sensibilidad en la zona lesionada (Walker, 2009).

1.1.17 Etiología. Existe un amplio espectro de lesiones relacionadas con los isquiosurales que pueden ocurrir en el atleta. Estos incluyen distensiones de los isquiosurales, avulsiones del tendón de la corva proximales completas y parciales, avulsiones apofisarias isquiáticas, tendinopatía del tendón de la corva proximal y dolor referido en la parte posterior del muslo. De estos, las distensiones de los músculos isquiosurales son la lesión relacionada con los músculos isquiosurales más frecuente, lo que resulta en una pérdida de tiempo para los atletas en todos los niveles de competencia.

Las distensiones agudas de los músculos isquiosurales a menudo dan como resultado un tiempo de recuperación significativo y tienen un período prolongado de mayor susceptibilidad a lesiones recurrentes. Esta alta tasa de recurrencia sugiere un programa de rehabilitación inadecuado, un regreso prematuro al deporte o una combinación de ambos. Las consecuencias de la recurrencia son altas, ya que se ha demostrado que las distensiones de los isquiotibiales recurrentes provocan una

pérdida de tiempo significativamente mayor que las distensiones de los isquiosurales que la primera vez (Erickson, 2017).

Las lesiones de los isquiosurales proximales suelen ser el resultado de un traumatismo indirecto, después de una contracción máxima repentina y energética de los músculos isquiosurales mientras la cadera está en flexión y la rodilla ipsilateral en extensión.

Las lesiones de los músculos isquiosurales causadas por sustancias intermedias suelen producirse como resultado de un traumatismo indirecto durante los deportes, por lo general durante la carrera de velocidad. Las lesiones de los isquiosurales distales son menos frecuentes y se asocian con un mecanismo similar que se observan en las lesiones de los isquiosurales por sustancia media, que incluye tanto una contracción muscular excéntrica durante la fase de apoyo de la carrera como una caída con la pierna extendida (Clanton, 2015).

La musculatura isquiosural es vulnerable a las lesiones en los instantes finales de la fase de "balanceo" durante la carrera, donde hay un rápido cambio de una función de tipo concéntrico a excéntrico, cuando la pierna está desacelerando para impactar contra el suelo.

Durante la segunda fase del "balanceo" los isquiotibiales se activan, estirándose y actuando excéntricamente para desacelerar la cadera, al mismo tiempo que se extiende la rodilla para preparar el contacto del talón con el suelo.

Este mecanismo lesional es el que justifica en gran medida la prevalencia de esta lesión en deportes que suponen actividades como sprint, aceleraciones, desaceleraciones, rápidos cambios de dirección y saltos. El mayor estiramiento músculo-tendinoso se produce sobre el bíceps femoral, lo que puede contribuir a que

éste sea el músculo que mayor tendencia tiene a lesionarse. Por otro lado, cuando la lesión se produce por un sobre estiramiento, la localización más común es el tendón proximal del semimembranoso (de Hoyo et al., 2013).

1.1.18 Factores de riesgo. Los estudios apuntan a la raza y la etnia como factores intrínsecos, siendo los deportistas de raza negra, más propensos a sufrir roturas de los isquiosurales. En el fútbol australiano, los jugadores profesionales aborígenes presentaban 11,2 veces más probabilidades de sufrir esta lesión. En Jugadores profesionales de fútbol de la liga inglesa se encontró una relación directa entre este tipo de lesiones y los jugadores de raza negra (De Hoyo, 2013).

El incremento de la edad parece ser el factor de riesgo intrínseco más destacado, mostrando diversos estudios con deportistas una relación estadísticamente significativa. De esta forma se ha constatado que los deportistas mayores de 23 años presentan una incidencia de 1,3 a 3,9 veces más riesgo, mientras que en los mayores de 25 años la incidencia asciende hasta 2,8 a 4,4 veces más. Los datos sugieren que el riesgo de lesión aumenta un 30% con cada año de vida deportiva. Son diversas las teorías que intentan justificar este fenómeno. Así, Prior et al. indican que con la edad se produce una reducción del área transversal de los isquiotibiales, de manera que éstos no son capaces de generar la misma tensión requerida para frenar el miembro inferior durante la carrera a alta velocidad.

Por su parte Orchard indica que este mayor riesgo puede deberse a un proceso de degeneración lumbar asociada a la edad, que da lugar a un pinzamiento de la raíz L5-S1 y a una degeneración de las fibras musculares.

El peso parece ser otro factor relacionado con el riesgo de lesión de esta musculatura, aunque diversos estudios prospectivos no han encontrado una asociación estadísticamente significativa, mientras que otros estudios sí han encontrado esta relación. En esta misma línea, el índice de masa corporal también se ha asociado con el riesgo de lesión, ya sea como lesión inicial o como recurrente, si bien los resultados son contradictorios en este sentido.

Cabbe et al. encontraron en jugadores profesionales de fútbol australiano con un IMC superior a 25 que el riesgo de lesión era 2,5 veces mayor que aquellos que tenían un menor IMC. Por otro lado, la utilización de un calentamiento apropiado ha sido propuesto durante mucho tiempo como un medio fundamental para prevenir las lesiones musculares, aunque las lesiones de isquiosurales se siguen dando después de un calentamiento importante.

Después de la realización de un calentamiento se ha observado una disminución de la rigidez muscular lo que aumenta la longitud del músculo antes del fracaso, permitiendo por tanto que el músculo sea más resistente ante este tipo de estrés. Sin embargo, debemos tener presente que la evidencia científica con relación a este aspecto es todavía limitada, por lo que es necesario un mayor número de estudios para poder establecer relaciones (De Hoyo, 2013).

1.1.19 Epidemiología. Según la información obtenida por el artículo Epidemiología de las lesiones en futbolistas profesionales ingleses: una cohorte estudio de datos de la revista *Physical Therapy in Sport* indica que “Se reportaron 473 lesiones.

La incidencia estimada de lesiones fue de 9,11 lesiones / 1000 horas de actividad futbolística. Hubo una mayor incidencia de lesiones durante el partido [24,29 / 1000

h] en comparación con el entrenamiento [6,84 / 1000 h]. El muslo fue el sitio más común de lesión [31,7%], las distensiones musculares representaron 41,2% de todas las lesiones. Los isquiosurales fueron el músculo que se lesionó con mayor frecuencia, grupo que representa el 39,5% de todas las distensiones musculares y el 16,3% de todas las lesiones. Las lesiones de gravedad moderada [8-28 días] fueron las más frecuentes [44,2%].

La incidencia de lesiones ha aumentado en los últimos 16 años; los isquiosurales siguen siendo el grupo muscular comúnmente lesionado (Jones, 2019).

La tasa exacta de lesiones de los músculos isquiosurales varía como resultado de las diferentes definiciones de lo que se considera una lesión y la diversidad de poblaciones estudiadas. En general, la prevalencia de estas lesiones varía del 8% al 25%. Como tal, las lesiones de los músculos isquiosurales representan la causa más común de tiempo perdido en los deportes en los atletas de élite. La prevalencia de estas lesiones es mayor en los deportes asociados con la carrera y la aceleración rápida, lo que resulta en una mayor tensión en los músculos isquiosurales.

Las lesiones de los isquiosurales se observan con frecuencia en deportes como fútbol, pista y campo, fútbol, gimnasia y esquí acuático. Las distensiones de los isquiosurales se consideran la forma más común de lesión, mientras que las rupturas completas ocurren con menos frecuencia (Alzahrani, 2015).

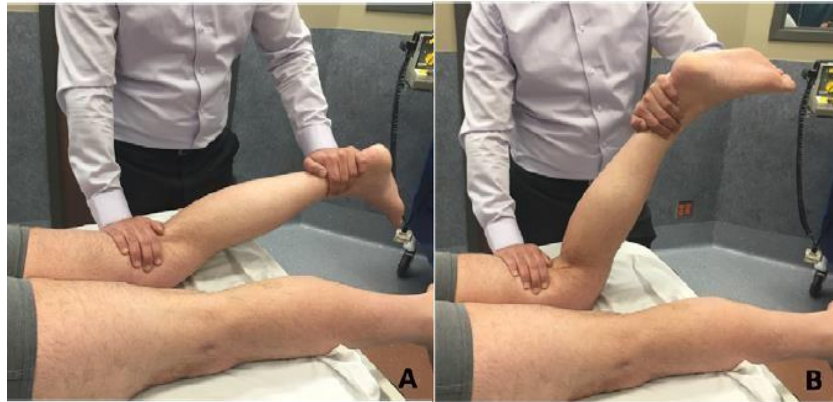
1.1.20 Diagnóstico. Identificar una lesión en el tendón de la corva durante el examen físico puede ser difícil debido a la ubicación profunda de los músculos dentro del muslo. Sin embargo, existen algunos signos que pueden guiar al examinador hacia el diagnóstico.

Después de la lesión, los pacientes suelen desarrollar equimosis e inflamación de la cara posterior del muslo, y un hematoma grande podría sugerir una lesión más extensa, como la rotura de los tres tendones. Sin embargo, este hallazgo es variable y no está presente en todos los pacientes con lesiones en los isquiosurales. Además, los pacientes con lesiones proximales, por lo general, se sientan inclinados hacia un lado para evitar el dolor en el sitio de la avulsión. En ocasiones, se puede sentir un defecto palpable a lo largo del trayecto de los tendones de la corva, según la ubicación de la lesión; Sin embargo, la brecha podría estar enmascarada por el hematoma asociado con la lesión.

Una parte importante del examen físico es evaluar el rango de movimiento y la fuerza del músculo isquiosural afectado y comparar estos hallazgos con los del lado contralateral. Idealmente, el paciente debe estar en decúbito prono con la cadera colocada en 0° de extensión; luego se examina la flexión de la rodilla con resistencia aplicada en el talón con la rodilla en 15° y 90° de flexión [Figura 14].

El dolor provocado por el examen o la debilidad se consideran hallazgos positivos. Debe examinarse la flexión de la cadera y la extensión de la rodilla para evaluar flexibilidad y longitud máxima de los isquiosurales, que puede verse limitada por el dolor en pacientes con una lesión en el tendón de la corva. Se espera una elevación pasiva de la pierna estirada dolorosa en pacientes con lesiones parciales de isquiosurales.

Por el contrario, una elevación de la pierna recta con mayor flexión de la cadera en el lado afectado que en el lado contralateral no lesionado debe hacer sospechar una avulsión proximal completa (Alzahrani, 2015).



*Figura 14 Examen físico
(Alzahrani, 2015).*

Tanto la radiología simple [Rx] como la tomografía computada [TC] tienen un rol muy limitado en la detección de lesiones musculares, especialmente en la etapa aguda.

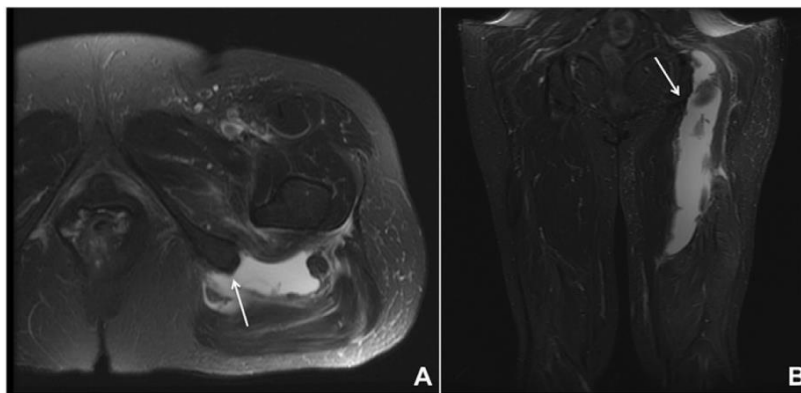
Pueden ser métodos útiles para localizar calcificaciones en caso de cronicidad, secuelas de lesión muscular con cicatriz fibrosa o cuando se sospecha una miositis osificante como complicación de un desgarro muscular (Schvartzman, 2016).

En nuestro medio, la ecografía y la RM son los exámenes de elección; la primera cuenta con la ventaja de ser una herramienta portátil, de fácil acceso, menor costo y alto rendimiento en manos de un operador entrenado. A su vez, permite un análisis dinámico de la lesión, debiendo utilizarse para su realización transductores lineales de alta frecuencia [superiores a los 9-17 MHz]. Sin embargo, entre sus desventajas se menciona la dependencia a un operador entrenado, la no reproducibilidad del método y la limitación de su campo visual. Además, presenta dificultad en el acceso a los tejidos de localización profunda, lo cual determina que las lesiones musculares que

comprometen grupos no superficiales o tienen una ubicación poco común puedan pasar inadvertidas (Schvartzman, 2016).

Esta limitación ocurre con cierta frecuencia, particularmente en la región pelviana donde determinados grupos musculares [obturadores, piramidal o cuadrado crural] son difíciles de evaluar con este método. Si esto ocurre, es posible que el paciente no tenga un diagnóstico correcto por un largo período [costoso, en consecuencia, por su inactividad] (Schvartzman, 2016).

En cuanto a la RM, por su alta resolución anatómica y capacidad multiplanar, es el método de elección para la detección de lesiones musculares de localización atípica o profunda. También posee una alta sensibilidad para brindar imágenes de gran contraste en tejidos blandos y evaluar planos profundos, así como una alta especificidad para la caracterización de un desgarro muscular de características imagenológicas infrecuentes cuando se plantea su diagnóstico diferencial con un proceso infiltrativo primario. Entre sus desventajas, se destacan su alto costo, su difícil acceso y la adquisición de imágenes estáticas. Además, necesita más tiempo y en algunos casos requiere de una posición incómoda para el paciente (Schvartzman, 2016).



*Figura 15 Diagnóstico por imagen [RM]
(Alzahrani, 2015).*

1.1.21 Tratamiento. Si los síntomas se presentan con una inflamación aguda, aunque se superponga a una antigua lesión o sea el resultado de microtraumatismos repetitivos, la afección se trata como una lesión aguda hasta que la inflamación esté bajo control. Es importante eliminar la tensión que provoca los síntomas para que se produzca la curación.

- i. Alivio del dolor y control del edema y la inflamación. Se emplean las técnicas adecuadas y masajes. A veces precisa un apoyo pasivo para aliviar los músculos del trabajo de sostener o controlar la porción dañada (Kisner, 2004).
- ii. Mantenimiento de la integridad muscular. Se identifica la posición funcional en la que el paciente note que los síntomas se reducen. En una lesión muscular, suele ser con el músculo en una posición acortada. En esta posición, se aplican ejercicios estáticos suaves. La dosis es crítica; la resistencia es mínima; se emplea sólo la necesaria para generar una contracción estática (Kisner, 2004).
- iii. Prevención de la estasis y reducción de la tensión sobre la región. El paciente aprende a encontrar la posición funcional cómoda y luego mueve la porción del cuerpo dentro de su amplitud indolora, aunque la amplitud sea muy ligera (Kisner, 2004).
- iv. Control de la posición funcional. Se inician ejercicios de estabilización. Los ejercicios comienzan sólo cuando no agudizan los síntomas. El paciente determina primero la amplitud cómoda tal y como se ha descrito en el punto 3 y luego mantiene la posición mientras practica suaves movimientos de brazos y piernas. La atención del paciente se centra en la percepción de la

contracción estabilizadora y se le pide que permanezca dentro de los límites de tolerancia del tejido dañado (Kisner, 2004).

- v. Mantenimiento de la integridad y mejora de la relajación de los músculos que no han sufrido un traumatismo directo. Se emplean técnicas de acción muscular inversa. Son valiosas cuando los movimientos causan dolor y rigidez refleja del músculo; que activan los músculos para contraer y relajar dentro de una amplitud funcional. El paciente determina primero la amplitud cómoda y luego mantiene la posición mientras practica suaves movimientos de brazos y piernas. La atención del paciente se centra en la percepción de la contracción estabilizadora y se le pide que permanezca dentro de los límites de tolerancia del tejido dañado (Kisner, 2004).
- vi. Empleo de tracción. La tracción oscilante o intermitente suave puede inhibir de modo reflejo el dolor y ayuda a mantener el movimiento durante el estadio agudo, cuando los músculos no permiten movimientos de amplitud completa. Las técnicas suaves son las que se aplican con mayor eficacia usando tracción manual. Se coloca la parte con el tejido dañado en una posición acortada, y se aplica una dosis inferior a la que causa separación de las vértebras. Las técnicas de tracción pueden agravar la lesión muscular o de los tejidos blandos si el tejido se somete a una posición elongada durante la exposición, o con una dosis alta de tracción durante el tratamiento (Kisner, 2004).
- vii. Adaptación al medio ambiente. Si hay actividades o posturas que causan el traumatismo o siguen provocando síntomas, se identifica el mecanismo y se

modifica la actividad o el entorno para eliminar el riesgo de que se repita el problema (Kisner, 2004).

1.2 Antecedentes específicos

1.2.1 Fútbol soccer. Mas (2005) se basa en distintos autores para definir “FÚTBOL”, según este autor, es una habilidad abierta fundamentalmente perceptiva (Knapp, 1963), con objetivos cognitivos (Bloom, 1965) que requiere el dominio del propio cuerpo y la relación con los demás, con una gran incertidumbre sociomotriz implícita en el juego (Parlebas, 1998) que exige un tercer nivel de dificultad que implica la movilidad constante del objeto y sujeto, es decir, del balón y del futbolista (Fitts, 1965), además, conlleva el dominio de los desplazamientos y el conocimiento del oponente (Mas, 2005).

El fútbol es un juego táctico, obviamente. Requiere disciplina y entrenamiento incansable para mantener la condición física de los jugadores, pero lo que es más importante, para lograr y mantener la forma del equipo. Un equipo es una cuadrícula, una configuración dinámica, una matriz de nodos en movimiento, cambiando sin cesar, pero al mismo tiempo tratando de conservar su forma. Un equipo es una forma móvil que cambia contra otra forma, la del equipo contrario.

El propósito de la forma del equipo, independientemente de las posiciones, sin importar si juegas de manera ofensiva o defensiva, es ocupar y controlar el espacio. La forma en que un equipo de fútbol intenta controlar el espacio tiene analogías obvias con la vigilancia del espacio o la militarización del espacio, ya sea en términos de apego o retirada, ocupación o asedio (Critchley, 2017).

Es la modalidad deportiva donde se realiza esta investigación. Según Parlebas (1988), en el fútbol se dan situaciones sociomotrices o procesos de interacción y de comunicación interpersonal que se desarrollan en el marco estratégico impuesto por la regla del juego. Siguiendo a este autor, definiremos esta modalidad deportiva desde los rasgos que caracterizan la lógica interna de la actividad. El conocimiento de la lógica interna del fútbol supone un primer paso para conocer de manera pertinente la identidad de este deporte, lo cual facilitará el desarrollo de la labor diaria del entrenador (Castellano, 2000).

1.2.2 Generalidades. El fútbol es un deporte jugado en un campo rectangular con dos porterías entre dos equipos de once jugadores cada uno con una pelota esférica, la cual debe ser pateada. Es el deporte más practicado y más popular entre los espectadores, con un seguimiento de unos 4 mil millones de aficionados. El objetivo del juego es introducir el balón el mayor número posible de veces en la portería del contrario, esto se llama marcación de un gol, el equipo vencedor es el que consiga introducir más goles.

El fútbol se juega en un espacio natural, al aire libre y que puede verse sujeto a modificaciones durante la actividad, se considera el espacio como “semi-salvaje” (Parlebas, 1988). Esta modalidad deportiva está orientada por una lógica interna que se inscribe en sistemas de acción o de interacción, modelos operativos que representan la estructura de base del juego deportivo y portador de su lógica interna (Tapia y Hernández, 2010).

Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de fútbol soccer.



Figura 16 Gol de cabeza, Leonel Messi.
URL: <https://tinyurl.com/rwxm9mu8>



Figura 17 Vista de partido de fútbol, Estadio Camp Nou.
URL: (<https://www.pxfuel.com/es/free-photo-xvufw>)

1.2.3 Reglas.

- *Superficie de juego.* Los partidos podrán jugarse en superficies naturales o artificiales, descuerdo con el reglamento de la competición. El color de las superficies artificiales deberá ser de color verde (FIFA, 2016).

- *Dimensiones.*
 - Longitud de la línea de banda (línea lateral) mínimo 90 m, máximo 120 m.
 - Ancho (línea de meta) mínimo 45 m, máximo 90 m.
 - Las líneas de delimitación deben tener el mismo ancho, como máximo de 12 cm (FIFA, 2016).
- *Área de esquina.* En cada esquina se colocará un poste no puntiagudo con un banderín, cuya altura será de 1.5mt. Se trazará un cuadrante con un radio de 1 m desde cada banderín de esquina en el interior del terreno de juego (FIFA, 2016).
- *Porterías.* Se colocarán en el centro de cada línea de meta, consiste en dos postes verticales unidos por una barra horizontal (travesaño). Deberán tener forma rectangular, cuadrada o redonda y no deberán constituir ningún peligro para los jugadores. Las distancias entre los postes serán de 7.32 m y la distancia del borde inferior del travesaño al suelo será de 2.44 m (FIFA, 2016).
- *Balón.* será esférico, de cuero o cualquier otro material adecuado, con una circunferencia superior a 70 cm y no inferior a 68 cm, con un peso superior a 450 g y no inferior a 410 g. Tendrá una presión equivalente a 0.6 – 1.1 atmósfera (600-1100 g/cm²) (FIFA, 2016).
- *Número de jugadores.* El partido será jugado por dos equipos, formados por un máximo de once jugadores cada equipo, de los cuales uno jugará como guardameta. El partido no comenzará si uno de los equipos tiene menos de siete jugadores (FIFA, 2016).

- *Numero de sustituciones.* Se podrá utilizar como máximo tres sustitutos en cualquier partido de una competición oficial bajo auspicios de la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA), las confederaciones o asociaciones miembro. En todos los partidos se puede utilizar un número mayor de sustitutos siempre que ambos equipos estén de acuerdo y se le haya informado al árbitro antes del comienzo del partido (FIFA, 2016).
- *Jugadores y sustitutos expulsados.* Si un jugador es expulsado antes del saque de salida, solo podrá ser reemplazado por uno de los sustitutos designados. Un sustituto designado, expulsado antes del saque de salida o después del comienzo del partido, no podrá ser sustituido (FIFA, 2016).
- *Equipamiento básico.* El equipamiento básico obligatorio de un jugador se compone de las siguientes piezas (FIFA, 2016):
 - Jersey o camiseta.
 - Pantalones cortos (pantaloneta).
 - Medias.
 - Espinilleras.
 - Calzado.
- *Colores.* los dos equipos vestirán de colores que los diferencien entre sí y también del cuerpo de árbitros. Cada guardameta vestirá de colores que los diferencie de los demás jugadores y del cuerpo de árbitros (FIFA, 2016).

- *Periodos de juego.* El partido durará dos tiempos iguales de 45 minutos cada uno (FIFA, 2016).
- *Intervalo de tiempo.* Los jugadores tendrán derecho a un descanso de medio tiempo (FIFA, 2016).
- *Gol marcado.* Se habrá marcado un gol cuando el balón haya atravesado completamente la línea de meta entre los postes y por debajo del travesaño (FIFA, 2016).
- *Equipo ganador.* El equipo que haya marcado el mayor número de goles durante el partido será el ganador. Si ambos equipos marcaron el mismo número de goles o ningún gol, el partido terminará en empate (FIFA, 2016).
- *Sanciones disciplinarias.* la tarjeta amarilla se utilizará para comunicar al jugador, sustituto o al jugador sustituido que ha sido amonestado. La tarjeta roja se utiliza para comunicar al jugador, sustituto o al jugador sustituido que ha sido expulsado (FIFA, 2016).

1.2.4 Biomecánica.

Para determinar la estructura anatómica del golpeo del balón se deben tener en cuenta, los aspectos informacionales que intervienen en este gesto e incluso los aspectos de carácter bioenergético.

Dentro de los aspectos informacionales encontramos la coordinación óculo-pédica, la coordinación entre la cintura escapular y pélvica, la respuesta pelvis-tronco al movimiento, el equilibrio dinámico, percepción del objeto móvil. Dentro de los aspectos bioenergéticos encontramos la fuerza de

contracción excéntrica del miembro inferior y la velocidad de ejecución segmentaria del miembro inferior (Figuroa, 2007).

La mecánica básica del golpeo del balón se puede dividir en:

- i. Marcha.
- ii. Impulsión de la pierna que realiza el golpeo desde una posición retrasada con respecto al tronco hasta una posición adelantada.
- iii. Pierna de Golpeo.
- iv. Pierna de Apoyo.
- v. Traslado en forma relajada, después del golpe del balón de la pierna adelantada con una acción de frenado.

La mecánica del golpeo del balón implica la utilización de una cadena cinética implicada en el pie, la cual suele corresponder, y tiene cierta similitud con el modelo de marcha o carrera, aunque se evidencian algunas diferencias, la más notable es la participación del miembro que está en apoyo, el cual desacelera y estabiliza la cadera impidiendo que el cuerpo se desplace hacia delante (Figuroa, 2007).

Las articulaciones del tobillo y del pie, contribuyen en el control y determinan el ángulo de contacto que incidirá en la dirección del balón. También han de considerarse que los principios biomecánicos más importantes que afecta el golpeo del balón son los momentos de fuerza para acelerar el pie tras el movimiento angular de la rodilla y la tibia, del movimiento, del contra movimiento y del equilibrio, tanto estático como dinámico (Figuroa, 2007).

La extremidad inferior está dedicada a la carga y la deambulación. Dentro de la marcha encontraremos 2 fases, como lo son la fase postural y la fase de oscilación, la cuales alternativamente nos proporcionan lo que conocemos como marcha. En un jugador de football que está en constante movimiento (como es el caso que se estudia), éste no solo va a ampliar su base de sustentación (como también puede reducirla), sino que un factor aún más importante es el centro de gravedad en el cuerpo, el cual en la marcha normal no oscila.

Una vez que la marcha es constante, el jugador procede a mantener una pierna en estado de apoyo mientras que la otra la mantendrá retrasada con respecto al tronco, de esta manera consigue mucho más impulso y fuerza para aplicar al balón.

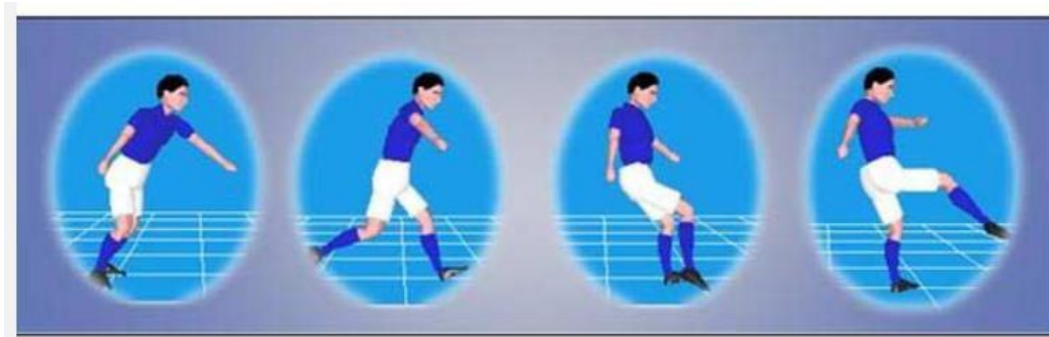
Debido a que [tomando como referencia la imagen], para tener mayor estabilidad el jugador se apoya en el talón [calcáneo], el pie se encuentra en flexión dorsal, trabajando de esta manera el tibial anterior, flexor común de los dedos, y flexor propio del dedo gordo. Adicionalmente los músculos posteriores de la pierna [tríceps sural] realizaran una contracción isométrica, para dar mayor estabilidad al movimiento. La pierna con la cual se realiza el golpe al balón se encuentra en extensión [mucho más retrasada con respecto al tronco], así el glúteo mayor, permite este movimiento, y con la ayuda de los isquiotibiales se permite flexionarla pierna a su vez sobre la cadera.

El pie correspondiente con esta pierna se encuentra en flexión plantar, lo que permite suponer que, aunque el mayor trabajo se encuentra en la parte posterior [tríceps sural], la parte anterior de la pierna [tibial anterior] también

realiza una contracción isométrica de manera de estabilizar el movimiento y permitir mayor eficacia a la hora del golpe.

Los músculos de la parte anterior del muslo [cuádriceps] trabajaran en conjunto con los extensores de cadera, sobre todo el recto anterior.

El sartorio, pectíneo y tensor de la fascia lata, junto con el glúteo medio, ayudara a mantener y realizar la abducción de cadera (Figuroa, 2007).



*Figura 18 Análisis biomecánico [RM]
(Figuroa, 2007).*

La utilización de energía elástica de los músculos flexores de la cadera y de los extensores de la rodilla de la pierna es un factor importante que condiciona la eficacia del golpeo del balón (Figuroa, 2007).

A partir de esta posición, ahora, la pierna con la cual se ejecuta el movimiento y realiza una extensión de la rodilla principalmente, conjuntamente con la cadera, realizado por el cuádriceps en todas sus partes (vasto interno, externo, recto anterior y crural). La contracción concéntrica del psoas iliaco permite la atracción de todo el miembro desde la posición atrasada, hasta ahora una adelantada. Al entrar en contacto el pie con el balón, éste realiza una contracción isométrica del músculo pedio del pie, y de esta manera golpea al balón desde su cara dorsal. El golpe al balón también puede realizarse con el

arco interno del pie, y de esta manera se obtiene mayor estabilidad por la fuerza contenida en el primer metatarsiano y los huesos del tarso (Figueroa, 2007).

- *Biomecánica de la Carrera.* La carrera es una forma de locomoción bípeda, empleada en la mayoría de las actividades físicas y deportivas, requiriendo un rápido desplazamiento del cuerpo. Se caracteriza por diversas fases como la fase de apoyo unipodal, que transcurre entre el 35 al 50 % de tiempo de duración de una zancada y una fase de vuelo, donde siempre hay un pie en contacto con el suelo (Weber y Weber, 1991), los pies despegan del mismo durante el 60-60% restante.

El cuerpo se mueve sobre el suelo siendo soportado por los miembros inferiores (Ferro, 2001).

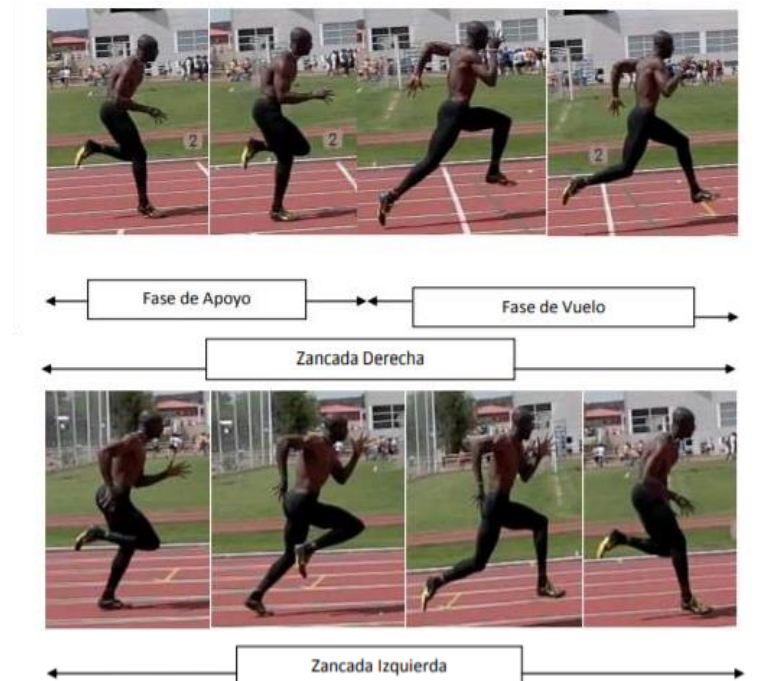


Figura 19 Fases de la carrera (Carrillo, 2014).

- *Fases de la zancada.* (Carrillo, 2014).

- Fase de Apoyo

Instantes característicos:

- Contacto. Instante de inicio del movimiento, en la que cualquier parte del pie apoya en el suelo.
- Apoyo plantar. instante en que se produce el apoyo de toda la planta del pie.
- Apoyo_cdg. Instante en que la proyección del centro de gravedad [CDG] pasa sobre la articulación de los metatarsianos.
- Despegue del talón: Instante en el que talón despegue del suelo.
- Despegue de la punta del pie: Instante en que el pie abandona el suelo.

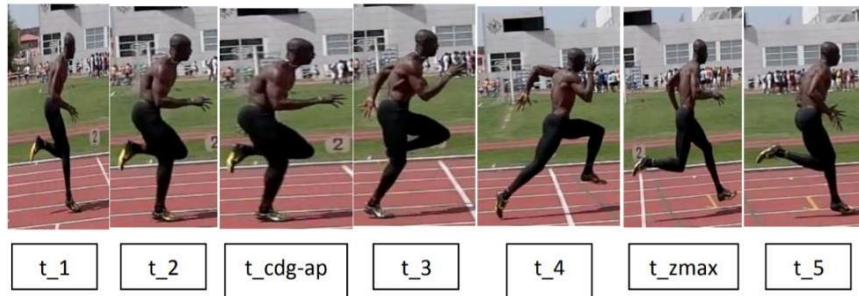
- Subfases

- Fases de recepción o frenado: Incremento de tiempo comprendido entre los instantes.
- Fase de transición: Incremento de tiempo comprendido entre.
- Fase de impulso o propulsiva: Incremento de tiempo entre los instantes.

- Fase de Vuelo

- Altura máxima del CDG: Instante en que el centro de gravedad alcanza su máxima altura.

- Velocidad máxima del muslo: Instante en que el segmento muslo alcanza su máxima velocidad anteroposterior (no se representa en la figura).
- Contacto del pie contrario: Instante en que el pie contrario toma contacto con el suelo.



*Figura 20 Fases de la zancada
(Carrillo, 2014).*

Al apoyo, la fuerza es soportada por la musculatura extensora del MMII, proporcionando mayor avance y elevación al cuerpo; éste permanece en el aire durante el tiempo que permite la componente vertical de fuerza propulsiva. La pierna libre se mueve y posteriormente, hacia atrás para tomar contacto con el suelo realizando un movimiento rápido (Ferro, 2001), (Carrillo, 2014).

Al contacto el pie se sitúa bajo la rodilla y tan próximo como sea posible a la línea del centro de gravedad del cuerpo; al momento del aterrizaje, la fuerza de reacción del suelo tiene una componente fundamentalmente vertical hacia arriba y la fuerza de frenado es nula o reducida. De hecho, la fase de apoyo en la carrera de velocidad, en su mayor parte, es propulsiva (Broer y Zernicke, 1979). El tiempo de apoyo en la carrera disminuyen con

el aumento de la velocidad por lo que, en un reducido intervalo de tiempo, se debe producir una rápida absorción del impacto, una deceleración de la pierna de apoyo al tomar contacto con el suelo, una estabilización lateral del pie y una aceleración del centro de gravedad, necesaria para el despegue (Ferro, 2001), (Carrillo, 2014).

Durante la primera mitad de la fase de apoyo la mayoría de los músculos del miembro inferior están activos para soportar el peso del cuerpo y absorber el impacto. Al contacto inicial, la rodilla se flexiona y el músculo cuádriceps se contrae excéntricamente para absorber el choque (Novacheck, 1998). El aumento del ángulo de flexión de la rodilla en el momento de contacto disminuye la magnitud de las fuerzas de reacción (Derrick TR, 2004). Ounpuu (1990), determinó que, durante la carrera, la rodilla como articulación principal para la absorción del choque, absorbía un impacto tres veces mayor al de la cadera y el tobillo, mientras que los flexores plantares del tobillo, mediante su acción excéntrica, presentaban un papel principal como generadores de potencia (Carrillo, 2014).

- *Cinética de la Carrera.* El análisis de las fuerzas de reacción transmitidas por el suelo en los apoyos cuando el deportista se halla en contacto con este, nos da información de cómo se produce el movimiento a partir de la acción de las fuerzas internas desarrolladas en la carrera. Dichas fuerzas determinan el patrón de aceleración del centro de gravedad, completando la información extraída del análisis cinemático. Las fuerzas de reacción a menudo constituyen uno de los componentes primarios para la evaluación

de la fase de apoyo de la carrera. El objeto del análisis cinético es descomponer la resultante de las fuerzas de reacción en sus tres componentes: vertical, anteroposterior y medial-lateral. Cada una de las cuales varía en magnitud, dirección y punto de aplicación en el transcurso del apoyo del pie en la carrera. Fuerza de Reacción Vertical: Las variables relacionadas con la fuerza de reacción vertical son las más importantes en el análisis cinético de la carrera, pues es la componente mayoritaria y la que proporciona la información más relevante. Anteriormente, Cavanagh y colaboradores (1980) habían afirmado que las características del contacto inicial dependían de la velocidad de carrera y 11 asociaron el contacto inicial con el talón con la velocidad de carrera lenta y el contacto con el mediopié con la carrera a mayor velocidad (Carrillo, 2014).

1.2.5 Ejercicio terapéutico. El ejercicio terapéutico es una de las herramientas clave que los fisioterapeutas tienen a su alcance para restablecer y mejorar el bienestar cardiopulmonar o musculoesquelético de los pacientes. Los terapeutas precisan conocimientos y destrezas que les sirvan para el tratamiento de la mayoría de los problemas dentro de su jurisdicción. Después se pueden apoyar en los conocimientos básicos y adentrarse en áreas especiales según dicten los intereses y pacientes (Kisner, 2004).

El énfasis no se pone en que el ejercicio terapéutico sea un medio para modificar las alteraciones, sino en usar esta intervención para mejorar la función y reducir la discapacidad, que es lo que valoran las personas que buscan los servicios de la fisioterapia. En vez de considerar qué ejercicio puede mejorar

una lesión, el terapeuta debe plantearse qué alteraciones están relacionadas con la reducción funcional y la discapacidad de este paciente, y qué ejercicios pueden mejorar la función mediante el tratamiento adecuado de sus alteraciones (Hall, 2006).

1.2.6 Definición. En general, por “entrenamiento” se entienden todas aquellas medidas concretas que conducen al mantenimiento o incremento de la capacidad de rendimiento.

En determinadas circunstancias, el entrenamiento también sirve para reducir de forma concreta la capacidad de rendimiento físico en las fases de reducción de entrenamiento después de finalizar un deporte de alto rendimiento. De forma más específica, el entrenamiento puede definirse como “la repetición sistemática de contracciones musculares concretas y por encima del umbral con manifestaciones de adaptación tanto morfológica como funcional con el fin de aumentar el rendimiento”, (Hüter-Becker, 2006).

El objetivo final de cualquier programa de ejercicio terapéutico es conseguir movimientos y funcionalidad asintomáticos. Para administrar con eficiencia el ejercicio a los pacientes, los fisioterapeutas deben conocer los principios y efectos básicos del ejercicio sobre los sistemas locomotor, neuromuscular, cardiovascular y respiratorio, además deben poder realizar una evaluación funcional del paciente y conocer la interrelaciones de la anatomía y la cinesiología de la parte, así como la comprensión del estado de

la lesión, enfermedad o procedimiento quirúrgico y si índice potencial de recuperación, complicaciones, y contraindicaciones (Kisner, 2004).

1.2.7 Principios del entrenamiento. La adquisición de destrezas motoras funcionales depende de una base de control motor normal y de la capacidad para aprender tareas motoras funcionales.

Para progresar o que un paciente recupere un nivel máximo de actividad funcional, el ejercicio terapéutico se acompaña de la aplicación de los principios del aprendizaje motor. El entrenamiento de la coordinación, el equilibrio y la agilidad, así como las actividades preparatorias de movilidad, estabilización y fortalecimiento, se recalcan para ayudar al paciente a volver a las actividades funcionales deseadas que identifican el paciente, la familia o el terapeuta (Kisner, 2004).

Los principios describen las leyes fundamentales de la adaptación biológica. Su cumplimiento permite una adaptación óptima del organismo a los estímulos de esfuerzo. En la ciencia del entrenamiento se distinguen un número de principios de entrenamiento adecuados para el deporte de alto rendimiento, que pueden ser sistematizados siguiendo unos puntos de vista pedagógicos, de organización del entrenamiento y en cuanto a contenido y método (Hüter-Becker, 2006).

- *Intensidad del estímulo.* potencia de cada estímulo, dependiendo del grado de obstáculo que debe superarse (Hüter-Becker, 2006).
- *Duración del estímulo.* duración de la efectividad de un estímulo, determinada por la velocidad del movimiento (Hüter-Becker, 2006).

- *Densidad del estímulo*: relación entre tiempos de estímulo y recuperación (Hüter-Becker, 2006).
- *Amplitud del estímulo*. número de repeticiones y series dentro de una unidad de entrenamiento (Hüter-Becker, 2006).
- *Frecuencia de entrenamiento*. número de las unidades de entrenamiento por semana (Hüter-Becker, 2006).

El principio del estímulo con efectos sobre el entrenamiento constituye el principio básico del entrenamiento (Hüter-Becker, 2006).

La teoría del entrenamiento (ciencia del entrenamiento) recoge sistemáticamente las leyes que determinan los procesos de entrenamiento o bien establecen reglas cuyo cumplimiento aumenta la efectividad del entrenamiento. La capacidad de rendimiento físico “condición” está determinada por las características motoras básicas que son la resistencia, la fuerza, la velocidad, la coordinación y la movilidad. Sin embargo, la condición es algo más que la suma de todas las características motoras básicas. Junto a estos componentes, también los factores psíquicos, como la motivación y la fuerza de voluntad, así como las condiciones marco externas, como la hora del día y la temperatura ambiente, desempeñan un papel importante en la capacidad de rendimiento (Hüter-Becker, 2006).

Los distintos factores de la condición no pueden separarse claramente unos de otros, ya que se determinan mutuamente. La movilidad debe ser aprovechada con la fuerza, la cual debe mantenerse durante largo tiempo o generarse a mucha velocidad. La movilidad, la fuerza y la velocidad deben utilizarse de una forma efectiva con ayuda de la coordinación. La calidad de

la coordinación, a su vez, depende del grado de desarrollo de las demás características motoras fundamentales (Hüter-Becker, 2006).

- *Principio del esfuerzo progresivo.* A lo largo del entrenamiento, la intensidad del esfuerzo debe adaptarse permanentemente al aumento del nivel de rendimiento para que el grado de intensidad relativa y con ello la efectividad del entrenamiento se mantengan constantes. Ello presupone una determinación regular de la capacidad de rendimiento real (Hüter-Becker, 2006).

1.2.8 Capacidades musculares.

- *Fuerza muscular.* Es la fuerza máxima que un músculo o un grupo muscular pueden generar, se denomina simplemente fuerza (Wilmore, 2004).
- *Potencia muscular.* Es el aspecto explosivo de la fuerza, es el producto de la fuerza por la velocidad del movimiento. $Potencia = [fuerza \times distancia] / tiempo$ (Wilmore, 2004).
- *Resistencia muscular.* Es la capacidad para mantener acciones musculares repetidas o para mantener acciones musculares fijas o estáticas durante un extenso periodo de tiempo. La resistencia muscular aumenta al ganar fuerza y con cambios en los modelos metabólicos y circulatorios locales.
Adaptaciones metabólicas que se producen con el entrenamiento (Wilmore, 2004).

1.2.9 Tipos de ejercicios. La contra-resistencia puede aplicarse con contracciones musculares estáticas o dinámicas.

Los ejercicios resistidos se realizan de modo dinámico (con contracciones musculares excéntricas o concéntricas), isocinético o estático. En todos los casos, el objetivo final es mejorar el rendimiento funcional y las capacidades mediante el desarrollo de mayor fuerza, resistencia y potencia musculares (Kisner, 2004).

- *Ejercicio Isotónico.* Es una forma dinámica del ejercicio que se desarrolla con una carga constante o variable a medida que el músculo se elonga o acorta en toda la amplitud del movimiento disponible. La fuerza dinámica, resistencia muscular y potencia pueden desarrollarse con el ejercicio isotónico (Kisner, 2004).
 - i. *Resistencia manual o mecánica.* Puede realizarse con una resistencia manual o mecánica, según las necesidades y capacidades del paciente (Kisner, 2004).
- *Ejercicio Constante y variable.*
 - ii. *Ejercicio de resistencia constante.* El ejercicio isotónico (tensión igual o constante) se ha practicado empleando una carga constante como pesas libres (carga directa). La tensión muscular máxima se desarrolla sólo en un punto de la amplitud del movimiento con un ejercicio isotónico realizado con una carga constante. El peso que se levanta o baja no puede ser mayor de lo que el músculo pueda controlar en el punto más débil de la amplitud articular (Kisner, 2004).
 - iii. *Ejercicio de resistencia variable.* El músculo que se contrae es sometido a cantidades variables de resistencia durante el recorrido

articular para cargar con mayor eficacia el músculo en puntos múltiples de la amplitud. Cuando a la contracción isotónica de un músculo se le aplica una resistencia manual, el terapeuta puede variar la resistencia para adaptarse a las capacidades de fuerza del músculo en toda la amplitud del movimiento (Kisner, 2004).

- iv. *Ejercicio concéntrico y excéntrico.* El ejercicio isotónico también puede realizarse concéntrica y/o excéntricamente, la resistencia se aplica sobre un músculo cuando este se acorta o se elonga.

Aunque una contracción concéntrica máxima produce menos fuerza que una contracción excéntrica máxima, la mejoría adaptativa de la fuerza después de un programa de ejercicio concéntrico o excéntrico parece ser parecida. La velocidad a la cual se realiza el ejercicio concéntrico o excéntrico afecta directamente a la capacidad de la unidad neuromuscular para generar fuerza.

Con velocidades lentas, una contracción excéntrica máxima genera mayor fuerza que una contracción concéntrica máxima, pero, a medida que aumenta la velocidad del ejercicio, las fuerzas de contracción concéntrica decrecen rápidamente y las fuerzas de contracción excéntrica aumentan ligeramente y por lo general se igualan o decrecen. En un programa de fortalecimiento, cuando se levantan o bajan cargas pesadas, los ejercicios isotónicos suelen realizarse a velocidades bajas para controlar con seguridad el momento y reducir al mínimo la posibilidad de lesionarse (Kisner, 2004).

- v. *Ejercicio Concéntrico.* La acción principal del músculo, el acortamiento, recibe la denominación de contracción concéntrica. Estamos muy familiarizados con este tipo de acción. Para comprender el acortamiento muscular, recordemos nuestra discusión anterior sobre el modo en que los filamentos de actina y de miosina se deslizan los unos a lo largo de los otros. Puesto que se produce movimiento articular, las acciones concéntricas se consideran como acciones dinámicas (Willmore, 2004)
- vi. *Ejercicio excéntrico.* A medida que se ha ido conociendo mejor el valor del ejercicio excéntrico, se ha hecho más hincapié en el entrenamiento con resistencia excéntrica dentro de programas de rehabilitación integral. El entrenamiento con resistencia excéntrica tal vez se realice empleando ejercicios isotónicos o isocinéticos. El ejercicio excéntrico es un tipo de carga muscular dinámica donde se desarrolla tensión muscular y la elongación física del músculo se produce a medida que se aplica sobre el músculo una fuerza externa. Se ha demostrado también que las contracciones musculares excéntricas son más eficaces que las contracciones concéntricas (Kisner, 2004).

Los músculos producen fuerza incluso cuando se alargan. Este movimiento es una acción excéntrica. Puesto que el movimiento articular se produce, ésta también una acción dinámica. En este caso los filamentos de actina son arrastrados en dirección contraria al centro del sarcómero, esencialmente estirándolo (Willmore, 2004).

- vii. *Ejercicios Isométricos.* En una contracción isométrica, la tensión generada no es suficiente para superar la resistencia del objeto a mover y el músculo no modifica su longitud. Estas contracciones son importantes para mantener la postura y sostener objetos en una posición fija, si bien no producen movimiento corporal, aun así, consumen energía; estabilizan algunas articulaciones mientras otras se mueven (Tortora, 2013).

Se emplean para desarrollar la fuerza muscular cuando el movimiento articular es doloroso o poco recomendable después de una lesión, basta con emplear una carga de ejercicio (resistencia) del 60-80 por ciento de la capacidad de un músculo para desarrollar fuerza con el fin de aumentarla. La cantidad de resistencia con la que actúa un músculo varía en los distintos puntos de la amplitud. Como no se produce movimiento articular durante el ejercicio isométrico, la fuerza aumentará sólo en el ángulo articular en que se realiza el ejercicio. Para desarrollar la fuerza en la amplitud del movimiento, debe aplicarse resistencia a las contracciones musculares estáticas cuando la articulación está en distintas posiciones (Kisner, 2004).

- viii. *Ejercicios Isocinético.* Es el ejercicio que se realiza a una velocidad constante. Puede ser concéntrico o excéntrico (Vived, 2005). Es una contracción dinámica con velocidad fija, siendo la resistencia a superar variable (Chicharro, 2010).

1.2.10 Adaptaciones fisiológicas.

- *Fisiología del rendimiento.* por rendimiento se entiende la capacidad de enfrentarse al entorno. Aquí desempeñan un papel importante los componentes psíquicos, como la motivación de una actividad y la voluntad de éxito; también es fundamental la capacidad de reacción. Desde el punto de vista físico, el rendimiento es trabajo por unidad de tiempo, que el cuerpo realiza hacia el exterior o bien el gasto de energía por unidad de tiempo (Hunter-Becker, 2006).

- *Adaptaciones hematológicas al entrenamiento:* las adaptaciones en la serie roja, se han descrito en relación a ejercicios de larga duración aunque también hay estudios que demuestran modificaciones durante actividades de corta duración y elevada intensidad; la mayoría de estudios intentan justificar o explicar los mecanismos que conducen a la aparición de una situación de falsa anemia o pseudoanemia, debido tanto a la alteración en las células rojas de la sangre, como a cambios de volumen plasmático que modifican los parámetros relativos (Chicharro, 2010).

- *Modificaciones en el volumen sanguíneo:* El volumen sanguíneo representa la suma del volumen eritrocitario y el volumen plasmático, ambos pueden cambiar de forma independiente y alterar el volumen de la sangre. El ejercicio físico, temperatura ambiente, traumatismos o enfermedades son factores que pueden influir en cada uno de los volúmenes vasculares señalados anteriormente. Se ha establecido que el ejercicio de larga

duración y el entrenamiento diario originan como adaptación una expansión fisiológica del volumen sanguíneo, principalmente del volumen plasmático hasta de un 25%, ésta es inducida por el ejercicio, es una adaptación precoz que ocurre a los pocos días de iniciar un entrenamiento regular; en deportistas de resistencia se ha observado valores mayores de cinco litros de volumen sanguíneo total. Este aumento del volumen plasmático disminuye la viscosidad de la sangre, mejora la hemodinámica cardiovascular y facilita la oxigenación periférica muscular (Chicharro, 2004).

- *Adaptaciones en el músculo:* el uso repetitivo de las fibras musculares estimula la producción de cambios en su estructura y función como: el tipo de fibra muscular, el aporte capilar, el contenido de mioglobina, la función mitocondrial y las enzimas oxidativas (Willmore, 2004).
 - Los primeros beneficios en los entrenamientos de fuerza se obtienen mediante procesos neurológicos (coordinación intra e intermuscular) posteriormente, la hipertrofia. (Vived, 2005).
 - La coordinación mejor la capacidad de reclutar unidades motoras, al realizar un esfuerzo, los músculos agonistas actúan en sinergia y los antagonistas se relajan. Se ajustan los patrones motores neuromusculares para hacer más efectivos los movimientos. Al aprender una habilidad, al principio somos torpes, con la práctica (entrenamiento) automatizamos los movimientos (conducir), permitiendo el ahorro de energía con mayor eficacia (Vived, 2005).

- Hipertrofia muscular: es el aumento de la sección transversal provocada por adaptaciones musculares a la actividad física con altas resistencias [fuerza], dada por la activación de las células satélite con su posterior proliferación y diferenciación. Por medio de los estímulos miogénicos desencadenado por el trabajo con altas cargas, se diferencia una hipertrofia sarcomérica correspondiente al aumento de la proteína contráctil de los sarcómeros (alcanzada en deportes de fuerza como halterofilia o *powerlifting*) que estimulan la degradación de la proteína muscular por el esfuerzo, generando cambios adaptativos en las fibras blancas. Los entrenamientos de alta resistencia provocan mayor hipertrofia que los de moderada resistencia. Hipertrofia sarcoplasmática, se da en deportes de fuerza, con componentes de resistencia, basados en las adaptaciones de las fibras rojas, con aumento de la capilarización, número y tamaño de las mitocondrias y sus enzimas (Vived, 2005).
- *Adaptaciones del sistema cardiaco al entrenamiento.*
 - Tamaño del Corazón: En respuesta a la mayor demanda de esfuerzo, el peso, volumen del corazón y el grosor de la pared del ventrículo izquierdo, así como el tamaño de la cámara, aumentan como resultado del entrenamiento de resistencia.

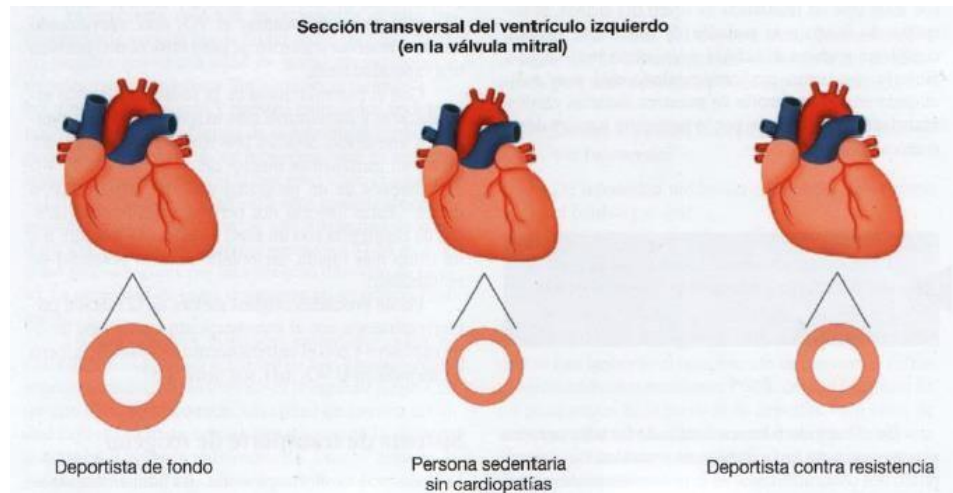


Figura 21 Adaptación del corazón al ejercicio
Descripción: hipertrofia del ventrículo izquierdo, aumento del tamaño de la cavidad e incremento del espesor de las paredes (Willmore, 2004).

- *Frecuencia cardiaca.* Determinados estudios en el que el consumo de oxígeno del corazón ha sido controlado directamente, han demostrado que la frecuencia cardiaca en reposo y durante el ejercicio, es un buen índice de la intensidad con la que está trabajando el corazón, puesto que el músculo activo exige más oxígeno que el músculo en reposo, no es sorprendente que el consumo del oxígeno del corazón y en la intensidad del esfuerzo que realizan está directamente relacionados con el ritmo de la contracción del corazón. Si la frecuencia cardiaca es demasiado rápida, la diástole, el periodo de llenado ventricular, se reduce, y nuestro volumen sistólico puede verse comprometido, dejando poco tiempo para que los ventrículos se llenen, en consecuencia, el volumen sistólico puede reducirse. No obstante, si la FC disminuye, los ventrículos tardarán más tiempo en llenarse, quizás esta es la razón por la que los deportistas con un alto nivel de resistencia tienden a tener valores menores de FC max, sus corazones se han adaptado

al entrenamiento incrementando drásticamente sus volúmenes sistólicos de modo que los valores de FC max pueden proporcionar un gasto cardíaco óptimo (Willmore, 2004).

- *Adaptación vascular periférica.* Se ha observado que el entrenamiento de resistencia aeróbica se asocia con una mejora de la función dilatadora del endotelio vascular y esta adaptación es casi máxima después de un periodo corto de entrenamiento [cinco semanas]. La mayor adaptación del sistema vascular periférico es la angiogénesis (formación de nuevos capilares) en el tejido muscular; aumento del número de capilares por fibra muscular y el aumento del diámetro de las arterias de conducción en los grupos musculares adaptados (Chicharro, 2004).
- *Adaptaciones metabólicas.* Los cambios metabólicos a nivel muscular se dan durante el ejercicio, produciendo la disminución del PH, a consecuencia de procesos catabólicos y oxidativos, regulando el flujo sanguíneo a las demandas tisulares. En la contracción muscular, se produce un aumento de concentración de diversas sustancias que tienen un efecto vasodilatador (histamina, adenosina, potasio, lactato) y el aumento de la temperatura [T°] local (Chicharro, 2004).
- *Adaptaciones del sistema respiratorio al entrenamiento.* Los mayores beneficios en el sistema de transporte de oxígeno se obtendrán por la mejor

eficiencia en el transporte de dióxido proporcionada por el sistema cardiovascular, entre ellas, la mayor capilarización muscular, aumento del gasto cardiaco, etc. Los volúmenes cambian poco y solo a niveles máximos, la frecuencia respiratoria desciende un poco en reposo y durante esfuerzos submáximos, lo que mejora la eficiencia, obteniendo mayores beneficios después de entrenamientos a niveles máximos, que hacen aumentar la frecuencia respiratoria [FR]. La ventilación pulmonar máxima se mantiene invariable o se reduce ligeramente en reposo y durante esfuerzos submáximos. Por otro lado, la ventilación pulmonar máxima (cantidad de litros por minuto) aumenta considerablemente debido a un mayor volumen respiratorio y una mayor FR a estas intensidades. La difusión pulmonar aumenta a niveles máximos, porque a estas intensidades se incrementa el gasto cardiaco y de esta manera la cantidad de sangre que llega a los pulmones para su oxigenación, activando más alveolos, incrementando la ventilación (Vived, 2005).

1.2.11 Contraindicaciones y precauciones.

- *Fatiga.* Es un fenómeno complejo que afecta el rendimiento funcional y debe tomarse en cuenta en todo programa de ejercicio terapéutico (Kisner, 2004).
- *Fatiga muscular local.* Es la respuesta disminuida de un músculo a un estímulo repetido. Es una respuesta fisiológica normal del músculo y se caracteriza por la reducción de la capacidad del sistema neuromuscular para producir fuerza (Kisner, 2004).

- *Fatiga muscular general.* Es la respuesta disminuida de una persona durante una actividad física prolongada como caminar o correr (Kisner, 2004).
 - Reducción de los niveles de glucosa en sangre.
 - Reducción de las reservas de glucógeno en los músculos y el hígado.
 - Depleción de potasio, sobre todo en pacientes de la tercera edad.
 - Fatiga asociada a enfermedades clínicas específicas.
 - Pacientes con cardiopatías, disfunción vascular periférica y neumopatías tienen dificultades que deterioran el sistema de transporte de oxígeno, estos pacientes se fatigan con mayor rapidez y requieren periodos más prolongados de tiempo para recuperarse del ejercicio.

- *Sobre entrenamiento.* es un fenómeno temporal o permanente que provoca un deterioro temporal o permanente de la fuerza como resultado del ejercicio y puede producirse en personas normales o con pacientes con ciertas enfermedades neuromusculares.

La fatiga y sobre entrenamiento son sinónimos. En ocasiones se produce la pérdida de fibras musculares en personas normales que se entrenan vigorosamente, pero que no tienen una ingesta adecuada de alimentos o reservas de grasa para cubrir el aumento del gasto de energía causado por el ejercicio (Kisner, 2004).

Revisión bibliográfica de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la intervención de las lesiones de la musculatura isquiosural en la rehabilitación de jugadores de fútbol soccer.

- *Movimientos sustitutivos.* Si se aplica demasiada resistencia a un músculo que se contrae durante el ejercicio, pueden producirse movimientos compensatorios. Evitar movimientos sustitutivos en programas de ejercicio, aplicar adecuada resistencia y conseguir una estabilización correcta, manualmente o mediante equipamiento (Kisner, 2004).

CAPÍTULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El siguiente proyecto de investigación, pretende realizar una revisión bibliográfica, mediante el análisis de información seleccionada bajo estándares de calidad y actualidad para identificar el protocolo de ejercicio terapéutico más benéfico, enfocado en la prevención y rehabilitación de las lesiones en el grupo de los músculos isquiosurales, de los atletas de futbol soccer.

2.1 Planteamiento del problema

En la actualidad el fútbol soccer es uno de los deportes más populares del mundo, cada vez existe mayor competitividad y continuamente se intentan mejorar las capacidades físicas de los atletas y tomar en consideración los distintos factores de riesgo que pueden afectar a quienes practican este deporte (Cottet, 2015).

La capacidad física que pueda presentar un futbolista significa un factor importante en el desempeño del atleta y la falta de condición física puede derivar en lesiones de importancia en el aparato locomotor, viéndose afectado el sistema músculo esquelético. Estas lesiones pueden derivarse por sobreuso o sobrecarga y por contacto directo; tomando en cuenta estos factores se ha encontrado una alta incidencia de lesiones en los miembros inferiores siendo así el grupo de la musculatura de los isquiosurales los que presentan mayor incidencia de lesiones

según el artículo *Epidemiology of injury in English Professional Football players: A cohort study* (Jones,2018).

Cabe resaltar que las lesiones pueden ser por diversas causas y para su abordaje fisioterapéutico es necesario conocer el mecanismo de lesión, tomar en cuenta la edad del atleta, el género, complexión y capacidades físicas (Alzahrani y otros, 2015).

Las lesiones en los músculos isquiosurales, es una de las lesiones más comunes en los deportes de carrera, teniendo una alta incidencia en deportistas de fútbol soccer, produciéndose durante la actividad deportiva, sean encuentros deportivos o sesiones de entrenamiento (Alzahrani y otros, 2015).

En cuanto las lesiones por fatiga (sobreesfuerzo) puede haber factores que incrementan la probabilidad que se produzcan éstas, como lo pueden ser los cambios repentinos de dirección y velocidad, intercepciones o robos de balón, los saltos, cargas monopodales, la ejecución de movimientos repetitivos, las fuerzas de torsión, la dirección de las fuerzas que interactúan sobre los miembros inferiores, los gestos deportivos, presiones plantares sobre el pie dominante y de apoyo.

Tomando en cuenta los datos anteriores, se ha encontrado una mayor incidencia de lesiones sobre el grupo muscular de los isquiosurales, representando bajas deportivas de larga duración y presentando lesiones repetitivas en dicha zona posterior a una lesión inicial (Jones, 2019).

En la presente investigación se realizará una revisión bibliográfica y de artículos científicos, para el análisis de información sobre los mejores protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la recuperación de las lesiones de los músculos isquiosurales en atletas pertenecientes a la rama deportiva de fútbol soccer. La investigación se llevará a cabo en el período de enero a junio del año 2021.

A causa de lo antes expuesto, se desarrolla esta investigación, basada en la evidencia bibliográfica y científica consultada, con la finalidad de reconocer el impacto de la lesión de la musculatura de los isquiosurales y así mismo, determinar la efectividad del ejercicio terapéutico y el impacto de esta en el desarrollo profesional del atleta.

¿Cuáles son los diferentes protocolos de ejercicio terapéutico que se pueden emplear para la rehabilitación de jugadores de fútbol soccer con lesión de isquiosurales?

2.2 Justificación

Se ha encontrado alta incidencia en la lesión de la musculatura de los isquiosurales en atletas de fútbol soccer, siendo ésta una de las causas más frecuentes que provocan bajas deportivas prolongadas desde los casos más simples hasta los más severos según menciona Lovell y otros, (2017). Se considera importante el abordaje de este tema debido a que algunas de las técnicas enfocadas a la rehabilitación por medio de ejercicio terapéutico, pueden representar para el atleta un menor tiempo de baja deportiva y a la vez contribuye a lograr la estabilidad en los miembros de un club deportivo, incluso contribuye a reducir las pérdidas económicas (Lovell y otros, 2017).

Según la información obtenida por el artículo Epidemiología de las lesiones en futbolistas profesionales ingleses: una cohorte estudio de datos de la revista *Physical Therapy in Sport* indica que... de 243 jugadores de 10 equipos se reportaron 473 lesiones. La incidencia estimada de lesiones fue de 9,11 lesiones / 1000 horas de actividad futbolística. Hubo una mayor incidencia de lesiones durante el partido [24,29 / 1000 h] en comparación con el entrenamiento [6,84 / 1000 h]. El muslo fue el sitio más común de lesión [31,7%], las

distensiones musculares representaron 41,2% de todas las lesiones. Los isquiotibiales fueron el grupo muscular que se lesionó con mayor frecuencia, que representa el 39,5% de todas las distensiones musculares y el 16,3% de todas las lesiones. Las lesiones de gravedad moderada [8-28 días] fueron las más frecuentes [44,2%] (Jones, 2019).

La incidencia de lesiones ha aumentado en los últimos 16 años, los isquiotibiales siguen siendo el grupo muscular con mayor cantidad lesiones siendo la más prevalente (Jones, 2019).

En los datos recabados, se ha encontrado que el impacto de esta lesión en los atletas de fútbol soccer, representa una baja por tiempo indefinido de la actividad deportiva, ya que disminuye las capacidades físicas necesarias para el desempeño de su profesión, además se han logrado recabar datos de la clínica del paciente, que manifiesta dolor por avulsión de la musculatura de los isquiosurales que también puede provocar una compresión en la zona del recorrido del nervio ciático generando irritación del mismo y a su vez generando dolor. También se puede destacar que las funciones básicas como la marcha, al igual que el malestar en posición sedente se ven limitadas y las funciones específicas para el desempeño del atleta como el sprint, cambios de dirección, saltos, pateo, entre otros (Alzahrani y otros, 2015).

El ejercicio terapéutico es un tipo de terapia empleado con la finalidad de mejorar el movimiento y la funcionalidad de los atletas, administrando eficazmente el ejercicio terapéutico.

Para el uso y empleo de este tipo de terapia el fisioterapeuta debe conocer los principios básicos del ejercicio, biomecánica, sistema neuromuscular, cardiovascular y respiratorio y por medio de ellos, conseguir mejoras fisiológicas que permitan readaptaciones como

fortalecimiento, aumento de la fuerza, aumento de la potencia y el aumento de la resistencia del cuerpo del atleta. Además, se pueden emplear las terapias manuales, por medio del masaje, realizando movilización de tejidos blandos, el ultrasonido que puede ser utilizado como inhibidor del dolor, la electroterapia y el electro gimnasia, que es la aplicación de corrientes eléctricas terapéuticas, que, en combinación con ejercicio terapéutico, brinda mejoras en el sistema muscular, optimizando sustancialmente el desempeño del atleta.

En la presente investigación se pretende abordar la lesión de la musculatura de los isquiosurales por medio del ejercicio terapéutico, analizar los protocolos que han tenido mayor impacto positivo en la población y determinar cuál es el protocolo de intervención fisioterapéutico más eficaz en atletas de fútbol soccer.

En la actualidad y tomando en cuenta los acontecimientos relacionados con el SARS-COV2, que aquejan a la población mundial, se ha limitado la investigación, con una probabilidad nula de realizar un estudio de campo.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general.

Mostrar los diferentes protocolos de ejercicio terapéutico empleados en jugadores de fútbol soccer con lesión de los músculos isquiosurales para su rehabilitación según la literatura científica.

2.3.2 Objetivos particulares.

- Describir por medio de la revisión de artículos científicos, las modalidades de ejercicio terapéutico empleados en el proceso de rehabilitación fisioterapéutica

en atletas con lesión de la musculatura isquiosural para su correcta aplicación en las distintas etapas de recuperación.

- Comparar con base en la evidencia recopilada de los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la rehabilitación de atletas de fútbol soccer con lesión de los músculos isquiosurales, determinando cual es el que brinda mejores resultados.
- Identificar mediante la consulta de fuentes bibliográficas los beneficios de la aplicación de ejercicio terapéutico para el tratamiento de futbolistas con lesión de la musculatura de los isquiosurales.

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En el siguiente capítulo se desarrolla la metodología empleada durante el proceso de investigación. Se describen los materiales y métodos utilizados al desglosar el enfoque adoptado para dicha tesis, describiendo 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 variable dependiente operacionalizándolas.

3.1 Materiales

La técnica empleada para la búsqueda fue documental. A continuación, se presenta una tabla con los buscadores y una gráfica con las fuentes consultadas.

Tabla 1 Tabla de buscadores.

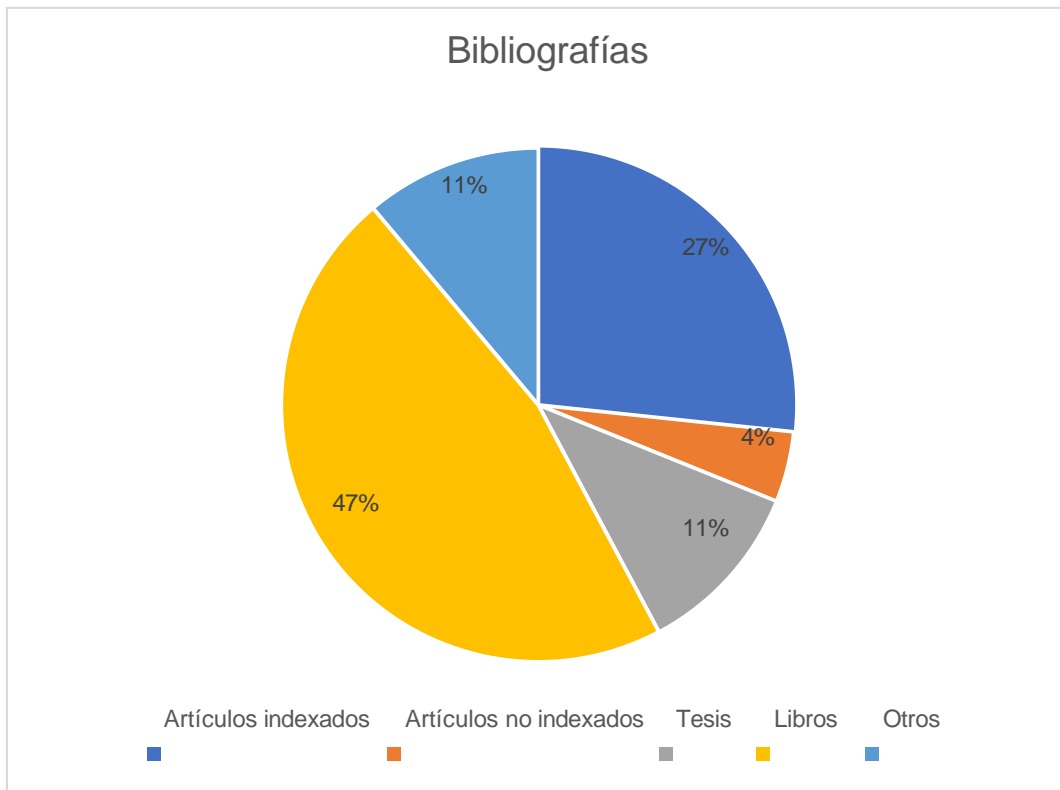
Buscador	Definición	Palabras Clave
EBSCO	Es catalogada como una base de datos que tiene en su poder más de nueve mil periódicos indexados, ofrece también más de un millón de libros electrónicos de calidad, cien mil audiolibros de más de mil quinientas editoriales universitarias de todo el mundo (Ferrari, Nunes y Marin, 2017; Khiste, Ambedkar, Maske, Panditguru y Sirsala, 2018).	Isquiosurales, isquiotibiales, rehabilitación, protocolo, fútbol, soccer, futbolistas, distensión, desgarros, Ham-string injuries, rehabilitación deportiva, ejercicio terapéutico, deportistas, atletas, tratamiento, lesión,

Elsevier	Es una editorial misma cuyas bases de datos reciben el nombre de ScienceDirect y Scopus contenedoras de más de dos mil quinientas revistas y más de once mil libros, con una cantidad que supera a los nueve millones y medio de artículos y capítulos de libros (Tober, 2011).	diagnóstico, músculos, prevención, factores de riesgo, lesiones de isquiosurales/isquiotibiales, lesión por carrera de alta velocidad, entrenamiento.
PEDro	Es una base de datos de alta relevancia en el área de la fisioterapia, siendo un recurso global de tipo gratuito, ofrece acceso a múltiples revisiones y estudios que respaldan a la fisioterapia. Es una editorial basada en evidencia científica (Moseley, Elkins Van der Wees y Pinheiro, 2019).	
Google Académico	Es un buscador académico o motor de búsqueda que encuentra de manera gratuita escritos en cualquier lengua procedentes de cualquier parte del mundo, con cualquier tipo de formato y tipología (Miguel, 2017).	
PubMed	Es un motor de búsqueda muy utilizado en la actualidad, respaldado por el Centro Nacional de Información Biotecnológica de los Estados Unidos brinda acceso a más de veintiocho millones de artículos académicos, se calcula que en promedio se agregan 2 artículos por minuto (Fiorini et al., 2018).	
SciELO	Es una gran red de información científica pionera en el acceso abierto que cubre catorce países iberoamericanos y Sudáfrica, indiza más de mil cuatrocientas cuarenta revistas de todas las disciplinas, cuatrocientos cincuenta y dos del área de la salud y da acceso a más de setecientos mil artículos, desarrollándose a modo tal que generan más de cuarenta mil <u>artículos por año y un millón y medio</u>	— —

de descargas al día (Bojo, Fraga y Primo 2020).

Gráfica 1

Gráfico de fuentes. En la siguiente gráfica se describen los tipos de documentos consultados para la recopilación de datos informativos para la presente investigación.



Gráfica 22 Gráfica de bibliografías.
Elaboración propia

3.2 Enfoque de investigación

El enfoque de la investigación es de índole cualitativa debido a que no es un estudio de campo, realizando únicamente el análisis de datos bibliográficos ya existentes, recabados de diversos lugares facilitadores de los mismos, por lo mismo no podrá ser un estudio cuantitativo ya que no se emplean datos numéricos para fundamentar dicho estudio.

La investigación cualitativa tiene una tarea difícil y no se puede esperar un grado de precisión siquiera aproximado al que suele hallarse en la investigación cuantitativa como la que se ofrece en las ciencias físico-naturales (Paz, 2017).

El modelo cuantitativo resulta con frecuencia inaplicable en muchos tipos de investigación social, aunque proporciona una base útil para establecer comparaciones con la investigación cualitativa, más común en las ciencias sociales (Paz, 2017).

3.3 Tipo de estudio

Es un tipo de estudio descriptivo, ya que no se lleva a cabo una investigación de campo, por lo que no se modificaría ningún tipo de variables, solo se realiza la recolección e interpretación adecuada de datos respecto al tema en desarrollo.

Con frecuencia la meta del investigador consiste en describir fenómenos, situaciones, contextos y sucesos; esto es, detallar cómo son y se manifiestan. Con los estudios descriptivos se busca especificar las propiedades, las características y los perfiles de personas, grupos, comunidades, procesos, objetivos o cualquier otro fenómeno que se someta a un análisis. Únicamente pretende medir o recoger información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, su objetivo no es indicar cómo se relacionan estas (Fernández, 2014).

3.4 Método de estudio

Se estará empleando el método de estudio deductivo, ya que se utiliza la integración e interpretación de los datos para determinar las causas de la lesión de los músculos

isquiosurales y los efectos del ejercicio terapéutico como protocolo de abordaje fisioterapéutico en atletas de futbol soccer.

El método deductivo empieza por las ideas generales y pasa a los casos particulares y, por tanto, no plantea un problema, sucede así con la inducción puesto que se salta de una observación limitada a una generalización ilimitada. Podremos observar cuidadosamente, hacer enumeraciones precisas del fenómeno que estudiemos, pero nunca tendremos una certidumbre plenaria que la ley, una vez generalizada, aplique por completo a todos los fenómenos de la misma especie. La deducción implica certidumbre y exactitud; la inducción, probabilidad (Paz, 2017).

3.5 Diseño de investigación.

Por lo antes expuesto el diseño de esta investigación es de tipo no experimental, debido a que no se está realizando ningún trabajo de campo, con atletas futbolistas que manifiesten lesión del grupo muscular de los isquiosurales, para la recolección de la información empleada en el desarrollo de la misma.

Podría definirse como la investigación que se realiza sin manipular deliberadamente variables. Es decir, se trata de estudios en los que no hacemos variar en forma intencional las variables independientes para ver su efecto sobre otras variables. Lo que hacemos en la investigación no experimental es observar fenómenos tal como se dan en su contexto natural, para analizarlos [*The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences*], 2009; (Hernández, 2014).

Por otro lado, la investigación es de corte transversal dado que toma datos de un momento y los analiza para poder describir sus variables y describir su relación. Ubica una o varias variables en un grupo poblacional y genera su descripción (Hernández, 2014).

La investigación analiza las variables de ejercicio terapéutico en los futbolistas con lesión de los músculos isquiosurales, en estudios de los últimos 11 años. El estudio se generó de enero a mayo del 2021.

3.6 Criterios de selección.

Para los criterios de selección se tomarán en cuenta de forma objetiva las características que deben cumplir los documentos consultados, haciendo referencia específica a la población y tema de estudio, con el ejercicio terapéutico enfocado en la rehabilitación de atletas de fútbol soccer, que serán determinados de forma más puntual en los criterios de inclusión y exclusión.

Criterios de inclusión

- Páginas de distribución informativa, tales como Ebsco, Elsevier, PEDro, Google Académico, PubMed y SciELO.
- Artículos científicos y revistas que aborden de forma directa el tema objeto de investigación, tomando en cuenta la fecha de publicación; que estos no superen los 11 años de antigüedad.
- Artículos y estudios científicos con verificación DOI.
- Tesis, tesinas y cohortes de estudio.
- Páginas web y blogs que aborden o hagan referencia al tema en desarrollo.

Criterios de exclusión

- Artículos de 12 o mayor cantidad de años de haber sido publicados.
- Libros que no tengan relación con el tema en desarrollo.
- Páginas web y blogs que aborden temas ajenos o que no tengan relación al tema que se está investigando.
- Artículos científicos, revistas y/o estudios que no se relacionan con la fisioterapia.
- Artículos que no se relacionen con el fútbol como deporte.
- Documentos que no se relacionen con la implementación de protocolos de ejercicio terapéutico como proceso de intervención fisioterapéutica en la rehabilitación de atletas con lesión en el grupo muscular de los isquiosurales.

3.7 Operativización de variables

Variables. La variable es una característica particular del objeto o sujeto, que adquiere diferentes valores, algo que cambia. La variedad y el cambio son hechos presentes en todo el mundo, “el cambio se debe a la variedad, y la variedad a su vez es simplemente el resultado del cambio” (Landeró y González, 2014).

Variable independiente. Esta variable es la que no depende de ninguna otra, es la que clarifica la variación de la variable dependiente (Landeró y González, 2014).

Variable dependiente. Esta variable depende de los valores que asuma otra variable. Es la condición que se trata de explicar, el objeto de la investigación. “...es el efecto de la variable independiente (Landeró y González, 2014).

Tabla 2 Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición operacional
Variable independiente <i>Ejercicio terapéutico</i>	Es una de las herramientas clave que los fisioterapeutas tienen a su alcance para restablecer y mejorar el bienestar cardiopulmonar o musculoesquelético de los pacientes. En vez de considerar qué ejercicio puede mejorar una lesión, el terapeuta debe plantearse qué alteraciones están relacionadas con la reducción funcional y la discapacidad de este paciente, y qué ejercicios pueden mejorar la función mediante el tratamiento adecuado de sus alteraciones (Kisner, 2004; Hall, 2006).	El ejercicio terapéutico ha manifestado ser de gran utilidad y apoyo en el proceso de rehabilitación en pacientes, presentando resultados positivos en la reincorporación deportiva de los atletas con lesión de los músculos isquiosurales. Dicho proceso de rehabilitación debe ser dosificado adecuadamente para mitigar y reducir al máximo las recurrencias a la lesión y a su vez cumplir con el objetivo planteado en el tratamiento, rehabilitar y reintegrar a las actividades deportivas al atleta.
Variable dependiente <i>Lesión de los isquiosurales</i>	Existe un amplio espectro de lesiones relacionadas con los músculos isquiosurales que pueden ocurrir en el atleta. Estos incluyen distensiones de los isquiosurales, avulsiones del tendón de la corva proximales completas y parciales, avulsiones apofisarias isquiáticas, tendinopatía del tendón de la corva proximal y dolor referido en la parte posterior del muslo. De estos, las distensiones de los músculos isquiosurales son la lesión relacionada con los músculos isquiosurales más frecuente. Las distensiones agudas de los músculos isquiosurales a menudo dan como resultado un tiempo de recuperación significativo y tienen un período prolongado de mayor susceptibilidad a lesiones recurrentes. Esta alta tasa de recurrencia sugiere un programa de rehabilitación inadecuado, un regreso prematuro al deporte o una combinación de ambos (Erickson, 2017).	La lesión de la musculatura de los isquiosurales afecta drásticamente el desempeño del atleta de fútbol, anulando la participación hasta la recuperación, siendo éste tipo de lesión una de las más frecuentes en deportes de carrera como lo es el fútbol soccer y tomando en cuenta los movimientos oscilatorios, recepción de cargas, saltos, pateos, choques contra el rival, dentro del desempeño físico en el juego, ya que por dicha frecuencia suele haber una alta susceptibilidad, alta recurrencia (en casos de una rehabilitación inadecuada o un regreso prematuro al deporte) y una baja deportiva más prolongada a la primera o a la lesión previa.

Fuente: Autoría propia.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el siguiente capítulo, estaré presentando el análisis obtenido de los datos recabados a lo largo de la investigación y revisión bibliográfica sobre ejercicios de fortalecimiento de los músculos isquiosurales, así mismo trataremos de determinar el tipo de ejercicios que sugieran o permitan obtener mejores resultados para la rehabilitación de las lesiones de los músculos isquiosurales en atletas de futbol soccer, permitiendo evidenciar por medio de las tablas de resultados, la mayor información que permita y sugiera la veracidad y nivel de efectividad de las propuestas de entrenamiento, así mismo estaré hablando de la conclusión de esta investigación bibliográfica y las perspectivas de investigación que permitan esclarecer la objetividad de la misma.

4.1 Resultados

Objetivo 1. Describir por medio de la revisión de artículos científicos, las modalidades de ejercicio terapéutico empleados en el proceso de rehabilitación fisioterapéutica en atletas con lesión de la musculatura isquiosural para su correcta aplicación en las distintas etapas de recuperación.

Autor	Lovell et al. (2018).
Estudio	Propósito de estudio y tiempo: El estudio consiste en examinar los efectos de un programa de 12 semanas de duración, empleando ejercicios nórdicos (NHE) para la musculatura de los isquiosurales, ejecutados antes o después del entrenamiento de Fútbol, enfocado en la fuerza excéntrica de los isquiosurales, actividad muscular y adaptaciones arquitectónicas de la musculatura. Así mismo el objetivo de

este estudio fue examinar la fuerza excéntrica, activación neural y adaptaciones de la arquitectura muscular del bíceps femoral, quincenalmente en jugadores aficionados.

Población empleada:

Para el desarrollo de éste, fueron invitados a participar setenta y dos jugadores amateurs, representando a cinco diferentes equipos de una liga ubicada localmente a la universidad de Western Sydney. De la misma manera, los jugadores estuvieron activamente compitiendo semanalmente, en partidos de 90 minutos y cada equipo de los cinco representados, organizó sesiones de entrenamiento quincenales durante la temporada; llevándose a cabo el estudio durante la fase competitiva de la temporada en los meses de invierno australiano del mes de junio al mes de agosto. De los setenta y dos jugadores, únicamente cuarenta y dos jugadores aceptaron y brindaron su consentimiento informado por escrito y verbal conformado por jugadores de Edad: 26.6 +- 4.7 años; estatura 178.1 +- 5.9cm; peso 77.4+- 11.4 kg. Cabe destacar que los jugadores involucrados en el estudio no padecían de ninguna lesión musculoesquelética y no habían padecido alguna en los últimos seis meses previos al estudio.

Dosificación:

Los jugadores fueron divididos en 3 grupos, asignados aleatoriamente, dos de los cuales eran grupos experimentales y el otro grupo actuó como grupo control (NHE CON). Los grupos experimentales realizaron un programa de 12 semanas de NHE administrados, por los asistentes de la investigación, ya sea antes (NHE Bef) o después (NHE en Popa) de realizar los entrenamientos habituales en sus equipos de fútbol.

Resultados

Efectos Fisiológicos del estudio:

El cumplimiento del programa NHE fue probable mayor (efecto pequeño) en el NHE EN POPA grupo de entrenamiento (media: 46,8%; 40,8% a 52,8%) versus NHE BEF (significar: 34,7%; 28,1% a 41,4%). El grupo de control asumió el 47,5% (Rango: 26,0% al 60,0%) del programa de estabilidad central utilizado para enmascarar los objetivos del estudio, ambos grupos de entrenamiento NHE aumentaron el torque excéntrico promedio versus CON (probable efectos pequeños-moderados). NHE EN POPA tuvo mayores cambios en el torque promedio versus CON en el rango medio de la contracción isocinética (30-60 ° de rodilla flexión; probables efectos moderados). Según la arquitectura muscular del bíceps femoral, el grosor y ángulo de penetración aumentaron en el NHE en popa, grupo de entrenamiento versus ambos NHE BEF y CON, mientras que el cambio estimado en la longitud del fascículo del bíceps femoral (en términos absolutos y de grosor) fue mayor en el grupo NHE BEF versus NHE En POPA y CONTROL.

A pesar del cumplimiento relativamente modesto del programa en ambos grupos de entrenamiento, observamos lo siguiente: 1) el pico de torque excéntrico del flexor de rodilla fue mejorado por el programa NHE, independientemente de su programación; 2) la realización del NHE también aumentó la fuerza excéntrica de los isquiotibiales en la posición de la articulación extendida asociada con el mecanismo de lesión por extensión de los isquiotibiales más común; 3) la activación del músculo bíceps femoral durante las contracciones excéntricas máximas aumentó en todo el rango de movimiento para ambos grupos NHE; y 4) grosor del músculo bíceps femoral y ángulo de penetración solo aumentaron después de NHE EN POPA, sin embargo, la longitud del fascículo del bíceps femoral aumentó exclusivamente en NHE BEF.

Autor Merino, (2014).

Estudio **Propósito de estudio** El propósito de este estudio es aplicar la técnica de estiramiento para los isquiosurales denominado estiramiento del ángulo poplíteo y determinar el aumento o no de la flexibilidad de la musculatura isquiotibial en los jugadores de las categorías formativas del Club Deportivo Universidad Católica, de Quito, **Población empleada:** la muestra de este estudio se encuentra conformada por 50 jugadores entre los equipos sub 16 y sub 18 en los que se observa un aumento del 32 % de estiramiento en la pierna derecha y un 35% de estiramiento en la pierna izquierda, este porcentaje se obtuvo cuando se aplicó un leve forzamiento en el estiramiento y obteniendo un 58% de incremento del estiramiento en la pierna derecha y en la pierna izquierda un incremento del 62%. en cuanto a la población es un poco complejo confirmarla ya que es una revisión bibliográfica.

Resultados Luego de los análisis pertinentes se ha logrado confirmar la hipótesis de trabajo, es decir, la aplicación de una técnica profesional de estiramiento incide positivamente en el aumento de los niveles de estiramiento de la musculatura isquiotibial y por ende en la flexibilidad y elasticidad en los miembros inferiores.
Efectos Fisiológicos del estudio: se logró comprobar que el aumento en la longitud de los miembros inferiores por la aplicación de los estiramientos ha sido bastante efectivo. Estas técnicas brindan diversos resultados incluso diferentes en la pierna izquierda y/o derecha del mismo jugador.

Autor Gutiérrez, (2013).

Estudio **Propósito de estudio:** El objetivo principal de esta revisión sistemática es verificar la eficacia de los métodos de entrenamiento a la hora de prevenir lesiones en los músculos isquiotibiales.
Métodos: Para realizar la búsqueda de los estudios se han utilizado tres bases de datos como son Pubmed, Science Direct y PEDro ya que en otras bases de datos no encontré material adecuado para mi trabajo y tras descartar los diversos artículos que no cumplían con los criterios de selección, he obtenido un total de 13 artículos. Más tarde y una vez comenzado la lectura de los artículos, se descartaron por diversos criterios tantos que mi trabajo se basa en 5 artículos específicamente.

Resultados **Efectos Fisiológicos del estudio:**
El entrenamiento en pretemporada de los músculos isquiotibiales a través de ejercicios excéntricos afecta positivamente a reducir el riesgo de las lesiones durante la temporada posterior. Este entrenamiento produjo mejoras en los siguientes aspectos: incremento de la fuerza tanto concéntrica como excéntrica de los isquiotibiales, el tiempo de velocidad máxima de carrera fue más corto y disminuye el riesgo de lesiones.
El trabajo de la fuerza de la musculatura isquiotibial a través del ejercicio excéntrico (Nordic Ham-string) en comparación al trabajo de la fuerza muscular realizado a través del Curl tradicional reduce el riesgo de sufrir una lesión ya que con el ejercicio excéntrico se fortalece más la musculatura con la consiguiente disminución del posible riesgo de lesión.
A su vez, se toma en consideración que los jugadores que hayan sufrido anteriormente una lesión en los isquiotibiales tienen más del doble de posibilidades de sufrir una nueva lesión en comparación a los jugadores que no han sufrido una lesión anterior.
El entrenamiento específico del grupo muscular de los isquiotibiales debería de ser utilizado en el mundo del futbol, tanto desde el punto de vista de la prevención de lesiones como en la mejora en el rendimiento, la fuerza excéntrica de los isquiotibiales disminuye en función del tiempo y después del intervalo de descanso. Hay un mayor riesgo de lesiones en esos momentos específicos, especialmente en movimientos explosivos. Padecer una lesión anterior en los músculos isquiotibiales es un factor de riesgo a la hora de sufrir posibles nuevas lesiones. Los ejercicios excéntricos a la vez que fortalecen los isquiotibiales reducen el riesgo de sufrir una lesión en la zona.

Objetivo 2. Comparar con base a la evidencia los protocolos de ejercicio terapéutico empleados en la rehabilitación de atletas de fútbol soccer con lesión de isquiosurales para determinar cuál es el que brinda mejores resultados.

Autor	Manson, Dickens y Vail (2012).
Estudio	<p>Propósito de estudio: El desarrollo de este estudio, busca evaluar la efectividad de las estrategias de rehabilitación empleadas para promover el retorno a la fuerza total, mejora en la función y rangos de movimiento de la lesión de la musculatura de los isquiosurales sin importar el musculo en específico que se haya lesionado.</p> <p>Población empleada, tiempo y dosificación: Para el desarrollo, se incluyó dos ensayos en la revisión, con un total de 104 participantes. Un ensayo evaluó el estiramiento adicional (cuatro veces al día) versus una vez al día y el otro evaluó el ejercicio para la disfunción del movimiento versus el estiramiento y el fortalecimiento.</p>
Resultados	<p>Efectos Fisiológicos del estudio: En los estudios se analizó el estiramiento como un elemento de intervención para la lesión de los isquiosurales. Esto refleja la importancia asociada con esta técnica en los enfoques contemporáneos de la rehabilitación de los isquiotibiales en la literatura disponible. Malliaropoulos 2004 sugirió que una mayor frecuencia de estiramiento diario (cuatro veces al día en comparación con una vez) acelera el proceso de rehabilitación y, por lo tanto, sugiere un efecto positivo a corto plazo.</p> <p>La investigación no establece cifras de re-lesión; Jerez 2004 estableció que los atletas que realizaban un programa de agilidad progresiva y estabilización del tronco presentaban una tasa de re-lesiones significativamente más baja tanto a las dos semanas como a los 12 meses después del regreso completo a la actividad deportiva. Se sugiere que la menor incidencia de recurrencia podría atribuirse posiblemente a un mayor control neuromuscular de la columna lumbar y la pelvis (desde donde los isquiotibiales se adhieren a la tuberosidad isquiática). Sin embargo, como no se tomaron medidas de estabilización del tronco o control neuromuscular durante el curso del estudio, admiten que no es posible identificar una relación. Podría deberse a otro aspecto del control motor.</p> <p>En conclusión, es sumamente interesante conocer el punto de vista como investigadores, ya que a pesar de obtener buena información de fuentes confiables y de procedencia segura, se ha encontrado que existe evidencia limitada que sugiere que el tiempo de recuperación de los atletas de élite puede reducirse con una mayor frecuencia diaria de ejercicios de estiramiento de los isquiotibiales. Existe evidencia preliminar de otro pequeño estudio de atletas con habilidades mixtas que sugiere que el ejercicio para corregir la disfunción del movimiento podría reducir el tiempo para volver a la actividad completa y el riesgo de una nueva lesión. Se requieren más estudios para verificar estos hallazgos. Hasta que no haya más evidencia disponible, la práctica actual y los protocolos de rehabilitación ampliamente publicados no pueden ser respaldados ni refutados, de esta manera sugieren una posible mejora continua en los futuros protocolos de intervención en personas o atletas con lesiones en la musculatura de los isquiotibiales.</p>
Autor	Rodríguez (2018).
Estudio	<p>Propósito de estudio: El siguiente estudio tiene como fin, comparar la afectividad del ejercicio terapéutico en el fortalecimiento, rehabilitación y prevención de la ruptura de los músculos isquiosurales y analizar las diferentes variables de aplicación de ejercicio terapéutico tales como lo son los</p>

ejercicios excéntricos, concéntricos, isocinercial y propioceptivo; enfocando nuestro proceso de análisis en los ejercicios de tipo excéntrico y los ejercicios de tipo concéntricos y el analizar el tiempo promedio de la recuperación en la mejora de la funcionalidad a través del ejercicio en deportistas.

Población empleada: la población empleada en este estudio es variable, ya que es un análisis de diversos estudios y no brinda un estudio sobre un grupo poblacional específico.

Tiempo y dosificación:

Este estudio en el análisis de ejercicio excéntricos propone el empleo de ejercicios tipo “Gold Standard”, ejercicios de isquiosurales con cinturón ruso (ECR), Ejercicios Nórdicos (EIN), peso muerto excéntrico para una y para dos piernas y deslizamiento excéntrico. Según el estudio, destaca que el fortalecimiento por medio de ejercicios excéntricos es el ideal para mejorar el alargamiento e hipertrofiar la musculatura, mejorando y/o aumentando considerablemente la fuerza. De la misma forma éste estudio aborda los ejercicios concéntricos, mencionando también tener alto grado de efectividad en relación a los flexores de rodilla, persistiendo estas mejoras durante un periodo de desentrenamiento de hasta 28 días, pero así mismo, el fortalecimiento por medio de ejercicios concéntricos tiende a acortar las fibras musculares comparado al entrenamiento excéntrico que aumenta significativamente la longitud muscular.

Resultados En cuanto a los resultados y tomando en cuenta el estudio aquí referido, se ha podido analizar e interpretar que la aplicación del ejercicio excéntrico, concéntrico, isoinercial, propioceptivo y pliométrico ofrecen mejoras de la funcionalidad en las lesiones de isquiotibiales en deportistas, siendo el ejercicio excéntrico el que ofrece mejores prestaciones con respecto a la funcionalidad, tiempo de retorno y disminución del riesgo de recaídas. Sin embargo, no encontramos ningún ejercicio que consiga estimular uniformemente toda la musculatura isquiotibial, aunque sí hay ejercicios en cuya activación muscular predomina ciertos músculos como lo es el ejemplo del Bíceps femoral. Así mismo se destaca que los cambios obtenidos son el aumento de la fuerza muscular en fase excéntrica, aumento de la longitud, disminución del tiempo de recuperación y aumento en el tiempo de vuelta a las actividades.

Autor Askling, Tengvar y Thorstensson (2013).

Estudio **Propósito de estudio:** El objetivo principal de este documento bibliográfico, es comparar la efectividad de dos protocolos de rehabilitación después de una lesión aguda de los músculos del grupo de los isquiosurales, en jugadores de fútbol de élite suecos, evaluándolos por cierto tiempo, necesario para el retorno a la práctica del fútbol y sus actividades competitivas dentro del club en que milita.

Población empleada: Se contrató tanto a un total de 75 jugadores masculinos como femeninos gracias a los equipos médicos que trabajan con el fútbol de élite en Suecia. El tiempo total de contratación fue de 33 meses, enero de 2009 – septiembre 2011. Se incluyeron en el estudio cinco jugadores, principalmente de las dos divisiones más altas, todos con signos clínicos de lesión aguda de los músculos isquiotibiales, que fueron confirmados por MRI. Se utilizó un proceso de asignación al azar para asignar a los jugadores a cualquiera de los dos protocolos, el protocolo L o el protocolo C, respectivamente. Se llevó a cabo el análisis por género y tipo de lesión, es decir, lesión de tipo sprint o tipo de estiramiento. Además, 11 jugadores con signos clínicos de lesión aguda en el tendón de la corva, pero donde la resonancia magnética no mostró signos de lesión fueron, seguidos en paralelo.

Método:

El protocolo L va dirigido principalmente a cargar los isquiotibiales durante un alargamiento extenso, principalmente durante las acciones musculares excéntricas. Por el contrario, el protocolo C consistió en ejercicios convencionales para los isquiotibiales con menos énfasis en el alargamiento. Cada protocolo de rehabilitación constaba de tres ejercicios diferentes, donde el ejercicio 1 estaba dirigido principalmente a aumentar la flexibilidad, el ejercicio 2 fue un ejercicio combinado para la fuerza y la estabilización del tronco / pelvis y el ejercicio 3 fue más específico el ejercicio de entrenamiento de fuerza. Todos los ejercicios se

realizaron en el plano sagital. La intensidad y el volumen de entrenamiento se igualaron lo más posible entre los dos protocolos. Las sesiones de entrenamiento fueron supervisadas, al menos una vez por semana, durante todo el período de rehabilitación, y la velocidad y la carga se incrementaron con el tiempo. No se permitió la provocación de dolor en ningún momento durante la realización de los ejercicios.

Resultados En cuanto a los resultados, en cuestión del manejo de tiempo, el grupo del protocolo L en comparación con el grupo C, el tiempo del retorno a las actividades físicas fue más corto, manteniendo una media de 28 días sobre 51 días. Estos resultados manifiestan la diferencia entre tiempos de recuperación y los tiempos de reinserción a las actividades deportivas de una forma efectiva, disminuyendo el riesgo a una nueva lesión.

La implementación de protocolos excéntricos como método de tratamiento en las lesiones de los músculos isquiosurales, suelen ser las óptimas para la rehabilitación en los atletas de futbol soccer. La ejecución de los ejercicios excéntricos como método de abordaje ha demostrado el regreso ligeramente más corto de los jugadores a sus actividades deportivas, en dicha propuesta de tratamiento “protocolo L”. El tiempo de regresar fue significativa y ligeramente más corto para los jugadores en el protocolo L, media 28 días (1DE \pm 15, rango 8 - 58 días), en comparación con el protocolo C, media 51 días (1DE \pm 21, rango 12 - 94 días). Independientemente del protocolo, el tipo de estiramiento de la lesión de los isquiotibiales tomó tiempo considerable de retorno significativamente más largo que el tipo sprint, protocolo L: media 43 frente a 23 días y protocolo C: media 74 frente a 41 días, respectivamente. El protocolo L fue significativamente más eficaz que el protocolo C en ambos tipos de lesiones. Se registró una nueva lesión, en el protocolo C.

Objetivo 3. Identificar mediante la consulta de fuentes bibliográficas los beneficios de la aplicación de ejercicio terapéutico para el tratamiento de futbolistas con lesión de la musculatura de los isquiosurales.

Autor	Gómez, (2020).
Estudio	<p>Propósito de estudio: El objetivo principal del trabajo es demostrar la efectividad del ejercicio nórdico de isquiotibiales, como ejemplo de ejercicio excéntrico, en la prevención de las lesiones de la musculatura isquiotibial en deportistas y plantear una propuesta de intervención adecuada en base a este ejercicio.</p> <p>Metodología de estudio: La metodología implementada, es la revisión bibliográfica sistemática a partir de la literatura obtenida en plataformas PubMed, PEDro y ScienceDirect; seleccionando artículos en función de criterios de elegibilidad y de la calidad metodológica adecuada en base a los ejercicios excéntricos y nórdicos.</p> <p>Tiempo y población: En el desarrollo de este estudio, fueron consultadas diversas bibliografías, quienes emplean tiempo de estudio desde las 10 semanas hasta las 13 semanas para la implementación de protocolos de ejercicios nórdicos realizando los ejercicios previo a los entrenamientos habituales dentro de los clubes a los que los jugadores pertenecen y bien posterior, además de algunos de los grupos control que únicamente realizaron los ejercicios pertenecientes al programa de entrenamiento futbolístico. En cuanto a la población empleada para el desarrollo de este estudio es poco certera la información brindada, ya que es una revisión bibliográfica sobre estudios de los ejercicios nórdicos, por tanto, cada estudio consultado posee diversa cantidad de población, pero se concuerda y se logra ratificar en los resultados que los efectos fisiológicos son similares en la mayoría de los estudios consultados.</p>

Resultados	<p>Efectos Fisiológicos del estudio: como bien se menciona en área de tiempos y dosificación, tomando en cuenta el proceso de trabajo implementado en las diversas bibliografías utilizadas para elaborar el documento consultado, se menciona que en cuanto a las modificaciones y beneficios obtenidos posterior a los protocolos propuestos, mencionan que las lesiones de los músculos isquiotibiales se ha reducido de manera significativa en comparación de los jugadores del grupo control, al igual que lesiones recidiventes, las diversas bibliografías han arrojado el mismo tipo de resultados, incluyendo el aumento significativo de la fuerza excéntrica, sin referir cambios en la angulación de la rodilla, en cuanto a la arquitectura muscular se logró observar y destacar que el volumen muscular y el área de la sección transversal del BF y el Semitendinoso aumentaron significativamente (hipertrofia muscular) así mismo se destaca que por medio de estudios de imagen (ecografía) se logró observar cambios en la longitud del BF. También comprobaron mediante electromiografía (EMG) que, tanto la actividad del bíceps femoral como la del semitendinoso y el semimembranoso, aumentó a lo largo del rango de movimiento en los distintos grupos intervención en comparación con el grupo control. El grupo de los isquiosurales experimentaron un aumento significativo de la activación en los dos últimos tercios del rango de movimiento durante la fase descendente del NHE, es decir, en posiciones de mayor extensión de rodilla.</p>
Autor	Bourne et al. (2017).
Estudio	<p>Propósito de estudio: Este estudio es dirigido a pacientes con lesión de la musculatura de los isquiosurales, específicamente la distensión de dicho grupo muscular experimentadas por atletas que practican deportes con base de carrera, siendo la lesión más prevalente en los mismos.</p> <p>Población empleada: Para el método de estudio fue necesario reclutar a 24 hombres recreativamente activos para este estudio observacional de dos partes. Parte 1: Exploramos las amplitudes y las proporciones de la electromiografía normalizada lateral (BF) del tendón de la corva normalizada (nEMG) durante las fases concéntricas y excéntricas de 10 ejercicios de entrenamiento de fuerza comunes. Parte 2: Utilizamos resonancia magnética funcional (fMRI) para determinar los patrones espaciales de activación de los isquiotibiales durante dos ejercicios que activaron de forma más selectiva y menos selectivamente el BF.</p> <p>Tiempo y dosificación: Para el desarrollo de este estudio se implementaron los ejercicios nórdicos para el fortalecimiento de los músculos isquiosurales, estos son ejercicios excéntricos que permiten el fortalecimiento de dicho grupo muscular. La propuesta de protocolo es realizar 1. Los participantes completaron cinco series de 10 repeticiones de cada ejercicio con intervalos de descanso de 1 minuto entre series. Todos los sujetos completaron 50 repeticiones con éxito. Durante los períodos de descanso, los participantes permanecieron sentados (para el ejercicio de extensión de la cadera) o en decúbito prono (ejercicio nórdico de isquiotibiales) para minimizar la activación de los músculos isquiosurales. El ejercicio de extensión de cadera a 45 ° se realizó de forma unilateral (con la extremidad elegida al azar), con una carga inicial correspondiente a cada participante aproximadamente 12RM. Sin embargo, si el participante ya no podía completar el ejercicio con la carga asignada, el peso se reducía gradualmente en incrementos de 5 kg hasta que se podía completar a la velocidad deseada (2 s hacia arriba y 2 s hacia abajo), que fue controlada por un metrónomo electrónico. El ejercicio nórdico se realizó de forma bilateral solo con el peso corporal. Los participantes recibieron apoyo verbal de los investigadores durante todas las sesiones de ejercicio para promover el máximo esfuerzo. Todos los participantes fueron devueltos al escáner inmediatamente después del cese del ejercicio, y las exploraciones posteriores al ejercicio comenzaron dentro de 148,6 ± 24 s.</p>

Resultados	<p>Efectos Fisiológicos del estudio: en cuanto a los efectos fisiológicos se ha logrado evidenciar mayor reclutamiento de las fibras del bíceps femoral, aumento de la longitud de las fibras de los músculos isquiosurales al igual que el aumento de la fuerza, siendo este tipo de ejercicios sumamente beneficiosos en cuanto a protección se refiere, permitiendo mejorar las cargas sobre el MMII sin aumentar el riesgo de lesión de los isquiosurales y mitigando los riesgos de lesiones en la práctica deportiva.</p> <p>En cuanto el ejercicio nórdico de isquiosurales es efectivo en la reducción de la distensión de los músculos isquiosurales (Ham-string injuries) en los atletas de futbol soccer, siempre que el cumplimiento sea el adecuado. Así mismo se ha encontrado previamente que los ejercicios nórdicos activan preferentemente el semitendinoso, y esto podría interpretarse como evidencia de que el ejercicio es subóptimo para la protección contra las lesiones por esfuerzo relacionadas con la carrera que afecta predominantemente el BF Cabeza larga. Es muy posible que los ejercicios nórdicos confieran beneficios para la prevención de lesiones. Este estudio, ha proporcionado evidencia EMG que muestra, a pesar de la activación relativamente selectiva del semitendinoso, que el BF todavía estaba fuertemente activado durante este ejercicio. De hecho, BF nEMG fue mayor durante los ejercicios nórdicos que durante la fase excéntrica de cualquier otro ejercicio, y la evidencia de este ejercicio, sugiere efectos protectores, que las acciones excéntricas solas en un programa de entrenamiento son suficientemente eficientes para hacer que los isquiosurales sean más resistentes a las lesiones por esfuerzo. Hasta cierto punto, estos beneficios protectores, que puede estar mediada por el alargamiento de BF (Cabeza larga) lo que se esperaría que mejore la fuerza de este músculo en longitudes largas y reducir su susceptibilidad al daño inducido por el ejercicio.</p>
-------------------	---

Autor	Guerra, Flórez & Bustamante, (2019).
Estudio	<p>Propósito de estudio: El propósito de esta bibliografía es comparar y estudiar los ejercicios excéntricos implementados en la lesión de los músculos isquiosurales y permitir evidenciar los efectos de los mismos en atletas que practiquen deportes de aceleración y desaceleración.</p> <p>Metodología: Para localizar los artículos aquí presentados se ha realizado una revisión de tema en las bases de datos ProQuest Central y SAGE Journals. Se realizó una revisión de tema sobre el efecto del ejercicio excéntrico en la prevención de lesiones musculares de los músculos isquiotibiales, los beneficios de los ejercicios excéntricos en la profilaxis de las lesiones musculares dirigidas a deportistas y publicados en artículos científicos.</p> <p>Población empleada: en cuanto a la población empleada en el desarrollo de este estudio, es complejo cuantificarla, ya que esta bibliografía está construida a partir de 10 artículos que permitieron la construcción del mismo.</p>
Resultados	<p>Efectos Fisiológicos del estudio: La mayoría de estudios son en jugadores de futbol y aunque equipos de futbol australiano (Australian rules football) han adoptado el Curl nórdico como método preventivo, la incidencia de lesiones musculares no disminuye. En otro de los estudios se concluyó que no solo el entrenamiento excéntrico es un método preventivo, que el equilibrio de fuerza entre las dos extremidades mitiga el riesgo de lesiones futuras.</p> <p>El ejercicio excéntrico tiene como finalidad, la modificación desde la morfología muscular, la alineación de las fibras, el área transversal y el ángulo de peneación, el ejercicio excéntrico no solo es parte de la intervención fisioterapéutica, sino que también influye en el control neuromuscular, en la prevención de lesiones. De la información recolectada se logró evidenciar que la mayoría de los artículos están de acuerdo que el entrenamiento de fuerza excéntrica con ejercicio de Curl Nordic reduce la incidencia de lesiones en deportes como el futbol, rugby, basketball, atletismo, béisbol entre otros. Siendo este un método preventivo en entorno deportivo, que debe tener un enfoque multidimensional con la combinación de varios ejercicios direccionados a el gesto deportivo. Se recomienda evidenciar el uso de otros ejercicios excéntricos para prevención, no solo los convencionales como es el Curl Nordic y además que sean ejercicios enfocados a cada deporte y sus respectivos gestos técnicos la incidencia de lesiones de isquiotibiales parece disminuir con el programa de trabajo de fortalecimiento excéntrico, futuros estudios deberán investigar sobre ejercicios indicados</p>

para las diferentes porciones del musculo isquiotibial, no solo centrarse en la parte excéntrica que cumple el semitendinoso y semimembranoso durante la aceleración y desaceleración sino de la función concéntrica e isométrica del bíceps femoral en la fase de apoyo y retroceso.

Finalmente se recomienda que los equipos que utilizan el ejercicio nórdico solo o en combinación con programas de prevención de lesiones podrían disminuir las tasas de lesiones isquiotibiales a largo plazo en comparación con los equipos que no lo hacen.

*Tabla 3 Tabla de resultados.
Autoría propia.*

4.2 Discusión

El objetivo y motivación de este estudio fue llevar a cabo el análisis de información que permita conocer y reconocer mejores estrategias en protocolos de ejercicio terapéutico empleado en atletas de futbol con lesión de la musculatura de los isquiosurales. Cabe destacar que, a lo largo de dicho análisis de bibliografías, fue posible corroborar y encontrar muchas similitudes en cuanto a la modalidad de las lesiones de los músculos isquiosurales, siendo de las más destacadas en los deportes de carrera en su mayoría, en este caso particular, el enfoque investigativo es en atletas pertenecientes a la rama deportiva del futbol soccer.

Según Lovell et al. (2018), estudia los efectos de un programa de 12 semanas de ejercicios nórdicos para los isquiosurales, que se emplean en diversos momentos del entrenamiento de futbol regular, siendo estos momentos antes o después de las actividades deportivas, éste se enfoca en la ejecución de ejercicios en fase excéntrica, permitiendo mejoras sobre la arquitectura muscular del bíceps femoral, activación a nivel neural con un periodo de intervalo de quince días teniendo un menor efecto el programa de ejercicios Nórdicos posterior a la sesión de entrenamiento regular en comparación del grupo que los ejecuta previo a la sesión de entrenamiento regular. Obteniendo resultados favorables en cuanto al torque excéntrico brindado por la implementación de ejercicios nórdicos, aumentando la fuerza excéntrica de los

isquiosurales y aumentando la activación en la contracción del bíceps femoral durante las contracciones excéntricas.

En la tesis elaborada por Gómez, (2020) quien propone un protocolo de intervención ejecutado a lo largo de diez semanas, distribuyendo las sesiones de entrenamiento de tal forma que los atletas realicen las actividades al inicio y al final de las sesiones de entrenamiento, alternando los días. Lamentablemente este estudio no manifiesta puntualmente resultados sobre su propuesta de entrenamiento, únicamente destaca resultados de las bibliografías empleadas para la elaboración de su propuesta de tratamiento, destacando que los ejercicios nórdicos disminuyen significativamente la incidencia de nuevas lesiones y genera mayor activación de los músculos semitendinoso y bíceps femoral en su cabeza corta, en comparación de las demás fibras que componen los isquiosurales.

Gómez (2020), destaca la implementación de ejercicios excéntricos como un tratamiento altamente efectivo en cuanto a la mejora de las capacidades físicas en los atletas atendidos. Sugiriendo que el desarrollo de ejercicios excéntricos brinda ganancias en cuanto a la fuerza en comparación de ejercicios concéntricos.

Manson, Dickens y Vail (2012) destacan que el desarrollo de su estudio busca evaluar la efectividad en estrategias de rehabilitación propuestas para la promoción del retorno de la fuerza total, rangos de movilidad sin que sea relevante el musculo o fibra lesionada. Incluyendo un total de 104 participantes en donde también evalúan los ejercicios de estiramiento y destacan que podrían optimizar la recuperación de hasta un 95% en comparación de quienes no ejecutaron dichos estiramientos.

Merino, (2014). En cuanto a este estudio, fue posible evidenciar que la aplicación de técnicas de estiramientos sobre el grupo muscular de los isquiosurales, incide positivamente en el aumento de los niveles de elongación del grupo muscular antes sugerido, aumentando la

flexibilidad y elasticidad del grupo muscular, a pesar de estos resultados, también destacan que el efecto puede ser variable en cada uno de los miembros inferiores, teniendo mayor amplitud en uno más que en otro, no es en todos los casos pero existen las probabilidades.

Algunos de los artículos mencionados a lo largo del desarrollo de esta investigación tales como Askling, Tengvar y Thorstensson (2013) y Gutiérrez, (2014), sugieren que una de las mejores propuestas de protocolo de intervención de ejercicio terapéutico para los isquiosurales son los ejercicios excéntricos, entre los más destacados los ejercicios nórdicos y los ejercicios de Curl tradicional, evidenciando mejoras en la arquitectura muscular, fuerza, capacidad de reclutamiento de fibras musculares, capacidad de resistencia al ejercicio, mejora o mantenimiento del ángulo de la rodilla en relación a la función de los isquiosurales

Por su parte, Guerra, Flórez y Bustamante, (2019), también analizan el empleo de los ejercicios excéntricos implementados como protocolos de rehabilitación en lesiones de los isquiosurales, utilizando diez artículos como base para la fundamentación del estudio, mencionan que el ejercicio excéntrico conocido como Curl Nórdico, ha sido empleado como método preventivo de lesiones de los isquiosurales y disminuye los riesgos de lesión en el grupo muscular referido, a su vez modifica la morfología muscular, permite la alineación de las fibras, el área transversal muscular y el ángulo de peneación, además que beneficia y aumenta el control neuromuscular. Se logró concretar por medio de este estudio, que gran parte de los artículos empleados coinciden en que los ejercicios de Curl Nórdico reducen la incidencia en lesiones en deportes como el fútbol soccer, rugby, atletismo y demás, donde los gestos deportivos están relacionados directamente con la carrera y el manejo de cargas dinámicas tales como la aceleración y desaceleración en la práctica de los deportes referidos y similares a estos. En conclusión, el estudio recomienda que los equipos que utilizan el ejercicio nórdico solo o en combinación con programas de prevención de lesiones podrían

disminuir las tasas de lesiones isquiotibiales a largo plazo en comparación con los equipos que no lo hacen.

En el estudio de Bourne et al. (2017), se analiza por medio de electromiografía la amplitud de los músculos isquiosurales destacando mayor activación del Bíceps femoral y se analiza por medio de resonancia magnética funcional, enfocándose en la lesión de los isquiosurales a causa de ejercicios de velocidad para determinar los patrones espaciales de activación de los isquiotibiales durante dos ejercicios que activaron de forma más selectiva y menos selectiva, empleando ejercicios nórdicos con el peso corporal, interpretando que los ejercicios de extensión de cadera están enfocados de manera selectiva en el músculo bíceps femoral y en cuanto a los ejercicios nórdicos es efectivo en la reducción de la distensión de los músculos isquiosurales en atletas de fútbol soccer y refiriendo la activación del semitendinoso, evidenciando la posibilidad que los ejercicios nórdicos aporten beneficios para la prevención de lesiones y con propiedades protectoras a las lesiones por esfuerzo.

Finalmente el estudio de Manson, Dickens y Vail (2012), el cual es bastante interesante, también fue posible evidenciar que el estiramiento cumple una importante función en el proceso de recuperación/rehabilitación, destacando que el empleo repetitivo de estiramientos en estos músculos aumenta la longitud del músculo, disminuyendo la incidencia de lesiones y reincidencia en lesiones en la actividad deportiva, mejorando la capacidad de recepción de cargas sin exceder las capacidades del soporte de la misma por parte de los isquiosurales. También destaca la mayor tasa de activación de la cabeza corta del bíceps femoral y el músculo semitendinoso en la ejecución de protocolos de ejercicios nórdicos de los isquiosurales.

4.3 Conclusión

Por medio de esta investigación, fue posible acceder a datos que fueron sometidos a análisis con la finalidad de encontrar los beneficios de los protocolos de ejercicios terapéutico adecuados o con mayor evidencia para atletas de futbol soccer con lesión en la musculatura de los isquiosurales, independientemente del músculo afectado, se ha logrado validar la información por medio de comparación entre diversas bibliografías, que los ejercicios excéntricos y los ejercicios de estiramiento de los isquiosurales, son la mejor opción en el proceso de prevención, fortalecimiento y rehabilitación, permitiendo la reintegración de los atletas en un menor tiempo, con una menor reincidencia a la lesión y aumentando las capacidades físicas musculares, siendo la longitud muscular y fuerza muscular las que han tenido una mejora considerable.

En cuanto al proceso de rehabilitación por medio de ejercicio terapéutico, se encontraron artículos que emplearon rutinas de entrenamiento excéntrico específico para musculatura de los isquiosurales, previo al entreno regular con el equipo de futbol o posterior, sin presentar diferencia en cuanto al momento de ejecución de los ejercicios, también se encontraron resultados positivos en atletas que realizaron ejercicios de estiramiento en diferentes momentos del día, realizando en total 4 series de estiramiento a lo largo del día, generando un aumento en la longitud del grupo muscular y manifestando menor recurrencia a lesión o una reincidencia a la lesión. Así mismo, se encontraron diferentes artículos e investigaciones que evidencian que los ejercicios nórdicos para los isquiosurales son de las mejores opciones en protocolos de ejercicios excéntricos ya que el por el proceso de contracción excéntrica aumenta la longitud y la fuerza considerablemente en los atletas que realizan dichos ejercicios.

Así mismo se han logrado encontrar estudios comparativos y a su vez contrastar algunos puntos de vista de diversos artículos entre los que se destacan los protocolos de ejercicio concéntrico e isométrico comparado con los beneficios de ejercicio nórdicos, ejercicios de estiramientos y ejercicios excéntricos, comparando la longitud, tuvieron mayor ganancia los ejercicios excéntricos por el proceso de elongación y modificación en las estructuras musculares.

Así, mediante la construcción de esta investigación, para fundamentar esta tesis, fue posible identificar algunos beneficios en las bibliografías consultadas. Para llegar a la conclusión de estos beneficios, se consideró que los protocolos de ejercicios excéntricos, ejercicios de estiramiento y los ejercicios nórdicos, fueron los más eficaces para el abordaje de la lesión de los isquiosurales en atletas de fútbol soccer, aunque actualmente hay poca información, es posible que haya modificaciones, dosificaciones que permitan potenciar los beneficios de este tipo de ejercicios en la fisioterapia deportiva.

Los beneficios obtenidos han sido el aumento en la fuerza muscular, disminución en la incidencia o reincidencia de lesiones, aumento en la longitud de la musculatura de los isquiosurales, disminución en el tiempo de recuperación, menor tiempo de baja deportiva e inclusive, mejores resultados en procesos preventivos para lesiones de la musculatura de los isquiosurales.

A pesar de existir sesgo sobre los ejercicios Nórdicos (NHE), se trató de contextualizar y globalizar la diversidad de ejercicios que podrían implementarse presentando beneficios también los ejercicios de estiramiento que, en combinación de protocolos excéntricos, NHE, Curl Nórdico, han manifestado mucha mayor tasa de beneficio. Es posible que pronto evolucionen estos protocolos presentados y que en un futuro muy próximo la información recabada aquí, sea la base para comprender nuevos protocolos que puedan surgir, por esto

mismo, considero que esta investigación bibliográfica es bastante rica en información y que esta ha sido analizada, digerida y sintetizada de tal forma que sea lo más comprensible y así, pueda emplearse como una sugerencia para próximos profesionales que deseen implementar ejercicio terapéutico como un método de rehabilitación o prevención de lesiones de los isquiosurales en atletas futbolistas o pertenecientes a las diversas ramas deportivas que tengan mayor recurrencia a lesiones del grupo muscular de los isquiosurales.

4.4 Perspectivas

La perspectiva en cuanto a este proyecto de investigación es brindar un material apto a implementarse en diversos procedimientos de rehabilitación y/o prevención de la lesión de la musculatura de los isquiosurales en atletas de fútbol soccer en Guatemala o bien, fuera de sus fronteras, permitiendo a los profesionales de la salud y colegas fisioterapeutas tener una fuente informativa sobre los ejercicios de mayor impacto positivo para dicha lesión.

Así mismo se tiene la intención que este estudio tenga el potencial de replicarse a pequeña o gran escala en atletas desde amateur hasta profesionales, permitiendo que esta herramienta mejore la calidad y las capacidades físicas de los futbolistas o atletas que practiquen deportes de carrera, siendo adaptable a la condición física del atleta o el proceso de rehabilitación en el que se encuentre. Finalizando se pretende dejar como evidencia de investigación para estudiantes, deportistas, preparadores físicos o fisioterapeutas y que sirva como referencia para futuros procedimientos o investigaciones en el área de conveniencia de quien consulte esta bibliografía, teniendo la certeza que no existe ningún conflicto de interés.

REFERENCIAS

- Askling, C. M., Tengvar, M., & Thorstensson, A. (2013). Acute hamstring injuries in Swedish elite football: a prospective randomized controlled clinical trial comparing two rehabilitation protocols. *British journal of sports medicine*, 47(15), 953-959.
- Alzahrani, M. M., Aldebeyan, S., Abduljabbar, F., & Martineau, P. A. (2015). Hamstring Injuries in Athletes: Diagnosis and Treatment. *JBJS Reviews*, 3(6).
<http://dx.doi.org/10.2106/JBJS.RVW.N.00108>
- BBC News, 2009, Messi gol de cabeza. Consultado de:
https://www.bbc.com/mundo/participe/2009/05/090528_1130_futbo_europa_convocatoria_wbm
- Bemhardt, D. B. (1990). *Fisioterapia del Deporte* (1.^a ed.). Editorial Jims.
- Bourne, M. N., Williams, M. D., Opar, D. A., Al Najjar, A., Kerr, G. K., & Shield, A. J. (2017). Impact of exercise selection on hamstring muscle activation. *British journal of sports medicine*, 51(13), 1021-1028.
- Busquet, L. (2001). *Las cadenas musculares: Miembros inferiores: 4. Del Monte*.
- Carrillo. (2014). *Análisis cinético y cinemático de la carrera de velocidad de 100 metros lisos en sus diferentes fases*. Universidad Politécnica de Madrid.
- Castellano, J. (2000). *Observación y análisis de la acción de juego en fútbol*. Tesis Doctoral. San Sebastián: Universidad del País Vasco.
- Chicharro, J. L., & Vaquero, A. F. (2010). *Fisiología del ejercicio* (3.^a ed.). Editorial Médica Panamericana.
- Clanton, T. O. (2015). Hamstring strains in athletes: diagnosis and treatment. PubMed.
<https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/9682086/> DOI: 10.5435/00124635-199807000-00005
- Critchley, S. (2017). *What we think about when we think about football*. Profile Books.
- De Hoyo, M., Naranjo-Orellana, J., Carrasco, L., Sañudo, B., Jiménez-Barroca, J. J., & Domínguez-Cobo, S. (2013). Revisión sobre la lesión de la musculatura isquiotibial en el deporte: factores de riesgo y estrategias para su prevención. *Revista Andaluza de Medicina del Deporte*, 6(1), 30-37. [https://doi.org/10.1016/S1888-7546\(13\)70032-7](https://doi.org/10.1016/S1888-7546(13)70032-7)

Erickson, L. N., & Sherry, M. A. (2017). Rehabilitation and return to sport after hamstring strain injury. *Journal of sport and health science*, 6(3), 262-270.
<https://doi.org/10.1016/j.jshs.2017.04.001>

FIFA (2016). Reglas del juego.

Gómez Mendoza, A. (2020). Efectividad del ejercicio nórdico en la prevención de lesiones de la musculatura isquiotibial en deportistas.

Guerra, V., Flórez, G., & Bustamante, S. (2019). Ejercicio excéntrico para profilaxis de lesiones del musculo Isquiotibial en deportes que impliquen aceleración y desaceleración. *Revista de Investigación e Innovación en Ciencias de la Salud*, 1(2), 76-86.

Gutiérrez Villar, R. (2013). Prevención de lesiones de isquiotibiales en futbolistas.

Hall, C. M., & Brody, L. T. (2006). Ejercicio terapéutico: Recuperación funcional (1.^a ed.). Editorial Paidotribo México S De RI De Cv.

Hall, J. E. (2016). Guyton y Hall. Compendio de fisiología médica. StudentConsult (13^a Edición) (13.^a ed.). Elsevier.

<https://es.wikipedia.org/wiki/M%C3%BAsculo>

<https://www.efisioterapia.net/articulos/analisis-biomecanico-del-golpeo-balon-futbol#:~:text=La%20mec%C3%A1nica%20del%20golpeo%20del,apoyo%2C%20el%20cual%20desacelera%20y>

Hüter-Becker, A. (2006). Fisiología Y Teoría Del Entrenamiento/ Physiology And Training Theory; Fisiologia (1.^a ed.). Editorial Paidotribo Mexico S De RI De Cv.

Jones, A., Jones, G., Greig, N., Bower, P., Brown, J., Hind, K., & Francis, P. (2019). Epidemiology of injury in English Professional Football players: A cohort study. *Physical Therapy in Sport*, 35, 18-22.
<https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1466853X1830422X>
<https://doi.org/10.1016/j.ptsp.2018.10.011>

Kendall, F. P., McCreary, E. K., Provance, P. G., Rodgers, M., & Romani, W. (2014). *Muscles: Testing and Function, with Posture and Pain: Testing and Testing and Function, with Posture and Pain* (Kendall, Muscles) (English Edition) (5.^a ed.). Wolters Kluwer Health.

Kisner, C. (2004). Ejercicio terapéutico / Therapeutic Exercise: guía completa para la escalada en hielo y roca. Paidotribo Editorial.

- LA, E. D. E. T. S., & RETRÁCTIL, U. C. C. S. C. (2015). Grado en Fisioterapia (Doctoral dissertation, Universitat de Girona).
- Latarjet, M., & Liard, R. A. (2007). Anatomía humana: 1 (4 Tra ed.). Media Panamericana
- Lovell, R., Knox, M., Weston, M., Siegler, J. C., Brennan, S., & Marshall, P. W. (2018). Hamstring injury prevention in soccer: before or after training?. *Scandinavian journal of medicine & science in sports*, 28(2), 658-666.
- Mas, J. (2005). Análisis descriptivo del microsistema colaboración-oposición de los jugadores próximos al balón en fútbol, a través de un estudio observacional de la circulación de balón en alto nivel: posibles incidencias sobre la táctica y estrategia del juego. Tesis doctoral. Granada: Universidad de Granada. Facultad de ciencias de la actividad física y deportes.
- Mason, D. L., Dickens, V. A., & Vail, A. (2012). Rehabilitation for hamstring injuries. *Cochrane database of systematic reviews*, (1).
- Merino Soria, M. A. (2014). Estiramiento pasivo de los músculos isquiotibiales en los jugadores de fútbol de categorías formativas complejo Club Deportivo La Católica (Bachelor's thesis, Quito/PUCE/2014).
- Moore, K. L., Dalley, A. F., Agur, A. M., Gutiérrez, A., Vasallo, L., Fontán, F., Vizcaíno, J., & Ruiz, M. B. (2013). Anatomía con orientación clínica (7.ª ed.). LWW.
- Mulroney, S. E., & Myers, A. K. (2011). *Netter Fundamentos De Fisiologia* (1ED ed.). Elsevier.
- Noir, M. (2011). Guyton Y Hall. Tratado De Fisiologia Medica / 12 Ed. / Pd. Elsevier.
- Pxfuel, 2020. Estadio Camp Nou. Consultado de: <https://www.pxfuel.com/es/free-photo-xvufw>
- Rodríguez, M., Rodríguez, A., Carrillo, S., Nava, S., Guerrero, A., & Fernández, A. (2015). Compendio de histología médica y biología celular. Student consult en español (1ª ed.). Elsevier.
- Ross, M., & Pawlina, W. (2015). Ross. Histología.: Texto y atlas;Course Point (7.ª ed.). LWW.
- S. (2021). Atlas Histologia. Biologia Celular y Tisular. Texto (2.ª ed.). MCGRAW HILL EDUCATION.
- Stuart, F. (2014). FISILOGIA HUMANA FOX (12.ª ed.). McGraw-Hill Education.
- Schwartzman, P., Salgado, D., Buteler, J., Alonso, P., Ríos, A., & Mondello, E. (2016). Utilidad de la resonancia magnética en el diagnóstico de lesiones musculares de

localización atípica. Revista argentina de radiología, 80(1), 27-38.
<https://doi.org/10.1016/j.rard.2015.09.001>

Tortora, G. J., & Derrickson, B. (2013). Principios de anatomía y fisiología (13.^a ed.). Editorial Médica Panamericana.

Vived, A. M. (2005). Fundamentos de fisiología de la actividad física y el deporte/
Fundamentals of Physiology of Physical Activity and Sport. Medica Panamencana.

Walker, B. (2009). La anatomía de las lesiones deportivas (1.^a ed.). Paidotribo.

Wilmore, J. (2004). FISIOLÓG-A DEL ESFUERZO Y DEL DEPORTE (CartonÚ y color).
(Spanish Edition) (5.^a ed.). Paidotribo Editorial.