

Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA REALIZACIÓN DE UN *SQUAT* EN HALTEROFILIA Y SU REPERCUSIÓN EN LAS LESIONES DE RODILLA PARA LA MEJORA DE SU EJECUCIÓN EN DEPORTISTAS DE 20 A 40 AÑOS

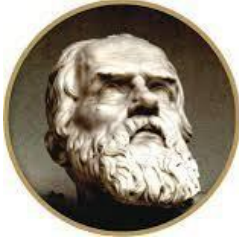


Que Presentan

Merly Noemí Reyes Cifuentes
José Humberto Calderón Zeledón
Eduardo Alfredo Chávez Guzmán

Ponentes

Ciudad de Guatemala, Guatemala, 2021



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

INSTITUTO PROFESIONAL
EN TERAPIAS Y HUMANIDADES
LICENCIATURA EN FISIOTERAPIA



Instituto Profesional en Terapias y Humanidades

ANÁLISIS BIOMECÁNICO DE LA REALIZACIÓN DE UN *SQUAT* EN HALTEROFILIA Y SU REPERCUSIÓN EN LAS LESIONES DE RODILLA PARA LA MEJORA DE SU EJECUCIÓN EN DEPORTISTAS DE 20 A 40 AÑOS



Tesis profesional para obtener el Título de
Licenciado en Fisioterapia

Que presentan

Merly Noemí Reyes Cifuentes
José Humberto Calderón Zeledón
Eduardo Alfredo Chávez Guzmán
Ponentes

L.F.T Jorge Luis Bustamante Vázquez

Director de Tesis

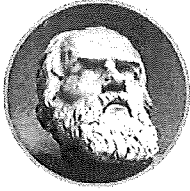
Mtra. María Isabel Díaz Sabán

Asesor Metodológico

Ciudad de Guatemala, Guatemala. 2021

INVESTIGADORES RESPONSABLES

Ponente	Merly Noemí Reyes Cifuentes, José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán
Director de Tesis	L.F.T Jorge Luis Bustamante Vázquez
Asesor Metodológico	Mtra. María Isabel Díaz Sabán



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 24 de septiembre 2022

Estimados alumnos:

Merly Noemí Reyes Cifuentes, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán y José Humberto Calderón Zeledón

Presente.

Respetables:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por ustedes, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarles y desearles éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Josué Roderico
Paniagua González
Secretario

Lic. Haly Guadalupe
Cristina Caxaj
Interiano
Presidente

Lic. Lidia Marisol de
León Sinay
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 24 de septiembre 2022

Estimados alumnos:

José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán y Merly Noemí Reyes Cifuentes

Presente.

Respetables:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por ustedes, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarles y desearles éxito en el desempeño de su profesión.

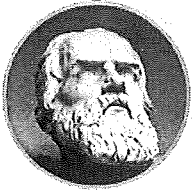
Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Josué Roderico
Paniagua González
Secretario

Lic. Haly Guadalupe
Cristina Caxaj
Interiano
Presidente

Lic. Lidia Marisol de
León Sinay
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 24 de septiembre 2022

Estimados alumnos:

Eduardo Alfredo Chávez Guzmán, José Humberto Calderón Zeledón y Merly Noemí Reyes Cifuentes

Presente.

Respetables:

La comisión designada para evaluar el proyecto **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** correspondiente al Examen General Privado de la Carrera de Licenciatura en Fisioterapia realizado por ustedes, ha dictaminado dar por APROBADO el mismo.

Aprovecho la oportunidad para felicitarles y desearles éxito en el desempeño de su profesión.

Atentamente,

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD

Lic. Josué Roderico
Paniagua González
Secretario

Lic. Haly Guadalupe
Cristina Caxaj
Interiano
Presidente

Lic. Lidia Marisol de
León Sinay
Examinador



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 11 de mayo 2021

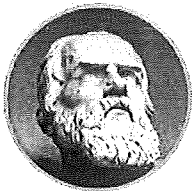
Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo
Respetable Doctora Chávez:

Tengo el gusto de informarle que he realizado la revisión de trabajo de tesis titulado: **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** de los alumnos: **Merly Noemí Reyes Cifuentes, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán y José Humberto Calderón Zeledón.**

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

Atentamente

Lic. Lidia Marisol de León Sinay
Asesor de tesis
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: **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** de los alumnos: **José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán y Merly Noemí Reyes Cifuentes.**

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

Atentamente

Lic. Lidia Marisol de León Sinay
Asesor de tesis
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: **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** de los alumnos: **Eduardo Alfredo Chávez Guzmán, José Humberto Calderón Zeledón y Merly Noemí Reyes Cifuentes.**

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

Atentamente

Lic. Lidia Marisol de León Sinay
Asesor de tesis
IPETH – Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
Le Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2021

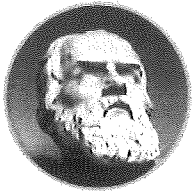
Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que los alumnos **Merly Noemí Reyes Cifuentes, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán y José Humberto Calderón Zeledón** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminaron su informe final de tesis titulado: **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 de mayo 2021

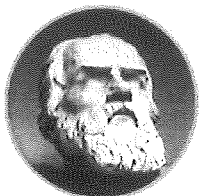
Doctora
Vilma Chávez de Pop
Decana
Facultad de Ciencias de la Salud
Universidad Galileo

Respetable Doctora Chávez:

De manera atenta me dirijo a usted para manifestarle que los alumnos **José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán y Merly Noemí Reyes Cifuentes** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminaron su informe final de tesis titulado: **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala



Galileo
UNIVERSIDAD
La Revolución en la Educación

Guatemala, 13 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 los alumnos **Eduardo Alfredo Chávez Guzmán, José Humberto Calderón Zeledón y Merly Noemí Reyes Cifuentes** de la Licenciatura en Fisioterapia, culminaron su informe final de tesis titulado: **“Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años”** Ha sido objeto de revisión gramatical y estilística, por lo que puede continuar con el trámite de graduación. Sin otro particular me suscribo de usted.

Atentamente

Lic. Emanuel Alexander Vásquez Monzón
Revisor Lingüístico
IPETH- Guatemala

**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: Licenciado Jorge Luis Bustamante Vázquez
Nombre del Estudiante: Merly Noemí Reyes Cifuentes, José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán
Nombre de la Tesina/sis: Análisis biomecánico de la realización de un <i>squat</i> en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años
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



L.T.F. Jorge Luis Bustamante Vázquez
Nombre y Firma Del Director de Tesis



**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: Maestra María Isabel Díaz Sabán
Nombre del Estudiante: Merly Noemí Reyes Cifuentes, José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán
Nombre de la Tesina/sis: Análisis biomecánico de la realización de un <i>squat</i> en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años
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>	
1	<i>Formato de Página</i>			
a.	Hoja tamaño carta.	X		
b.	Margen superior, inferior y derecho a 2.5 cm.	X		
c.	Margen izquierdo a 3.5 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 basado 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



Nombre y Firma del Asesor Metodológico

DICTAMEN DE TESINASiendo el día del mes de del año

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

Los C.C

Director de Tesina

Función

L.F.T Jorge Luis Bustamante Vázquez

**Asesor Metodológico**

Función

Mtra. María Isabel Díaz Sabán

**Coordinador de Titulación**

Función

Lic. Diego Estuardo Jiménez Rosales

Autorizan la tesina con el nombre de:

Análisis biomecánico de la realización de un *squat* en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejoría de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Realizada por el Alumno:

Merly Noemí Reyes Cifuentes, José Humberto Calderón Zeledón, Eduardo Alfredo Chávez Guzmán

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

Firma y Sello de Coordinación de Titulación

DEDICATORIA

A Dios por permítame llegar a este punto de mi vida tan importante, así mismo a mi mami por dar siempre lo mejor de ella, nunca dejarme caer brindándome su apoyo y amor incondicional para hacer de mí una mejor persona, a mi hermano por estar siempre a mi lado, reírnos de nuestras anécdotas y ante todo motivarme para lograr mis metas y sueños, a mis abuelitos soy muy afortunada de tenerlos a mi lado poder compartir cada día con ustedes escuchar sus consejos y palabras de sabiduría. **Merly Noemí Reyes Cifuentes**

El presente se lo dedico primordialmente a Dios que me ha dado una vida llena de oportunidades, me ha permitido la sabiduría y la constancia necesaria para llegar hasta aquí. A mis padres que siempre me dieron más de lo que tenían y podían, padre, tú que das todo por mí y me apoyas en cada paso y logro de mi vida eres de las dichas más grandes de mi vida, madre, a ti que ya no estas a mi lado, te llevo dentro a ti, tu cariño y tus consejos, espero hacerte orgulloso de lo que estoy logrando. A Baloo mi perro, mi eterna compañía silenciosa. **Eduardo Alfredo Chávez Guzmán**

Dedico este trabajo primero a Dios que me guía y me cuida día a día para poder realizar mis metas, segundo a mi padre y a mi madre que son lo más importante en mi vida, que nunca han dudado en apoyarme en cada paso de esta aventura llamada vida, también para mis hermanos que son pilares fundamentales en mi vida, y que sé que todos lo vamos a lograr. A mis abuelos, solo logre conocer a mi abuela de parte de mi madre y marco mi vida, pero sé que todos mis abuelos fueron grandes personas porque mi madre y mi padre lo son. **José Humberto Calderón Zeledón**

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios quien me ha guiado y fortalecido para seguir adelante y poder concluir una meta más, mami las palabras me quedan cortas para agradecerte todo lo que has hecho por mí, siempre serás mi motivación más grande te amo, a mi hermano y abuelitos por ser parte importante en mi vida y apoyar mis decisiones, especialmente agradezco a mis tíos: Elisabeth, Otto y Telma por estar para nosotros en todo momento sin importar las circunstancias parte de este logro es gracias a ustedes, a mis amigos Eduardo y José por todos los momentos que pasamos juntos. **Merly Noemí Reyes Cifuentes**

Te agradezco a ti Dios que me permites realizar mis sueños y me ayudas a ser mejor persona cada día, sigo en la lucha, a mis padres, nada material podrá pagar lo que ustedes hicieron por mí, mis logros y mis esfuerzos son para ustedes, a mis compañeros de tesis, Merly y José, grandes amigos, gracias por el apoyo, las risas y los buenos momentos. **Eduardo Alfredo Chávez Guzmán**

Agradezco a Dios por permitirme lograr un paso más en vida, así mismo a mi madre y a mi padre que dan todo por mí y por mis hermanos, gracias porque aquel día en el cual yo quería tomar un rumbo para mi vida ustedes me guiaron y me dieron una opción que pocas personas tienen esa dicha de poder superarse en más de un ámbito. Agradezco a mis amigos Eduardo y Merly por cada noche de desvelo, cada día en el cual queríamos hacer de todo menos la tesis, y un gran abrazo al cielo a ti abuela, te amo y te extraño. **José Humberto Calderón Zeledón**

PALABRAS CLAVE

Halterofilia

Squat/ Sentadilla

Rodilla

Factores de riesgo

Cadera

Lesión

Fisioterapia

Cinemática

Cinética

Electromiografía

Software de video análisis

ÍNDICE PROTOCOLARIO

Portada	ii
Investigadores responsables	iii
Hoja de autoridades y terna examinadora	iv
Carta de aprobación del asesor.....	vii
Carta de aprobación del revisor	x
Lista de cotejo asesor	xiii
Lista de cotejo metodológico	xv
Hoja de dictamen de tesis	xviii
Dedicatoria	xix
Agradecimientos.....	xx

ÍNDICE DE CONTENIDO

Portada.....	ii
Investigadores responsables	iii
Hoja de autoridades y terna examinadora	iv
Carta de aprobación del asesor.....	vii
Carta de aprobación del revisor	x
Lista de cotejo asesor	xiii
Lista de cotejo metodológico	xv
Hoja de dictamen de tesis	xviii
Dedicatoria	xix
Agradecimientos.....	xx
Palabras Clave.....	xxi
Resumen	1
CAPÍTULO I.....	2
Marco teórico	2
1.1 Antecedentes generales.....	2
1.1.1 Osteología y miología de miembro inferior	2
1.1.1.1 Lumbo-pélvica	3
1.1.1.2 Cadera	5
1.1.1.3 Muslo y pierna	7
1.1.1.4 Tobillo y pie.....	10

1.1.2	Sistemas estabilizadores.....	12
1.1.3	Sentadilla.....	13
1.1.3.1	Tipos de sentadilla	14
1.1.3.2	Programas de análisis biomecánico	19
1.1.4	Biomecánica.....	21
1.2	Antecedentes específicos	22
1.2.1	Levantamiento de pesas	22
1.2.1.1	Categorías	23
1.2.1.2	Clasificación	24
1.2.1.3	Biomecánica de rodilla.....	25
1.2.1.4	Biomecánica de la sentadilla en el levantamiento de pesas	27
1.2.2	Lesiones de miembro inferior	28
1.2.2.1	Mecanismos de lesión.....	29
1.2.3	Lesiones de halterofilia	30
1.2.4	Intervención Fisioterapéutica	32
CAPÍTULO II		45
Planteamiento del problema		45
2.1	Planteamiento del problema	45
2.2	Justificación	48
2.3	Objetivos.....	50

2.3.1	Objetivo general.....	50
2.3.2	Objetivos particulares	50
CAPÍTULO III.....		51
Marco metodológico		51
3.1	Materiales.....	51
3.2	Métodos utilizados.....	52
3.2.1	Enfoque de investigación.....	53
3.2.2	Tipo de estudio.....	53
3.2.3	Método de estudio	54
3.2.4	Diseño de investigación	55
3.2.5	Criterios de selección.....	55
3.3	Operacionalización de variables	55
CAPÍTULO IV		57
Resultados		57
4.1	Resultados.....	57
4.2	Discusión	66
4.3	Conclusión	68
4.4	Aplicaciones prácticas	70
REFERENCIAS		72

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.....	4
Tabla 2.....	6
Tabla 3.....	9
Tabla 4.....	10
Tabla 5.....	23
Tabla 6.....	30
Tabla 7.....	31
Tabla 8.....	33
Tabla 9.....	34
Tabla 10.....	35
Tabla 11.....	36
Tabla 12.....	38
Tabla 13.....	39
Tabla 14.....	40
Tabla 15.....	41
Tabla 16.....	42
Tabla 17.....	44
Tabla 18.....	55
Tabla 19.....	55
Tabla 20.....	57
Tabla 21.....	58
Tabla 22.....	60
Tabla 23.....	61
Tabla 24.....	62
Tabla 25.....	62
Tabla 26.....	63
Tabla 27.....	64
Tabla 28.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Ligamentos de cadera.....	12
Figura 2: Ligamentos de rodilla.....	13
Figura 3: Ligamentos de tobillo y pie.....	13
Figura 4: Sentadilla frontal.....	14
Figura 5: Sentadilla Zercher.....	15
Figura 6: Sentadilla por encima de la cabeza.....	15
Figura 7: Sentadilla en superficies inestables.....	16
Figura 8: Sentadilla búlgara.....	16
Figura 9: Sentadilla Jefferson.....	17
Figura 10: Sentadilla pistola.....	17
Figura 11: Sentadilla sumo.....	18
Figura 12: Sentadilla Ski.....	18
Figura 13: Sentadilla Sissy.....	19
Figura 14: Zonas anatómicas más afectadas (datos en %)......	30
Figura 15 Material informativo consultado durante la búsqueda.....	51
Figura 16 Material informativo consultado durante la búsqueda.....	52

RESUMEN

En la presente investigación realizada sobre el análisis biomecánico de la realización de un *squat* en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla, podemos encontrar que la incorrecta ejecución de la técnica repercute en la mayoría de las lesiones de rodilla así mismo encontramos que existen factores de riesgo como lesiones previas, fatiga muscular, desequilibrio entre la musculatura anterior y posterior, que son los causantes principales de dichas lesiones.

La finalidad del presente es entender conceptos como la cinética, cinemática y biomecánica de un *squat* para poder analizar como estos interactúan en las ejecuciones de este en el deporte de la halterofilia, así se deja en evidencia los efectos y mecanismos de lesión más frecuentes, así como su prevención y tratamiento fisioterapéutico.

Se realizó una investigación de tipo cualitativo y de carácter descriptivo. En la cual se utilizaron diversas bases de datos científicas de la rama de la salud tales como Pubmed, Scielo, Medical Graphic, entre otros en español e inglés, artículos que se publicaron entre 2000 al 2020. De los que deriva información general referente a la halterofilia, al *squat*, a sus tipos, a sus clasificaciones, a su ejecución a sus beneficios y a sus repercusiones entre otras generalidades, a las lesiones, al tratamiento fisioterapéutico más adecuado y enfocado a las lesiones de rodilla, a la realización de la técnica óptima y sus soluciones ante la problemática

CAPÍTULO I

Marco teórico

Tanto los músculos como los huesos son tejidos con capacidades y funciones diferentes, pero en conjunto conforman el sistema musculoesquelético el cual da estabilidad, forma, protección, soporte al cuerpo humano. Tiene como apoyo a los tejidos conjuntivos que son los encargados de dar sostén, unir tejidos y órganos, como los tendones, ligamentos, articulaciones, etc. Este sistema en conjunto con los demás sistemas involucrados nos permite el movimiento del cuerpo humano, permiten la realización de las actividades de la vida diaria, actividad física, diferentes tipos de deportes como la halterofilia el cual su gesto principal es la sentadilla. Derivado de la observación de los gestos como la sentadilla surge el estudio dedicado al análisis, refuerzo y prevención de lesiones y optimización de la técnica.

1.1 Antecedentes generales

1.1.1 Osteología y miología de miembro inferior

El hueso es el más rígido de los tejidos conjuntivos. A pesar de esta rigidez, es un tejido dinámico que sustenta un metabolismo y un proceso de remodelación constantes. En el plano anatómico macroscópico, cada hueso presenta una morfología característica compuesta por hueso cortical y hueso esponjoso.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

La función del hueso es ofrecer soporte, proteger estructuras vitales, proporcionar puntos de inserción a los tendones, los ligamentos y almacenar minerales, sobre todo calcio. (Dutton, 2015)

Según Dutton (2015) indica que es necesario distinguir 3 tipos de células óseas.

- *Osteocitos*: Controla las concentraciones extracelulares de calcio y fosforo. Participan de forma activa en el mantenimiento de la matriz ósea
- *Osteoclastos*: Son responsables de resorción ósea. Un incremento en el número de osteoclastos es característico de enfermedades con un aumento recambio óseo.
- *Osteoblastos*: Son responsables de la formación de huesos.

Cada uno de los músculos esqueléticos es un órgano individual de cientos o miles de células llamadas fibras musculares (miocitos) debido a su forma alargada. Por tanto, célula muscular y fibra muscular son dos palabras con la misma estructura. El músculo esquelético también incluye tejido conectivo alrededor de las fibras musculares y el músculo completo, además de vasos sanguíneos y nervios. Para entender cómo la contracción del músculo esquelético puede producir tensión, primero hay que comprender su anatomía macroscópica y su histología. (Tortora y Derrickson, 2016)

Topográficamente, el miembro inferior se divide en seis segmentos: Cadera, muslo, rodilla, pierna, tobillo y pie.

1.1.1.1 Lumbo-pélvica

La columna lumbar está compuesta por cinco vértebras. Las primeras cuatro vértebras lumbares tienen una estructura similar mientras que la quinta vértebra

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

lumbar presenta diferencias estructurales. El cóccix es un pequeño hueso

triangular compuesto por cuatro vértebras fusionadas. La base del cóccix llega al vértice del sacro en la articulación sacrococcígea

El funcionamiento óptimo de la zona lumbopélvica necesita la incorporación de la musculatura de la cara posterior y anterior de la columna, la pelvis y la cadera. Además, el músculo dorsal ancho afecta a los mecanismos lumbopélvicos. Como la integración de la musculatura incluye la región lumbopélvica, el tema de la miología se discute en un formato integrado para toda la región.

Tabla 1

Músculos de la región lumbo-pélvicos

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Psoas menor	Cuerpos vertebrales de T12 - L1	Eminencia iliopectinea, línea semi-circular del ilion	Flexión de la pelvis en la lumbar	Plexo lumbar L1 – L2
Psoas mayor	Apófisis transversas de todas las vértebras lumbares cuerpos y discos intervertebrales de las vértebras lumbares	Trocánter menor del fémur	Flexión de cadera	Plexo lumbar L2 – L3
Iliaco	Dos tercios superiores de la fosa iliaca, superficie superior de la parte lateral del sacro	Las fibras convergen con el tendón del psoas mayor en el trocánter menor	Flexión y rotación lateral del fémur	Nervio femoral, L2
Piriforme	Parte anterior del sacro, superficie glútea del ilion, capsula de la articulación sacro-iliaca y el ligamento sacro tuberoso.	Borde superior del trocánter mayor del fémur.	Ayuda a la abducción del fémur, especialmente cuando la cadera esta flexionada	Plexo sacro, S1
Iliocostal	IC Lumbar: sacro, fascia toracolumbar y labio externo de la	IC Lumbar: Apófisis costales de las vértebras lumbares	Erector de la columna e	R. Dorsales (C4-L3)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
	cresta ilíaca IC Torácico: 6 costillas inferiores IC Cervical: 3-6 costilla	superiores y costillas inferiores 6-9 IC Torácico: 6 costillas superiores IC Cervical: Apófisis transversas de las vértebras C4 a C6	inclinación homolateral	
Interespinoso	Apófisis espinosas de las vértebras de la columna vertebral	En la superficie inferior de la apófisis espinosa de la vértebra suprayacente.	Extensión de la columna vertebral.	R. Dorsales (C1-T3 y T11-L5)
Iliocostal	IC Lumbar: sacro, fascia toracolumbar y labio externo de la cresta ilíaca IC Torácico: 6 costillas inferiores IC Cervical: 3-6 costilla	IC Lumbar: Apófisis costales de las vértebras lumbares superiores y costillas inferiores 6-9 IC Torácico: 6 costillas superiores IC Cervical: Apófisis transversas de las vértebras C4 a C6	Erector de la columna e inclinación homolateral	R. Dorsales (C4-L3)

Elaboración propia con información de (Dutton, 2015)

1.1.1.2 Cadera

Posee tres huesos que son el ilion, el isquion y el pubis, los cuales se fusionan y constituyen los dos huesos innominados, que forman el anillo anatómico con la pelvis. (Dutton, 2015) Es una unión sinovial esferoidal en la que participan el fémur y el coxal. Las superficies articulares son la cabeza del fémur, por un lado, y el acetábulo del hueso coxal, por otro, expandido por un fibrocartílago articular llamado labro acetabular. Gracias al rodete acetabular y a la presión ambiental, que asegura el ad, la cabeza del fémur, asentada en el acetábulo, se mantiene en su sitio la adaptación de las áreas articulares

Los músculos de esta región movilizan el miembro inferior de la articulación de la cadera, además son músculos importantes para la estabilización de esta.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tabla 2

Músculos de la región de cadera

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Aductor mediano/largo	Superficie anterior del pubis en la unión de la cresta con la sínfisis	Tercio medio del labio interno de la línea áspera.	Aducción de cadera.	Obturador (L2-L4)
Aductor menor/mínimo	Superficie externa de la rama inferior del pubis	2/3 distales de la línea pectínea labio interno de la línea áspera.	Aducción de cadera.	Obturador (L2-L4)
Aductor mayor	Rama pubiana inferior, rama del isquion, tuberosidad isquiática.	Parte media de la línea áspera, tubérculo aductor del cóndilo interno del fémur	Aducción de cadera	Obturador (L2-L4) Ciático (L4-S1)
Tensor de la fascia lata	Labio externo de la cresta iliaca, espina iliaca anterosuperior	Cintilla iliotibial de la fascia lata, 2/3 proximal y medio del muslo	Flexión, rotación interna, abducción de cadera	Glúteo superior (L4-S1)
Glúteo mayor	Porción superficial: Cresta iliaca, espina iliaca posterior superior, fascia toracolumbar, sacro y cóccix Porción profunda: Ala del ilion	Tracto iliotibial y tuberosidad glútea	Extensor y rotador externo	Glúteo Inferior (L5-S2)
Glúteo medio	Ala del ilion, cresta del iliaco y su fascia (aponeurosis glútea)	Trocánter mayor	Rotador interno y flexor	Glúteo superior (L4-L5)
Glúteo menor	Cara glútea del ala del ilion, entre las líneas glúteas anterior e inferior	Trocánter mayor	Abductor	Glúteo superior (L4-S1)
Sartorio	Espina iliaca anterosuperior y mitad superior de la escotadura de la espina	Superficie interna de la tibia, porción proximal.	Flexión, rotación interna y abducción de cadera. Rotación interna de rodilla.	Crural (l2-L4)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Pectíneo	Rama superior del pubis entre la eminencia iliopectínea y tuberosidad del pubis.	Línea pectínea del fémur	Aducción de cadera y flexión	Crural y obturador (L2-L4)
Cuadrado femoral	Porción proximal del borde externo de la tuberosidad del isquion	Porción proximal de la línea que se extiende a partir de la cresta intertrocantérea.	Rotación externa de cadera y aductor	Plexo sacro (L5-S2)
Recto interno	Mitad inferior de la sínfisis púbica y reborde interno de la rama del pubis.	Diáfisis de la tibia, distal a la meseta, proximal al semitendinoso y lateral al sartorio.	Aducción cadera y flexión, rotación interna de rodilla.	Obturador (L2-L4)
Semitendinoso	Tuberosidad del isquion por medio de un tendón común del bíceps femoral	Superficie interna del cuerpo de la tibia y fascia profunda de la pierna.	Flexión y rota interna de rodilla, extensión de cadera.	Ciático, rama tibial (L4-S2)

Elaboración propia con información de (Kendall's, 2006)

1.1.1.3 Muslo y pierna

- *Muslo:* El fémur es el hueso entre la cadera y la rodilla; es el hueso más largo y fuerte del cuerpo. El fémur se articula en posición proximal con el acetábulo, y en posición distal con la tibia y la rótula. El fémur es el hueso entre la cadera y la rodilla; es el hueso más largo y fuerte del cuerpo. El fémur se articula en posición proximal con el acetábulo, y en posición distal con la tibia y la rótula. (Foreman, 2008)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- *Pierna:* La tibia y el peroné constituyen los huesos de la pierna. Se disponen de tal forma que la tibia es el hueso más voluminoso, interno y superficial, mientras que el peroné es el más estrecho y externo. En su porción distal y más inferior se articulan entre sí y con los huesos del tarso, formando la articulación del tobillo (Pérez et al, 2013)

La articulación tibiofemoral, o de la rodilla, es de tipo ginglimoide o troclear. La configuración ósea del complejo de la rodilla es geométricamente ilógica y carece de una cavidad cóncava intensa, lo que confiere poca seguridad inherente a la articulación. La igualdad articular, por consiguiente, es dependiente de las limitaciones fijas de la capsula articular, de los ligamentos y los meniscos y de las limitaciones dinámicas de la musculatura circundante.

En bipedestación, la articulación entre el fémur angulado y la tibia subjetivamente erguida no frecuenta dibujar una línea recta. Por cierto, el fémur se frecuenta hallar con la tibia para conformar un ángulo lateral de 170° - 175°

Esta lineación hace referencia como rodilla valga común. Un ángulo lateral menor de 170° se estima rodilla valga desmesurada (zamba). Si es más grande de 180° se llama rodilla vara (piernas arqueadas). La rotula, el más grande hueso sesamoideo, tiene el cartílago articular más grueso del organismo.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tabla 3

Músculos de la región de muslo y rodilla

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Cuádriceps femoral	<ul style="list-style-type: none"> Recto anterior: espina iliaca antero-inferior, surco del borde del acetábulo. Vasto externo: línea intertrocantérea, borde anterior e inferior del trocánter mayor, labio externo de la tuberosidad glútea. Vasto medial: superficie anterior y externa de los 2/3 proximales del fémur, tercio distal de la línea áspera. Vasto interno: mitad distal de la línea intertrocantérea, labio interno de la línea áspera 	Borde proximal de la rótula y a través del ligamento rotuliano hasta la tuberosidad anterior de la tibia.	Extensión de rodilla, recto anterior flexión de cadera.	Crural (L2-L4)
Gemelos	Cóndilo interno y externo del fémur, capsula articular de la rodilla.	Superficie posterior y media de la tuberosidad del calcáneo	Flexión plantar de tobillo	Tibial (S1-S2)
Poplíteo	Porción anterior del surco del cóndilo externo del fémur y ligamento poplíteo oblicuo de rodilla	Área triangular proximal a la línea del sóleo, superficie posterior de la tibia.	Rotación interna de la tibia y flexión de rodilla.	Tibial (L4-S1)
Semimembranoso	Tuberosidad del isquion en la porción proximal.	Cara posterior interna de la meseta interna de la tibia.	Flexión y rotación interna de rodilla	Ciático, rama tibial (L4-S2)
Bíceps femoral	Porción larga: porción distal del ligamento sacro tuberoso y parte posterior de la tuberosidad del isquion. Porción corta: labio externo de la línea áspera, 2/3 proximales de la línea supracondílea.	Cara lateral de la cabeza del peroné, meseta externa de la tibia y fascia profunda externa de la pierna.	Flexión y rotación externa de rodilla	Larga: ciático, rama tibial (L5-S1) Corta: ciático, rama peronea (L5-S1)

Elaboración propia con información de (Dutton, 2015)

1.1.1.4 Tobillo y pie

La anatomía y la cinemática del tobillo y el pie son probablemente las más complejas del cuerpo humano. En términos anatómicos y biomecánicos, el pie se suele subdividir en retropié (astrágalo y calcáneo), mesopié (navicular, cuboides y las tres cuñas) y antepié (los 14 huesos de los dedos, los 5 metatarsianos y los huesos sesamoideos mediales y laterales). (Dutton, 2015)

La mayoría del soporte ofrecido por las articulaciones del tobillo y del pie procede de la disposición de la mortaja del tobillo y de los varios ligamentos que tiene.

La estabilización optimización por la acción de un numero exuberante de tendones que cruzan este complejo articular dichos tendones intervienen además en la producción de los movimientos del pie y el tobillo se mantienen en su lugar por acción de los retináculos.

Tabla 4

Músculos de tobillo y pie

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Sóleo	Superficie posterior de la cabeza del peroné, línea del sóleo y tercio medio del borde interno de la tibia.	Superficie posterior del calcáneo junto con el tendón de los gemelos	Flexión plantar de tobillo.	Tibial (L5-S2)
Plantar	Porción distal de la línea supracondílea externa del fémur.	Parte posterior del calcáneo.	Flexión plantar	Tibial (L4-S1)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Peroneo anterior	Tercio distal de la superficie anterior del peroné, membrana interósea y tabique intermuscular adyacente.	Superficie dorsal de la base del 5to metatarsiano.	Flexión dorsal de tobillo	Peroneo profundo (L4-S1)
Tibial anterior	Meseta externa de la tibia mitad proximal externa de la tibia, tabique intermuscular externo	Superficie interna y plantar de la cuña interna y base del primer metatarsiano	Flexión dorsal de la articulación tobillo, inversión del pie.	Peroneo profundo (L4-S1)
Tibial posterior	Porción externa posterior de la tibia, 2/3 proximales de la superficie interna del peroné.	Tuberosidad del escafoides, apófisis menor del calcáneo, las 3 cuñas, cuboides y bases del 2do al 4to metatarsiano.	Invierte el pie y flexión plantar del tobillo.	Tibial (L4-S1)
Peroneo lateral largo	Meseta externa de la tibia, cabeza y dos tercios proximales de la superficie externa del peroné.	Borde externo de la base del primer metatarsiano y de la cuña interna.	Eversión del pie, ayuda a la flexión plantar de tobillo.	Peroneo superficial (L4-S1)
Peroneo lateral corto	2/3 de la superficie externa del peroné y tabiques intermusculares	Tuberosidad de la base del quinto metatarsiano borde externo	Eversión del pie interviene en la flexión de tobillo.	Peroneo superficial (L4-S1)
Extensor largo de los dedos	Meseta externa de la tibia, $\frac{3}{4}$ proximales de la superficie anterior del peroné, fascia profunda.	4 tendones cada uno forma una expansión sobre la superficie dorsal del dedo una lengüeta se inserta en la base de la falange media y 2 lengüetas laterales a la base de la falange distal del 2do al 5to dedo	Extensión de las MTF y las IF del 2do al 5to dedo.	Peroneo (L4-S1)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Músculo	Origen	Inserción	Acción	Inervación
Flexor largo de los dedos	3/5 medios de la superficie posterior de la tibia y fascia del tibial posterior	Bases de las falanges distales del 2do al 5to dedo	Flexión de las articulaciones IF proximal y distal y MTF del 2do al 5to dedo. Intervención en la flexión plantar.	Tibial (L5-S1)
Flexor corto del dedo gordo	Superficie plantar del cuboides, porción adyacente de la cuña externa	Borde interno y externo de la base de la falange proximal del dedo gordo.	Flexión de la MTF del dedo gordo.	Tibial (L4-S1)
Extensor largo del dedo gordo	2/4 medios de la superficie anterior del peroné y membrana interóseo	Base de la falange distal del dedo gordo.	Extensión de las MTF e IF del dedo gordo.	Peroneo (L4-S1)

Elaboración propia con información de (Kendall's, 2006)

1.1.2 Sistemas estabilizadores

El fémur se mantiene dentro del acetábulo por intervención de cinco ligamentos diferenciados

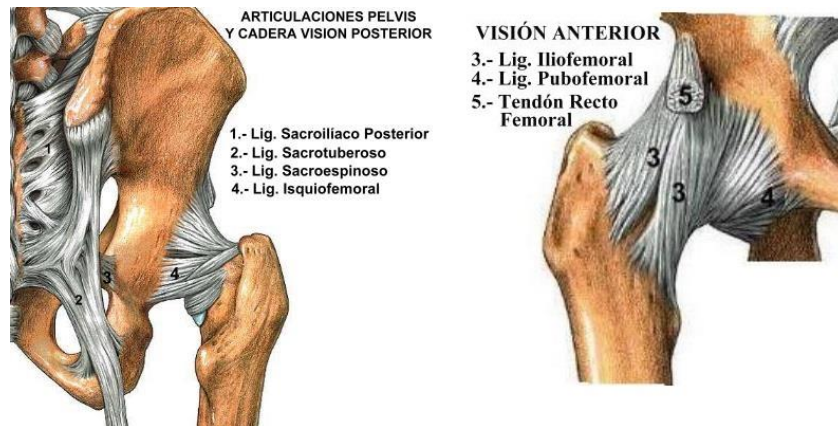


Figura 1: Ligamentos de cadera. Extraído de (Terrazo y Renzo, 2018)

La estabilidad articular de rodilla es dependiente de las restricciones estáticas de la capsula articular, ligamentos y los meniscos.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

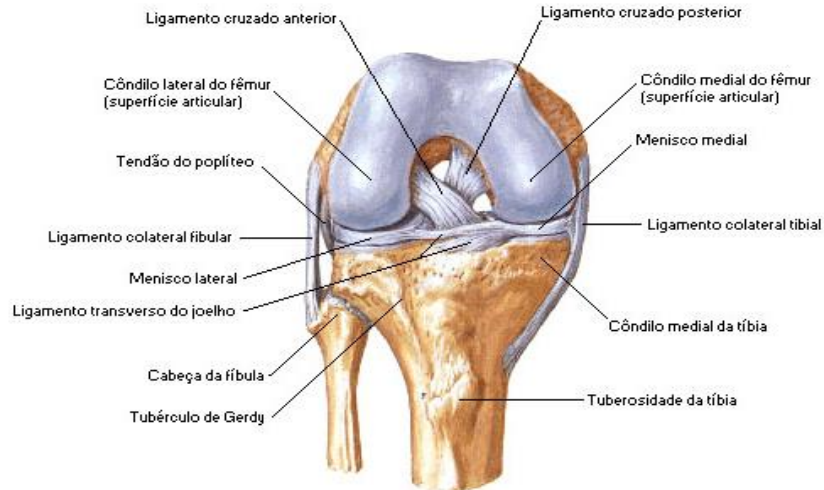


Figura 2: Ligamentos de rodilla. Extraído de (Netter, 2000)

La estabilización de tobillo y pie proviene de la disposición de mortaja del tobillo y de los numerosos ligamentos que presenta.

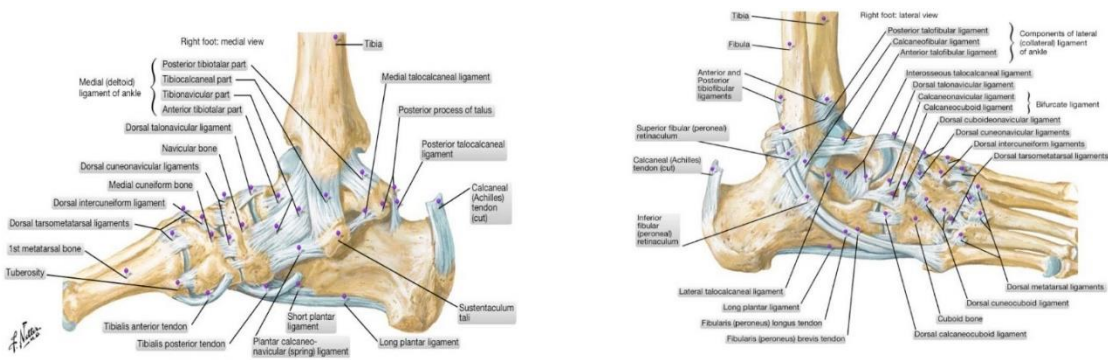


Figura 3: Ligamentos de tobillo y pie. Extraído de (Pontifica Universidad Católica de Chile, 2020)

1.1.3 Sentadilla

Es un ejercicio que se realiza para fortalecer la musculatura del tren inferior. Consiste en flexionar y extender las rodillas y la cadera, movilizandó la carga (lastre) sobre el tronco (nuca o clavícula).

Las posibilidades de ejecución son variadas: colocar la barra sobre las clavículas o sobre la nuca, pies planos o talones muy elevados, movimientos de amplitud completa o limitada (media, un tercio o un cuarto de movimiento), final del ejercicio con intento de impulso (Lavorato, et al, 2012).

Por otro lado, la sentadilla es considerada como un sistema de cadena cinemática cerrado, dado que los segmentos distales de las extremidades inferiores se encuentran fijos en el suelo (cuando el pie soporta el peso sobre el suelo, se determina que la cadena cinemática está cerrada). El uso de este tipo de ejercicios tiene ventajas importantes ya que permite reproducir la mayoría de las actividades de la vida diaria como caminar o ponerse de pie, como así también la mayoría de las actividades deportivas (Pereira., et al, 2012).

1.1.3.1 Tipos de sentadilla

- *Sentadilla frontal:* En la sentadilla frontal, se requiere una mayor contribución de las articulaciones de la cadera y el tobillo, el esfuerzo es localizado en gran parte en los cuádriceps, es importante trabajarla con mucha menos carga que en una sentadilla normal, el movimiento completo exige, los glúteos, isquiotibiales, abdominales y lumbares, es un movimiento usado con frecuencia en halterofilia. (Chaparro et al, 2018).



Figura 4: Sentadilla frontal. Extraído de (Ramírez et al, 2018)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- *Sentadilla Zercher*: Se realiza con barra, pero esta debe ir ubicada en la curva de los brazos, para poder estabilizarla, es mejor cruzar los dos antebrazos, hay que mantener la mirada al frente, espalda recta y los pies plantados completamente en el suelo, separados a la anchura de los hombros o un poco más, inspirar para agacharse y espirar al momento de regresar a la posición. (Ramírez et al, 2018).



Figura 5: Sentadilla Zercher. Extraído de (Chaparro et al, 2018)

- *Sentadilla por encima de la cabeza*: La sentadilla por encima de la cabeza, requiere experiencia y una base de trabajo por parte del ejecutor, se realiza a media flexión de los miembros inferiores de 90 grados, para una ejecución más adecuada el agarre deberá ser ancho preferiblemente con las manos más separadas que la anchura de los hombros, y también, que los brazos estén bien extendidos para más exigencia a la hora de hacerlo. (Chaparro et al, 2018).



Figura 6: Sentadilla por encima de la cabeza. Extraído de (Ramírez et al, 2018)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- *Sentadilla en superficies inestables*: Busca un mejor desarrollo de la estabilidad y menos enfocado a la fuerza, se deberá apoyar las plantas completas sobre dicha superficie, mirando hacia la pared, se pueden realizar variantes utilizando como carga un balón medicinal, una pesa rusa o kettlebell que irá por encima de la cabeza con los brazos extendidos. (Ramírez et al, 2018).



Figura 7: Sentadilla en superficies inestables. Extraído de (Chaparro et al, 2018)

- *Sentadilla búlgara*: Tiene diferentes maneras de ejecutarse, una de ellas es saltando, donde el pie que está apoyado a un cajón deberá estar entre 45-90 grados, con la pierna que está apoyada en el suelo saltar tan alto como se pueda, buscando activar los flexores de la cadera, cuando se llegue nuevamente al suelo, repetir la sentadilla, otra manera es realizar flexiones profundas. (Chaparro et al, 2018).



Figura 8: Sentadilla búlgara. Extraído de (Ramírez et al, 2018)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- Sentadilla Jefferson: Sujeta entre las piernas una barra con un peso no muy fuerte, porque su movimiento es algo delicado, la mano derecha irá sujetando la barra por delante del cuerpo, y la mano izquierda por detrás. Mantener el tronco recto y bajar profundamente, preferiblemente, mantener los brazos extendidos bloqueando los codos. Este ejercicio trabaja los músculos primarios como son: cuádriceps, glúteo mayor, isquiotibiales y aductores. (Ramírez et al, 2018).



Figura 9: Sentadilla Jefferson. Extraído de (Chaparro et al, 2018)

- Sentadilla pistola: Requiere gran fuerza, estabilidad, movilidad, balance, coordinación, flexibilidad. La pierna que irá en elevación tendrá un ángulo de 90°, es necesario, tener gran flexibilidad en la pierna de apoyo, porque el isquiotibial descansará sobre la pantorrilla, la espalda estará lo más recta posible, toma mucho trabajo, porque exige movilidad en las caderas y tobillos, y una gran flexión de las rodillas. (Chaparro et al, 2018).



Figura 10: Sentadilla pistola. Extraído de (Ramírez et al, 2018)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- Sentadilla sumo: Sumo *squat* para aumentar el trabajo de aductores y glúteo, los pies estarán un poco más separados y estos mismos deberán mirar hacia afuera, no flexionar a más de 90 grados la espalda recta con la mirada al frente, subir cuando los muslos estén paralelos al suelo. (Ramírez et al, 2018)



Figura 11: Sentadilla sumo. Extraído de (Chaparro et al, 2018)

- Sentadilla Ski: Este ejercicio se caracteriza por la ejecución de contracciones isométricas en que se deberá flexionar las rodillas al descender, hasta quedar más o menos a noventa grados, apoyando la espalda sobre una pared y mantener la posición de 20 a 30 segundos o más. (Chaparro et al, 2018)



Figura 12: Sentadilla Ski. Extraído de (Hoffman, 2018)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- Sentadilla Sissy: Colocando los pies firmemente en el suelo, bajar los glúteos hacia el suelo, bajar lo más despacio como la fuerza y la flexibilidad lo permita, es importante, mantener un ángulo menor de los 90 grados, mantener 3 segundos en la mayor fase concéntrica de ésta y subir. (Ramírez, et al, 2018).

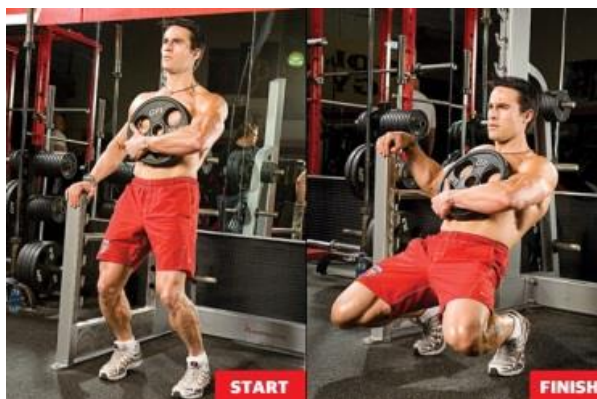


Figura 13: Sentadilla Sissy (Chaparro et al, 2018)

1.1.3.2 Programas de análisis biomecánico

Los análisis biomecánicos ofrecen una rica fuente de pruebas que se estudian ampliamente desde el punto de vista mecánico y fisiológico; entre estos datos se encuentran los parámetros cinéticos y cinematográficos que son útiles para estudiar la locomoción humana. El estudio biomecánico de este tipo de gestos puede realizarse mediante diversas técnicas. La videogrametría, la electromiografía (EMG), la dinamometría y las plataformas de fuerza, entre otras, son algunas de las técnicas que predominan en toda la lista; cada una de estas técnicas se complementará con la otra para lograr un óptimo y completo rendimiento.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Kinovea software, utilizado como una herramienta en los deportes análisis, hace que sea posible para reproducir en cámara lenta deportivos vídeos en orden a analizar diferentes aspectos relevantes para el rendimiento del deportista, ayudando a corregir errores y potenciar la técnica utilizada durante un entrenamiento o competición.

Las implementaciones del programa permiten aplicar medidas a las fotos, ya sean ángulos, coordenadas o distancias, lo que puede ser muy útil para el análisis del entrenador, por ejemplo, para medir la longitud de cada movimiento o una dirección, o para medir el ángulo de tiro utilizado por un deportista. Se analizó el gesto deportivo entre un sujeto amateur y otro de élite, se desarrollaron normas comparativas entre los dos en el arranque de la halterofilia, se utilizaron modificaciones como el peso de la carga levantada por el sujeto amateur a diferencia de lo que se aprecia en el sujeto de élite.

El análisis comparativo en la apreciación de ambos videos se realizó a través del software kinovea para distinguir las variaciones de movimiento de los sujetos, previo análisis bajo la mirada del programa kinovea se continuó aplicando las leyes de la biomecánica, definiendo los ángulos de movimiento en los movimientos deportivos de ambos sujetos.

Se realizó un montaje de fotografías tomadas de los vídeos de ambos sujetos para su observación directa y poder distinguir las variaciones que se producían en las fases de movimiento y técnica con mayor viabilidad. (Cuervo, 2007)

1.1.4 Biomecánica

Según la Sociedad Americana de Biomecánica, citada en Rosenberg, la biomecánica es el estudio de la estructura y la función de los sistemas biológicos mediante métodos mecánicos. Se considera una disciplina multidisciplinar utilizada por fisioterapeutas, atletas, ingenieros, ergonomistas y educadores físicos, entre otros, que aplica los principios mecánicos de la física al cuerpo humano y explica los movimientos y las fuerzas a partir de las leyes mecánicas (Panesso, et al, 2008)

- *Mecánica:* Es el aspecto de la física que examina la evolución o el cambio de situación de los cuerpos en función del tiempo; incluye dos áreas básicas: estática y dinámica. La estática se encarga del estudio de los cuerpos en reposo o en equilibrio como consecuencia de la fuerza que actúa sobre ellos; es decir, estudia la magnitud y la intensidad. La dinámica es el estudio de los cuerpos en movimiento; incluye la cinemática y la cinética.
- *Cinética:* Se centra en las fuerzas que crean o alteran el estado de reposo o movimiento de una masa, viva o inerte.
- *Cinemática:* Investiga la revolución sin tener en cuenta los poderes que hace. Implica el cambio, la aceleración y la dirección. Se divide en osteocinemática y artrocinemática
- *Osteocinemática:* Es el estudio del desplazamiento del hueso en el vacío. Sin tener en cuenta los de las superficies articulares, esta especialidad define los planos y ejes sobre los que se realiza el movimiento.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- *Artrocinemática*: comprueba el movimiento inherente a la articulación, es decir, la relación entre dos planos articulares cuando se realiza el movimiento, que puede ser: rotación, rodamiento o balanceo y deslizamiento.

1.2 Antecedentes específicos

1.2.1 Levantamiento de pesas

Tiene sus raíces en la carga y traslado de objetos que realizaba el hombre primitivo. Su aparición como deporte organizado tuvo lugar a fines del siglo XIX, con la celebración del primer campeonato mundial en 1891 y su inclusión en los Juegos Olímpicos de 1896 (Rodríguez et al, 2020)

La halterofilia proviene de las palabras griegas halteros que significa pesas y phylos, lujuria. Breve historia de la halterofilia técnicamente se interpreta como el levantamiento de pesas, una disciplina deportiva destinada a levantar pesos relativamente altos. En el sentido más general, si se plantea como una rivalidad de fuerza física determinada por el peso, la halterofilia se perfila ya en las culturas más primitivas. Los estudios antropológicos indican que, en una tribu, el liderazgo solía recaer en el cazador y guerrero más fuerte.

Los atributos que adornaban a este líder eran eminentemente físicos, y pueden ser: velocidad, resistencia y potencia. Las dos primeras potencias se manifestaban en el acto de moverse.

Las pruebas de halterofilia eran un requisito para ingresar en el ejército. También se han descubierto restos de experimentos de levantamiento de pesos en el Antiguo Egipto, otro precedente moderno de la halterofilia se encuentra en la Grecia del siglo VI d.C.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Donde los griegos clásicos y los orígenes registrados de la halterofilia se sitúan en la región central de Europa. La primera escuela de gimnasia especializada sistemáticamente en el levantamiento de pesas apareció en Viena en 1884 bajo la dirección de Wilhelm Türk, que se había distinguido como el mejor halterófilo de la capital austriaca. (Cajas, 2017)

Por muchos años ha sido una disciplina deportiva que tiene por objetivo desarrollar la fuerza pertinentemente en el pesista, sin embargo, esta capacidad condicional se manifiesta en la gran mayoría de deportes, teniendo en cuenta que este proceso del entrenamiento se da a través del uso de los implementos deportivos propiamente del levantamiento olímpico (Figuerola et al, 2020)

1.2.1.1 Categorías

Tabla 5

Existen diferentes categorías tanto de peso corporal como de edad tanto para damas como para varones

Categorías de varones por peso	Categorías de damas por peso	Categorías por edad
56 Kg	48 Kg	Juveniles o Juniors
62 Kg	53 Kg	Seniors
69 Kg	58 Kg	Masters
77 Kg	69 Kg	
85 Kg	75 Kg	
94 Kg		
105 Kg		
+105 Kg		

Elaboración propia con información de (Federación Nacional de Levantamiento de Pesas de Guatemala, 2018)

1.2.1.2 Clasificación

El levantamiento de pesas durante muchos años ha sido una disciplina deportiva que pretende mejorar la fuerza propiamente dicha en el pesista, pero esta capacidad condicional se plasma en la gran mayoría de los deportes, teniendo en cuenta que esta fase de entrenamiento se produce a través del uso de los instrumentos deportivos propiamente del levantamiento olímpico, pero no en todos. Aunque la preparación física forma parte de la complementariedad de la preparación integral del deportista, este aspecto del entrenamiento se entiende como uno de los tipos de preparación decisivos en los resultados deportivos.

Mientras, la fuerza praxis y académica con un objetivo muscular común se asocia a cualquier actividad física que requiera que un cuerpo se mueva, se supere o se mantenga en una dirección con una velocidad definida. Por lo tanto, en cuanto a la clasificación de la fuerza, se definen tres grandes formas de fuerza como son; la fuerza máxima, la fuerza rápida y/o explosiva y la fuerza de resistencia. Es importante conocer los métodos de fuerza para la creación de cada una de las formas de fuerza, así como entender la clasificación de los ejercicios en el levantamiento de pesas, que concibe tres grupos fundamentales; ejercicios clásicos, ejercicios especiales y ejercicios auxiliares.

- *Ejercicios clásicos:* Los ejercicios clásicos son aquellos que se realizan en la competencia, es decir son las dos modalidades que tiene el levantamiento de Pesas. (González et al, 2018)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- *Ejercicios especiales:* Los ejercicios especiales en el levantamiento de pesas son aquellos que forman parte del proceso de enseñanza en etapas de iniciación y formación deportiva, sin embargo estos ejercicios dentro de los periodos del entrenamiento cumplen un objetivo concreto según la etapa de preparación en la que se encuentre el halterófilo, así mismo también está en concordancia con la preparación física de cada disciplina deportiva, por ende, estos ejercicios se caracterizan por ser eminentemente importantes en la fundamentación técnica pero también de la disposición de formación de la fuerza. (Zambrano et al, 2018)
- *Ejercicios auxiliares:* Los ejercicios auxiliares son utilizados para el desarrollo de fuerza de los diferentes grupos musculares. Por esto se los conoce más en la preparación física de toda actividad que requiera de fuerza, teniendo más relevancia y participación en el desarrollo de hipertrofia. En el levantamiento de pesas estos ejercicios forman parte de la preparación física que complementa el fortalecimiento de grupos musculares que no se encuentran en la periferia de los músculos más grandes. (Rojas et al, 2018)

1.2.1.3 Biomecánica de rodilla

- *Cinemática:* En la articulación de la pierna se pueden realizar movimientos en dos planos, denominados movimientos de flexo-extensión que se producen en el plano sagital y de rotación que tienen lugar en el plano frontal. Estos son los principales movimientos, pero debido a la plasticidad articular y sólo de forma pasiva, la rodilla puede realizar movimientos de muy baja amplitud en el plano frontal.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Los cóndilos femorales parecen desplazarse hacia atrás por la torsión, pero lo hace más el externo, de modo que el eje mecánico gira lateralmente (en el sentido de las agujas del reloj en la rodilla derecha). Lo contrario ocurre durante la extensión; los cóndilos ruedan hacia delante y lo hace más el externo que el interno, por lo que el eje bicondíleo rueda hacia delante y rota medianamente.

Los movimientos de la articulación de la rodilla están controlados por una serie de factores limitantes de distinta naturaleza. La flexión está limitada, por un lado, por la distensión de cuádriceps; por otro, por el contacto y mutua compresión de las partes blandas situadas en la región posterior del muslo y de la pierna; y por la captación de las partes posteriores de los meniscos entre los cóndilos femorales y los platillos tibiales. (Ratto, 2013)

- *Cinética:* La articulación de la rodilla funciona en compresión. Las fuerzas que actúan sobre la parte proximal del fémur se concentran en la parte cortical densa de la diáfisis, pero cuando entran en la epífisis distal, se difunden a través del tejido óseo esponjoso de los cóndilos femorales, que proporcionan una fuerte superficie de transmisión a través del menisco a la amplia superficie receptora de los glenoides tibiales.

Cuando nos encontramos en apoyo bipodal la carga soportada por cada rodilla es la misma y su valor es, aproximadamente, el 43% del peso corporal. Este peso actúa a lo largo de la línea de gravedad del cuerpo que pasa entre ambas rodillas para proyectarse en el triángulo de sustentación.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Las fuerzas musculares que actúan sobre las rodillas para mantener esta posición son prácticamente despreciables. Por el contrario, durante el apoyo unipodal la rodilla está cargada con el 93% del peso del cuerpo, pero estas fuerzas están incrementadas por la acción de la musculatura lateral del muslo. (Cascales et al, 2013)

La rótula, situada entre el tendón de cuádriceps y el ligamento rotuliano, está expuesta a fuerzas de tracción sobre su radio y de compresión sobre su cara posterior. La función clave de la rótula es elevar el brazo de palanca de la fuerza del músculo cuádriceps. También centraliza las fuerzas divergentes de los cuatro componentes de ese músculo y las transmite al ligamento rotuliano, que está expuesto a fuerzas de tracción entre la rótula y la tuberosidad anterior de la tibia.

1.2.1.4 Biomecánica de la sentadilla en el levantamiento de pesas

La técnica de la sentadilla derecha requiere una columna rígida que impida cualquier movimiento plano. Esto significa que se mantiene una postura erguida y estable durante todo el movimiento. Sin embargo, dada la relación sinérgica lumbo-pélvica, el ángulo absoluto de la columna vertebral aumentará normalmente cuando la persona flexione las caderas. Por lo tanto, durante la realización del levantamiento, la columna vertebral y sus músculos de apoyo están sometidos a importantes fuerzas internas, especialmente en las sentadillas más profundas.

Los pares de torsión de la cadera aumentan durante la sentadilla, junto con los cambios en la flexión de la cadera, y el mayor par se produce cerca de la fase

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

inferior del movimiento. La articulación tibiofemoral soporta la articulación femoropatelar, una articulación deslizante en la que la rótula se desliza sobre las superficies femorales durante la flexión y extensión de la rodilla. Esto proporciona una palanca mecánica adicional en la extensión debido a la mayor fuerza del brazo, además de reducir el desgaste de los tendones del cuádriceps y de la rótula debido a la fricción contra el surco intercondilar.

La articulación talocrural (articulación de la tibia y el peroné con el astrágalo) promueve el movimiento a través de los actos de flexión dorsal y plantar durante la realización de sentadillas, mientras que la acción clave en la articulación subastragalina es mantener la estabilidad postural y restringir la eversión/inversión en el pie. La amplitud estándar del movimiento talocrural es de 20° de dorsiflexión y 50° de flexión plantar, mientras que la amplitud del movimiento en la articulación subastragalina es de aproximadamente 5° cada una para la eversión y la inversión sin movimiento del antepié. El gastrocnemio y el sóleo, denominados colectivamente tríceps sural, son los principales músculos responsables de realizar el movimiento dinámico de la articulación del tobillo, contrayéndose concéntricamente durante la flexión plantar y excéntricamente durante la dorsiflexión. (Schoenfeld y Brand, 2010)

1.2.2 Lesiones de miembro inferior

Conociendo que lesiones son más frecuentes y en qué momentos se producen, tenemos mayor facilidad para realizar una prevención adecuada y reducir en una gran medida la incidencia de tales lesiones. A pesar de que las lesiones deportivas son un motivo frecuente

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

de consulta, es difícil precisar sus verdaderas incidencia y prevalencia debido a las variaciones en la definición de "lesión deportiva" y a la falta de métodos estandarizados de recolección de datos que permitan comparar y comprender las múltiples bases de datos existentes. (Rodríguez, 2020)

Hay una gran cantidad de formas de clasificar las lesiones, según su localización, tipo, lado, mecanismo de la lesión (traumática o por sobrecarga) o por ser recaída o no. También se pueden incluir como criterios de clasificación la severidad, el diagnóstico, las circunstancias (contacto o no), momento de la competición (minuto de partido), etc. (Figueroa, 2020)

1.2.2.1 Mecanismos de lesión

Hace referencia a la forma en la cual se ha producido la lesión, existe una gran uniformidad de criterio a la hora de clasificar las lesiones por mecanismo de lesión puesto que pese a que existen diferentes términos prácticamente todos los autores subdividen las lesiones según su mecanismo en dos grandes categorías. Estas dos grandes categorías pueden ser divididas en:

- Traumáticas
 - a. Contacto: Contacto con otro atleta, contacto con un objeto en movimiento, contacto con objeto inmóvil
 - b. No contacto
- Sobreuso

Tabla 6

Mecanismos de lesión de miembro inferior

Modo de aparición	Causas	Factores contribuyentes
1. Incidente de inicio repentino	1. Lesión traumática	A. Recurrencia de lesiones anteriores
2. Incidente de inicio gradual	1.1 Lesión de contacto	B. Violación de las reglas (obstrucción, empujones)
	1.1.2. Contacto con otro deportista	C. Condiciones del campo de juego
	1.1.3. Contacto: objeto en movimiento (por ejemplo, disco)	D. Tenemos nuestra condición
	1.1.4 Contacto: objeto inmóvil (por ejemplo, vallas)	E. Fallo del equipo
	1.2. Lesión no constante	F. Fatiga
	2. Lesión por uso excesivo	G. Psicológico

Fuente: (Del Pozo, 2015)

1.2.3 Lesiones de halterofilia

La distribución por zonas anatómicas de las lesiones registradas muestra una preeminencia de casos en rodilla, lo que evidencia el papel predominante de esta articulación en las ejecuciones que realizan los pesistas en su entrenamiento

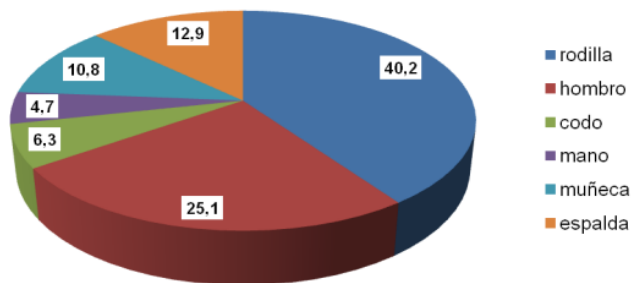


Figura 14: Zonas anatómicas más afectadas (datos en %). Extraído de (Pérez, 2020)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Al describir los tipos de lesiones para cada una de las estructuras anatómicas examinadas, se encuentra una prevalencia de la tendinitis del cuádriceps, acompañada de las lesiones del manguito de los rotadores, la sinovitis de la rodilla y la tendinitis del bíceps porción larga.

Tabla 7

Lesiones verificadas

Estructura anatómica	Lesión	N	%
Extremidad inferior	Tendinitis del cuádriceps	14	13.7
	Insercionitis rotuliana	9	8.8
	Sinovitis de rodilla	12	11.7
	Contusión de rodilla	6	5.8
Extremidad superior	Lesiones del manguito rotador	13	12.7
	Tendinitis de la PLB	10	9.8
	Sinovitis del codo	8	7.8
	Epicondilitis	4	3.9
	Tendinitis extensores de muñeca	6	5.8
	Capsulitis muñeca	5	4.9
	Fractura de escafoides	1	0.9
Columna vertebral	Sacrolumbalgia	4	3.9
	Contracturas musculares	8	7.8
	Ciatalgia	1	0.9
Total		102	100

La mayor incidencia de lesiones de estructuras anatómicas se informó en la extremidad superior (45,8 %); sin embargo, fue en la región de la rodilla donde se identificó el mayor número de lesiones (40,2 %), lo que está ligado al papel que desempeña esta área durante la realización de la carga fundamental de este deporte.

1.2.4 Intervención Fisioterapéutica

El objetivo de la exploración fisioterápica es valorar el grado de afectación funcional de la articulación lesionada, en este caso la rodilla, con objeto de plantear el protocolo de tratamiento a seguir en ese paciente. La exploración de la rodilla estará en función del tipo de lesión, del grado de esta, del conocimiento previo del paciente, etc.; sin embargo, se establecen ciertas pautas a seguir para una correcta exploración.

Una vez que el fisioterapeuta ha ido centrando la posible estructura afectada y su repercusión funcional sobre esa rodilla, el siguiente paso es la valoración y palpación de las diferentes estructuras de esta. La mayoría de las patologías de la rodilla cursan con edema e inflamación de la región. Es indispensable la observación y valoración de todo ello, que se llevará a cabo con la rodilla al descubierto.

La rodilla mantiene su estabilidad en los diferentes planos del espacio gracias al componente estabilizador de las estructuras musculoesqueléticas y capsulo ligamentosas de la articulación. Una de las principales exploraciones que debe realizar el fisioterapeuta es la palpación de estas estructuras.

Dentro de la exploración de la rodilla, se debe examinar la amplitud del movimiento articular, tanto activa como pasiva. El principal movimiento voluntario de la rodilla es el de flexo-extensión; aunque no se debe descuidar el movimiento de rotación de la tibia.

La intervención terapéutica será lo más precoz posible. Los objetivos, en un primer estadio, serán:

- Eliminar el dolor.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

- Reducir el edema.
- Evitar la atrofia muscular.
- Mantener la movilidad articular existente.

En un segundo período, los objetivos a plan-tear son los siguientes:

- Recuperar los arcos de movilidad completos e indoloros.
- Recuperación de la fuerza.
- Marcha normal.

Tabla 8

Fisioterapia para esguince grado I y II

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Primeras medidas	24 horas tras el traumatismo	Rices (reposo relativo, hielo, compresión, estabilización)
Fase I	3 ^a -7 ^a días	Drenaje linfático manual Masoterapia Isométricos de la musculatura Movilización activa asistida Cyriax
Fase II	2 ^a – 3 ^a semanas	Movilizaciones pasivas, energía muscular, etc. Marcha en carga parcial Isométricos Isotónicos Electroestimulación Hidrocinesiterapia
Fase III	3 ^a semana (si fuese necesario)	Tonificación muscular Reeducación propioceptiva Facilitación neuromuscular
Fase IV	En pacientes deportistas	Reentrenamiento del gesto deportivo

Fuente: (Basas et al, 2003)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Diferentes factores afectarán a la recomendación de atención, ya sea quirúrgica o cautelosa. El grado de inestabilidad y la limitación funcional de la rodilla, frente a los objetivos potenciales en la actividad física, son importantes.

El éxito de la recuperación y la vuelta a la práctica deportiva en las mejores circunstancias posibles puede depender en gran medida del proceso de curación. En el LCA, el mecanismo más común de lesión es la rotación del fémur sobre una tibia fija durante un movimiento de valgo extremo o forzado.

Tabla 9

Fisioterapia en lesiones sin cirugía del LCA

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Primeras medidas	24 horas tras el traumatismo	Rices (reposo relativo, hielo, compresión, estabilización)
Fase I: Fase de inmovilización	Desgarro leve: 4 días Desgarro grave: 4-5 semanas	Ejercicios cadera – pie Isométricos cuádriceps – isquiotibiales Marcha en descarga
Fase II: Fase de post-inmovilización	En caso de desgarro grave: 1-2 semanas	Movilizaciones pasivas, energía muscular, etc. Marcha en descarga Isométricos Isotónicos
Fase III: Fase de recuperación funcional	1 ^a – 2 ^a semanas	Tonificación muscular Reeducación propioceptiva Facilitación neuromuscular
Fase IV: Fase de vuelta a la actividad	Depende de las exigencias del paciente. Es muy importante en deportistas	Reentrenamiento del gesto deportivo

Fuente: (Basas et al, 2003)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Aparte de la decisión de tratar la lesión con un enfoque estricto o curativo, hay que seleccionar el programa de rehabilitación. Éste puede elaborarse de forma individualizada en función de los siguientes factores: método de atención, procedimiento quirúrgico empleado, expectativas posteriores al tratamiento y posibilidades o servicios de recuperación. En cualquiera de los casos, el objetivo de la recuperación pre y postquirúrgica es mantener el máximo grado funcional posible para el paciente y minimizar la probabilidad de una nueva lesión. En ambos casos también se consigue eliminar la desigualdad, mantener la agilidad, recuperar la capacidad de recuperación y alcanzar o incluso mejorar las capacidades físicas anteriores a la lesión.

Tabla 10

Fisioterapia post-cirugía del LCA

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Fase pre-quirúrgica	4 - 5 días antes de la operación	Movilizaciones activas Tonificación muscular Isotónicos, isométricos Preparación psicológica
Fase I Post-cirugía (1ª semana)	1 semana	Terapia antiálgica Electroterapia Movilización de la rótula Movilización pasiva Marcha en descarga Isométricos Trabajo de tobillo y cadera
Fase II Post-cirugía (2ª-3ª semana)	2 semanas	Movilizaciones pasivas, energía muscular, etc. Marcha en descarga Isométricos Isotónicos Electroterapia Trabajo en la piscina Cadena cinética abierta

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Fase III Post-cirugía (4^a-6^a semana)	2 semanas	Tonificación muscular Reeducación propioceptiva Carga total Cicloergómetro Trabajo en la piscina
Fase IV Post-cirugía (7^a – 12^a semana)	4-5 semanas	Balance articular completo Trabajo excéntrico Reeducación propioceptiva Cadena cinética cerrada Planos inestables
Fase post-cirugía Vuelta a la actividad (13^a – 14^a semana)	Depende de las exigencias del paciente	Trabajo máximo de potenciación Equilibrio agonista-antagonista Propiocepción Trabajo cinestésico Vuelta a la actividad Trabajo máximo de potenciación Equilibrio agonista-antagonista Propiocepción Trabajo cinestésico Vuelta a la actividad

Fuente: (Basas et al, 2003)

La investigación y el mejor conocimiento de la estructura y biomecánica del ligamento cruzado posterior (LCP) y el desarrollo normal de la rodilla con esta lesión hacia la aparición de mejoras degenerativas, ha impulsado a más autores a conformar el manejo quirúrgico en los últimos años, tanto en las lesiones individuales del LCP que se vuelven sintomáticas como en las lesiones que se emparejan con las de los *squats*.

Tabla 11

Fisioterapia en lesiones sin cirugía del LCP

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Primeras medidas	24 horas tras del traumatismo	RICES (reposo relativo, hielo, compresión, elevación, estabilización)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Fase I: Fase de inmovilización	Lesión leve: 2 semanas Rotura aislada: 6 semanas	Ejercicios cadera-tobillo Isométricos cuádriceps Marcha en descarga
Fase II: De post-inmovilización	1 - 2 semanas	Marcha evitando extensión y flexión entre 90-100 Cinesiterapia: mejorar arco articular en flexión Reeducación cuádriceps
Fase III: Recuperación funcional	1 - 2 semanas	Reeducación muscular cuádriceps: ++++ Reeducación propioceptiva
Fase IV: Fase de vuelta a la actividad	Depende de las demandas funcionales del paciente. Es importante esta fase en deportistas	Reentrenamiento del gesto deportivo

Fuente: (Basas, et al, 2003)

Si sabemos que los dos mayores adversarios en la recuperación de la LCP después de la reconstrucción son la gravedad y los isquiotibiales, construiremos un programa saludable que disminuya los riesgos de poner una tensión negativa en los sistemas reconstruidos y utilice la laxitud como red de seguridad. Si la flexión aumenta, la rodilla normal sufre un desplazamiento posterior del punto de contacto (deslizamiento del fémur sobre la tibia con movimiento interno de la misma).

El deslizamiento resultante se debe principalmente a la acción del LCP que fuerza la tibia hacia delante, mejorando el brazo de palanca del cuádriceps en flexión y evitando el pinzamiento de las estructuras posteriores.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tabla 12

Fisioterapia en lesiones post-cirugía del LCP

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Fase pre-quirúrgica	4 - 5 días antes de la operación	Movilizaciones activas Tonificación muscular Preparación psicológica
Fase inicial post cirugía (1ª - 4ª semana)	4 semanas	Inmovilización en extensión Terapia antiálgica Marcha en descarga Isométricos cuádriceps
Fase intermedia I post cirugía (4ª - 8ª semana)	4 semanas	Marcha evitando la extensión y la flexión > 90° Mejora del arco articular Estiramiento del cuádriceps +++ Movilización rótula Masajes fondos de saco subcuadricipital Reeducación cuádriceps Hidrocinesterapia
Fase intermedia II post cirugía (2ª - 4ª mes)	2 meses	Tonificación muscular Reeducación propioceptiva Facilitación neuromuscular Cicloergómetro
Fase recuperación final (a partir del 4º mes)	No definida	Balance articular completo Trabajo excéntrico cuádriceps +++ Trabajo en piscina Reeducación propioceptiva Cadena cinética cerrada ++ Planos inestables Trabajo cinestésico Reentrenamiento gesto deportivo (carrera en superficie inestable, en zigzag, círculos, etc.)

Fuente: (Basas et al, 2003)

El tratamiento postoperatorio inicial después de realizar una remodelación meniscal no tiene por qué ser severo. La fase comienza con modalidades físicas con la intención de minimizar el dolor y la inflamación. Simultáneamente, se incluyen ejercicios isométricos suaves como la sentadilla con la recta pierna.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

La mayoría de los pacientes recuperan su trabajo con un sencillo régimen de ejercicios de bajo o nulo impacto, concentrándose inicialmente en la bicicleta estática. En los casos de remodelación meniscal, la recuperación motora rápida es la norma. A pesar de estos resultados, los estudios han demostrado que después de una remodelación meniscal, la fortificación en la pierna se reduce, especialmente debido al deterioro inicial de la función extensora de la rodilla.

Tabla 13

Fisioterapia en reparación meniscal post-cirugía

Fase del tratamiento	Duración de la fase	Tratamiento propuesto
Fase I	Las 3 primeras semanas	Cloterapia, compresión y masaje circulatorio Movilización pasiva de rodilla/rótula y osteocinématica de carillas articulares Isométricos submáximos de cuádriceps. Electroestimulación. Isométricos de aductores y abductores de cadera Mantenimiento del tono muscular general
Fase II	7ª semana (de la 3ª a la 10ª semana)	Completar grados de movilidad Isotónicos de cuádriceps Isométricos e isotónicos de isquiotibiales Inicio de los programas de pedaleo, natación y marcha Comenzar con carga parcial y avanzar hasta carga completa
Fase III	No definida (a partir de la 10ª semana)	Comenzar con el trabajo isocinético Comenzar con el trabajo propioceptivo Potenciación general del MMII afectado Incorporación de saltos Avance en los programas de pedaleo, natación y marcha y completarlos Incorporar y completar el programa de carrera Estiramiento global de MMII Entrenamiento del gesto deportivo

Fuente: (Basas et al, 2003)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Estas lesiones se observan principalmente en deportistas, sobre todo como consecuencia de rotaciones realizadas con la pierna de apoyo en semiflexión. Al tener menos versatilidad y estar más unido a la cápsula, el menisco interno se lesiona con más frecuencia (hasta tres veces más que el externo).

Otras causas, como la insuficiencia muscular y la laxitud de los ligamentos, la obesidad, los comportamientos de esfuerzos incorrectos o agresivos, el desarrollo innecesario de vara o valga.

Tabla 14

Fisioterapia en reparación meniscal sin cirugía.

Fase	Duración de la fase	Tratamiento fisioterapia
Fase I	La 1ª semana	Crioterapia 24-48 horas Termoterapia a partir de 48 horas Corrientes analgésicas Masaje circulatorio Inmovilización pasiva de rótula Movilización de rodilla Isométricos y electroestimulación de cuádriceps Isométricos de isquiotibiales y musculatura abductora o aductora de cadera Isotónicos de tríceps sural Inicio de la carga
Fase II	Se incorporará el trabajo de fisioterapia en casos de meniscectomía. según la evolución de la lesión	Masaje circulatorio Movilización pasiva de rótula e intra-articular de carillas Movilización de rodilla activa asistida y libre Isométricos de cuádriceps en flexión Electroestimulación Isotónicos de tríceps sural Inicio de los programas de pedaleo, natación y marcha Inicio del trabajo propioceptivo Progresión en la carga Estiramiento global de miembro inferior

Fuente: (Basas et al, 2003)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Podemos describir las tendinopatías como una enfermedad crónica y dolorosa que afecta a ciertos tendones como resultado de un uso excesivo inadecuado, un trastorno conocido como tendinosis. La tendinopatía rotuliana requiere una terapia que aumente gradualmente la resistencia a la carga del tendón y estimule su regeneración. También necesita una estrategia que combine la biomecánica del miembro inferior y los factores de riesgo. El tratamiento puede basarse en la fisioterapia (tratamiento conservador), la terapia de infiltración o la cirugía.

Tabla 15

Fisioterapia en tendinopatía rotuliana

Fase	Duración de la fase	Tratamiento fisioterapia
Fase aguda	4° - 5° días	Crioterapia, reposo y vendaje funcional. Electroterapia antiálgica (dinámica, interferencial, etc.) Ultrasonidos pulsátiles. Isométricos de cuádriceps suaves Isométricos de isquiotibiales
Fase subaguda	2 semanas	Masa je circulatorio Masaje ele descarga. Electroestimulación estática cuádriceps MTP de Cyriax Crioterapia si persiste la inflamación Inicio del trabajo propioceptivo Progresión en la carga Estiramiento global de miembro inferior, tanto de la ca-dena anterior como la posterior
Actuación preventiva	Se debe evitar la cronificación del proceso. La actitud preventiva es la mejor herramienta	Electroestimulación estática en estiramiento ele la musculatura del MI Trabajo excéntrico de cuádriceps Flexibilización de la musculatura del MMTT Masaje ele descarga Correctos hábitos de entrenamiento

Fuente: (Basas et al, 2003)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Muchos músculos en la práctica deportiva son vulnerables a las contracturas, dependiendo de cuáles sean los más utilizados o si se trata de deportes de movimientos repetitivos muy técnicos. Por ejemplo, en los futbolistas, el cuádriceps, en los tenistas, la musculatura del brazo, y en los nadadores, la musculatura de la espalda, etc.

El primer paso para curar una contractura es evitarla, y la forma más fácil de hacerlo es calentar antes de comenzar una rutina de ejercicios. Cuando realizamos un movimiento brusco sin haber calentado previamente, los vasos sanguíneos del músculo no están preparados para funcionar tan rápidamente y no les da tiempo a tomar la sangre suficiente para depurar la zona, lo que provoca una acumulación de metabolitos que causan dolor e inflamación para depurar la zona, lo que provoca una acumulación de metabolitos que causan dolor e inflamación.

Tabla 16

Fisioterapia ante una contractura muscular

Fase	Duración de la fase	Tratamiento fisioterapia
1ª Fase	0-48 horas (Relajación muscular, desde la instauración hasta el final)	Exploración clínica. Diagnóstico ecográfico. Descanso. Hielo Micro-ondas en el foco de la lesión (cabezal cercano al foco de la lesión aproximadamente 15 cm). Ultrasonido en el foco de la lesión. Corriente interferencial con la frecuencia portadora más amplia que nos permita el aparato (4000-10000 kHz.) modulada a un espectro de 1 a 5 Hz con efecto vibratorio relajante.
2ª Fase	3º - 9º día (readaptación)	Reevaluación clínica continua. Baño o masaje. Cinesiterapia progresiva y movilización precoz:

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Fase	Duración de la fase	Tratamiento fisioterapia
2ª Fase	3º - 9º día (readaptación)	Contracciones máximas del antagonista en todo el recorrido articular. Concéntricos suaves del agonista con cargas bajas. Estiramientos en progresión. Comenzar los entrenamientos en progresión a partir del 5.º-7.º día. to de la cadena anterior como la posterior
3ª Fase	A partir del 10º - 15.º día (prevención)	Evaluación clínica y alta del tratamiento. Fortalecimiento mediante ejercicios excéntricos y electroestimulación en estiramiento, al menos durante un mes más, coordinándolo con el entrenamiento. En el caso de una recidiva en menos de un mes, cuando el atleta se haya recuperado de la recaída, se ha de realizar una valoración isocinética para descartar posibles descompensaciones musculares.

Fuente: (Basas et al, 2003)

La rotura muscular se acompaña de un mal funcionamiento y una modificación del mecanismo neurológico debido a varias causas, como una pérdida de calentamiento, un acortamiento muscular, una debilidad física del deportista o del paciente, un movimiento involuntario debido a un gesto accidental o deportivo, un golpe directo o un traumatismo, o una combinación de estos factores.

El periodo de curación de una lesión muscular de estas características varía considerablemente en función de muchos factores: la forma y el tamaño del desgarro muscular, los cuidados obtenidos y aspectos de la persona que se recupera

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tabla 17

Fisioterapia ante una rotura muscular

Fase	Duración de la fase	Tratamiento fisioterapia
1ª Fase	0-48 horas (antiinflamatoria)	Exploración clínica. Diagnóstico ecográfico Descanso. Hielo Vendaje compresivo. Elevación.
2ª Fase	3º - 5º día (regeneradora)	Reevaluación clínica constante. Micro-ondas periférico al foco de la lesión (cabezal alejado del foco de la lesión, más de 20 cm). Ultrasonidos periféricos en el foco de la lesión. Vendaje compresivo hasta las 96 horas. Movilización precoz: movilización articular sin estiramiento excesivo. Masaje de drenaje de la zona. Movilización de planos. Cinesiterapia
3ª Fase	Desde el 6º día (readaptación)	Reevaluación clínica constante. Micro-ondas periférico y en el foco de la lesión. Ultrasonidos en el foco de lesión. Movilización de planos para evitar adherencias. Masaje global del músculo. Masaje transversal profundo (Cyriax) después de Micro-ondas y Ultrasonidos. Cinesiterapia progresiva y movilización precoz
4ª Fase	A partir del 21º - 28º día (prevención)	Evaluación clínica y alta del tratamiento. Fortalecimiento mediante excéntricos y electroestimulación en estiramiento, al menos durante un mes más, coordinándolo con el entrenamiento. Realizar una valoración isocinética entre las seis y ocho semanas después de la rotura, una vez que el deportista esté entrenando con normalidad, para confirmar la recuperación funcional del músculo lesionado.

Fuente: (Basas, et al, 2003)

CAPÍTULO II

Planteamiento del problema

Desde el punto de vista anatómico, y desde el punto de vista mecánico, la rodilla es una articulación bicondilar. Su movimiento clave es la flexoextensión. Tiene dos componentes claramente diferenciados: La articulación femorotibial y la patelofemoral. Está pensada, sobre todo, para aportar estabilidad al peso de la carga y movilidad y locomoción. Sin embargo, es muy inestable lateral y medialmente. La estabilidad de la rodilla viene dada por la morfología de la articulación, las estructuras capsuloligamentosas y meniscales (que aportan estabilidad pasiva) y la estructura muscular, principalmente el cuádriceps, que aporta estabilidad activa

2.1 Planteamiento del problema

La sentadilla, es un ejercicio básico y primordial en el proceso de entrenamiento de cualquier persona o deportista, de este existen muchas variantes y diferentes técnicas para su ejecución, donde se utilizan elementos para facilitar su realización, haciendo que cada vez sea más fácil y segura su ejecución, mediante la práctica de este ejercicio se pueden desarrollar las diferentes manifestaciones de la fuerza convirtiéndose en un ejercicio que no puede faltar durante los entrenamientos (Cardona, 2018). Puede sonar irónico que un atleta de halterofilia se lesione debido a sus altos niveles de entrenamiento y dedicación, pero cuando se lesiona lo más probable es que sea una lesión de espalda o rodilla.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Cuando se desarrollan hábitos inapropiados en el entrenamiento, el tiempo no es importante, así que hay que observar y hacer sugerencias para la realización correcta en gran conocimiento. Como ocurre con todas las actividades deportivas de competición, el problema más común son las lesiones del sistema musculoesquelético. Sin embargo, como deporte individual, no hay confrontación o contacto físico con otros competidores, y las lesiones directas son una completa realidad. El levantamiento de pesas es un deporte enfocado en aumentar la fuerza, su objetivo principal es levantar pesas desde el suelo hasta arriba de la cabeza con los brazos extendidos sosteniéndose durante un cierto período de tiempo.

No hay diferencia entre las fibras musculares de mujeres y hombres. Las mujeres naturalmente tienen menos masa muscular que los hombres porque tienen menos testosterona, lo que promueve el crecimiento muscular. Sin embargo, si una mujer recibe un buen entrenamiento, se volverá tan fuerte como cualquier hombre. (Archibald, 2015). La rodilla es el pilar del levantamiento de pesas: Toda la tracción, toda la propulsión, se realiza desde las piernas. Si la rodilla no funciona, hay que mantenerse en un nivel de condición física de aficionado, hay que estar al cien por cien para alcanzar un nivel alto.

El levantamiento de pesas puede mejorar la fuerza, la potencia y otros indicadores de rendimiento, que se ha demostrado que están directamente relacionados con la adaptabilidad. La composición de nutrientes de la dieta de levantamiento de pesas se basa en un elevado aporte energético (más de 3 mil kcal en todos los casos) y una gran cantidad de distribución de nutrientes, en la que predomina la ingesta de carbohidratos, seguida de grasas y proteínas (Martínez, et al, 2017).

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

La rodilla es una articulación rodeada de tendones, músculos y sujeta por los ligamentos. Cuando los músculos que conforman el cuádriceps se contraen (por ejemplo, al hacer un *squat*), la rótula sube y genera tensiones que desembocan en sobrecargas que recaen en los músculos (que deriva en un dolor situado en una zona muscular específica) o bien el propio desgaste articular debido al desgaste del cartílago (esto es menos frecuente).

Por lo tanto, como articulación, está diseñada para dar movilidad a la pierna, sin embargo, no implica que deba soportar el exceso de trabajo dispuesto, por lo tanto, se sufren lesiones de ligamento y de menisco, como consecuencia de un desgaste a causa de una mala ejecución del movimiento mismo, haciendo que las rodillas sobrepasen su capacidad por soporte de peso extra. Y en caso de la espalda, ¿cómo puede lesionarse? El pensamiento más recurrente será por la excesiva carga que tiene por levantar el atleta. No obstante, la lesión de espalda es la consecuencia de una mala posición de salida o la mala realización de un *squat*.

En una investigación realizada por Gourgoulis, y otros (2000) se llevó a cabo un estudio de 12 atletas del equipo nacional de Grecia de halterofilia, quienes fueron grabados bajo condiciones competitivas donde se observó que el desplazamiento angular de la rodilla fue de $143 \pm 5.19^\circ$, durante la transición del primer al segundo halón hubo una disminución del ángulo de la rodilla, el cual fue aproximadamente $22.2 \pm 4.45^\circ$, en esta transición las rodillas fueron colocadas debajo de la barra facilitando al levantador realizar el segundo halón. Esta investigación nos indica que el uso de la energía elástica almacenada facilita la flexión-extensión de los músculos extensores de la rodilla para el desarrollo de la potencia muscular requerido durante el levantamiento de pesas.

La técnica de realización de los medios de cuclillas en las máquinas isoinerciales de movimiento libre es más compleja que en las máquinas isoinerciales de movimiento guiado.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Una mala realización del gesto técnico puede producir un exceso de aducción de la cadera y un valgo en la rodilla, siendo factores de riesgo de lesiones en las extremidades inferiores, incluyendo el esguince del ligamento cruzado anterior de la rodilla, el síndrome de dolor patelofemoral y el síndrome de fricción de la banda iliotibial.

Las investigaciones de Sánchez (2016) demuestran que las mujeres tienen un mayor ángulo de valgo en la realización de una sentadilla media en aparatos de movimiento libre isoinercial, que en algunos casos supera los valores recomendados (0°). Antes de utilizar esta tecnología y en el paso de familiarización será importante incidir y trabajar en la correcta ejecución de la sentadilla media, sobre todo en las mujeres, para no provocar lesiones, y también es necesario fortalecer el glúteo medio y el glúteo mayor ya que ambos son estabilizadores de la rodilla y van a regular el ángulo de valgo durante el ejercicio.

Debido a que no todas las lesiones son iguales, ni tienen la misma influencia sobre el deportista o la persona que va a realizar actividad física, es importante mantener una constante a través del diagnóstico detallado de la lesión por parte del médico especialista, el cual, señala la localización, la tipología, las causas o el mecanismo de lesión y gravedad o seriedad de la lesión (Caine, 2008), lo que nos lleva a realizar la siguiente interrogante: ¿La mala ejecución de un *squat* en halterofilia puede generar una lesión en el deportista?

2.2 Justificación

Las lesiones por sobreuso se desencadenan debido a una carga submáxima repetida en el sistema musculoesquelético, cuando el descanso no es el indicado como para permitir una adaptación estructural, apareciendo por ejemplo lesiones desde dolores musculares hasta esguinces o luxaciones.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Las lesiones crónicas, representan aproximadamente el 30% de las lesiones asociadas al entrenamiento de fuerza y en diferentes casos se llega a tomar en cuenta que una mala técnica, podría ser la responsable y uno de los posibles mecanismos de la lesión en halterófilos (Revenga, 2015).

La característica del levantamiento de pesas contemporáneo es el entrenamiento de fuerza, las lesiones registradas en diferentes zonas anatómicas han mostrado una predominancia de casos en rodilla, lo cual demuestra por medio de evidencia el papel fundamental de esta articulación en los *squats* que realizan los halterófilos en su entrenamiento (Figueroa, 2020).

El complejo articular de la rodilla es uno de los que más lesiones registra, la Organización Mundial de la Salud [OMS] define que la ruptura de meniscos, seguida de los ligamentos son las lesiones más comunes de este complejo, se tiene registro/evidenciado que cuatro de cada diez casos requiere una intervención quirúrgica Poco más de la mitad de las situaciones está relacionada con la actividad deportiva. Desde trotar hasta deportes extremos son las actividades donde pueden ocurrir las lesiones.

La voluntad de querer estar sanos nos impulsa a practicar algún deporte, pero si se realiza sin entrenamiento o asesoría o de forma incorrecta, puede terminar resultando contraproducente. El tratamiento seguramente requiere una resonancia magnética para obtener una imagen real y detallada del daño, esto equivale a un promedio de Q5 mil y es posible que requiera una intervención quirúrgica de artroscopia. Si hay una lesión de meniscos para tratar esta lesión común, los gastos médicos de rodilla oscilan entre Q40 mil y Q6 mil, sin incluir las terapias de rehabilitación y las complicaciones. (Banco Industrial, 2017)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

El software Kinovea, utilizado como herramienta de análisis deportivo, permite reproducir vídeos deportivos a cámara lenta para analizar diferentes aspectos relevantes para el rendimiento del deportista, ayudando a corregir errores y a mejorar la técnica empleada durante un entrenamiento o competición. Las aplicaciones del programa permiten aplicar los pasos a las imágenes.

Se han señalado varios factores que pueden provocar lesiones en este deporte, varios autores creen que algunos de estos pueden ser mitigados mediante un adecuado control técnico, metodológico y organizativo del proceso de entrenamiento (Rodríguez, 2020). Así, el presente trabajo permitirá mostrar las características tanto biomecánicas como musculares en la ejecución de una sentadilla y sus repercusiones al no realizarla de la manera correcta.

2.3 Objetivos

2.3.1 Objetivo general

- Explicar la biomecánica de la realización de un *squat* y su repercusión en las lesiones de rodilla en halterófilos de 20 a 40 años.

2.3.2 Objetivos particulares

- Clasificar las diversas fases kinesiológicas según su técnica de ejecución en halterófilos.
- Relacionar las alteraciones cinemáticas de un *squat* en lesiones de rodilla en halterófilos.
- Identificar las alteraciones cinéticas de un *squat* y su implicación en las lesiones de rodilla en halterófilos.

CAPÍTULO III

Marco metodológico

3.1 Materiales

Las fuentes que se utilizaron son las siguientes:

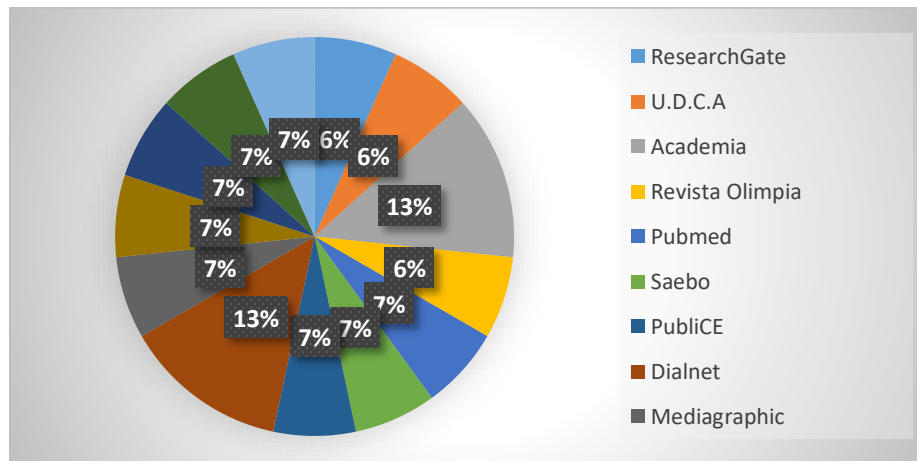


Figura 15 Material informativo consultado durante la búsqueda

3.2 Métodos utilizados

Los métodos son procedimientos o herramientas cuya finalidad es obtener algo, en el caso de una investigación es obtener respuestas a las interrogantes de la misma, los métodos se aplican de manera coherente y ordenada en la realización del estudio, según el método definirá la forma de recabar, analizar, reinterpretar y ordenar la información de los investigadores.

En este estudio se utilizaron los motores de búsqueda que se muestran en el siguiente gráfico, centrándose en las palabras clave que se plantearon en la siguiente investigación.

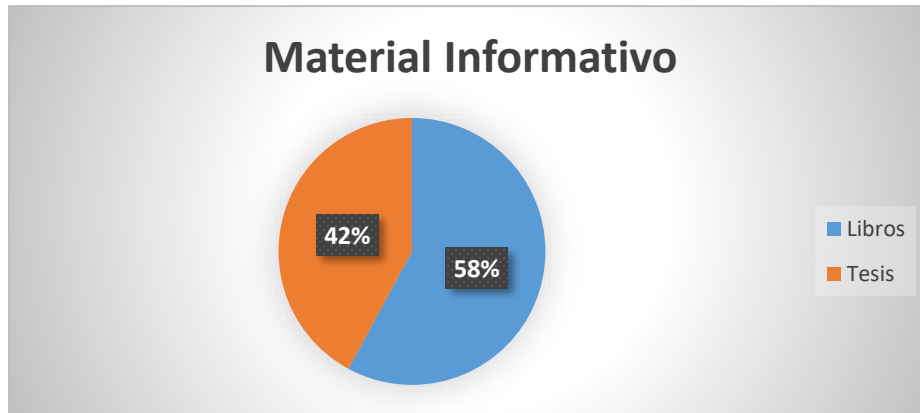


Figura 16 Material informativo consultado durante la búsqueda

3.2.1 Enfoque de investigación

El objetivo principal de toda investigación científica es generar nuevos conocimientos que puedan utilizarse para resolver problemas, ya sean teóricos, prácticos o una combinación de ambos. Cada enfoque de la investigación responde a unos objetivos específicos para alcanzar esta meta.

La investigación cualitativa se centra en la recopilación y el análisis de datos profundos lo suficientemente significativos como para dar cuenta de la subjetividad de las realidades que pretende percibir y comprender, en lugar de buscar "datos duraderos".

El enfoque de la investigación es de carácter cualitativo ya que se centra en comprender, analizar y profundizar los fenómenos, dándoles así una nueva reinterpretación desde el punto de vista de los participantes permitiendo la creación de varias ideas y suposiciones que serán apoyo para la resolución de los problemas derivados del objetivo de investigación entendiendo que el enfoque dado será de manera subjetiva y descriptiva para percibir de manera correcta su ambiente y la relación con los aspectos que los rodean. (Bejarano, 2016)

3.2.2 Tipo de estudio

El investigador debe ser consciente del nivel de conocimiento científico desarrollado ya por otros proyectos e investigadores, así como de cualquier información no escrita que posean las personas que puedan reagrupar y sintetizar aún más sus experiencias a través de su testimonio.

El objetivo de los estudios descriptivos es describir un trastorno o una característica en una determinada población. Por ello, son útiles porque no sabemos nada de lo que queremos estudiar y suelen servir de trampolín para una investigación más profunda. Sirven para averiguar qué es un fenómeno y cómo se manifiesta, así como sus componentes, también permiten la descripción básica del fenómeno estudiado mediante la medición de uno o varios de sus atributos.

La investigación descriptiva es uno de los tipos o procedimientos investigativos más populares y utilizados por los principiantes en la actividad investigativa. Los trabajos de grado, en los pregrados y en muchas de las maestrías, son estudios de carácter eminentemente descriptivo. La investigación descriptiva se soporta principalmente en técnicas como la observación y la revisión documental. (Bernal, 2010)

3.2.3 Método de investigación

La capacidad de un individuo o grupo para llevar a cabo una tarea depende en gran medida de tres factores: en primer lugar, de la información y los conocimientos previos que posea, en segundo lugar, de su capacidad para percibir los detalles y las relaciones novedosas entre los elementos propios de la realidad estudiada y los demás y, por último, de los objetos de estudio. La capacidad de análisis y síntesis permite comprender mejor las realidades a las que nos enfrentamos, simplificar su descripción, descubrir relaciones aparentemente ocultas y construir nuevos conocimientos.

El método por utilizar en la investigación es el análisis-síntesis el cual consiste en la separación de las partes de un todo para estudiarlas en forma individual (Análisis), y la reunión racional de elementos dispersos para estudiarlos en su totalidad. (Síntesis). (Bustillo, 2011). Ya que reuniremos las partes o elementos para analizar, dentro de un todo, su naturaleza y comportamiento con el propósito de identificar las características del fenómeno observado.

3.2.4 Diseño de investigación

En un estudio no experimental no se crean situaciones nuevas, sino que se observan situaciones existentes. Se centra en categorías, principios, factores, incidentes, culturas o contextos que existen sin la participación manifiesta del investigador, es decir, sin que éste modifique el enfoque de la investigación. En la investigación no experimental, los participantes observan los fenómenos o acontecimientos tal y como se producen en su entorno habitual antes de analizarlos.

Una investigación no experimental, como su nombre indica, es una forma de investigación que no extrae conclusiones definitivas ni datos de trabajo mediante una serie de acciones y reacciones repetibles en un entorno controlado para obtener resultados interpretables, es decir, mediante experimentos. No por ello deja de ser una investigación seria, registrada y metodológicamente rigurosa.

La investigación es de carácter no experimental ya que no manipula ninguna variable sino solo se recolectan y se analizan datos de los fenómenos sin ninguna intención de intervenir con su ambiente natural se utilizará para fines de estudio y se ocupará el diseño no experimental, debido a que se recolectarán datos de los fenómenos sin intervenir con su ambiente natural.

3.2.5 Criterios de selección

Tabla 18

Criterios de inclusión y exclusión

Exclusión	Inclusión
<ul style="list-style-type: none"> • Artículos que expliquen lesiones de miembro superior en halterofilia. • Información de páginas web no científicas. • Información de otros deportes que manejen levantamientos de cargas que no sean halterofilia. • Personas que sean menores a 20 años y personas mayores de 40 años. 	<ul style="list-style-type: none"> • Artículos que expliquen la ejecución, biomecánica y tipo de sentadillas. • Población de 20 a 40 años. • Información de artículos, libros y páginas web científicas. • Información del deporte de halterofilia. • Artículos que expliquen lesiones de rodilla en halterofilia.

Elaboración propia

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 19

Variables independientes y dependientes

Tipo	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Fuentes
Independiente	Halterofilia	El levantamiento de pesas tiene sus raíces en la carga y traslado de objetos que realizaba el hombre primitivo. Su aparición como deporte organizado tuvo lugar a fines del siglo XIX, con la celebración del primer campeonato mundial en 1891 y su inclusión en los Juegos olímpicos de 1896	Por medio de la técnica y la carga que el halterófilo pueda levantar	(Rodríguez et al, 2020)

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tipo	Nombre	Definición conceptual	Definición operacional	Fuentes
Dependiente	Lesiones de rodilla	El mecanismo de producción fundamental de lesiones agudas en la halterofilia son los movimientos anormales forzados. En mucha menor medida por choques o auto traumatismo.	Las secuelas en el sistema osteomuscular, localizando el área afectada su mecanismo y su gravedad	(García, 2002)

Elaboración propia

CAPÍTULO IV

Resultados

El objetivo de toda investigación al final de ella es mostrar los resultados de la misma, es la culminación del trabajo enfocado en el tema en específico donde se evidencia el proceso que se llevó a cabo para dar así resultados de forma precisa y detallada y posiblemente el rumbo que podrían tomar esos resultados y que beneficios pueden ser tomados de ellos.

4.1 Resultados

Objetivo 1: Clasificar las diferentes fases kinesiológicas según su técnica de ejecución en halterófilos

Muestra las diferencias de las variables cinemáticas según género. En general, solo se observaron diferencias significativas en las distintas mediciones del ángulo de valgo pierna izquierda y ángulo de valgo pierna derecha, siendo mayores en los hombres. Mientras que en la cuarta repetición del (ARI), las mujeres obtuvieron una mayor angulación.

Tabla 20

Autor	Sanchez, 2016
Instrumentos de medición	Fotogrametría, Kinovea, versión 0.8.15 para Windows
Población	Estudiantes del Grado de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de Cádiz con un historial de entrenamiento sin antecedentes de lesiones ni cirugías a nivel de tobillo, rodilla y cadera. En total 26 hombres y 24 mujeres.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Autor	Sanchez, 2016
Método d evaluación y resultados	4 series de 10 repeticiones en dispositivo isoinercial analizando la máxima amplitud en YO YO <i>squat</i> : <ul style="list-style-type: none"> • Flexión tobillo izquierdo (media de 75.87°) • Flexión de rodilla izquierda (media 99.7°) • Flexión ángulo de cadera izquierda (88.9°) • Valgo pierna derecha (3.8°) • Valgo pierna izquierda (5.8°)
Clasificación	Clasificación cinemática. Media sentadilla con resistencia isoinercial. Clasificar la biomecánica del <i>Squat</i> con la máxima flexión en media sentadilla. Diferencias significativas en la ejecución de una media sentadilla entre hombres y mujeres.

Elaboración propia con información de (Sánchez A., 2016)

Existen casos en los que, en los sujetos de prueba, la amplitud articular varía entre una pierna y la otra. Además, casos en los que una pierna, en el momento de descender y ascender, lo hace con más aceleración y rapidez en el movimiento. En el momento de comparar este tipo de resultados sobre la pierna con mayor amplitud articular, velocidad y aceleración con respecto a las características físicas de los sujetos de prueba, se descubre que estos valores fundamentan la pierna hábil del sujeto, por lo que se genera como resultado una sobrecarga hacia la pierna más hábil en la ejecución del movimiento, mas no de forma equitativa como se esperaría en sujetos con acondicionamiento físico y experiencia en ejercicios del tronco inferior tales como las sentadillas.

Tabla 21

Autor	Blanco, 2018
Instrumentos de medición	Software Mokka Biomechanics, software MAXTRAQ 2D Y 3D, software MAXLAB.
Población	Sujetos con falta de acondicionamiento físico. En total 8 hombres y 9 mujeres.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Autor	Blanco, 2018
--------------	--------------

Método de evaluación y resultados	10 marcadores pasivos para determinar velocidad angular Mujeres: <ul style="list-style-type: none">• Amplitud de la rodilla (74.03)• Velocidad angular (0.73)• Aceleración angular (0.63) Hombres: <ul style="list-style-type: none">• Amplitud de la rodilla (69.65)• Velocidad angular (0.74)• Aceleración angular (0.53)
--	--

Clasificación	Clasificación Cinética y Cinemática. 4 fases de gesto kinesiológico en el <i>squat</i> : <ul style="list-style-type: none">• Posición inicial• Descenso o bajada• Punto máximo de flexión• Ascenso o subida Clasificación por sujetos entrenados y no entrenados. <ul style="list-style-type: none">• Sujetos no entrenados gran desplazamiento en el eje X• Atletas de alto rendimiento desplazamiento casi nulo o nulo de las rodillas en el eje X.
----------------------	--

Elaboración propia con información de (Blanco C., 2018)

Comparando entre ejercicios, en la arrancada y sus variantes se produjeron niveles máximos de activación superiores que en los movimientos relacionados con la cargada. En ambos casos las variantes arrancadas/cargada de fuerza y tirón clásico de arrancada/cargada fueron las que produjeron mayores picos de activación, por encima de las arrancadas/cargadas completas y los tirones altos de ambos gestos técnicos. El sujeto que realizó el estudio es un varón de 23 años de edad, con una altura de 1.74 m y una masa de 72 kg. El participante practica halterofilia de forma regular (2 horas al día, 5 días por semana durante los últimos 2 años) y no sufre ninguna enfermedad relevante.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tabla 22

Autor	Bernabéu, 2017
Instrumentos de medición	Electromiografía <i>Muscle Tester ME6000</i> ,
Población	Varón de 23 años, deportista regular de halterofilia
Método de evaluación y resultados	<p>Evaluación de la arrancada y cargada de fuerza</p> <p>Arrancada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • RM 75% (152.28) • RM 80% (136.57) • RM 90% (126.42) • RM 100% (138.85) <p>Cargada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • RM 75% (119.14) • RM 80% (112.14) • RM 90% (11.85) • RM 100% (123.42)
Clasificación	<p>Clasificación de músculos activos en fase máxima de carga.</p> <p>Clasificación de la arrancada y la cargada en 6 fases</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primer tirón • Transición • Segundo tirón • Entrada • Recuperación • Recepción <p>Movimientos de arrancada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Arrancada • Arrancada de fuerza • Tirón alto de arrancada • Tirón clásico de arrancada <p>Movimiento de cargada:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cargada • Cargada de fuerza • Tirón alto de cargada • Tirón clásico de cargada

Elaboración propia con información de (Bernabén P., 2017)

Objetivo 2: Relacionar las alteraciones cinemáticas de un squat en lesiones de rodilla en halterófilos

Entre los factores de riesgo posturales en cadera, la rotación externa ocupa un porcentaje significativo tanto en hombres como en mujeres. En la articulación de la rodilla, el valgo se presenta con más frecuencia en las mujeres y el varo en los hombres. El varo de tobillo fue el que más predominó, con respecto a ambos sexos se observó un comportamiento muy parecido de los resultados.

Tabla 23

Autor	Salazar et al. 2007
Instrumentos de medición	Filmación realizada por parte del equipo del Laboratorio Integral para el Análisis del Movimiento LIAM, programa Virtual Dub.
Población	93 levantadores de pesas participantes de los XVII Juegos Deportivos Nacionales del año 2004, 51 hombres y 42 mujeres
Método de evaluación y resultados	La biomecánica de los movimientos que conlleva la halterofilia podemos encontrar diversos factores de riesgo en los cuales se encuentran que las articulaciones de rodilla y tobillo es donde se presentó mayor prevalencia
Alteraciones biomecánicas en rodilla	La rotación externa ocupa un papel importante en la rodilla en valgo en mujeres y varo en hombres. El genu valgo predominó en los 2 generos.

Elaboración propia con información de (Salazar L. et al, 2017)

Ante cualquier lesión de rodilla, los tres factores de riesgo principales son: haber tenido una lesión previa (recidiva), la fatiga muscular y el desequilibrio entre la musculatura anterior y posterior del muslo. Numerosos estudios biomecánicos resaltan la importancia de este último factor de riesgo debido a que una contracción de la musculatura isquiosural junto con los abductores de cadera se encargan de la estabilización de la cadera en el momento de flexión y permite neutralizar la tendencia del torque del cuádriceps a la interiorización de la tibia sobre el fémur

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Tabla 24

Autor	Romero et al, 2017
Instrumentos de medición	Revisión sistemática en las bases de datos Pubmed, PeDro y Google Scholar.
Población	19 artículos publicados entre 1999 y 2016, ya siendo ensayos clínicos, revisiones sistemáticas y meta-análisis en inglés o en castellano.
Método d evaluación y resultados	Estudio de revisión donde se recopilan los factores de riesgo más asociados a la lesión de LCA que presentan las mujeres deportistas. Factores de riesgo principales: <ul style="list-style-type: none"> • Lesión recidiva • Fatiga muscular • Desequilibrio de la musculatura del muslo
Alteraciones biomecánicas en rodilla	La pronación del valgo de rodilla, la hiperextensión de rodilla y la debilidad del glúteo medio deriva un aumento de la báscula pélvica en el plano frontal y por tanto el valgo de rodilla.

Elaboración propia con información de (Romero B., et al 2017)

Al llevar a cabo una revisión sistemática del porcentaje de lesiones, es evidente que la mayoría de ellas están causadas por factores intrínsecos. Pero el mayor factor de riesgo son las lesiones previas el 46% son por recurrencias. Ocasionadas por una mala prevención o por no haber curado completamente. Esto supone un 30% más de ausencia deportiva en competiciones y entrenamientos. También cabe destacar que las atletas femeninas tienen de 4 a 6 veces más probabilidades de riesgo de lesión importante en la rodilla con respecto a los varones.

Tabla 25

Autor	Estella, 2014
Instrumentos de medición	Revisión sistemática en las bases de datos como Pubmed, Science Direct, Scopus, PeDro, Web of Knowledge y Cochrane Library.
Población	12 artículos de lengua inglesa o española publicados entre 1999 al 2014, además de solo investigaciones con sujetos humanos.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Autor	Estella, 2014
Método de evaluación y resultados	Es fundamental el trabajo en cadena cinética cerrada y el trabajo monopodálico ya que su uso es predominante en la mayoría de los deportes, y su patrón de activación muscular es similar al mecanismo lesional, por lo cual se recomienda que se trabaje monopodalmente el 70-80% de la duración del entrenamiento, para así prevenir lesiones
Alteraciones biomecánicas en rodilla	Atletas femeninas tienen de 4 a 6 veces más probabilidades de riesgo de lesión importante de la rodilla con respecto a los varones. Los miembros inferiores son los que más se lesionan, incluso en deportes en que los miembros superiores son los claves en rendimiento.

Elaboración propia con información de (Estella D., 2017)

Objetivo 3: Identificar las alteraciones cinéticas de un squat y su implicación en las lesiones de rodilla en halterófilos

El valgo dinámico de rodilla es un patrón de movimiento líder que puede ser responsable de lesiones de rodilla en atletas recreativos y profesionales. La revisión anterior se centró en los factores modificables, con una mirada a segmentos particulares de la cadena cinemática y el papel de la fatiga en las tareas de una sola pierna. La evidencia sugiere que la disminución principalmente de los abductores de cadera, pero también de los extensores, la fuerza de los rotadores externos y una mayor movilidad del medio pie son factores potenciales que predisponen al valgo de la rodilla durante la SLL.

Tabla 26

Autor	Bartosz et al, 2020
Instrumentos de medición	Revisión sistemática en base de datos Pubmed, Scopus, PeDro, Clinicaltrials.gov y Libros de fisioterapia
Población	19 artículos publicados con estudios usando métodos de análisis de movimiento 2D o 3D sólo

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Autor	Bartosz et al, 2020
	en las tareas de sentadillas con una sola pierna y aterrizajes con una sola pierna entre personas activas sanas
Resultados	Al reducir la tensión o el estiramiento de los aductores de cadera y los flexores plantares del tobillo, se puede reducir los ángulos en valgo de la rodilla. Las lesiones de las extremidades inferiores ocurren con mayor frecuencia en las sentadillas con una pierna
Alteraciones cinéticas en rodilla y su implicación en las lesiones	La disminución de los abductores de cadera, de los extensores, la fuerza de los rotadores externos y una mayor movilidad del mediopie son factores potenciales que predisponen el valgo de rodilla durante la sentadilla en una sola pierna

Elaboración propia con información de (Bartosz E., et al 2020)

Cinemática de las extremidades inferiores en sentadilla por encima de la cabeza para grupos según las evaluaciones de la posición sin carga y la estocada con carga. El rango de movimiento (ROM) de la dorsiflexión del tobillo (DF) puede influir en las variables de movimiento que se sabe que afectan la carga del ligamento cruzado anterior, como el valgo y la flexión de la rodilla. Las principales medidas): El DF-ROM del tobillo se evaluó mediante 2 técnicas: (1) DF-ROM del tobillo sin apoyo de peso con la rodilla recta y (2) estocada con apoyo de peso (WBL)

Tabla 27

Autor	Dill et al, 2020
Instrumentos de medición	Movimiento electromagnético (Motion Star; Ascension Technology Corporation, Milton, VA), software MotionMonitor (Innovative Sports Training, Inc, Chicago, IL), goniómetro estandar, inclinómetro.
Población	40 participantes físicamente activos. 20 hombres y 20 mujeres.
Resultados	No se obtuvo diferencia entre los grupos normal y limitado en la dorsiflexión de tobillo pasivo sin carga de peso. Sin embargo, los individuos con mayor dorsiflexión de tobillo durante la estocada con apoyo de

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Autor	Dill et al, 2020
Alteraciones cinéticas en rodilla y su implicación en las lesiones	peso mostraron mayor flexión de rodilla y desplazamiento de tobillo, y flexión máxima de rodilla durante las tareas de sentadilla. La mayor dorsiflexión del tobillo evaluado durante la estocada con apoyo de peso se asoció con una mayor flexión de la rodilla y un mayor desplazamiento del tobillo durante las dos tareas de sentadilla, así como con un mayor desplazamiento en varo de la rodilla durante la sentadilla con una sola pierna

Elaboración propia con información de (Dill E., et al 2014)

La fuerza relativa en las sentadillas traseras de 1RM de pretemporada fue significativamente mayor en los atletas masculinos y femeninos ilesos en comparación con los grupos lesionados. La magnitud de este efecto fue moderada para ambos hombres (gramo 5 0,86) y mujeres (gramo 5 0,85) y apoyó la asociación hipotética entre alta fuerza relativa y menor riesgo de lesión del LE en una temporada competitiva.

Tabla 28

Autor	Case et al, 2020
Instrumentos de medición	Estudio retrospectivo durante una temporada competitiva
Población	71 deportistas. 46 hombres y 25 mujeres
Resultados	La fuerza relativa de la sentadilla trasera de 1RM fue significativamente menor en los jugadores lesionados que jugadores ilesos para ambos sexos
Alteraciones cinéticas en rodilla y su implicación en las lesiones	Las lesiones del ligamento cruzado anterior son más frecuentes entre las atletas universitarias, No está claro si existen diferencias relacionadas con el sexo

Elaboración propia con información de (Case J. et al, 2020)

4.2 Discusión

Según los resultados anteriores existen diferencias en la ejecución de los distintos tipos de sentadillas en base a los autores. El estudio de Sánchez A. (2016) se realizó un análisis cinemático según género con ejecución de tipo de “media sentadilla” utilizando tecnología isoinercial haciendo la referencia que desde su conocimiento no existe ningún otro estudio que haya analizado las variables cinemáticas que determinan la ejecución de una media sentadilla utilizando tecnología isoinercial de movimiento libre en hombres y mujeres donde se realiza una flexión de rodilla de aproximadamente 90-100° el sexo femenino presento un mayor desplazamiento de rodilla que el sexo masculino en ambas piernas. Esta sentadilla se recomienda más que la sentadilla profunda para los deportistas o para los pacientes en rehabilitación, ya que es mucho menos lesiva.

Por otra parte, Blanco C. (2018) ha demostrado resultados acerca de la variación de la amplitud articular, lo que evidencia cómo las personas tanto hombres como mujeres que sobrepasan la edad media tienen, la mayoría, menor amplitud articular con relación a aquellas que se encuentran por debajo de la edad promedio. Esto basa el hecho de que el ser humano, con el paso del tiempo, se disminuye líquido sinovial y colágeno, lo que provoca una pérdida de propiedades mecánicas en las articulaciones, Además, esta amplitud también varía con respecto al género. Se obtuvo resultados en los que se puede fundamentar el hecho de que las mujeres son más flexibles con respecto a los hombres debido a que las mujeres tuvieron una amplitud articular de aproximadamente 75.47° y 72.60°, y los hombres de 70.98° y 68.32°.

En relación con la activación muscular durante el desarrollo de gestos técnicos y ejercicios de halterofilia Pascual V. (2017) realizó un trabajo para conocer la influencia de los principales músculos extensores del tren inferior (gastrocnemio lateral, bíceps femoral, cuádriceps vasto

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

lateral y glúteo mayor) y el tronco (erector espinal L3, erector espinal T9, dorsal ancho y trapecio fibras inferiores) durante la realización de los movimientos de competición en halterofilia, así como tratar de determinar cuál de las variantes más utilizadas para mejorar las tres primeras fases del tirón pueden ser de mayor utilidad. Para ello se realizó un análisis de electromiografía [EMG] de la activación de dichos músculos durante la realización de ocho ejercicios, cuatro de ellos relacionados con la arrancada y otros cuatro con la cargada. En general, los resultados mostraron mayores niveles de activación muscular en los ejercicios relacionados con la arrancada además por problemas relacionados con la normalización de la señal electromiografía no permitieron determinar qué músculos alcanzaron los mayores niveles de activación en cada uno de los movimientos y ejercicios analizados.

A propósito de las fuerzas musculares Marcus J. (2020), indica que los entrenadores de fuerza para algunos deportes podrían considerar el uso de sentadillas traseras de 1RM normales a la masa corporal para evaluar a los atletas en busca del riesgo de lesión de las extremidades inferiores, así mismo nos indica que las lesiones de las extremidades inferiores representan más del 50% de todas las lesiones reportadas en los deportes, y por ultimo señala que el personal de medicina deportiva también puede utilizar los datos de fuerza de la sentadilla como parte de protocolos de rehabilitación para que los atletas no vuelvan a competir hasta que tengan una fuerza relativa adecuada.

Salazar L. (2007), demostró que el levantamiento de pesas olímpico representa un riesgo en sí, aunque técnicamente esté bien ejecutado, debido a las altas cargas manejadas y a las condiciones mecánicas como la sentadilla profunda, sin embargo, cuando el gesto es mal realizado intensifica el riesgo de lesión osteomuscular. Los resultados evidenciaron que el 100% de la población presentó algún factor de riesgo en la ejecución de la técnica para ambos sexos, se determinó que

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

la rotación, inclinación lateral de tronco y la hiperlordosis lumbar fueron los factores de riesgo posturales que presentaron una significativa prevalencia en la región de tronco en los levantadores de pesas. El valgo y varo de rodilla, así como el varo de tobillo fueron los factores de riesgo posturales que presentaron una significativa prevalencia en miembro inferior en los deportistas analizados.

En el estudio realizado por Bartosz W. (2020) la evidencia sugiere que la disminución principalmente de los abductores de cadera, pero también de los extensores, la fuerza de los rotadores externos y una mayor movilidad del mediopié son factores potenciales que predisponen al valgo de la rodilla durante la sentadilla. Se observó una menor proporción de coactivación de los músculos glúteos con respecto a los aductores de la cadera y una movilidad reducida del tobillo y el pie en personas con valgo de rodilla dinámico. Teniendo en cuenta esta evidencia, se puede razonar que al reducir la tensión o el estiramiento de los aductores de la cadera y los flexores plantares del tobillo, podemos reducir los ángulos en valgo de la rodilla.

4.3 Conclusión

A la luz de las pruebas recogidas, podemos concluir que la sentadilla (en sus variantes media y profunda, con la carga colocada sobre los hombros) puede llegar a ser un ejercicio potencialmente perjudicial si no se realiza correctamente. Para ello, el ejecutor debe encontrar a alguien que sea capaz de guiarlo o entrenarlo para poder llevarlo a cabo de la manera correcta.

Este análisis biomecánico en halterofilia ha destacado la importancia de las tres primeras etapas de arrancada y carga para el desempeño en este tipo de acciones. Al respecto, se han identificado tres factores principales asociados con el desempeño: a) Restringir los desplazamientos de las barras horizontales durante la primera fase de prueba (máximo 9 cm hacia el levantador) y la segunda fase de prueba (máximo 18 cm de distancia del levantador); b) una

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

baja tasa de descenso en la velocidad de la barra durante la fase de transición; c) altas velocidades de barra vertical en la segunda fase de tirón. Del mismo modo, se debe tener en cuenta que la velocidad de la barra no es particularmente alta durante la primera fase de prueba, que es un objetivo de entrenamiento importante. En esta fase se requiere la máxima fuerza, mientras que en la segunda fase, donde la velocidad de la barra es mayor, se recomienda la fuerza muscular.

Para un mejor análisis varios autores utilizan diferentes herramientas como software de video análisis o EMG que suministra información como el registro de la actividad eléctrica muscular, velocidad angular articular, rangos articulares, cálculos biomecánicos de una manera rápida a su vez si la técnica a realizar esta ejecutada de manera correcta o brindar las correcciones para prevenir futuras lesiones a los atletas.

Así mismo otros autores determinan ciertos factores de riesgo como errores de entrenamiento o el entorno, los factores internos como la disminución de la fuerza muscular y limitación del rango de movimiento articular llegan a repercutir en las articulaciones de miembro inferior tomando en cuenta los factores de riesgo posturales como la hiperlordosis lumbar, valgo y varo de rodilla, varo de tobillo lo que implica ser un desafío para la realización de un *squat*.

Sin embargo, existe controversia entre traumatólogos, entrenadores y kinesiólogos sobre los efectos producidos por la ejecución de un *squat* ya que para los entrenadores es uno de los ejercicios más íntegros y no debe ocasionar ningún daño cuando se realiza una correcta técnica, no obstante traumatólogos, kinesiólogos y otros profesionales de la salud hacen referencia que hay un riesgo latente de generar lesiones a nivel de espalda baja y rodillas, además estudios recientes han demostrado que la buena ejecución de un *squat* es esencial para prevenir el riesgo de lesiones a nivel de rodilla.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Cabe mencionar que los ejercicios de fortalecimiento muscular son fundamentales para los atletas, especialmente para los músculos de glúteo medio y glúteo mayor ya que ambos son estabilizadores de rodilla y controlan el ángulo de valgo durante la realización del ejercicio, además estas deben sobrepasar levemente los pies para que las fuerzas sean transferidas de manera correcta a la cadera y a la región lumbar con fin de lograr las adaptaciones deseadas del movimiento sin dañar estructuras anatómicas y reduciendo el riesgo de una lesión.

Al momento de una lesión a nivel de miembro inferior se debe llevar una rehabilitación eficaz y acertada con el correcto diagnóstico médico con el cual el fisioterapeuta realizará un tratamiento basado en tres etapas: a corto plazo consiste en tratar la sintomatología de la lesión evitando la disminución del rango de movimiento articular; a mediano plazo debe enfocarse en fortalecimiento de la musculatura afectada; a largo plazo se tratará propiocepción y la reincorporación a las actividades de la vida diaria.

Antes de utilizar la sentadilla en una rutina de ejercicios, el entrenador debe asegurarse de que el participante es capaz de realizarla. Esto significa que la cadera debe estar equilibrada, ya que un desequilibrio en esta zona le impediría realizar una ejecución técnica adecuada. Debido al gran número de personas que no pueden realizar sentadillas por lumbalgias, desequilibrio pélvico o mala técnica, este estudio recomienda buscar un ejercicio alternativo en el que se cierre la cadena cinemática (por los beneficios que aporta) y no se cargue el peso sobre los hombros, para no sobrecargar la columna lumbar

4.4 Aplicaciones prácticas

Derivado de este estudio se pretende establecer los cimientos de las investigaciones sobre la Halterofilia y su gesto base que es conocido como *squat*, incentivando a futuros investigadores

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

que puedan llevar a cabo nuestro estudio en el área experimental y de campo para así lograr obtener resultados más certeros y concisos.

En concreto, se espera que la investigación sea tomada en cuenta como una guía para los fisioterapeutas, entrenadores y personas a fin sobre los riesgos, prevención y tratamiento que puede conllevar la mala ejecución de un *squat*, así mismo que pueda llegar a optimizar y mejorar resultados de la técnica para el entrenamiento, competición y rendimiento del atleta.

REFERENCIAS

- Acta pediátrica costarricense. (2003). Lesiones deportivas frecuentes. Acta pediátrica, 17(2), 65-80. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxwzac2q>
- Archibald, D. (2020). 10 Myths about olympic weightlifting that need to stop. Recuperado de <http://breakingmuscle.com/fitness/10-myths-about-olympic-weightlifting-that-need-to-stop>
- Banco Industrial (2017). El precio de lastimarte una rodilla. Recuperado de <https://blog.corporacionbi.com/solucionesbi/salud-siempre/blog/el-precio-de-lastimarte-una-rodilla>
- Basas, C., de las Peñas, F., y Urrialde, J. (2003) Tratamiento fisioterápico de la rodilla. Madrid, España. McGraw-Hill-Interamericana
- Blanco. C & Quitián A. (2018). Análisis biomecánico del ejercicio sentadilla libre en sujetos sin acondicionamiento físico. Revista Ontare, 6, 59-82.
doi: <https://doi.org/10.21158/23823399.v6.n0.2018.2423>
- Butragueño, J. (2015). Incidencia, prevalencia y severidad de las lesiones deportivas en tres programas de entrenamiento para la pérdida de peso (tesis doctoral). Universidad politécnica de Madrid, España
- Cajas J. (2017). Diseño de un entrenador electrónico para monitoreo de postura en ejercicios de halterofilia (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala
- Cardona Ramírez, L. F., & Avella Chaparro, R. E. (2018). La sentadilla: un ejercicio fundamental en la actividad física y el deporte. Revista Digital: Actividad Física Y Deporte, 1(1).
Recuperado a partir de <https://revistas.udca.edu.co/index.php/rdafd/article/view/300>

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Cuervo, C. (2007). Levantamiento de pesas. Programa de preparación del deportista, 7. La

Habana, Cuba

Cuevas, A. (2016). Movimientos de halterofilia y su transferencia deportiva (tesis de pregrado).

Universidad Miguel Hernández, España

Del Pozo, D. (2015). Epidemiología de la lesión deportiva (tesis de pregrado). Universidad

Dutton, M. (2015). Ortopedia para el fisioterapeuta. Barcelona, España: Paidotribo

Escamilla, R. F. (2014). Biomecánica de la rodilla en el ejercicio de sentadilla dinámica. Med.

Sci. Sports Exer, 33(1), 127-141. Recuperado de <https://tinyurl.com/y452rzzq>

Federación Nacional de Levantamiento de Pesas de Guatemala. (2018). Disciplinas de

levantamiento de pesas. Retrieved February 27, 2021, from CDAG website:

<https://www.cdag.com.gt/deportes/federaciones/federacion-nacional-de-levantamiento-de-pesas-de-guatemala/>

García, F. M., Hidalgo, S. y Martínez, A. (2002). Halterofilia. Análisis del gesto podológico.

Formación continuada, 19(91), 409-4015. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5267015>

García, J. (2005). Entrenamiento de levantamiento de pesas por el sistema de capacidades (tesis de maestría). Universidad autónoma de Nuevo León, México

Gómez, L., Herrera, M. J y Villalba, A. (2007). Factores de riesgo posturales dinámicos y de la ejecución técnica para lesiones osteomusculares en levantadores de pesas. Educación

física y deporte, 26(1), 61-69. Recuperado de

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2549832>

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

González, A. (2019). Clínica centro. Islas Canarias, España: CEMTRO. Recuperado de <https://www.clinicacentro.com/alejandro-gonzalez-halterofilia/>

Gourgoulis V. Aggeloussis N., Mavromatis G., Garas A.,(2000). Análisis cinemático tridimensional del arranque de los levantadores de pesas griegos de élite. DOI: 10.1080 / 02640410050082332

Hoffman, H. (2018). Leg exercises for stroke patients | Leg strengthening exercises. Retrieved February 27, 2021, from website: <https://www.saebo.com/blog/reclaim-mobility-with-leg-exercises-for-stroke-recovery/>

Karli, E., Rebecca, L., Barnett, S., Steven, M., & Darin, A. (2014). Cinemática de rodilla y tobillo alterada durante las sentadillas en personas con tobillo con carga de peso limitado: rango de movimiento de flexión dorsal. Revista de entrenamiento atlético. 49 (6): 723–732. doi: 10.4085 / 1062-6050-49.3.29

Kendall's, F. (2006). Músculos. Pruebas Funcionales. Postura y Dolor 5º edición. Cuauhtémoc. Ciudad de México. Marbán.

Lavorato, M., & Vigarío Pereira, N., (2012). La sentadilla ¿es un ejercicio potencialmente. Recuperado el 26 de febrero de 2021, de <http://www.productosfortia.com/lasentadilla-es-un-ejercicio-potencialmente-lesivo.pdf>

López, F. (2020). Un deporte de peso. Diario de Centroamérica. Recuperado de <https://tinyurl.com/yylgdfcm>

Marcus. J., Duane V & Darcy L. (2020). Barbell *squat* relative strength as an identifier for lower extremity injury in college athletes. Texas State University. Research: May 2020 - Volume 34 - Issue 5 - p 1249-1253 doi: 10.1519/JSC.0000000000003554

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Martínez A., Duque R., Alcaraz P., y Arias J. (2017) Estrategias dietéticas y composición

corporal en halterofilia de élite: revisión sistemática. Doi: 10.14306/ renhyd.21.3.353

Moncrieff, L. (2013). Programa motivacional dirigido al levantador de pesas de la selección

mayor del comité olímpico guatemalteco (tesis de pregrado). Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala

Morton, D., Foreman, K., Albertine, K. (2018) Anatomía macroscópica: Un panorama general.

Distrito Federal, México. McGraw-Hill

Netter, F. (2000). Atlas of Human Anatomy 2º edición Porto Alegre, Brasil. Artmed.

Otzoy, J. (2014). Desarrollo de los clubes deportivos de Guatemala (tesis de pregrado).

Universidad Galileo, Guatemala

Panesso, C., Constanza, M., & Tolosa, I. (2008). Biomecánica clínica de la rodilla. In Repositorio

Institucional. Recuperado de:

https://repository.urosario.edu.co/bitstream/handle/10336/3693/Documento%2039_Primeras%20artes%5B1%5D.pdf?sequence=4&isAllowed=y

Pérez de la plaza, E, Fernández Espinosa, A. (2013). Auxiliar de enfermería. Madrid, España:

McGraw Hill politécnica de Madrid, España

Pontificia Universidad Católica de Chile. (2020). Esguince grado 1. Retrieved February 27, 2021,

from Traumatología y ortopedia website: <http://www.docencia-traumatologia.uc.cl/wp-content/uploads/2020/03/ligamentos-tendones-tobillo.jpg>

Ratto, G. D., Cascales, M., Marín, F., Alemán, A., Asensi, P., (2013). Anatomía y biomecánica

de la articulación de la rodilla. Patología degenerativa de la rodilla (1), 1-10.

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Río, D. (2014). Prevención de lesiones del ligamento cruzado anterior en deportistas féminas.

Universidad Pública de Navarra.

file:///C:/Users/Compufire/Downloads/TFGDAVINIARIO.pdf

Rodríguez, A. L., Figueroa, M. E. y Pérez, C. S. (2020). Lesiones más frecuentes en levantadores

de pesas cubanos. Principales causas y medidas de prevención. *Revista de la facultad de cultura física de la universidad de Granma*, 17(1), 220-229. Recuperado de

<https://revistas.udg.co.cu/index.php/olimpia/article/view/1434/2518>

Rojas Padilla, I, Zambrano Diaz, D, González Arango, L. (2018). Actualización en halterofilia.

Cali, Colombia: Universidad del valle

Romero. B., Cuéllar. A., González, J., Bastida, N., Echarri, E., Gallardo. J., & Paredes. V. (2017).

Revista Internacional de Ciencias del Deporte. <https://doi.org/10.5232/r icyde2017.04803>

Ruiz Olabuénaga, J. (2012). Metodología de la investigación cualitativa. Bilbao, España:

Universidad de Deusto

Salazar. L., Lenis, M & Villalba, A. (2007). Factores de riesgo posturales dinámicos y de la

ejecución técnica para lesiones osteomusculares en levantadores de pesas. Educación física y deporte. Universidad de Antioquia

Sánchez A. (2016). Análisis cinemático del entrenamiento con tecnología isoinercial de

movimiento libre y sus posibles efectos derivados. Recuperado de

<https://tinyurl.com/18yaslgn>

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Sánchez, A. (2016). Análisis cinemático del entrenamiento con tecnología isoinercial de movimiento libre y sus posibles efectos derivados. Universidad de Cádiz.

file:///C:/Users/Compufire/Downloads/Alejandro%20S%C3%A1nchez%20Delgado_TFM.pdf

Schoenfeld, Brad J Eyacular Cinemática y cinética y su aplicación al rendimiento en el ejercicio,

Journal of Strength and Conditioning Research: diciembre de 2010 - Volumen 24 -

Número 12 - p 3497-3506 doi: 10.1519 / JSC.0b013e3181bac2d7

Terrazo, O., & Renzo, D. (2018). Enfoque fisioterapéutico en pinzamiento femoroacetabular

trabajo de investigación Oria Terrazo, Diego Renzo. In Universidad Inca Garcilaso de la Vega. Retrieved from website:

<http://repositorio.uigv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.11818/2334/TRAB.SUF.PROF.%20ORIA%20TERRAZO%2C%20DIEGO%20RENZO.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

Tortora, G., Derrickson, B. (2016) Principios de anatomía y fisiología 13^o edición. Ciudad de

México, México. Editorial Médica Panamericana.

Vicente. R. (2017). Análisis electromiográfico de movimientos de arrancada y cargada en

Halterofilia. Universidad Miguel Hernández de Elche.

file:///C:/Users/Compufire/Downloads/TFG%20Bernabeu%20Pascual,%20Vicente%20Ra%C3%BAl.pdf

Villarreal, J. M., Tovar, M. y Sánchez, G. (2016). Lesiones condrales de la rodilla del deportista.

Orthotips, 12(2), 77-87. Recuperado de <https://tinyurl.com/yxn6vurf>

Análisis biomecánico de la realización de un squat en halterofilia y su repercusión en las lesiones de rodilla para la mejora de su ejecución en deportistas de 20 a 40 años

Wilczyński. E., Zorena. K & Salazar. D. (2020). Rodilla valgo dinámica en tareas de movimiento de una sola pierna. Factores potencialmente modificables y opciones de entrenamiento con ejercicios. Una revisión de la literatura. 17, 8208; doi: 10.3390 / ijerph17218208