



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

TEMA:

**Análisis de factores biomecánicos asociados al valgo dinámico en el
back squat de atletas de powerlifting**

AUTOR (AS):

Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth

Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen

**Trabajo de titulación previo a la obtención del título de
LICENCIADAS EN FISIOTERAPIA**

TUTOR:

Arce Rodríguez, Jorge Enrique

Guayaquil, Ecuador

19 de febrero del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

CERTIFICACIÓN

Certificamos que el presente trabajo de titulación fue realizado en su totalidad por Gaibor Muñoz Cecilia Lizbeth y Pilataxi Plaza Kayla Anabelen, como requerimiento para la obtención del título de Licenciados en Fisioterapia.

TUTOR (A)



Firmado electrónicamente por:
JORGE ENRIQUE
ARCE RODRIGUEZ

f. _____

Arce Rodríguez, Jorge Enrique

DIRECTOR DE LA CARRERA

f. _____

Jurado Auria, Stalin Augusto

Guayaquil, al 19 de febrero del 2025



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

Nosotras, Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth y Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen

DECLARO QUE:

El Trabajo de Titulación, “**Análisis de factores biomecánicos asociados al valgo dinámico en el back squat de atletas de powerlifting**” previo a la obtención del título de **LICENCIADA EN FISIOTERAPIA**, ha sido desarrollado respetando derechos intelectuales de terceros conforme las citas que constan en el documento, cuyas fuentes se incorporan en las referencias o bibliografías. Consecuentemente este trabajo es de mi total autoría.

En virtud de esta declaración, me responsabilizo del contenido, veracidad y alcance del Trabajo de Titulación referido.

Guayaquil, al 19 de febrero del 2025

LAS AUTORAS

f.  f. 
Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth **Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen**



UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA

AUTORIZACIÓN

Nosotras, Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth y Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen

Autorizo a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil a la **publicación** en la biblioteca de la institución del Trabajo de Titulación, “**Análisis de factores biomecánicos asociados al valgo dinámico en el back squat de atletas de powerlifting**”, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi exclusiva responsabilidad y total autoría.

Guayaquil, al 19 de febrero del 2025

LAS AUTORAS

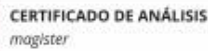
f. Cecilia Gaibor

Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth

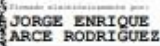
f. Kayla Pilataxi P.

Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen

REPORTE COMPILATIO



TESIS GAIBOR - PILATAXI



Nombre del documento: TESIS GAIBOR - PILATAXI.docx
ID del documento: c75c5108b9f3dc1ba58619d518aa4f22a2c9d48b
Tamaño del documento original: 1,77 MB
Autores: []

Depositante: Jorge Enrique Arce Rodríguez
Fecha de depósito: 13/2/2025
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 13/2/2025

2% Similitudes (ignorado)
0% similitudes entre comillas
0% entre las fuentes mencionadas

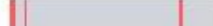
3% Idiomas no reconocidos (ignorado)

Número de palabras: 14.461
Número de caracteres: 95.519

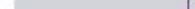
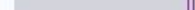
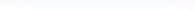
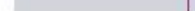
Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

N°	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 FORMATO ARTÍCULO BORBOR-LASCANO.docx FORMATO ARTÍCULO BOR... #0f0c5f El documento proviene de mi biblioteca de referencias 41 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (292 palabras)
2	 ANDRADE PINARGOTE - MENA ARCOS TITULACIÓN.docx ANDRADE PINA... #01a702 El documento proviene de mi biblioteca de referencias 37 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (276 palabras)
3	 www.doi.org https://www.doi.org/10.3390/IJERPH17218208 34 fuentes similares	2%		 Palabras idénticas: 2% (268 palabras)
4	 Tesis Wilmer Maza Final Agosto 05.docx Tesis Wilmer Maza Final Agosto 05 #0ca2bc El documento proviene de mi grupo 30 fuentes similares	1%		 Palabras idénticas: 1% (157 palabras)
5	 201.159.223.180 http://201.159.223.180/bitstream/3317/21899/1/UCSG-PRE-MED-FIS-21.pdf 18 fuentes similares	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (109 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Impact of Three Strengthening Exercises on Dynamic Kn... https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34068810/	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (39 palabras)
2	 pubmed.ncbi.nlm.nih.gov Normative data and correlation between dynamic knee ... https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/33268811/	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (34 palabras)
3	 Documento de otro usuario #4d735d 🔍 El documento proviene de otro grupo	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (35 palabras)
4	 www.doi.org https://www.doi.org/10.3390/IJERPH18137047	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
5	 www.doi.org https://www.doi.org/10.3390/IJERPH17124418	< 1%		 Palabras idénticas: < 1% (33 palabras)

Fuentes mencionadas (sin similitudes detectadas) Estas fuentes han sido citadas en el documento sin encontrar similitudes.

- 1  http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/samperilasrutas.pdf
- 2  <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/90>
- 3  <https://www.kinovea.org/features.html>
- 4  <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/30/8/article-p1220.xml>

AGRADECIMIENTO

Gracias a Dios por la salud y vida que me ha dado cada segundo de mi existencia, por lo que me ha permitido esforzarme para alcanzar las metas que me he propuesto, gracias por brindarme la fortaleza para vencer los obstáculos que se han presentado a lo largo de mi vida.

También deseo agradecer a mi familia y en especial a mi madre Carmen Muñoz que siempre me ha brindado su apoyo incondicional a lo largo de mi vida, impartíendome valores y respeto. Siempre ha confiado en mi capacidad y perseverancia y así culminar con éxito mi carrera universitaria.

No puedo dejar de agradecer a mis grupos de amigos, en especial: "Mis fisios exclusivos", "Martes de bendiciones" y "Sobrevivientes". Ellos hicieron de la universidad un lugar más amigable y enriquecedor. Sin su presencia, esta etapa no habría sido la misma.

Siempre estuvieron a mi lado, celebrando cada logro y brindándome su apoyo incondicional en los buenos y malos momentos. Han sido mi razón de ser, mi mundo entero. Compartimos risas interminables, enfrentamos el estrés, e incluso derramamos algunas lágrimas, pero cada instante a su lado fue felicidad pura.

Les estoy profundamente agradecida y los extrañare muchísimo. Gracias por haber aparecido en mi vida. Les deseo todo el éxito en sus futuros caminos. ¡Los llevaré siempre en mi corazón!

Finalmente, quiero expresar mi agradecimiento a la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, y a todos los docentes que cada día se esforzaron para impartirme sus conocimientos con mucha dedicación y amor.

Cecilia Lizbeth Gaibor Muñoz

AGRADECIMIENTO

Este trabajo representa el esfuerzo de muchos años de estudio, dedicación y perseverancia, pero no habría sido posible sin el apoyo incondicional de quienes me han guiado y acompañado en este camino el cual ha sido fundamental en mi vida.

En primer lugar, quiero, agradezco a Dios por darme salud, fortaleza y perseverancia para superar cada obstáculo, por ayudarme a seguir adelante y abrirme puertas a lo largo de este camino.

A mis padres, por brindarme su amor incondicional y apoyo en cada situación de mi vida, en cada proyecto y sueño. Les agradezco por cada uno de los sacrificios que hicieron por mí siempre con amor. Gracias por hacerme una mujer de principios y valores, por enseñarme a ser trabajadora y esforzada. Este triunfo es para ustedes.

A mis hermanos por su apoyo constante y motivación en momentos difíciles y celebrar conmigo cada pequeño logro.

A mis amigos y mejores amigos por ser un pilar fundamental en este recorrido, por las risas, los consejos, los abrazos, las experiencias compartidas juntos, y los momentos de aliento en los días más desafiantes. Por el apoyo constante en mi carrera y fuera de ella, por siempre creer en mí y levantarme cuando yo no podía.

Kayla Anabelen Pilataxi Plaza

DEDICATORIA

A la memoria de mi abuelito Luis Muñoz siempre fue mi verdadero padre, aquel que estuvo a mi lado desde el momento en que nací. Me vio crecer y, durante todo el tiempo que compartimos, me brindó su apoyo incondicional. Se preocupó por mí, estuvo presente en mis alegrías y en mis momentos más difíciles, guiándome con su amor y sabiduría.

Aunque el tiempo ha pasado desde su partida, su presencia sigue viva en mí. Es como si aún estuviera aquí, animándome a seguir adelante, recordándome que no debo rendirme fácilmente. Me enseñó a ser una mujer fuerte, amable, cariñosa y respetuosa. Todo lo que soy hoy se lo debo a él.

Este triunfo se lo dedico con todo mi corazón. Siempre será mi persona favorita, mi guía eterna e irremplazable.

Quiero dedicarle este logro a mis padres, quienes se esforzaron incansablemente para que nunca me faltara nada, su amor incondicional y sabiduría me han guiado a lo largo de este camino.

A mis tíos Mirian Muñoz y Mauricio Tipan, quienes son como segundos padres para mí. Siempre están allí, apoyándome en cada momento y celebrando mis triunfos con el mismo entusiasmo que yo. Su amor y guía significan el mundo para mí, y les estaré eternamente agradecida.

Cecilia Lizbeth Gaibor Muñoz

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a Dios por estar presente en todos los momentos de mi vida, guiarme y cuidarme, y ser mi soporte. Por darme unos padres excepcionales y una familia de la que estoy agradecida.

Agradezco profundamente a mis padres que con amor y gratitud me han guiado a lo largo de mi vida y apoyado, les dedico este logro por todo su esfuerzo, cariño y enseñanzas las cuales me han permitido llegar hasta aquí.

A mis amigos, por ser mi red de apoyo en los momentos difíciles y celebrar conmigo cada logro.

Y a todas aquellas personas que han creído en mí, en mis capacidades y me han impulsado a seguir adelante, por guiarme y enseñarme, por no abandonarme, esta meta también es de ustedes.

Kayla Anabelen Pilataxi Plaza



**UNIVERSIDAD CATÓLICA
DE SANTIAGO DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA SALUD
CARRERA DE FISIOTERAPIA**

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

f. _____

Alcívar Silva Angel Andrés
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Chang Catagua Eva de Lourdes
DOCENTE DE LA CARRERA

f. _____

Abril Mera Tania María
OPONENTE

ÍNDICE

RESUMEN.....	XIV
ABSTRACT.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	2
1. Planteamiento del problema	3
1.1 Formulación del problema.....	5
2 Objetivos	6
2.1 Objetivo general	6
2.2 Objetivos específicos.....	6
3 Justificación.....	7
4 Marco teórico	8
4.1 Marco referencial.....	8
4.2 Marco teórico	11
4.2.1 Valgo dinámico	11
4.2.2 Factores predisponentes al Valgo Dinámico	11
4.2.3 Back squat	15
4.2.4 Entrenamiento físico como intervención de reducción del valgo dinámico de rodilla.....	17
5 Formulación de la hipótesis.....	20
6 Identificación y Clasificación de Variables.....	21
6.1 Variables de estudio	21
6.2 Cuadro de Operacionalización de variables	22
7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	23
7.1 Justificación de la Elección del Diseño	23
7.2 Población y Muestra.....	23

7.2.1	Criterios de Inclusión	24
7.2.2	Criterios de Exclusión	24
7.3	Técnicas e Instrumentos de Recogida de Datos	24
7.3.1	Técnicas.....	24
7.3.2	Instrumentos	24
8	Presentación de resultados.....	28
9	Conclusiones.....	43
10	Recomendaciones	45
11	Presentación de Propuestas de Intervención.....	46
11.1	Título	46
11.2	Evaluación inicial	46
11.3	Objetivo general	46
11.4	Objetivos específicos de la Propuesta	46
11.5	Plan de intervención	47
12	BIBLIOGRAFIA	53
	ANEXOS.....	58

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de variables.....	22
Tabla 2: Caracterización poblacional	28
Tabla 3: Tiempo de entrenamiento.....	29
Tabla 4: Inestabilidad dinámica	30
Tabla 5: Dolor durante el back squat.....	31
Tabla 6: Lesiones frecuentes	32
Tabla 7: Tratamiento en lesiones.....	33
Tabla 8: Rendimiento y recaídas por lesiones.....	34
Tabla 9: Programa profiláctico.....	35
Tabla 10: Test de Lunge.....	35
Tabla 11: Test de Wells.....	36
Tabla 12: Test de Thomas	37
Tabla 13: Test postural	38
Tabla 14: Goniometría.....	39
Tabla 15: Valoración del valgo de rodilla	40
Tabla 16: Dinamometría.....	41

RESUMEN

El back squat en powerlifting es una sentadilla donde la barra se posiciona en la parte superior de la espalda. Su ejecución implica flexión de cadera y rodillas hasta que los muslos queden paralelos al suelo o más abajo, seguida de una extensión. **OBJETIVO:** Describir los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico de la rodilla durante la ejecución del back squat en atletas de powerlifting durante el periodo preparatorio del Guayas 2024. **METODOLOGÍA:** Se aplicaron pruebas de movilidad como el test de Lunge, test de Wells y test de Thomas, además de ****goniometría y dinamometría**** para medir la fuerza en la cadera. Se utilizó KINOVEA para analizar la técnica y detectar desviaciones en la alineación de la rodilla. **RESULTADOS:** Se evidenció movilidad en dorsiflexión limitada en tobillos (<5 cm en 47.5% según test de Lunge), baja flexibilidad en isquiotibiales (80% con resultados deficientes en el test de Wells) y 75% con debilidad en estabilizadores de cadera según el test de Thomas. La dinamometría mostró una reducción del 50 % en la fuerza de una pierna y el valgo de rodilla se presentó en 44 deportistas (10-11 cm). **CONCLUSIÓN:** Los resultados evidencian deficiencias en la ejecución del back squat, destacando la necesidad de implementar programas profilácticos para corregir fallas biomecánicas y prevenir lesiones.

Palabras Clave: Valgo dinámico, Back squat, Biomecánica, Fuerza muscular, Movilidad articular

ABSTRACT

The back squat in powerlifting is a squat where the bar is positioned on the upper back. Its execution involves flexion of the hips and knees until the thighs are parallel to the floor or lower, followed by extension. **OBJECTIVE:** Determine the biomechanical factors associated with dynamic knee valgus during the back squat in powerlifting athletes, evaluating mobility and stability in the hip, knee, and ankle to identify deficiencies that affect alignment and performance. **METHODOLOGY:** Mobility tests such as the Lunge test, Wells test and Thomas test were applied, in addition to ****goniometry and dynamometry**** to measure hip strength. KINOVEA was used to analyze the technique and detect deviations in knee alignment. **RESULTS:** Limited dorsiflexion mobility was evident in the ankles (<5 cm in 47.5% according to the Lunge test), low flexibility in the hamstrings (80% with poor results in the Wells test) and 75% with weakness in hip stabilizers according to the Thomas test. Dynamometry showed a 50% reduction in leg strength and knee valgus occurred in 55 athletes (10-11 cm). **CONCLUSION:** The results show deficiencies in the execution of the back squat, highlighting the need to implement prophylactic programs to correct biomechanical failures and prevent injuries.

Keywords: Dynamic valgus, Back squat, Biomechanics, Muscle strength, Joint mobility

INTRODUCCIÓN

El back squat es un ejercicio esencial en el entrenamiento de fuerza, ampliamente implementado en disciplinas como el powerlifting y el levantamiento olímpico de pesas. Este movimiento exige una interacción compleja entre los sistemas musculoesquelético y neuromuscular, implicando articulaciones clave como las caderas, rodillas y tobillos para garantizar una ejecución segura y eficiente (1). No obstante, alteraciones biomecánicas como el valgo dinámico de rodilla han sido identificadas como importantes factores de riesgo de lesiones de diferentes tipos como: articulares, tendinosas, y musculares, incluyendo entre ellas rupturas de ligamentos cruzados y síndrome de dolor patelofemoral (2).

El valgo dinámico, definido por un desplazamiento medial excesivo de las rodillas durante actividades con carga, es un patrón biomecánico común en ejercicios de alta demanda como el back squat. Esta disfunción suele derivar de déficits de fuerza, especialmente en los abductores de cadera, restricciones en la dorsiflexión del tobillo y carencias en el control neuromuscular (2). Adicionalmente, estudios recientes sugieren que la fatiga muscular y desequilibrios entre los grupos musculares del cuádriceps y los isquiotibiales pueden agravar este problema, comprometiendo la estabilidad articular y aumentando la predisposición a lesiones (3).

En el ámbito del powerlifting, donde las cargas manejadas son considerablemente altas, la presencia de valgo dinámico no solo incrementa el riesgo de lesiones, sino que también perjudica el rendimiento deportivo al interferir con la mecánica óptima del levantamiento (4). Aunque existen diversas estrategias de entrenamiento dirigidas a corregir este patrón, muchas carecen de una validación científica suficiente. Por lo que es fundamental la realización de un análisis biomecánico individualizado en cada atleta para identificar patrones de movimiento deficientes y facilitara la implementación de un programa profiláctico más especializado al conocer el grado de desviación medial de cada atleta y sus deficiencias de manera general, intervenciones que combinen fortalecimiento muscular específico, corrección de patrones de movimiento y mejora de la movilidad articular han mostrado resultados alentadores, pero su eficacia requiere mayor análisis en poblaciones específicas como los atletas de powerlifting (5).

Por ello, el presente estudio tiene como objetivo evaluar los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico durante el back squat en atletas de powerlifting. Este análisis busca proporcionar una evidencia clara sobre los patrones biomecánicos que predisponen la aparición del valgo dinámico y su impacto en el rendimiento deportivo. A través de esta evaluación, se pretende identificar las posibles causas subyacentes de este patrón y aportar información valiosa para la mejora en la alineación y estabilidad articular durante la ejecución del back squat.

1. Planteamiento del problema

El valgo dinámico es un patrón de movimiento caracterizado por el colapso medial de las rodillas, el cual puede observarse durante ejercicios como el back squat en atletas de fuerza, particularmente en powerlifting (6), deporte donde este efecto biomecánico es de particular relevancia, ya que la técnica inadecuada y la alineación deficiente durante la ejecución del back squat incrementan el riesgo de lesiones en las rodillas y pueden afectar el rendimiento del atleta (7,8).

En este contexto, las cifras de lesiones por valgo dinámico de rodilla son significativamente más altas entre los deportistas avanzados, con un rango de entre 150 y 370 lesiones por cada 100.000 personas-año, en comparación con los deportistas formativos, cuyo rango oscila entre 30 y 162 lesiones por cada 100.000 personas-año (9). De acuerdo con estudios realizados en Estados Unidos han demostrado que el valgo dinámico de rodilla es un factor importante en la ruptura o desgarro del LCA, con un 64% de lesiones de rodilla relacionadas con esta condición (10).

Fiallos, (10) en su investigación realizada en Ambato Ecuador, observó que el valgo dinámico provocaba lesiones en un 22% durante la realización de sentadillas, seguido del peso muerto con un 18%, y del clean and jerk con un 10%. Los resultados indicaron que la incidencia de lesiones aumentaba en función del tiempo de entrenamiento semanal. Los atletas que entrenaban más de 15 horas a la semana presentaban una mayor recurrencia de lesiones. Además, se observó que la probabilidad de lesión era mayor en atletas de nivel avanzado en comparación con los principiantes e intermedios.

Diversos factores influyen en la aparición del valgo dinámico, tales como la fatiga, factores biomecánicos y anatómicos, y déficits de la musculatura de la cadera, así como la reducción de la movilidad del medio pie. Los músculos aductores, los rotadores de cadera y los glúteos desempeñan un papel crucial en la estabilización durante la aducción y rotación medial del fémur en actividades dinámicas. Además, un aumento en el ángulo Q intensifica el valgo dinámico, afectando la alineación y el movimiento de la rodilla (11,12).

En la provincia del Guayas, específicamente en el área de potencia del polideportivo Huancavilca de FEDEGUAYAS, los atletas que se preparan para

competencias enfrentan exigencias físicas que requieren de una correcta alineación y estabilidad articular para mejorar su rendimiento y minimizar riesgos.

Durante el periodo preparatorio de 2024, los atletas participantes en este estudio presentan variaciones en la biomecánica del back squat, lo que puede estar influenciado por déficits de fuerza, desbalance en la activación de los músculos estabilizadores de la cadera, limitaciones en la movilidad articular de caderas, rodillas y tobillos, y una inadecuada o insuficiente coordinación neuromuscular. Estos factores contribuyen al desarrollo del valgo dinámico, limitando el rendimiento óptimo y aumentando la probabilidad de lesiones que podrían afectar su preparación para competencias principales y fundamentales.

Ante esta problemática, es crucial realizar un correcto análisis biomecánico individualizado que permita identificar los factores que son predisponentes al valgo dinámico de rodilla facilitando la realización de intervenciones basadas en la prevención de lesiones por valgo dinámico de rodilla y limitaciones deportivas en los atletas, así como el riesgo de lesiones en espalda, rodilla, tobillo y cadera con el objetivo de potenciar al atleta. Este estudio se enfocará en analizar las condiciones biomecánicas iniciales de los atletas de manera objetiva y subjetiva, desarrollar una propuesta focalizada en el fortalecimiento y corrección de patrones de movimiento. De esta manera, se busca no solo mejorar la técnica y el rendimiento de los atletas durante el periodo preparatorio, sino también promover prácticas de entrenamiento más seguras y efectivas incluidas en los programas de fuerza del área de potencia del polideportivo Huancavilca.

1.1 Formulación del problema

¿Cuáles son los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico durante la ejecución del back squat en atletas de powerlifting del Guayas 2024?

2 Objetivos

2.1 Objetivo general

Determinar los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico de la rodilla durante la ejecución del back squat en atletas de powerlifting durante el periodo preparatorio del Guayas 2024.

2.2 Objetivos específicos

- Caracterizar la población de objeto de estudio.
- Evaluar la fuerza, flexibilidad, movilidad articular y alineación postural mediante los test de Wells, Lunge y Thomas.
- Identificar la presencia de valgo dinámico de rodilla mediante video análisis con el software Kinovea.
- Establecer los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico de rodilla durante el back squat.
- Diseñar un programa profiláctico basado en los resultados obtenidos para optimizar la fuerza, flexibilidad y movilidad de los miembros inferiores, con el objetivo de mejorar el rendimiento deportivo y reducir el riesgo de lesiones.

3 Justificación

El powerlifting es una disciplina de fuerza en la que la técnica correcta y la alineación biomecánica son esenciales para alcanzar un rendimiento óptimo y prevenir lesiones, especialmente durante movimientos complejos como el back squat. Sin embargo, el valgo dinámico, que se manifiesta como un colapso medial de las rodillas durante la ejecución de este ejercicio, representa una desviación biomecánica frecuente que afecta tanto el desempeño como la seguridad de los atletas. En los atletas de powerlifting que entrenan en el área de potencia del polideportivo Huancavilca de FEDEGUAYAS en el Guayas, la presencia de este patrón puede estar relacionada con diversos factores biomecánicos, incluyendo debilidades musculares, desbalances en la activación muscular y limitaciones en la movilidad articular, los cuales pueden aumentar el riesgo de lesiones y afectar su desempeño competitivo.

La relevancia de este estudio radica en su enfoque hacia la evaluación de los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico en un grupo específico de atletas durante el periodo preparatorio de 2024, momento clave en su entrenamiento. Identificar estos factores permitirá comprender mejor las condiciones que predisponen a la aparición del valgo dinámico y su impacto en la ejecución del back squat. Además, al proporcionar datos precisos sobre la alineación y estabilidad articular de los atletas, este estudio contribuirá a la generación de conocimiento relevante para la optimización del entrenamiento en el powerlifting. Los hallazgos podrán servir como referencia para que entrenadores y fisioterapeutas ajusten sus programas de entrenamiento y prevención de lesiones, promoviendo una práctica deportiva más segura y eficiente. Asimismo, esta investigación puede sentar bases para futuros estudios que busquen estrategias de intervención orientadas a la corrección biomecánica y la mejora del rendimiento deportivo.

4 Marco teórico

4.1 Marco referencial

Lu et al., (13), en 2023, llevaron a cabo un estudio para comparar la biomecánica de las extremidades inferiores entre personas con pie normal y rearfoot valgus durante la ejecución de back squat. Para ello, utilizaron un diseño transversal que incluyó a 20 participantes, divididos en dos grupos: 10 con pie normal y 10 con rearfoot valgus. Asimismo, analizaron ángulos articulares, momentos articulares y rango de movimiento en cadera, rodilla y tobillo bajo cargas del 0, 30 y 70% del 1RM, empleando pruebas t independientes y mapeo estadístico paramétrico unidimensional.

En este contexto, los resultados mostraron que los participantes con rearfoot valgus presentaron un mayor rango de movimiento articular y momentos articulares en comparación con el grupo de pie normal ($p < 0.05$). Del mismo modo, exhibieron un ángulo de valgo dinámico más marcado en la profundidad máxima del squat y una mayor fuerza de contacto medial en la rodilla, lo que podría aumentar el riesgo de lesiones musculoesqueléticas y desgaste meniscal (13).

Douillette (14), analizó la relación entre la velocidad del back squat, el desplazamiento medial de la rodilla (MKD) y la actividad muscular en 10 hombres (edad: 30.8 ± 6.6 años, peso: 81 ± 11.9 kg, altura: 1.74 ± 0.06 m). Los participantes eran practicantes regulares del back squat durante al menos dos años. Se utilizó un protocolo para estimar el 1-RM (Canadian Society for Exercise Physiology) y calcular pesos al 55%, 65%, 75% y 85% del 1-RM, además de una velocidad reducida al 35%. El desplazamiento medial de la rodilla y la actividad muscular en el glúteo mayor, aductor largo y gastrocnemio medial se registraron mediante un sistema de captura de movimiento 3D y electromiografía (EMG).

Los resultados mostraron que el MKD fue significativamente mayor durante velocidades normales ($F(1,9) = 53.035$, $p < 0.001$) y disminuyó con el aumento del peso ($F(3,27) = 7.453$, $p < 0.003$). En squats a velocidad lenta con mayor carga, se observó un aumento significativo en la actividad del gastrocnemio medial ($F(3,27) = 4.033$, $p < 0.037$) y del aductor largo ($F(3,27) = 5.741$, $p < 0.007$). Además, la actividad del vasto medial incrementó con el peso ($F(3,27) = 10.521$, $p < 0.001$). Estos hallazgos

destacan cómo la velocidad y el peso influyen en la biomecánica y el control muscular del back squat (14).

Jamaludin et al., (15), llevaron a cabo un estudio para evaluar la relación entre la fuerza de los músculos de la cadera y el valgo dinámico de rodilla durante la sentadilla con una pierna (SLS) en mujeres físicamente activas con y sin valgo dinámico excesivo (DKV). Para ello, analizaron los movimientos a 45° y 60° de flexión de rodilla utilizando un sistema de análisis de movimiento tridimensional. La fuerza isocinética de la cadera se midió a 180°/s en flexión, extensión, abducción y aducción en ambas piernas. Los datos se analizaron mediante correlaciones de Pearson para identificar la relación entre la fuerza de cadera y el ángulo de la rodilla.

Los resultados mostraron que en el grupo sin DKV, la fuerza extensora de la cadera no dominante ($r = -0,56$, $p = 0,02$) y la fuerza aductora de la cadera dominante ($r = -0,51$, $p = 0,04$) se relacionaron significativamente con el ángulo del plano frontal de la rodilla durante la SLS a 45°. En el grupo con DKV, se encontró una relación significativa entre el ángulo del plano frontal de la rodilla y la fuerza abductora de la cadera no dominante durante la SLS a 60°. Esto sugiere que una mayor fuerza de los músculos abductores de la cadera puede minimizar el DKV excesivo, especialmente durante movimientos profundos como la sentadilla (15).

Affandi et al., (16), evaluaron la relación entre la fuerza del CORE, el equilibrio dinámico y la cinemática de la rodilla durante la sentadilla con una pierna (SLS) en 32 atletas masculinos juveniles de nivel estatal, de entre 13 y 18 años, con un rango normal de valgo dinámico. Utilizaron el Modified Plank Test para medir la fuerza del CORE, el Star Excursión Balance Test (SEBT) para evaluar el equilibrio dinámico en ocho direcciones y análisis 2D durante la SLS para determinar el ángulo de proyección del plano frontal de la rodilla (FPPA).

Los resultados indicaron una correlación significativa entre la distancia alcanzada en dirección anteromedial del SEBT y el FPPA durante la SLS en la pierna no dominante ($r = 0,374$, $p = 0,035$). No se observó una relación significativa entre la duración del plank y el FPPA en ambas piernas ($p > 0,05$). Esto resalta la relevancia del equilibrio dinámico en la pierna no dominante como predictor de inclinaciones al valgo durante la SLS, pero no identificó una relación directa con la fuerza del CORE (16).

Marotta et al., (17), investigaron la correlación entre el valgo dinámico de la rodilla y el tiempo de activación del vasto medial en atletas femeninas, dado su mayor riesgo de lesiones del ligamento cruzado anterior (LCA) en comparación con los hombres. Se incluyeron 60 atletas (30 hombres y 30 mujeres) que practicaban ballet, voleibol y fútbol. Los participantes realizaron un salto desde una plataforma de 32 cm, aterrizando en una pierna mientras se registraban la actividad muscular mediante electromiografía de superficie (EMG) y el ángulo de valgo dinámico mediante software KINOVEA. Se compararon los tiempos de activación muscular entre géneros y deportes.

Las atletas femeninas mostraron activación tardía del vasto medial (FA=210.5 $\pm$ 3.1 ms) en comparación con los hombres (MA=407 $\pm$ 6.1 ms). También exhibieron mayores ángulos de valgo dinámico de rodilla (FA=6.1 $\pm$ 1.2° vs. MA=3.1 $\pm$ 1.2°). La correlación entre el tiempo de activación del vasto medial y el ángulo de valgo dinámico fue estadísticamente significativa ($r=0.79$, $p<0.05$). Los resultados sugieren que la activación tardía del vasto medial en mujeres está relacionada con un mayor riesgo de lesiones del LCA, destacando la importancia de programas de entrenamiento neuromuscular (17).

Sahabuddin et al., (18), realizaron una revisión sistemática para evaluar los efectos de intervenciones con ejercicios enfocados en la reducción del valgo dinámico de la rodilla (DKV) en hombres y mujeres de diferentes edades, con o sin dolor de rodilla. Analizaron 10 estudios que incluyeron un total de 423 participantes, utilizando bases de datos como Pubmed y SCOPUS. La intervención debía durar al menos una semana, con dos o tres sesiones semanales, y los ejercicios se centraron en cadenas cinéticas de arriba hacia abajo o de abajo hacia arriba. Los resultados mostraron que siete estudios demostraron mejoras significativas en DKV tras programas de intervención de dos a diez semanas.

Entre los estudios revisados, aquellos que priorizaron músculos como los isquiotibiales y gastrocnemios, directamente relacionados con la articulación de la rodilla, mostraron reducciones significativas en el DKV. Por el contrario, tres estudios que se enfocaron en los músculos del tronco y la espalda no lograron resultados relevantes, a pesar de realizar intervenciones de ocho a doce semanas. Los hallazgos sugieren que ejercicios dirigidos a músculos específicos de la rodilla, desde enfoques

de cadenas cinéticas de arriba hacia abajo o viceversa, son eficaces para minimizar el DKV y prevenir lesiones en las extremidades inferiores, lo que aporta herramientas útiles para entrenadores y atletas (18).

4.2 Marco teórico

4.2.1 Valgo dinámico

El valgo dinámico de rodilla (DKV) es un patrón biomecánico que se caracteriza por el desplazamiento medial de la rodilla durante movimientos dinámicos, como el back squat o el aterrizaje tras un salto (15). Este fenómeno involucra la aducción y rotación interna del fémur, abducción de la rodilla, traslación tibial anterior y evasión del tobillo. Estas alteraciones generan una alineación inadecuada de la extremidad inferior, lo que aumenta el estrés en estructuras como el ligamento cruzado anterior (LCA) y la articulación patelofemoral. El DKV es un factor predisponente para lesiones agudas y crónicas en la rodilla (2).

El DKV es resultado de múltiples factores biomecánicos, incluyendo debilidad en los músculos estabilizadores de la cadera, falta de control neuromuscular y movilidad limitada del tobillo. Estas alteraciones afectan la alineación de la extremidad inferior y la distribución de fuerzas durante el movimiento (2). Para su evaluación, se emplean métodos tridimensionales (3D) que permiten analizar la cinemática del valgo en tiempo real, aunque los análisis bidimensionales (2D) también son utilizados por su accesibilidad (19). Este análisis facilita identificar patrones disfuncionales y diseñar intervenciones correctivas.

4.2.2 Factores predisponentes al Valgo Dinámico

4.2.2.1 Control neuromuscular del tronco

El ámbito neuromuscular emerge como un factor predisponente importante en el aumento del riesgo de lesiones, particularmente en mujeres. El desbalance neuromuscular, caracterizado por la activación tardía o insuficiente de ciertos grupos musculares, influye directamente en la estabilidad articular durante actividades dinámicas como cambios de dirección, cortes y aterrizajes. Este desajuste, combinado con un control motor deficiente, amplifica el valgo dinámico y los momentos de estrés

en la rodilla, predisponiendo a las atletas a lesiones no contactadas, como las del ligamento cruzado anterior (17).

Si bien el control neuromuscular es un factor determinante, no es el único ni el más importante en el contexto del valgo dinámico. El control motor deficiente está estrechamente relacionado con la falta de fuerza en músculos clave, lo que contribuye significativamente a la manifestación de este patrón biomecánico. En actividades como el back squat, la deficiencia en la activación muscular y la falta de fuerza en los músculos estabilizadores de la cadera y del tronco pueden incrementar la propensión al valgo dinámico, ya que estos músculos son fundamentales para mantener un alineamiento adecuado de la rodilla y evitar desviaciones peligrosas durante la ejecución del movimiento (17).

El control neuromuscular del tronco juega un papel crucial en la prevención del valgo dinámico de rodilla. La “dominancia del tronco” se refiere a una inclinación lateral excesiva del torso que desplaza el centro de gravedad lejos de la rodilla, generando fuerzas de reacción del suelo (GRF) que aumentan el movimiento de valgo. Este patrón biomecánico afecta directamente el alineamiento de la rodilla durante actividades como sentadillas o aterrizajes. Estudios como el de Nakagawa et al., (20), se observó una correlación significativa entre la inclinación lateral del torso y el DKV en tareas de apoyo monopodal ($r = 0,49$, $p < 0,01$).

Además, estudios recientes han demostrado que individuos con valgo dinámico presentan mayor activación del aductor mayor, vasto medial y vasto lateral durante la fase excéntrica del squat, mientras que no se observaron diferencias significativas en la activación de los glúteos (3). Este hallazgo refuerza la hipótesis de que el valgo puede ser causado, en gran parte, por una falta de control motor, aunque también es necesario considerar la deficiencia de fuerza en los músculos que estabilizan la cadera y la rodilla.

La fuerza de los músculos laterales del tronco, como el cuadrado lumbar, y de los estabilizadores de la cadera es esencial para contrarrestar la flexión lateral del tronco. Se ha demostrado que participantes con mayor fuerza en ejercicios de plancha lateral tienen menores ángulos de DKV durante pruebas de sentadilla unipodal (SLS). Sin embargo, la complejidad biomecánica de estos músculos y su interacción con el sistema cinemático general requiere investigaciones adicionales para comprender

completamente su impacto. El valgo dinámico en el back squat de atletas de powerlifting está relacionado con una combinación de factores, donde el control neuromuscular y la fuerza son cruciales en su manifestación y prevención (21).

4.2.2.2 Fuerza y activación muscular de la cadera

La fuerza de la cadera es un componente esencial en el control del valgo dinámico de rodilla, ya que influye directamente en la biomecánica de las extremidades inferiores. La estabilidad de la cadera desempeña un papel clave en la modulación de los movimientos, impactando la alineación y la cinemática de las articulaciones cercanas. Alteraciones en esta estabilidad pueden comprometer el equilibrio general de la extremidad inferior, especialmente durante actividades dinámicas como la sentadilla (15).

La fuerza de los abductores desempeña un papel crítico en la reducción del valgo dinámico durante tareas como aterrizajes y movimientos dinámicos. Estudios han demostrado que la debilidad de los abductores incrementa el riesgo de desplazamiento medial de la rodilla, especialmente tras la fatiga muscular. Sin embargo, en mujeres asintomáticas, se ha observado que la relación entre la fuerza de la cadera y el valgo dinámico depende de la tarea específica (22), lo que sugiere que los mecanismos pueden variar según el tipo de actividad.

La debilidad en los músculos abductores, rotadores externos y extensores de la cadera está estrechamente vinculada con el valgo dinámico de rodilla. Los glúteos medio y mayor son claves para prevenir el colapso medial de la rodilla, ya que facilitan la abducción y rotación externa de la cadera. Investigaciones han encontrado que mujeres con menor fuerza excéntrica en estos músculos presentan un mayor ángulo de valgo durante actividades como aterrizajes monopodales y sentadillas unipodales (23). Además, esta relación es más pronunciada en movimientos balísticos, donde la demanda excéntrica es mayor (22).

En tareas monopodales, se requiere un trabajo excéntrico significativo de los abductores de cadera para evitar la caída contralateral de la pelvis y la aducción femoral. Estudios recientes han mostrado correlaciones negativas entre la fuerza concéntrica y excéntrica de los abductores y el ángulo de valgo de rodilla ($r = -0,55$, $p = 0,02$) (23). Sin embargo, algunos resultados contradictorios destacan que la fuerza

de la cadera no siempre predice directamente el DKV, dependiendo del tipo de tarea evaluada y de los métodos de medición empleados (24).

4.2.2.3 *Rango de movimiento del tobillo y alineación del pie*

La limitación en el rango de movimiento de dorsiflexión del tobillo se relaciona con compensaciones biomecánicas en los planos frontal y sagital de la articulación de la rodilla, lo que puede intensificar el valgo dinámico. Esta condición resulta crucial para analizar cómo las restricciones en la dorsiflexión afectan la alineación articular y contribuyen al desarrollo de lesiones en la rodilla, como el síndrome de dolor patelofemoral o daños en el ligamento cruzado anterior (LCA) (25). Meta-análisis recientes han confirmado la asociación entre la restricción de la dorsiflexión y un mayor ángulo de valgo en tareas monopodales (SMD $-0,65$, IC del 95% $-0,88$ a $-0,41$) (26).

Además, la movilidad del mediopié afectada por la deficiencia de los rotadores también influye en el DKV. Participantes con mayor movilidad del mediopié tienen 2,4 veces más probabilidades de exhibir mayores ángulos de valgo durante pruebas de SLS (27). Estas compensaciones se observan especialmente en el mediopié y la articulación sub-astragalina, donde la eversión y pronación pueden alterar la cinemática general de las extremidades inferiores (28). Por lo tanto, mejorar la dorsiflexión del tobillo y la estabilidad del pie debe ser un componente clave de los programas preventivos.

4.2.2.4 *Fatiga muscular*

La fatiga muscular es otro factor predisponente que afecta la biomecánica de la rodilla. Reducciones en la capacidad neuromuscular y propioceptiva asociadas a la fatiga alteran el control motor y aumentan el riesgo de valgo dinámico. Estudios han mostrado que protocolos de fatiga, como correr o realizar sentadillas, incrementan el ángulo de valgo en tareas inesperadas (SLL), aunque los resultados no siempre son consistentes (29). La fatiga central, que afecta la activación muscular, y la fatiga periférica, que disminuye la capacidad de generar fuerza, son los mecanismos principales (2).

La fatiga puede alterar la contracción muscular entre los cuádriceps e isquiotibiales, debilitando la estabilización de la rodilla en movimientos varo-valgo.

Esto incrementa las fuerzas de reacción del suelo y disminuye la capacidad de estabilizar dinámicamente la rodilla durante actividades de alta exigencia. Además, estudios han señalado que la bilateralidad del ángulo Q puede influir en el control de la rodilla, aunque no siempre esté directamente relacionada con lesiones, lo que resalta la importancia de evaluar factores biomecánicos individuales (30).

4.2.3 Back squat

Es un ejercicio esencial en tanto el entrenamiento deportivo, la rehabilitación y el fortalecimiento físico como en la vida diaria ya que es un movimiento mecánico usado para diversas actividades, ya que ayuda al desarrollo muscular y mejora la estabilidad en las articulaciones de las caderas, rodillas y tobillos. Este movimiento es particularmente eficaz para tratar lesiones del ligamento cruzado anterior y problemas patelofemorales. Las distintas formas de realizar el squat, utilizando diferentes resistencias y posiciones de carga, permiten ajustar la técnica a las necesidades de atletas, pacientes en rehabilitación y el público general (1).

La elección de la profundidad del squat depende de factores como el historial de lesiones y los objetivos específicos del atleta. Squats profundos, realizados con técnica adecuada, son beneficiosos en personas sanas para fortalecer las extremidades inferiores sin representar un riesgo significativo para los tejidos articulares pasivos. Además, el contacto entre muslo y pantorrilla reduce las fuerzas en la rodilla más allá de los 40° de flexión. Sin embargo, profundidades extremas deben evitarse en casos de lesiones de ligamento cruzado posterior o pinzamiento femoroacetabular debido a mayores fuerzas compresivas (35).

El rango de dorsiflexión del tobillo es un elemento clave para lograr una profundidad adecuada en el squat. Investigaciones como la de Kim et al., (36), han señalado que la dorsiflexión limitada puede restringir el movimiento en squats de peso corporal. Asimismo, Fuglsang et al., (37), demostraron que un mayor rango de dorsiflexión permite una postura más vertical durante squats con carga, evitando compensaciones que podrían aumentar las fuerzas sobre la columna lumbar. Una dorsiflexión óptima mejora la técnica y minimiza el riesgo de lesiones asociadas a un mal alineamiento.

La estabilidad del tronco juega un papel fundamental en la correcta ejecución del squat. La posición neutral o ligeramente arqueada de la columna, recomendada por la NSCA, ayuda a reducir fuerzas de cizalla y compresión en la espalda. Un core fortalecido aporta estabilidad, favoreciendo la prevención de lesiones a través de sinergias musculares con la cadera durante ejercicios con altas cargas, adaptándose a las necesidades individuales de cada atleta (38).

Las variaciones del squat, como el high-bar y el low-bar, presentan diferencias significativas en términos de biomecánica. El low-bar, característico del powerlifting, permite mover mayores cargas al implicar más la musculatura de la cadera, mientras que el high-bar, común entre levantadores olímpicos, favorece una postura más erguida (39). Según Van den Tillaar et al., (4), el high-bar aumenta la activación de músculos como el recto femoral y el vasto medial. Estas diferencias hacen que la elección de la técnica dependa de los objetivos específicos de cada practicante.

4.2.3.1 Activación muscular con bandas de resistencia

Foley et al., (40), Evaluaron el impacto de las bandas elásticas de resistencia en la activación muscular durante el squat, observando que, tanto en individuos entrenados como no entrenados, la activación de los glúteos y otros músculos estabilizadores aumentó con el uso de bandas, especialmente en los no entrenados. Este incremento en la activación resulta especialmente relevante en la activación del glúteo medio y mayor, así como en los estabilizadores y rotadores de cadera, músculos clave para evitar el valgo dinámico de rodilla, al ser responsables de la estabilización de la cadera y la rodilla durante el movimiento de la sentadilla.

El uso de bandas elásticas podría ser eficaz en fortalecer estos músculos en el contexto de las sentadillas, especialmente en los rangos articulares donde la deficiencia de fuerza es más pronunciada, lo que contribuye al desajuste biomecánico y, en consecuencia, al valgo dinámico. En los individuos no entrenados o aquellos con patrones de activación inadecuados, el uso de las bandas ayuda a mejorar el reclutamiento de los glúteos y otros músculos estabilizadores y rotadores de cadera durante las fases críticas del squat, como el ángulo más bajo de flexión de rodilla, donde se suele presentar una mayor deficiencia muscular (41).

Sin embargo, en los individuos entrenados, los efectos sobre la activación muscular fueron más limitados, lo que sugiere que en este grupo el impacto de las bandas podría ser menos pronunciado, ya que sus patrones de activación ya están optimizados (41).

Aunque el rendimiento general, como el número de repeticiones o la carga máxima, no mostró cambios significativos con el uso de bandas elásticas, el fortalecimiento de los músculos estabilizadores y rotadores de cadera, así como el glúteo medio y mayor, realizado en los ángulos críticos de la sentadilla, puede ser una estrategia efectiva dentro de un plan profiláctico para corregir las deficiencias de fuerza y mejorar el control motor, contribuyendo a una mayor estabilidad y reduciendo la tendencia al valgo dinámico (41).

4.2.4 Entrenamiento físico como intervención de reducción del valgo dinámico de rodilla

El uso de biofeedback visual en tiempo real es una herramienta efectiva para corregir el valgo dinámico de rodilla (DKV). En el estudio de Marshall et al., (31), 24 mujeres con DKV participaron en una intervención donde un grupo recibió retroalimentación visual durante ejercicios como sentadillas unilaterales y bilaterales. Este grupo logró reducir el ángulo de abducción de la rodilla de $7,95^{\circ} \pm 3,80^{\circ}$ a $4,93^{\circ} \pm 1,64^{\circ}$ ($p = 0,008$), mientras que el grupo control no mostró mejoras significativas. Este enfoque resalta la importancia de proporcionar información en tiempo real para ajustar patrones de movimiento disfuncionales.

Los ejercicios dirigidos al fortalecimiento de los músculos de la cadera han demostrado ser una estrategia efectiva para disminuir el valgo dinámico de rodilla y prevenir lesiones relacionadas, como las del ligamento cruzado anterior o el síndrome de dolor patelofemoral. Estas intervenciones no solo mejoran la alineación y el control del movimiento, sino que también contribuyen a la estabilidad global de las extremidades inferiores durante actividades dinámicas (15).

En el estudio de Palmer et al., (32), se compararon cinco semanas de ejercicios funcionales, como sentadillas unilaterales, con ejercicios aislados de abducción de cadera. El grupo funcional mostró una reducción promedio de 10° , frente a 5° en el grupo de ejercicios aislados. Aunque los resultados no fueron estadísticamente

significativos ($p > 0,05$), la mayor reducción en el grupo funcional destaca la relevancia de trabajar patrones motores integrados en lugar de movimientos aislados.

Los programas que combinan ejercicios de fortalecimiento, equilibrio y retroalimentación del movimiento han mostrado resultados positivos en la reducción del DKV. Dawson y Herrington evaluaron un entrenamiento de seis semanas con ejercicios de glúteo medio y máximo, incluyendo biofeedback visual. Los resultados mostraron una reducción significativa del DKV, de $12,76^\circ \pm 4,44^\circ$ a $7,28^\circ \pm 5,10^\circ$ ($p = 0,001$) (33). Este enfoque también mantuvo los resultados positivos tras 12 semanas, destacando la efectividad de los programas que integran diversas estrategias para mejorar la biomecánica de la rodilla y prevenir lesiones.

La fuerza del core desempeña un papel clave en el equilibrio dinámico y la prevención de lesiones en extremidades inferiores, al estabilizar la columna y el tronco durante movimientos intensos como saltar, correr y patear. La falta de equilibrio dinámico y la debilidad del core pueden aumentar el riesgo de lesiones, incluyendo desalineaciones como el valgo dinámico de rodilla. Entrenar la fuerza del core mejora la coordinación muscular entre extremidades superiores e inferiores, reduciendo desequilibrios y estabilizando la articulación de la rodilla durante actividades deportivas dinámicas (16).

El fortalecimiento de los músculos centrales puede influir significativamente en la reducción del DKV. En un estudio con jugadoras de baloncesto, un programa de ocho semanas de entrenamiento del core redujo el DKV en la prueba SLS de 5° (RIC = $2,0^\circ$ – $6,1^\circ$) a $2,2^\circ$ (RIC = $0,9^\circ$ – $3,2^\circ$) ($p = 0,008$), mientras que el grupo control no mostró cambios (34). Los ejercicios incluyeron Nordic Hamstring, Side Plank y Front Plank, realizados con una progresión individualizada. Este estudio evidencia que el fortalecimiento del core no solo mejora la alineación de las extremidades inferiores, sino también la estabilidad dinámica general.

Adicional a ello, una adecuada dorsiflexión del tobillo es fundamental para optimizar el rendimiento deportivo, ya que facilita movimientos como saltos, aterrizajes y cambios de dirección con mayor eficiencia. Por el contrario, las restricciones en este rango de movimiento pueden incrementar las fuerzas de reacción al suelo y el estrés en la articulación de la rodilla, lo que eleva el riesgo de lesiones. Incorporar ejercicios que mejoren la dorsiflexión en programas de intervención puede

ser esencial no solo para prevenir lesiones, sino también para corregir la alineación de las extremidades inferiores y potenciar el desempeño atlético (25).

5 Formulación de la hipótesis

La debilidad de la musculatura estabilizadora de la cadera y zona lumbar, también limitación articular en tobillo, cadera y problemas en la alineación estructural de las extremidades inferiores como desbalances pélvicos, alteraciones estructurales del pie y distribución inadecuada del peso pueden contribuir al valgo dinámico durante el back squat en atletas de powerlifting, afectando su técnica.

6 Identificación y Clasificación de Variables

6.1 Variables de estudio

- Alineación postural
- Postura y alineación activa durante la sentadilla
- Estabilidad y rango articular
- Fuerza y flexibilidad muscular
- Ángulos articulares (por ejemplo, de la rodilla, cadera y tobillo)

6.2 Cuadro de Operacionalización de variables

Tabla 1: Operacionalización de variables.

Variable	Indicadores	Tipo de variable	Valores o categorías	Instrumentos
Sexo	Sexo	Cualitativa	Femenino/Masculino	Ficha de recolección
Alineación postural	Ángulo de inclinación y desviación en la alineación de la cadera y otras partes del cuerpo.	Cualitativa	Normal No observada Observada	Ficha de recolección Evaluación visual, fotografías
Postura y alineación activa durante la sentadilla.	Técnica de sentadilla	Cuantitativa	Puntos de desviación	Kinovea
Fuerza	Fuerza de musculatura de estabilizadores	Cuantitativa	Escala de valoración	Dinamómetro
Rango Articular de cadera	Ángulos de articulaciones	Cuantitativa	Valores en grados (°)	Goniómetro
Flexibilidad de flexores de cadera	Posición de la pierna extendida en relación con el borde de la camilla	Cualitativa	Muslo toca la camilla Muslo elevado Elevación significativa Elevación con rotación externa	Test Thomas
Flexibilidad de Isquiotibiales	Amplitud de movimiento con piernas extendidas	Cuantitativa	Medida en cm Hombres: >27 superior 27 a 17 excelente 16 a 6 bueno 5 a 0 promedio -1 a -8 deficiente -9 a -19 pobre Mujeres: >30 superior 30 a 21 excelente 20 a 11 bueno 10 a 1 promedio 0 a -7 deficiente -7 a -14 pobre	Test de Wells
Rango articular de tobillo	Distancia de desplazamiento de la rodilla hacia adelante antes de levantar el talón	Cuantitativa	Excelente >15 cm Bueno 10 cm Pobre 5 cm	Test de Lunge

Elaboración propia.

7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

7.1 Justificación de la Elección del Diseño

El presente estudio adoptó un enfoque cuantitativo, seleccionado por su capacidad para medir con precisión variables clave como la fuerza, el rango articular, la alineación postural y la estabilidad articular. Además, el alcance de la investigación fue descriptivo y analítico, permitiendo caracterizar el fenómeno del valgo dinámico y examinar sus posibles asociaciones con factores biomecánicos.

El diseño del estudio fue no experimental de corte transversal, ya que no se manipularon variables y las mediciones se realizaron en un único momento del tiempo (44). Se consideró prospectivo porque los datos se recolectaron durante la ejecución del estudio, permitiendo observar y registrar eventos a medida que ocurrían. (43).

Según los autores Hernández et al., (42), señalan que el enfoque cuantitativo se basa en un proceso estructurado que parte de una idea inicial y avanza hacia objetivos, preguntas de investigación e hipótesis, facilitando el análisis estadístico. Este enfoque es adecuado para el estudio de fenómenos biomecánicos como el valgo dinámico, que permite obtener mediciones exactas y reproducibles.

Para la recolección de datos, se emplearon herramientas como Kinovea, dinamómetro, goniómetro, Test de Thomas, Test de Lunge y Test de Wells. Finalmente, el diseño fue analítico, ya que permitió examinar la relación entre la debilidad muscular, rango articular y estabilidad articular y la presencia de valgo dinámico de rodilla, superando la simple descripción de variables (43).

7.2 Población y Muestra

La población seleccionada para este proyecto de investigación estuvo compuesta por 80 atletas de powerlifting del Guayas, quienes asistieron al área de potencia del Polideportivo Huancavilca de FEDEGUAYAS durante el año 2024, con edades comprendidas entre los 17 y los 24 años. El muestreo utilizado fue no probabilístico por conveniencia, basado en los criterios establecidos por el investigador.

7.2.1 Criterios de Inclusión

- Deportistas activos del Guayas.
- Deportistas en el período preparatorio.
- Ausencia de lesiones graves o traumatismos recientes (postquirúrgicos).

7.2.2 Criterios de Exclusión

- Deportistas que no otorguen su consentimiento informado para participar en el estudio.
- Dismetría de miembro inferior a raíz de fémur.
- Presencia de escoliosis estructural o rotoescoliosis

7.3 Técnicas e Instrumentos de Recogida de Datos

7.3.1 Técnicas

La técnica empleada en el estudio fue la observación, definida como un enfoque de investigación que permite registrar y analizar de manera directa el comportamiento y las acciones de individuos, grupos o fenómenos en su entorno natural. Esta puede realizarse de forma sistemática y controlada o de manera más informal y descriptiva (45). En este estudio, la observación de los participantes resultó fundamental para asignar una puntuación precisa en cada uno de los instrumentos de evaluación aplicados.

7.3.2 Instrumentos

7.3.2.1 Ficha de recolección de datos

La ficha de recolección de datos fue un instrumento desarrollado para registrar de manera precisa y sistemática la información obtenida en este estudio. Incluyó secciones específicas para documentar datos demográficos como el sexo de los participantes, así como los resultados obtenidos en las evaluaciones de variables biomecánicas.

En ella se registraron los datos correspondientes a la alineación postural, obtenidos a través de observación visual y fotografías, y los resultados de la postura. Asimismo, se documentaron los valores derivados de las pruebas de fuerza muscular, el rango articular medido con herramientas como el goniómetro y el dinamómetro, la

flexibilidad muscular evaluada mediante el Test de Wells y el Test de Thomas, y finalmente, la estabilidad articular, que fue evaluada a través de pruebas funcionales, incluyendo el Test de Lunge.

7.3.2.2 *Análisis biomecánico con KINOVEA*

KINOVEA es un software especializado en el análisis de video que permite la evaluación detallada de movimientos humanos, facilitando el análisis biomecánico y técnico de ejercicios deportivos (46). En este estudio, se empleó para grabar y analizar el movimiento del levantador durante el back squat, identificando patrones de alineación y posibles desviaciones, como el valgo dinámico de rodilla. El software proporcionó mediciones precisas, como los ángulos articulares y los desplazamientos durante el levantamiento.

7.3.2.3 *Goniómetro*

El goniómetro es un instrumento de medición con forma de semicírculo o círculo graduado en 180° o 360°, utilizado para medir o construir ángulos (47). En el análisis del back squat, se empleó para medir los ángulos de movimiento en las articulaciones, como las rodillas y caderas. Estas mediciones fueron esenciales para evaluar la amplitud de movimiento y la alineación durante el levantamiento, permitiendo identificar posibles limitaciones o desviaciones que afectaran la técnica del ejercicio.

7.3.2.4 *Dinamómetro*

El dinamómetro es un instrumento médico utilizado para medir la fuerza muscular, proporcionando una valoración precisa de la capacidad de los grupos musculares implicados en un movimiento específico (48). En este estudio, se empleó para evaluar la fuerza de los aductores, abductores, rotadores externos e internos de la cadera y glúteos, ayudando a identificar posibles debilidades musculares relacionadas con el valgo dinámico de rodilla. La medición se realizó mediante pruebas isométricas, utilizando una escala estandarizada para clasificar la fuerza de cada músculo.

7.3.2.5 *Test de Lunge*

El Test de Lunge de tobillo es una prueba funcional ampliamente utilizada para evaluar el rango de movimiento (ROM) en dorsiflexión del tobillo, una articulación

clave para la correcta ejecución de movimientos dinámicos como las sentadillas y los desplazamientos. Este test ha demostrado ser un método válido y confiable para detectar limitaciones en la movilidad del tobillo, las cuales pueden predisponer a compensaciones biomecánicas y aumentar el riesgo de lesiones (49). En este estudio, se utilizó el Test de Lunge de tobillo para medir la dorsiflexión de los atletas, identificando posibles restricciones que pudieran influir en la alineación postural y contribuir al desarrollo del valgo dinámico de rodilla durante la ejecución del back squat.

7.3.2.6 Test de Thomas

El Test de Thomas es una evaluación clínica utilizada para detectar acortamientos o contracturas en los músculos flexores de la cadera, especialmente el psoas-ilíaco y el recto femoral. Esta prueba es confiable para evaluar la amplitud de movimiento de la cadera, permitiendo identificar restricciones que pueden afectar la biomecánica y contribuir a disfunciones musculoesqueléticas (50). En este estudio, se empleó el Test de Thomas para evaluar la flexibilidad de los flexores de la cadera en los participantes, proporcionando información valiosa sobre posibles limitaciones que podrían influir en la alineación postural y el rendimiento físico.

7.3.2.7 Test de Wells

El Test de Wells, también conocido como la versión modificada del Sit and Reach, es una herramienta ampliamente utilizada para medir la flexibilidad de los músculos isquiotibiales y la región lumbar, áreas clave para el movimiento y la estabilidad en la parte inferior del cuerpo. Este test se realiza con el objetivo de evaluar la capacidad de extensión y movilidad en estas zonas, proporcionando una referencia importante para programas de entrenamiento, rehabilitación o diagnóstico biomecánico.

El procedimiento es sencillo y requiere de pocos elementos: una caja con una regla integrada o una cinta métrica, un espacio estable y una superficie plana. El participante se sienta descalzo, con las piernas extendidas y juntas, y los pies apoyados contra la base de la caja o una referencia fija. Desde esta posición, debe inclinarse hacia adelante, deslizando las manos lo más lejos posible sobre la caja o la regla, sin realizar movimientos bruscos ni rebotar. La distancia alcanzada se registra en

centímetros o pulgadas, tomando como referencia el "0", que corresponde al borde donde se apoyan los pies.

Los resultados se interpretan según la distancia alcanzada. Valores positivos indican que las manos sobrepasan la referencia inicial y reflejan una buena flexibilidad. Por el contrario, valores cercanos a 0 o negativos sugieren una flexibilidad limitada, lo que puede ser indicativo de rigidez en los isquiotibiales o en la zona lumbar, áreas cuya movilidad es crucial para prevenir lesiones y optimizar el rendimiento físico (51).

8 Presentación de resultados

Tabla 2: Caracterización poblacional

Caracterización poblacional (n=80)			
Rangos de edad		n	%
17 - 20		45	56,25%
21 - 24		35	43,75%
Sexo		n	%
Femenino		29	36,25%
Masculino		51	63,75%
Peso (KG)		n	%
51,65 - 65,20		13	16,25%
65,50 - 71		15	18,75%
72,5 - 78		14	17,5%
78,2 - 84,3		13	16,25%
85 - 92		15	18,75%
92,5 - 115,50		10	12,5%
Altura (cm)		n	%
1,43	1,61	11	13,75%
1,62	1,7	23	28,75%
1,71	1,78	26	32,5%
1,79	1,85	20	25%

Nota: *La tabla 2 presenta la distribución de los sujetos según género, edad, peso y altura. Los datos fueron recolectados entre septiembre y octubre 2024,

proporcionando una visión general de las características demográficas de los participantes del estudio. **Fuente:** Elaboración propia

La tabla 2 hace referencia las características demográficas de los 80 deportistas evaluados, las edades se distribuyen igual entre los rangos 17 a 20 con 45 deportistas (56,25%) y de 21 a 24 años, comprendiendo a 35 (43,75%). Se clasifican en 51 deportistas pertenecientes al género masculino (63,75%). Según el peso la mayor cantidad de deportistas se centra en los rangos de 65,5 Kg a 71 Kg con 15 deportistas (18,75%) y 85 Kg a 92 Kg también con 15 deportistas (18,75%) y la altura más frecuente se presentaba entre los rangos 1,71 a 1,78 mts de altura en 26 deportistas (32,5%). Esta población fue valorada en función de su técnica y gesto deportivo en el back squat.

Tabla 3: Tiempo de entrenamiento

Tiempo de entrenamiento (2 a 3 veces por semana)		
Rangos	f	%
1-2 años	12	15%
1-3 años	37	46,25%
2-3 años	15	18,75%
3-4 años	7	8,75%
Más de 3 años	6	7,5%
Menos de 1 año	3	3,75%
TOTAL	80	100%

Nota: *La tabla 3 presenta el tiempo de entrenamiento (2 a 3 veces por semana) en tres rangos: <1 año, 1-3 años y > 3 años. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 3 hace referencia a la frecuencia de entrenamiento de los deportistas amateur de back squat, siendo más notable aquellos participantes que llevan de 1 a 3 años en la disciplina, siendo 37 deportistas (46,25%). Cabe recalcar que todos, indiferente de su edad practican de 2 a 3 veces por semana. El tiempo de entrenamiento es relevante debido al período de práctica que tengan los deportistas.

Tabla 4: Inestabilidad dinámica

Inestabilidad dinámica		
Sensación de inestabilidad a nivel de la rótula		
RESPUESTAS	f	%
Sí	49	61,25%
No	31	38,75%
Sensación de valgo dinámico		
RESPUESTAS	f	%
Frecuentemente	22	27,5%
A veces	23	28,75%
Rara vez	15	18,75%
Nunca	20	25%

Nota: *La tabla 4 presenta tanto la inestabilidad a nivel de la rótula y la sensación de valgo dinámico. **Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 4 se expresa la sensación de inestabilidad dinámica, es decir, inestabilidad durante la realización del gesto deportivo del back squat, 49 de los 80 deportistas refieren haber sentido inestabilidad a nivel de la rótula (61,25%), Además, 45 deportistas refieren haber experimentado de manera frecuente y a veces el valgo dinámico de rodilla durante la ejecución del back squat (56.25%), los 35 restantes no han referido sensación de inestabilidad. En esta disciplina deportiva es de vital importancia para evitar lesiones la completa armonía articular, y el alto índice de deportistas que refieren inestabilidad es un signo de alarma o indicativo o de una mala técnica o de posibles complicaciones a nivel muscular o articular.

Tabla 5: Dolor durante el back squat

Dolor por segmento corporal		
Dolor en rodillas durante back squat		
RESPUESTAS	f	%
Sí	49	61,25%
No	31	38,75%
Dolor en tobillos durante back squat		
RESPUESTAS	f	%
Sí	18	22,5%
No	62	77,5%
Dolor en cadera durante back squat		
RESPUESTAS	f	%
Sí	43	53,75%
No	37	46,25%
Dolor en espalda durante back squat		
RESPUESTAS	f	%
Sí	52	65%
No	28	35%

Nota: *La tabla 5 reporta la presencia de dolor por segmento corporal (rodillas, tobillos, cadera y espalda) durante la ejecución del back squat. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 5 demuestra las respuestas proporcionadas por los 80 deportistas, se dividió los segmentos corporales según el complejo articular de la cadera, rodilla y tobillo, valorando la presencia de dolor. Las distribuciones de las respuestas se evidencian la tendencia en el dolor de rodilla en 49 deportistas (61,25%); a nivel de cadera en 43 (53,75%). Sin embargo, la encuesta muestra mayor prevalencia de deportistas que dolor de espalda durante el back squat, teniendo 52 deportistas que refieren sentirlo y 28 que no. Por parte de los tobillos 62 deportistas no refieren molestia alguna de este segmento (77,5%). Existe una alta incidencia de dolor a nivel de espalda, cadera y rodilla, lo cual sugiere que se realicen cambios de técnica deportiva o implementación de metodologías profilácticas.

Tabla 6: Lesiones frecuentes

Tipo de lesiones en los últimos 3 años		
Lesiones	f	%
Distensiones	17	21,25%
Tendinopatías	14	17,5%
Lumbalgia	13	16,25%
Meniscopatías	8	10%
Esguinces	8	10%
Desgarros	6	7,5%
Otros	14	17,5%
Total	80	100%

Nota: *La tabla 6 se clasifican las lesiones sufridas en un período de 3 años.

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 6 se clasifican las lesiones sufridas en un período de 3 años. Los 80 deportistas han referido lesiones siendo las más frecuentes distensiones ligamentosas (LCI y LCA) en 17 deportistas (21,25%) de la población; seguido por otro tipo de lesiones agrupadas en la categoría otros (17,5%), en esta categoría se incluyen a dolores de nivel patelofemoral y/o hernias discales; el otro porcentaje compartido son las tendinopatías en 14 deportistas (17,5%), estas tendinopatías son más frecuentes a nivel glúteo y rotuliano. El alto índice de lesiones por distensión, tendinopatía y lumbalgia son indicadores de una técnica mal realizada por la sobrecarga impuesta sobre los segmentos corporales, en el caso del back squat el gesto deportivo mal realizado puede provocar lesiones, entre esta la más frecuente como las distensiones de ligamentos cruzado anterior y colateral interno.

Tabla 7: Tratamiento en lesiones

Tratamiento en lesiones		
¿Recibió tratamiento médico?		
Respuestas	f	%
Sí	47	58,75%
No	33	41,25%
¿Recibió tratamiento fisioterapéutico?		
Respuestas	f	%
Sí	34	42,5%
No	46	57,5%
Molestias actuales por lesión		
Respuestas	f	%
Sí	59	73,75%
No	21	26,25%

Nota: *La tabla 7 indica si los sujetos recibieron o no tratamiento para dichas lesiones. **Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 7 se cuantifica según las respuestas de la encuesta realizada a los deportistas. Lo más notable es la ausencia de tratamiento fisioterapéutico, ya que los 46 deportistas (57,5%) no lo ha recibido en comparación al tratamiento médico que fue referido en 47 deportistas (58,75%). Adicionalmente, pese a los tratamientos 59 deportistas (73,75%) refieren aún sentir molestias en tiempos actuales por la lesión. Estos datos revelan que la mayor parte de deportistas no se someten a tratamientos fisioterapéuticos y, por lo tanto, aún persisten molestias por lesiones anteriores.

Tabla 8: Rendimiento y recaídas por lesiones

Rendimiento y recaídas por lesiones		
¿La lesión afecta el rendimiento?		
Respuestas	f	%
Sí	57	71,25%
No	23	28,75%
Recaídas por la lesión		
Respuestas	f	%
Sí	39	48,75%
No	41	51,25%
Progreso en técnica deportiva		
Respuestas	f	%
Moderado	35	43,75%
Medio	28	35%
Poco	7	8,75%
Nulo	10	12,5%

Nota: *La tabla 8 analiza el impacto de las lesiones en el rendimiento y la frecuencia de recaídas. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 8 hace referencia al rendimiento deportivo de los 80 deportistas valorados y cómo les afecta el haber padecido una lesión, 57 deportistas (71,25%) refieren que las lesiones que han sufrido deterioran el rendimiento en su disciplina, así como también han llegado a manifestar recaídas, pero solo un 39 (48,75%) de ellos. En cuanto a la autopercepción de la técnica deportiva, 35 deportistas refieren un progreso moderado en su técnica (43,75%) mientras que 17 indican tener de poco a nulo progreso (21,25%). Las recaídas por lesiones deben de presentarse de forma mínima con la finalidad de la mejoría del desenvolvimiento de la disciplina deportiva, sin embargo, en la población valorada no hay mucha mejoría, por el contrario, hay un elevado índice de recaídas.

Tabla 9: Programa profiláctico

Programa preventivo		
¿Ha realizado algún programa preventivo?		
Respuestas	f	%
Sí	8	10%
No	72	90%

Nota: *La tabla 9 muestra si los sujetos han realizado algún programa preventivo. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 9 indica si los deportistas han realizado programas de entrenamiento enfocados a la prevención de lesiones. De los 80 valorados solamente 8 han realizado programas preventivos, mientras que 72 (90%) no lo ha hecho. Este punto en particular es de vital importancia para este proyecto debido a que los deportistas sufren lesiones de manera continua debido a que no han realizado programas de prevención.

Tabla 10: Test de Lunge

Movilidad de tobillo				
Test de Lunge	Flexibilidad tobillo derecho	% tobillo derecho	Flexibilidad tobillo izquierdo	% tobillo izquierdo
Pobre <5 cm	38	47,5%	35	43,75%
Bueno 10 cm	26	32,5%	27	33,75%
Excelente >15 cm	16	20%	18	22,5%
TOTAL	80	100%	80	100%

Nota: *La tabla 10 evalúa la movilidad del tobillo tanto derecho como izquierdo. **Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 10, se hace referencia a la flexibilidad de los tobillos de los deportistas valorados con el test de Lunge, entre los resultados más notables para el tobillo derecho se observa que el rango con mayores frecuencias de deportistas con movilidad en dorsiflexión pobre (< a 5 cm) en 38 deportistas (47,5%) y 35 deportistas (43,75%) para el tobillo izquierdo. Esto contrasta mucho con la cantidad de deportistas en el rango "excelente" (> 15cm), en el cual para el tobillo derecho tenemos a 16 deportistas (20%) y 18 en el izquierdo (22,5%). Acorde al test de Lunge dorsiflexiones inferiores a los 5 cm son consideradas como pobres o deficientes, los deportistas

valorados presentan un alto índice de limitación en dorsiflexión en ambos tobillos, lo cual dificulta el desempeño de la técnica del back squat.

Tabla 11: Test de Wells

Flexibilidades isquiotibiales, extensores de cadera y espinales		
Test de Wells	F	% Flexibilidad
Superior	4	5%
Excelente	4	5%
Bueno	8	10%
Promedio	22	27,5%
Deficiente	24	30%
Pobre	18	22,5%
TOTAL	80	100%

Nota: *La tabla 11 presenta los resultados del test de Wells. **Fuente:** Elaboración propia.

En la tabla 11 se cuantifican los datos obtenidos por el test de Wells para evaluar la flexibilidad de los isquiotibiales, extensores de cadera y músculos espinales en los 80 deportistas. El test de Wells clasifica en categorías siendo las más destacables las PROMEDIO; DEFICIENTE y POBRE, con 64 deportistas en dichos rangos (80%). La flexibilidad de este grupo muscular se ve altamente comprometida en estos deportistas indicando de posibles desbalances musculares en la relación agonista - antagonista que del cuádriceps e isquiotibial, es decir existe un sobre fortalecimiento de este grupo muscular generando descompensación, y por ende, una técnica errónea para el back squat.

Tabla 12: Test de Thomas

Flexibilidad de flexores de cadera		
TEST DE THOMAS	Flexibilidad	%
Muslo toca la camilla	36	45%
Muslo elevado	24	30%
Elevación significativa	16	20%
Elevación con rotación externa	4	5%

Nota: *La tabla 12 muestra los resultados del test de Thomas. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 12 muestra los resultados del test de Thomas en los 80 deportistas. Según este test se agrupa en categorías según el cumplimiento tareas asignadas por el examinador. Las órdenes más cumplidas por los deportistas fueron la de "muslo toca la camilla" con 36 deportistas (45%) y "muslo elevado" con 24 deportistas (30%), las otras 2 pruebas restantes de "elevación significativa" y "elevación con rotación externa" son los porcentajes más bajos, solo 20 deportistas cumplieron estas 2 órdenes (25%). El test de Thomas permite verificar la flexibilidad de flexores de cadera, el 75% cumplió con la mitad del test y solo 25% no consigue hacerlo en su totalidad, en general la población de deportistas presenta una flexibilidad de cadera relativamente aceptable.

Tabla 13: Test postural

Test postural: observaciones por segmento			
Pelvis			%
Retroversión		36	45%
Anteversión		44	55%
Tipo de pie			%
Pie derecho	Normal	25	31,25%
	Plano	39	48,75%
	Cavo	16	20%
Pie izquierdo	Normal	20	25%
	Plano	42	52,5%
	Cavo	18	22,5%
Rodilla			%
Normal		54	67,5%
Valgo		24	30%
Varo		2	2,5%
Cadera			%
Pierna derecha	Rotación interna	38	48%
	Rotación externa	42	53%
Pierna izquierda	Rotación interna	36	45%
	Rotación externa	44	55%

Nota: *La tabla 13 enlista las principales observaciones obtenidas del test postural dividiéndolo en segmentos corporales. **Fuente:** Elaboración propia.

Estos hallazgos se organizan por segmentos, tenemos que: a nivel de la pelvis 44 deportistas (55%) presentan anteversión pélvica; según el tipo de pie, predomina el pie plano en 39 deportistas para el pie derecho (48,75%) y 42 deportistas para el pie plano izquierdo (52,5%); en la cadera se evidencian rotaciones internas y externas, las cuales están distribuidas con una ligera tendencia a la rotación externa en ambos miembros inferiores, teniendo para la pierna derecha 42 deportistas (53%) en rotación externa y 44 deportistas (55%) en rotación externa del miembro inferior contralateral. La rodilla no presenta mayores alteraciones, ya que 54 deportistas (67,5%) no evidencian hallazgos significativos en el test postural. La anteversión pélvica, rotación externa de cadera y tendencia al pie plano son factores biomecánicos que predisponen una técnica inadecuada en el movimiento del back squat.

Tabla 14: Goniometría

Goniometría a nivel de miembros inferiores							
Movimientos	Extremidad	Ángulos					
		20° - 25°	%	30° - 35°	%	40° - 45°	%
Rotación Interna	PIERNA DERECHA	27	33,75 %	42	52,5%	11	13,75 %
Rotación Externa		16	20%	43	53,75 %	21	26,25 %
Rotación Interna	PIERNA IZQUIERDA	19	23,75 %	45	56,25 %	16	20%
Rotación Externa		17	21,25 %	48	60%	15	18,75 %
Movimiento	Extremidad	Ángulos					
		90° - 100°	%	100° - 110°	%	110° - 120°	%
Flexión de cadera	Derecha	36	45%	25	31,25 %	19	23,75 %
	Izquierda	38	47,5%	24	30%	18	22,5%

Nota: *La tabla 14 detalla la goniometría de los miembros inferiores, incluyendo la rotación interna y externa, así como la flexibilidad de cadera. **Fuente:** Elaboración propia.

En la Tabla 14 se representan los valores según goniometría en base a los movimientos de rotación en ambas extremidades inferiores además de la flexibilidad de cadera, para las rotaciones se asignaron 3 rangos de angulación, el mayor de estos fue de 30° - 35° con 42 deportistas (52,5%) en las rotaciones internas del pie derecho y 43 para la rotación externa (53,75%), mientras que en la pierna izquierda, el mismo rango, evidencia distribuciones similares para ambas rotaciones siendo 48 deportistas (60%) para la rotación externa y 45 para la rotación interna (56,25%). Según la flexibilidad de la cadera, el rango con mayor frecuencia de deportistas fue de 90° - 100°, teniendo 38 deportistas (47,5%) con flexibilidad de cadera izquierda y 36 para la cadera derecha (45%).

Tabla 15: Valoración del valgo de rodilla

Valgo de rodilla en deportistas de back squat		
Valgo de rodilla (cm)	f	%
7 - 9 cm	14	17,5%
10 - 11 cm	44	55%
12 - 13 cm	22	27,5%
TOTAL	80	100%

Nota: *La tabla 15 demuestra el valgo de rodilla en centímetros. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 15 demuestra el valgo de rodilla en centímetros de los 80 deportistas valorados, las mayores frecuencias se concentran en el rango de 10 - 11 cm en 44 deportistas (55%), seguido de 12 - 13 y 7 - 9 con 22 deportistas respectivamente (27,5%), la mayor tendencia de un desplazamiento en valgo de 10 a 11 cm es un factor de riesgo para la realización del back squat por la inestabilidad dinámica y la carga ejercida que experimentan más de la mitad de los deportistas.

Tabla 16: Dinamometría

Dinamometría											
ZONA	Mov	10lbs/ 68% - 25lbs/ 92%	%	25lbs/9 2% - 48lbs/7 9%	%	49lbs/9 5% - 72lbs/9 3%	%	74lbs/9 3% - 90lbs/9 4%	%	91lbs/85 % - 140lbs/9 4%	%
PIERNA DERECHA	Abd	10	12,50 %	20	25%	25	31,25 %	15	18,75 %	10	12,5 %
	Aduc	8	10%	9	11,25 %	30	37,5 %	18	22,5 %	15	18,75 %
	Rot. Int	45	56,25 %	35	43,75 %	0	0%	0	0%	0	0%
	Rot. Ext	48	60%	32	40%	0	0%	0	0%	0	0%
	Glúteo con rodilla en fx	15	18,75 %	32	40%	19	23,75 %	14	17,5 %	0	0%
PIERNA IZQUIERDA	Abd	9	11,25 %	12	15%	35	43,75 %	16	20%	8	10%
	Aduc	10	12,5 %	14	17,5 %	35	43,75 %	9	11,25 %	12	15%
	Rot. Int	49	61,25 %	31	38,75 %	0	0%	0	0%	0	0%
	Rot. Ext	47	58,75 %	33	41,25 %	0	0%	0	0%	0	0%
	Glúteo con rodilla en fx	18	22,5 %	35	43,75 %	15	18,75 %	12	15%	0	0%

Nota: *La tabla 16 demuestra los resultados de dinamometría. **Fuente:** Elaboración propia.

La tabla 16 de dinamometría revela un déficit significativo de fuerza en la pierna izquierda en comparación con la derecha, especialmente en la aducción y rotación interna de cadera, con diferencias que superan el 50 % en algunos movimientos. Esto puede afectar la estabilidad pélvica, por lo tanto, el rendimiento de actividades deportivas se puede ver gravemente afectado, en la aducción de cadera: se aprecia una gran brecha entre los valores de la pierna derecha y la izquierda.

Rotación interna de cadera: también muestra diferencias importantes. En rotación externa y glúteo con rodilla flexionada, la diferencia es menor que en aducción o rotación interna, pero sigue siendo apreciable (en torno a un 30–40 % menos de fuerza en la pierna izquierda). Los resultados evidenciados en esta valoración, se recomienda un fortalecimiento específico de los músculos afectados o la intervención de programas profilácticos.

9 Conclusiones

La presente investigación permitió describir los factores asociados al valgo dinámico de rodilla durante la ejecución del back squat en atletas de powerlifting. A través de la caracterización de variables demográficas, historial de lesiones y molestias articulares, se identificaron patrones relevantes en la población estudiada reflejando que la mayor parte cuenta con una experiencia de entrenamiento de entre uno y tres años, con una frecuencia de practica de dos a tres veces por semana. Se identifico una alta prevalencia de inestabilidad rotuliana durante la sentadilla y la presencia de valgo dinámico todos los atletas evaluados. Asimismo, se observa una incidencia considerable de un 65% de deportistas que presentan dolor de espalda, un 61,25% en rodilla y 53,75% en cadera, tomando en cuenta que más de la mitad de los deportistas siente dolor en zonas claves durante la ejecución del back squat, siendo a su vez las distensiones en conjunto con las tendinopatías y lumbalgias las lesiones más frecuentes.

De la misma forma se resalta que más de la mitad de los deportistas correspondiente al 58,75% han recibido atención medica por lesiones musculoesqueléticas, a diferencia de la atención fisioterapéutica la cual corresponde a un porcentaje menor del 42,5% de atenciones, por lo que se resalta que los deportistas de powerlifting reciben más atención medica que fisioterapéutica, teniendo en cuenta que en esta disciplina la mecánica corporal correcta en conjunto con la Biomecanica son factores claves relacionados intrínsecamente con la fisioterapia.

A nivel postural, predomino la anteversión pélvica, el pie plano y la rotación externa de cadera, lo que podría influir en la ejecución de la sentadilla, ya que altera la alineación, distribución desigual de cargas y estabilidad de la cadena cinética inferior. Además, se identificó una tendencia al desplazamiento excesivo de la rodilla en valgo, por lo que dos rangos son específicamente relevantes, ya que son considerablemente altos, el 55% de los deportistas presento rangos de 10 a 11 cm de valgo dinámico y un 27,5% de deportistas oscilan entre 12 a 13 cm lo cual es preocupante porque aumenta el riesgo de lesiones graves y afecta la biomecánica de los levantamientos, lo que representa un factor de riesgo en la estabilidad dinámica bajo carga.

En cuanto a los factores biomecánicos, se utilizaron pruebas de Wells, Thomas, Lunge y test postural, goniometría y dinamometría para medir la fuerza durante la abducción, aducción, rotación interna y externa de cadera, así como la activación del glúteo con rodilla flexionada. Se determina que la mayoría de los deportistas presentan limitaciones en dorsiflexión bilateral, movilidad articular de cadera provocando compensaciones en la cintura lumbo pélvica, además presentan desequilibrios musculares entre agonistas y antagonistas, la debilidad de los glúteos que presentan los deportistas junto con los rotadores externos de cadera como el piriforme y los obturadores alteran la alineación y estabilidad de la cadera, afectando la ejecución de la sentadilla, ya que estos músculos son fundamentales para la realización de la correcta mecánica del back squat.

Por otro lado, de acuerdo con los resultados en este estudio la flexibilidad limitada de los isquiotibiales también afecta la movilidad de cadera y las rodillas restringiendo la extensión completa de cadera durante la sentadilla, lo que favorece un descenso superficial y una carga excesiva en las rodillas. En combinación con la rigidez del psoas y la falta de flexibilidad en los isquiotibiales puede contribuir al valgo dinámico de rodilla y a la inestabilidad durante el ejercicio, aumentando así el riesgo de lesiones.

Los hallazgos de esta investigación subrayan la influencia de diversos factores biomecánicos en la aparición del valgo dinámico de rodilla durante la ejecución del back squat. La combinación de limitaciones en la movilidad articular, desequilibrios musculares y falta de flexibilidad, junto con alteraciones posturales como la anteversión pélvica, el pie plano y la rotación externa de cadera contribuyen a una mayor inestabilidad, riesgo de lesiones y disminución del rendimiento deportivo.

10 Recomendaciones

- Implementar a los centros deportivos, gimnasios o áreas donde se practica powerlifting implementar valoraciones biomecánicas dinámicas y estáticas en sus atletas competitivos de esta disciplina, con la finalidad de reducir los riesgos de padecer lesiones y mejorar el rendimiento deportivo.
- Fomentar el estudio de la biomecánica corporal entre los deportistas practicantes del powerlifting, debido a que un conocimiento de movimiento y técnica optimizará los entrenamientos y mejora el rendimiento competitivo a nivel profesional.
- Sugerir programas profilácticos que complementen a los análisis biomecánicos individualizados a los programas de entrenamiento regulares, los cuales pueden funcionar como mantenimiento o como ejercicios de reposo para favorecer el rendimiento de los deportistas y mejorar su técnica a largo plazo.

11 Presentación de Propuestas de Intervención

11.1 Título

Propuesta fisioterapéutica enfocada en la prevención de lesiones durante la ejecución del back squat en atletas de powerlifting mediante un programa profiláctico.

11.2 Evaluación inicial

- Análisis de Movilidad Articular: Evaluación del rango de movimiento en caderas, rodillas y tobillos.
- Análisis de la fuerza: Evaluación muscular de los músculos estabilizadores de la cadera.
- Evaluación de la Ejecución del back squat: Observación y análisis de la técnica mediante el programa de Kinovea para identificar posibles deficiencias o patrones de movimientos incorrectos.

11.3 Objetivo general

- Implementar un programa fisioterapéutico profiláctico para optimizar la ejecución del back squat y prevenir lesiones en atletas de powerlifting.

11.4 Objetivos específicos de la Propuesta

- Optimizar el rendimiento deportivo y disminuir el riesgo de lesiones.
- Implementar estiramientos para preparar el músculo antes del entrenamiento y reducir la rigidez post entrenamiento.
- Fortalecer los músculos estabilizadores para mejorar la técnica durante la sentadilla y, por ende, el rendimiento deportivo.
- Lograr un rango de movimiento óptimo que permita al deportista potenciar la técnica.

Nota: Los ejercicios deberán adaptarse a las características individuales de cada deportista, considerando su nivel de entrenamiento, peso y necesidades específicas. El programa debe ser individualizado por el entrenador, quien podrá seleccionar uno o dos ejercicios de cada grupo muscular a trabajar en función de la carga y la planificación de la jornada. Las series – repeticiones – segundos podrán ser modificados por el entrenador, los estiramientos pre – entreno podrán realizarse entre 3 – 5 a 10 sg Max dependiendo de la carga diaria.

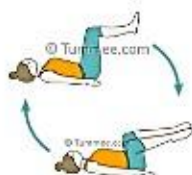
11.5 Plan de intervención

PROGRAMA PROFILACTICO EN DEPORTISTAS DE POWERLIFTING GUAYAS 2024				
TRABAJO	PREPARACION GENERAL			
PRE - ENTRENO		LUNES - MIERCOLES - VIERNES		SERIES Y REPETICIONES
MOVILIDAD (3 elementos)	Movilidad tobillo			3x6
	Movilidad tobillo			3x6
	Movilidad cadera			2x8
	Movilidad cadera		  	2x8
	Movilidad toracica			2x6
	Movilidad toracica			2x6

ESTIRAMIENTOS (5 elementos)	Estiramiento psoas iliaco	1. Estiramiento de Psoas Clásico (Lunge Estático) 	2x8 - 3sg
	Estiramiento psoas iliaco	2. Estiramiento con Elevación del Pie Trasero 	2x8 - 3sg
	Estiramiento Gluteo medio		2x8 - 5sg
	Estiramiento Gluteo medio		2x8 - 5sg
	Estiramiento aductores	Estiramiento de Rana 	2x8 - 3sg
	Estiramiento aductores	Estiramiento frontal de Aductores 	2x8 - 3sg
	Estiramiento del Tensor de la Fascia Lata (TFL)		2x8 - 3sg

	Estiramiento del Tensor de la Fascia Lata (TFL)		2x8 - 3sg
	Estiramiento Isquiotibiales		2x8 - 3sg
	Estiramiento Isquiotibiales en Posición de Pie		2x8 - 3sg
FORTALECIMIENTO Y ESTABILIDAD (2 elementos cada uno)	Fortalecimiento de estabilizadores de tobillo	 Ejercicio 1 - Tronco recto	2x8 - 5sg isometrico
	Fortalecimiento de estabilizadores de tobillo	 Ejercicio 2	2x8 - 5sg isometrico
	Fortalecimiento de abductores y rotadores cadera	 Ejercicio 1- Pies abiertos a la altura de los hombros, con rodillas en abduccion	2x8 en rango medio de sentadilla - 3 sg en cada repetición y luego subir
	Fortalecimiento rotadores cadera	 Ejercicio 2	2x8 - 3sg isometrico

	Fortalecimiento core	 Ejercicio 1	3x10 sg
	Fortalecimiento core como estabilizador	 Ejercicio 2	2x8 cada lado - 2do ejercicio: 2x10 en total
POST - ENTRENO			
	Movilidad tobillo	 Ejercicio 1	1x10
	Movilidad tobillo	 Ejercicio 2	1x10
	Movilidad cadera	 Ejercicio 1	1x10
MOVILIDAD (3 elementos)	Movilidad cadera	 Ejercicio 2	1x10
	Movilidad torácica	 Ejercicio 1	1x10

	Movilidad torácica	Ejercicio 2 	1x10
	Estiramiento Zona lumbar	Posición del Niño (Child's Pose) 	2x20 sg
	Estiramiento Zona lumbar	Giro Espinal Suave Yoga Sequence Builder © Turntree.com 	2x20 sg
	Estiramiento Glúteo medio	Estiramiento en Posición de 90-90 (Sentado) 	2x20 sg
ESTIRAMIENTOS (5 elementos)	Estiramiento Glúteo medio	Pierna Cruzada (Acostado) 	2x20sg
	Estiramiento Glúteo mayor	Estiramiento En el Suelo 	2x20sg
	Estiramiento Glúteo mayor	Estiramiento de Paloma (Versión Adaptada) 	2x20sg
	Estiramiento soleo		2x20sg

	Estiramiento soleo		2x20sg
RESULTANTE DEL PROGRAMA: Mejorar la estabilidad a nivel de la zona lumbo - pelvica al momento de la ejecucion del back squat, mejorar el rendimiento deportivo y disminuir el riesgo de lesiones - Los estiramiento son llevados a cabo para preparar el musculo pre entrenamiento y post entrenamiento para reducir la rigidez. El fortalecimiento de los musculos estabilizadores ayuda a mejorar el control neuromuscular, tecnica durante la sentadilla y por ende rendimiento deportivo. El rango de movimiento optimo le permitira al deportista potenciar la tecnica al ser un sistema musculoesqueletico multiarticular necesario para una efectiva tecnica de sentadilla.			

Elaboración propia

12 BIBLIOGRAFIA

1. Todoroff M. Dynamic deep squat: Lower-body kinematics and considerations regarding squat technique, load position, and heel height. *Strength Cond J*. 2017;39(1):71-80.
2. Wilczyński B, Zorena K, Ślęzak D. Dynamic knee valgus in single-leg movement tasks. Potentially modifiable factors and exercise training options. A literature review. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(21):8208.
3. Dinis R, Vaz J, Silva L, Marta S, Pezarat-Correia P. Electromyographic and kinematic analysis of females with excessive medial knee displacement in the overhead squat. *J Electromyogr Kinesiol*. 2021;57:102530.
4. van den Tillaar R, Knutli T, Larsen S. The effects of barbell placement on kinematics and muscle activation around the sticking region in squats. *Front Sports Act Living*. 2020;2:604177.
5. Arsalan A, Matthew S, Abdolrezaee S. Traumatic Spinal Cord Injury: An Overview of Pathophysiology, Models and Acute Injury Mechanisms. *Front Neurol*. 2019;10(282):25.
6. Neamatallah Z. Do the gluteal muscles influence dynamic knee valgus when single-leg landing? University of Salford (United Kingdom); 2018.
7. Black H. Biomechanical Alterations During the Snatch Movement After Repeated Repetitions. East Carolina University; 2019.
8. Gurau TV, Musat CL, Voinescu DC, Anghel L, Gurau G, Postelnicu MG, et al. Incidence and prevalence of injuries in some sports-review. *Balneo PRM Res J*. 2023;14(4).
9. Llurda L. Relación de la función neuromuscular con el control del valgo en sujetos sanos y físicamente activos: implicaciones para la lesión de ligamento cruzado anterior. estudio observacional. 2020;
10. Fiallos J. Evaluación del valgo dinámico de rodilla en personas que realizan crossfit. Universidad Técnica de Ambato/Facultad de Ciencias de la Salud/Carrera de ...; 2022.
11. Borin S, Bueno B, Gonelli P, Moreno M. Efectos del Programa de Fortalecimiento Muscular de Cadera en Respuestas Funcionales de Atletas Sometidos a la Reconstrucción del Ligamento Cruzado Anterior. Programa Posgrado En Cienc Mov Hum Univ Metodista Piracicaba UNIMEP Piracicaba SP Bras. 2024;
12. Llurda L, Pérez A, López C, Aiguadé R, Seijas R, Casasayas-Cos O, et al. Normative data and correlation between dynamic knee valgus and neuromuscular response among healthy active males: A cross-sectional study. *Sci Rep*. 2020;10(1):17206.

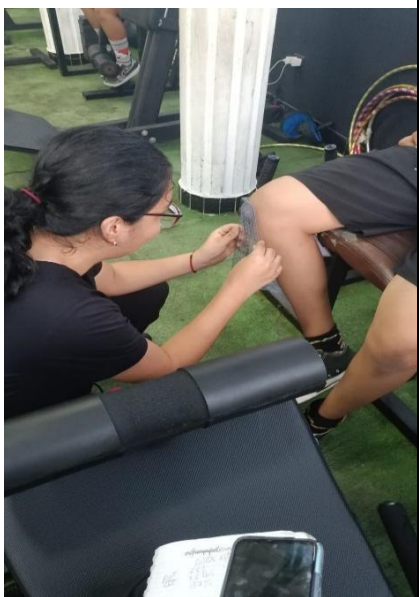
13. Lu Z, Li X, Rong M, Baker J, Gu Y. Effect of rearfoot valgus on biomechanics during barbell squatting: A study based on OpenSim musculoskeletal modeling. *Front Neurorobotics*. 2022;16:832005.
14. Douillette K. Valgus knee displacement while performing a back squat at decreased velocities. University of Prince Edward Island; 2019.
15. Jamaludin N, Sahabuddin F, Hanafi H, Shaharudin S. The relationship of hip strength and dynamic knee valgus during single leg squat in physically active females. *J Bodyw Mov Ther*. 2024;40:1238-42.
16. Affandi N, Mail M, Azhar N, Shaharudin S. Relationships between core strength, dynamic balance and knee valgus during single leg squat in male junior athletes. *Sains Malays*. 2019;48(10):2177-83.
17. Marotta N, Demeco A, Moggio L, Isabello L, Iona T. Correlation between dynamic knee valgus and quadriceps activation time in female athletes. *J Phys Educ Sport*. 2020;20(5):2508-12.
18. Sahabuddin F, Jamaludin N, Amir N, Shaharudin S. The effects of hip-and ankle-focused exercise intervention on dynamic knee valgus: a systematic review. *PeerJ*. 2021;9:e11731.
19. Werner D, Di Stasi S, Lewis C, Barrios J. Test-retest reliability and minimum detectable change for various frontal plane projection angles during dynamic tasks. *Phys Ther Sport*. 2019;40:169-76.
20. Nakagawa T, Maciel C, Serrão F. Trunk biomechanics and its association with hip and knee kinematics in patients with and without patellofemoral pain. *Man Ther*. 2015;20(1):189-93.
21. Cronström A, Creaby M, Nae J, Ageberg E. Gender differences in knee abduction during weight-bearing activities: A systematic review and meta-analysis. *Gait Posture*. 2016;49:315-28.
22. Dix J, Marsh S, Dingenen B, Malliaras P. The relationship between hip muscle strength and dynamic knee valgus in asymptomatic females: A systematic review. *Phys Ther Sport*. 2019;37:197-209.
23. Neamatallah Z, Herrington L, Jones R. An investigation into the role of gluteal muscle strength and EMG activity in controlling HIP and knee motion during landing tasks. *Phys Ther Sport*. 2020;43:230-5.
24. Malloy P, Morgan A, Meinerz C, Geiser C, Kipp K. Hip external rotator strength is associated with better dynamic control of the lower extremity during landing tasks. *J Strength Cond Res*. 2016;30(1):282-91.
25. Almansoof H, Nuhmani S, Muaidi Q. Role of ankle dorsiflexion in sports performance and injury risk: A narrative review. *Electron J Gen Med*. 2023;20(5).

26. Lopes Y, Leite V, de Paula P, Almeida M. The association of ankle dorsiflexion and dynamic knee valgus: A systematic review and meta-analysis. *Phys Ther Sport*. 2018;29:61-9.
27. Wyndow N, De Jong A, Rial K, Tucker K, Collins N, Vicenzino B, et al. The relationship of foot and ankle mobility to the frontal plane projection angle in asymptomatic adults. *J Foot Ankle Res*. 2016;9:1-7.
28. Mason-Mackay A, Whatman C, Reid D. The effect of reduced ankle dorsiflexion on lower extremity mechanics during landing: A systematic review. *J Sci Med Sport*. 2017;20(5):451-8.
29. Barber-Westin S, Noyes F. Effect of fatigue protocols on lower limb neuromuscular function and implications for anterior cruciate ligament injury prevention training: a systematic review. *Am J Sports Med*. 2017;45(14):3388-96.
30. Teh W. Relationship between quadriceps angle and hamstring flexibility with knee injuries among weight lifters in Selangor, Malaysia. UTAR; 2022.
31. Marshall A, Hertel J, Hart J, Russell S, Saliba S. Visual biofeedback and changes in lower extremity kinematics in individuals with medial knee displacement. *J Athl Train*. 2020;55(3):255-64.
32. Palmer K, Hebron C, Williams J. A randomised trial into the effect of an isolated hip abductor strengthening programme and a functional motor control programme on knee kinematics and hip muscle strength. *BMC Musculoskelet Disord*. 2015;16:1-8.
33. Dawson S, Herrington L. Improving single-legged-squat performance: Comparing 2 training methods with potential implications for injury prevention. *J Athl Train*. 2015;50(9):921-9.
34. Sasaki S, Tsuda E, Yamamoto Y, Maeda S, Kimura Y, Fujita Y, et al. Core-muscle training and neuromuscular control of the lower limb and trunk. *J Athl Train*. 2019;54(9):959-69.
35. Seabrook I. Inter-joint Coordination in the Back Squat with a Band Around the Knees. Brock University; 2023.
36. Kim SH, Kwon OY, Park KN, Jeon IC, Weon JH. Lower extremity strength and the range of motion in relation to squat depth. *J Hum Kinet*. 2015;45(1):59-69.
37. Fuglsang E, Telling A, Sørensen H. Effect of ankle mobility and segment ratios on trunk lean in the barbell back squat. *J Strength Cond Res*. 2017;31(11):3024-33.
38. Haff G, Triplett T. Essentials of strength training and conditioning. Kinetics H, editor. Human kinetics; 2015.
39. Glassbrook D, Brown S, Helms E, Duncan S, Storey A. The high-bar and low-bar back-squats: A biomechanical analysis. *J Strength Cond Res*. 2019;33:S1-18.

40. Foley R, Bulbrook B, Button D, Holmes M. Effects of a band loop on lower extremity muscle activity and kinematics during the barbell squat. *Int J Sports Phys Ther.* 2017;12(4):550.
41. Reece M, Arnold G, Nasir S, Wang W, Abboud R. Barbell back squat: how do resistance bands affect muscle activation and knee kinematics? *BMJ Open Sport Exerc Med.* 2020;6(1):e000610.
42. Hernández-Sampieri R. Metodologías de la Investigación: Las rutas cuantitativas, Cualitativas y Mixtas [Internet]. Primera. Mexico: McGRAW-HILL Interamericana; 2018. 744 p. Disponible en: http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/sampierilasrutas.pdf
43. Vallejo M. El diseño de investigación: una breve revisión metodológica. *Arch Cardiol México.* marzo de 2002;72(1):08-12.
44. Hernández R, Fernández C, Baptista. Metodología de la investigación (6ta ed.) [Internet]. 2014. Disponible en: <https://www.esup.edu.pe/wp-content/uploads/2020/12/2.%20Hernandez,%20Fernandez%20y%20Baptista-Metodolog%C3%ADa%20Investigacion%20Cientifica%206ta%20ed.pdf>
45. Medina M, Rojas R, Bustamante W, Loaiza R, Martel C, Castillo R. Metodología de la investigación: Técnicas e instrumentos de investigación [Internet]. 1.^a ed. Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú; 2023 [citado 3 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/book/90>
46. Kinovea [Internet]. [citado 4 de agosto de 2024]. Disponible en: <https://www.kinovea.org/features.html>
47. Mercado MC, Gambarotta M, González S, Pallares C. Utilidad de la goniometría en la evaluación del rango de los movimientos de flexión y extensión de la articulación del codo canino. *InVet.* diciembre de 2008;10(2):65-72.
48. Ortega M, Cedeño M, Moscoso G, Caiza M del R. Uso del dinamómetro para mejorar la fuerza de la mano del adulto mayor. *Rev Científica Arbitr Multidiscip PENTACIENCIAS.* 5 de octubre de 2023;5:369-83.
49. Toscano J. Importancia de la estandarización de los protocolos en el Test de Lunge [Internet] [Tesis]. [Barcelona]: Universitat de Barcelona; 2022. Disponible en: https://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/189573/1/TFG_Toscano_%20Hernandez_%20Josefina.pdf
50. Díaz-Escobar C, Ocaranza-Ozimica J, Díaz-Narváez VP, Utsman R. Confiabilidad de pruebas para flexibilidad en futbolistas jóvenes de un club profesional [Reliability of Flexibility Tests in Young Soccer Players From a Professional Club]. *Apunts Educ Física Deport.* 1 de enero de 2018;(131):80-94.
51. Castro J, Marin N, Fernandez JR, Martin F, Segura-Jimenez V, Izquierdo-Gomez R, et al. Criterion-Related Validity of Field-Based Fitness Tests in Adults: A Systematic Review. *J Clin Med.* enero de 2021;10(16):3743.

52. Escamilla RF. Knee biomechanics of the dynamic squat exercise. *Med Sci Sports Exerc.* enero de 2001;33(1):127-41.
53. Escamilla RF. Biomecánica de la Rodilla en el Ejercicio de Sentadilla Dinámica - Grupo Sobre Entrenamiento [Internet]. 2024 [citado 6 de febrero de 2025]. Disponible en: <https://g-se.com/biomecanica-de-la-rodilla-en-el-ejercicio-de-sentadilla-dinamica-1719-sa-t57cfb27243bc3>
54. Crowell KR, Nokes RD, Cosby NL. Weak Hip Strength Increases Dynamic Knee Valgus in Single-Leg Tasks of Collegiate Female Athletes. 20 de junio de 2021 [citado 6 de febrero de 2025]; Disponible en: <https://journals.humankinetics.com/view/journals/jsr/30/8/article-p1220.xml>
55. Wilczyński B, Wąż P, Zorena K. Impact of Three Strengthening Exercises on Dynamic Knee Valgus and Balance with Poor Knee Control among Young Football Players: A Randomized Controlled Trial. *Healthcare.* 10 de mayo de 2021;9(5):558.
56. Powers CM. The Influence of Abnormal Hip Mechanics on Knee Injury: A Biomechanical Perspective. *J Orthop Sports Phys Ther.* febrero de 2010;40(2):42-51.

ANEXOS

	
Toma de dinamometría	Explicación de los test
	
Toma de dinamometría	Toma de goniometría



DECLARACIÓN Y AUTORIZACIÓN

Nosotras, Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth con C.C: 0923849970 y Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen con C.C: 0957389356 autoras del trabajo de titulación: **“Análisis de factores biomecánicos asociados al valgo dinámico en el back squat de atletas de powerlifting”** previo a la obtención del título de **Licenciada en Fisioterapia** en la Universidad Católica de Santiago de Guayaquil.

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de propiedad intelectual vigentes.

Guayaquil, 19 de febrero del 2025

f. Cecilia Gaibor

Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth

C.C: 0923849970

f. Kayla Pilataxi P.

Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen

C.C: 0957389356

REPOSITORIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS/TRABAJO DE TITULACIÓN

TEMA Y SUBTEMA:	Análisis de factores biomecánicos asociados al valgo dinámico en el back squat de atletas de powerlifting.		
AUTOR(ES)	Gaibor Muñoz, Cecilia Lizbeth; Pilataxi Plaza, Kayla Anabelen		
REVISOR(ES)/TUTOR(ES)	Arce Rodríguez, Jorge Enrique		
INSTITUCIÓN:	Universidad Católica de Santiago de Guayaquil		
FACULTAD:	Facultad de Ciencias de la Salud		
CARRERA:	Fisioterapia		
TÍTULO OBTENIDO:	Licenciada en Fisioterapia		
FECHA DE PUBLICACIÓN:	19 de febrero del 2025	No. DE PÁGINAS:	58
ÁREAS TEMÁTICAS:	Biomecánica, Deportivo, Powerlifting, Back Squat		
PALABRAS CLAVES/ KEYWORDS:	Valgo dinámico, Back squat, Biomecánica, Fuerza muscular, Movilidad articular		

RESUMEN/ABSTRACT: El back squat en powerlifting es una sentadilla donde la barra se posiciona en la parte superior de la espalda. Su ejecución implica flexión de cadera y rodillas hasta que los muslos queden paralelos al suelo o más abajo, seguida de una extensión. **OBJETIVO:** Describir los factores biomecánicos asociados al valgo dinámico de la rodilla durante la ejecución del back squat en atletas de powerlifting durante el periodo preparatorio del Guayas 2024. **METODOLOGÍA:** Se aplicaron pruebas de movilidad como el test de Lunge, test de Wells y test de Thomas, además de ****goniometría y dinamometría**** para medir la fuerza en la cadera. Se utilizó KINOVEA para analizar la técnica y detectar desviaciones en la alineación de la rodilla. **RESULTADOS:** Se evidenció movilidad en dorsiflexión limitada en tobillos (<5 cm en 47.5% según test de Lunge), baja flexibilidad en isquiotibiales (80% con resultados deficientes en el test de Wells) y 75% con debilidad en estabilizadores de cadera según el test de Thomas. La dinamometría



mostró una reducción del 50 % en la fuerza de una pierna y el valgo de rodilla se presentó en 44 deportistas (10-11 cm). **CONCLUSIÓN:** Los resultados evidencian deficiencias en la ejecución del back squat, destacando la necesidad de implementar programas profilácticos para corregir fallas biomecánicas y prevenir lesiones.

ADJUNTO PDF:	☒ SI	☐ NO
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono: +593968566647 - +593991860987	E-mail: kayla.pilataxi@cu.ucsg.edu.ec cecilia.gaibor@cu.ucsg.edu.ec
CONTACTO CON LA INSTITUCIÓN (COORDINADOR DEL PROCESO UTE)::	Nombre: Dra. Isabel Grijalva Grijalva, Mgs.	
	Teléfono: +593-99-960544	
	E-mail: isabel.grijalva@cu.ucsg.edu.ec	
SECCIÓN PARA USO DE BIBLIOTECA		
Nº. DE REGISTRO (en base a datos):		
Nº. DE CLASIFICACIÓN:		
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		