PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR FACULTAD DE MEDICINA

POSGRADO DE TERAPIA DEPORTIVA Y ACTIVIDAD FÍSICA

"INFLUENCIA DE LA LONGITUD FEMORAL Y LA MASA MUSCULAR EN EL RENDIMIENTO DEL SALTO VERTICAL EN CHEERLEADERS ECUATORIANAS DE 20 A 30 AÑOS"

DISERTACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO PARA LA ESPECIALIZACIÓN EN TERAPIA DEPORTIVA Y ACTIVIDAD FÍSICA

AUTOR:

MSC. KATHERINE MISHELL JARRIN GORDILLO

DIRECTOR DE TESIS Y ASESOR METODOLÓGICO:

DR. ISRAEL SANTIAGO VINUEZA FERNANDEZ

DIRECTOR METODOLÓGICO:

DR ISRAEL SANTIAGO VINUEZA FERNANDEZ

QUITO, 2026

Dedicatoria

Dedico este trabajo, con todo mi corazón, a mi madre, Marcia Gordillo, pilar fundamental en mi vida. Gracias por ser mi fuerza, mi ejemplo, mi apoyo incondicional y la mejor mamá que podría haber tenido. Cada logro mío lleva tu nombre, porque tú sembraste en mí la disciplina, la fe y la valentía para perseguir mis sueños.

A mi gran equipo de trabajo Atletik, que más que amigos son familia. Gracias por creer en mí, por sostenerme, por celebrar mis avances y acompañarme en cada desafío. Este logro también es nuestro.

Y me lo dedico a mí, por no rendirme, por confiar en mi capacidad, en mi vocación y en mi propósito, por demostrarme que soy capaz de convertir sueños en metas y metas en realidades.

Esta tesis no solo representa un trabajo académico; representa crecimiento, fe, resiliencia y amor.

Agradecimientos

A Dios, por sostenerme en cada momento de este proceso. Por darme la fortaleza cuando el cansancio pesaba, la claridad cuando las dudas aparecían y la fe necesaria para continuar. A las energías del universo que conspiraron a mi favor, alineando tiempos, personas y oportunidades para que este proyecto pudiera materializarse.

A mi tutor, **Dr. Israel Vinueza**, por su guía académica, su orientación profesional y su acompañamiento constante durante el desarrollo de esta investigación.

A mis amigos **Jerick Heredia** y **Kelly Toscano**, gracias por ser parte de mi vida y también de este proceso. Por acompañarme, escucharme, impulsarme y recordarme mi capacidad incluso en los momentos de agotamiento. Su amistad es un regalo que valoro profundamente; fueron motivación, apoyo y fuerza emocional en cada etapa de este proyecto.

A mis compañeros de equipo que formaron parte del estudio, gracias por su compromiso, disposición y confianza. Este trabajo también les pertenece, porque sin su participación y entrega no habría sido posible.

Este logro no es solo mío; es el resultado del amor, la fe y la compañía de quienes caminaron conmigo.

Katherine Mishell Jarrín Gordillo.

Abreviaturas

CMJ	Countermovement Jump
CEA	Ciclo Estiramiento-Acortamiento
DS	Desviación estándar
SEM	Error estándar de la media
cm	Centímetros
%	Porcentaje
m	Metros
W	Watt
kg	Kilogramos
s	Segundos

Índice de Contenidos

Dedicatoria 1
Agradecimientos 2
Resumen 8
Abstract 9
Capítulo I: Introducción 10
Capítulo II: Marco Teórico 12
¿Qué es el cheerleading? 12
Importancia y uso de la valoración de salto 12
Antropometría 13
Circunferencia de muslo 13
Circunferencia de pierna 14
Adaptaciones musculares y producción de fuerza 15
Masa muscular, torque, potencia e impulso en el salto 15
Relación con las articulaciones 17
Salto contramovimiento (CMJ) 17
Capítulo III: Materiales y Métodos 21
Justificación 21
Problema de la Investigación 23
Objetivos de la Investigación 25
Objetivo General 25
Objetivos Específicos 25
Hipótesis 25
Hipótesis general (H1): 25
Hipótesis nula (H0): 25
Operacionalización de variables 26
Población 27
Tipo de estudio 28
Criterios de selección 29
Criterios de inclusión 29

Criterios de exclusión 29
Procedimiento 30
Análisis Estadístico 32
Análisis descriptivo 32
Prueba de normalidad 33
Análisis de correlación 33
Matriz de correlación 33
Nivel de significancia 34
Aspectos Bioéticos 34
Capítulo IV: Resultados 35
Relación entre longitud femoral versus altura de salto vertical obtenido de la prueba CMJ 38
Relación entre Porcentaje de Masa muscular de muslo y pantorrilla vs altura de salto vertical obtenido de la prueba CMJ 39
Capítulo V: Discusión 42
Capítulo VI: Conclusiones 45
Conclusiones 45
Capítulo VII: Recomendaciones 47
Recomendaciones 47
Capítulo VIII: Bibliografía 48

Índice de Tablas

Tabla 1 *Tipos de Fibras musculares* *15*
Tabla 2 *Fases del Salto contra movimiento (CMJ)* *18*
Tabla 3 *Lista de variables del estudio* *26*
Tabla 4 *Análisis Descriptivo de variables antropométricas, composición corporal y desempeño en el CMJ de la Población* *35*
Tabla 5 *Valores Obtenidos de la Prueba de Shapiro-Wilk* *36*

Índice de Figuras

Figura 1 *Interfaz aplicacion My Jump* 32
Figura 2 *Predicción de normalidad mediante Q-Q plot* 37
Figura 3 *Correlación Altura de Salto CMJ vs Longitud Femoral* 39
Figura 4 *Correlación Altura de Salto CMJ vs Longitud Femoral* 40
Figura 5 *Matriz de correlación de Pearson* 41

Resumen

El cheerleading competitivo demanda altos niveles de potencia del tren inferior, coordinación y control neuromuscular, donde el salto vertical constituye un componente clave para la ejecución de rutinas y la seguridad en los aterrizajes. Pese a su crecimiento en Ecuador, existe limitada evidencia local sobre cómo variables morfológicas y de composición corporal se asocian con el desempeño del salto en mujeres adultas jóvenes, población con particularidades fisiológicas relevantes para la ganancia de fuerza y masa muscular. Esta investigación analiza la relación entre la longitud femoral y la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento del salto vertical en cheerleaders ecuatorianas. Se plantea un diseño cuantitativo de corte transversal en atletas mujeres que serán evaluadas usando antropometría y bioimpedancia eléctrica multifrecuencia. El rendimiento del salto se valorará a través del countermovement jump (CMJ), registrando variables de desempeño como altura de salto, potencia y fuerza estimadas mediante la aplicación My Jump una herramienta validada para el análisis del salto.

Palabras clave: Cheerleading, countermovement jump, longitud femoral, my jump

Abstract

Competitive cheerleading demands high levels of lower body power, coordination, and neuromuscular control, with the vertical jump being a key component for routine execution and landing safety. Despite its growth in Ecuador, there is limited local evidence on how morphological and body composition variables are associated with jump performance in young adult women, a population with physiological characteristics relevant to strength and muscle mass gain. This research analyzes the relationship between femur length and lower limb muscle mass with vertical jump performance in Ecuadorian cheerleaders. A quantitative, cross-sectional design is proposed for female athletes who will be evaluated using anthropometry and multifrequency bioelectrical impedance analysis. Jump performance will be assessed through the countermovement jump (CMJ), recording performance variables such as jump height, power, and force estimated using the MyJump application, a validated tool for jump analysis.

Keywords: Cheerleading, countermovement jump, femur length, MyJump

Capítulo I: Introducción

En el cheerleading el rendimiento del salto depende en gran medida de la capacidad de generar fuerza explosiva durante el despegue (1,2). Estas acciones requieren una coordinación precisa entre los sistemas neuromuscular y musculoesquelético, donde intervienen variables biomecánicas como el torque articular, la ventaja mecánica de las palancas y la composición corporal segmentaria (3,4). Factores como la mecánica de palancas y la masa muscular de los miembros inferiores influyen directamente en estas habilidades, afectando la eficacia del desempeño deportivo (5,6).

Desde una perspectiva biomecánica, el miembro inferior funciona predominantemente bajo un sistema de palancas de tercer género, donde la fuerza muscular se aplica entre la articulación y el peso corporal o carga externa (7,8). Esto favorece la velocidad y amplitud de movimiento, que son características esenciales en gestos explosivos como el salto vertical (2,3). Sin embargo, esta ventaja en velocidad implica una desventaja mecánica en términos de producción de fuerza absoluta, lo que obliga al sistema muscular a generar altos niveles de tensión para producir desplazamientos eficientes (7,9).

En este contexto, la longitud del fémur representa una variable estructural determinante, ya que modifica el brazo de resistencia y, por tanto, el momento de fuerza en la articulación de la cadera y la rodilla (3). Un fémur más largo incrementa el brazo de momento externo, lo que exige mayor torque muscular para lograr la misma aceleración angular durante el despegue (10). Esto altera los patrones de activación de músculos clave como el glúteo mayor, los isquiotibiales y el cuádriceps, modificando la distribución de cargas y el comportamiento del ciclo de estiramiento-acortamiento (4,11).

En consecuencia, la eficiencia del salto puede variar significativamente entre atletas con diferentes proporciones antropométricas (12,13). Además, durante la fase de aterrizaje, una mayor longitud femoral puede incrementar el momento flexor en rodilla, condicionando mayores demandas excéntricas sobre el cuádriceps y estructuras ligamentarias como el ligamento cruzado anterior (1,14).

En mujeres atletas, estas variables estructurales se combinan con particularidades fisiológicas propias del sexo femenino. La menor concentración de testosterona limita la magnitud de la hipertrofia muscular en comparación con los hombres, lo que puede condicionar menores niveles de fuerza absoluta si no se planifican estímulos de entrenamiento adecuados (15,16). No obstante, las mujeres presentan adaptaciones neuromusculares específicas que pueden favorecer el control motor y la eficiencia mecánica cuando el entrenamiento está correctamente periodizado (4,17).

Por lo tanto, comprender la interacción entre mecánica de palancas, masa muscular segmentaria y características fisiológicas femeninas resulta fundamental para optimizar el rendimiento en cheerleading (3,13). El análisis individualizado de estas variables permitirá diseñar programas de entrenamiento personalizados que potencien el desarrollo de fuerza explosiva, favoreciendo la hipertrofia funcional sin comprometer la estabilidad articular (11,15). Este enfoque contribuirá a mejorar la altura y eficiencia del salto (1,18,19).

Capítulo II: Marco Teórico

¿Qué es el cheerleading?

El cheerleading es una disciplina deportiva que combina acrobacias, saltos y movimientos sincronizados, demandando un alto nivel de fuerza, coordinación y control corporal (20). La práctica de este deporte no solo se basa en destreza técnica, sino también una comprensión profunda de los principios biomecánicos y fisiológicos que intervienen en el rendimiento. Además la capacidad de los atletas para ejecutar saltos, en su mayoría explosivos y poder tener unos aterrizajes seguros depende de factores como la fuerza muscular, la elasticidad de los tejidos y el control motor, aspectos fundamentales para optimizar el desempeño (21).

Por tanto, el cheerleading no se limita a la ejecución de rutinas artísticas o coreográficas, más bien constituye un deporte de alto impacto que requiere entrenamiento especializado y un estudio completo de la biomecánica aplicada en esta disciplina (1,19,21). La importancia de esta perspectiva radica en que cada movimiento, desde los más básicos como saltos hasta las acrobacias más complicadas, interviene una interacción milimétrica entre el sistema muscular y el sistema articular, por lo que la formación del cuerpo humano en una característica esencial e indispensable para la carrera deportiva de esta disciplina (3,4). Por ello, el abordaje desde la biomecánica en el entrenamiento permite optimizar la producción de fuerza, mejorar la absorción de impacto y reducir la incidencia de lesiones asociadas a esta práctica deportiva (6,19).

Importancia y uso de la valoración de salto

La prueba de salto es un test significativo para la medición de las capacidades físicas en varios deportes en los cuales están asociados en mayor medida con la fuerza muscular (22). Puntualmente, el Countermovement Jump (CMJ) es a menudo usado por los entrenadores para valorar la potencia muscular del impulso verticalmente provocado por el individuo (22).

En el CMJ existen variaciones en las cuales se valoran diferentes aspectos relacionadas al salto, como el CMJ con sentadilla de 90° evalúa específicamente la fuerza explosiva, su otra variante la cual es el CMJ con manos en cadera, permite estimar la fuerza elástica explosiva y por último el CMJ con manos libres sirve para estimar un salto más verídico ya que influye también la coordinación necesaria para ejecución propia del deporte (22).

La correlación de las medidas antropométricos con el desarrollo del salto en los deportes se puede relacionar con el balance de la masa muscular y la masa grasa (22). Si bien, la medición de las características corporales es utilizada constantemente en el mundo deportivo, resalta la idea de asociar aspectos regionales del cuerpo con atributos físicos, ya que, las singularidades de las disciplinas conllevan a entender componentes específicos del cuerpo con determinados movimientos deportivos.

Antropometría

La antropometría es la ciencia que estudia las medidas y proporciones del cuerpo humano, con el fin de evaluar el progreso en la composición corporal y el estado nutricional de un individuo. Esta ciencia se basa en técnicas estandarizadas que permiten proporcionar datos cuantitativos de los segmentos corporales (23). Pese a su estandarización en las técnicas, existen puntos de uso más frecuente en estas medidas en el campo deportivo ya que la lista de todos los puntos existentes sería demasiado extensa (23). Los puntos utilizados don los siguiente: ***Circunferencia de muslo*** (23,24)*:* En general existen 3 medidas de la circunferencia del muslo que son circunferencia superior, media e inferior. Para la primera medición el sujeto debe estar de pie, recto, las piernas ligeramente separadas y el peso corporal igualmente repartido entre ambos pies. La cinta se coloca en un nivel 1 ó 2 centímetros debajo de la línea glútea o sobre la unión de la protuberancia del músculo glúteo con el muslo. La medición se hace perpendicularmente al eje

longitudinal del fémur. En la segunda medición el sujeto en la misma posición que en la variante anterior sin embargo debe realizarse horizontalmente y a mitad del camino entre el trocánter y el borde proximal de la rodilla, en la parte anterior del muslo, con la musculatura del muslo relajada. En la última medición el sujeto en la misma posición anteriormente señalada se realiza de forma horizontal en el nivel de los cóndilos femorales o justamente proximal a ellos por otro lado cuando se va a utilizar la circunferencia media, debe tenerse especial cuidado en la localización de los puntos de referencia. El borde proximal de la rótula se localiza y marca con el sujeto de pie. Para localizar el punto medio del pliegue inguinal, el medidor primero tiene que localizar el aspecto más medial de la espina iliaca anterosuperior. Cuando el sujeto flexiona la cadera, la espina iliaca cae justamente sobre el punto medio del pliegue inguinal. Una vez localizados ambos sitios, puede encontrarse el punto medio entre ellos, teniendo el sujeto el pie descansando sobre un banco. La primera es la más común y utilizada, sin embargo, es la que tiene la mayor variación técnica entre observadores.

Circunferencia de pierna (23,24)*:* La medición puede hacerse con el sujeto sentado y la pierna colgando libremente o con el sujeto parado. Se define como la circunferencia máxima tomada alrededor de la pierna. Para su medición el sujeto debe estar sentado sobre una mesa, con las piernas colgando libremente o de pie en posición antropométrica. La cinta rodea la zona de máximo volumen, formando un plano que es perpendicular al eje longitudinal de la pierna, debe moverse hacia arriba y hacia abajo hasta encontrar el valor máximo, como mínimo se deben hacer 3 lecturas. Las medidas repetidas no deben diferir en más de 2 milímetros. Esta medida es muy común, y la cual con el conocimiento adecuado puede usarse en combinación con el pliegue medial para dar estimados de áreas de grasa.

Adaptaciones musculares y producción de fuerza

La masa muscular desempeña un papel fundamental en la producción de fuerza y, por ende, en la capacidad de salto (4). El tejido muscular esquelético está formado por fibras con distintas características:

Tabla 1 *Tipos de Fibras musculares*

Fibras Tipo I	Fibra Tipo IIa	Fibras IIb
También conocidas como oxidativas lentas, orientadas a la resistencia, aunque con baja capacidad de generar fuerza (25).	Denominadas oxidativas-glucolíticas rápidas poseen un equilibrio entre resistencia y explosividad (25).	También conocidas como glucolíticas rápidas son responsables de la producción de fuerza explosiva, es crucial en la fase de despegue durante el salto (25).

En el cheerleading, la activación de fibras tipo II es determinante para alcanzar saltos de mayor altura (25). Este proceso se explica a través del principio de tamaño de Henneman, el cual establece que las unidades motoras más grandes, que contienen fibras rápidas, se reclutan cuando el cuerpo necesita contracciones explosivas o altas cargas (4).

Masa muscular, torque, potencia e impulso en el salto

La adecuación de la masa muscular precisa en los miembros inferiores especialmente en cuádriceps, isquiotibiales y gastrocnemios permite generar un mayor torque articular en cadera, rodilla y tobillo, donde el torque, se entiende como la capacidad de una articulación para producir movimiento, lo cual es clave en la fase de despegue del salto (2,13).

El rendimiento en el salto también depende de la correlación entre la fuerza máxima y el peso corporal del atleta. Cuando existe una mayor masa muscular se incrementa exponencialmente la capacidad de generar fuerza, sin embargo, si este aumento no es

proporcional al peso corporal, la eficiencia relativa tiende a disminuir, reduciendo la altura alcanzada (12,26).

El aprovechamiento de la energía elástica mediante el Ciclo Estiramiento-Acortamiento (CEA) contribuye a la eficacia del salto, puesto que se transforma la energía acumulada en fuerza mecánica durante la extensión de rodillas y tobillos. Este proceso es particularmente importante en deportes de impacto como el cheerleading, donde el control del despegue y del aterrizaje determina la seguridad y calidad de la ejecución (11,27).

Otro factor importante es la potencia muscular, en la cual su definición es la velocidad con la que se genera fuerza. Un músculo con mayor masa y capacidad contráctil puede producir picos de fuerza más altos en menos tiempo, siendo más eficaz el rendimiento en movimientos explosivos (28). Asimismo, el CEA ayuda a potenciar la eficiencia del salto, ya que la energía elástica acumulada en los tendones durante la fase excéntrica (flexión previa al despegue) se libera en la contracción concéntrica, mejorando la altura alcanzada (11).

Por otro lado, el impulso se define como el área bajo la curva fuerza-tiempo y representa el producto de la fuerza aplicada por el tiempo de aplicación se puede considerar que la altura vuelo en el salto vertical viene condicionada por tres factores principales (29). En primer lugar, por la fuerza con la que el músculo se contrae en el momento del salto y la velocidad a la que el músculo es capaz de generar tensión durante el mismo. En segundo lugar la fuerza de contracción como la velocidad a la que se genera tensión dependen directamente de dos factores adicionales: la velocidad de reclutamiento y la activación de las motoneuronas (alfa) implicadas en el salto, así como el número de unidades reclutadas y su frecuencia de descarga, también interviene el tiempo empleado en alcanzar la estimulación máxima muscular o tiempo invertido en el acoplamiento entre estimulación y contracción (29). En tercer lugar, de la eficacia con la

que se ejerce el control motor de las órdenes generadas para producir el salto, es decir, la coordinación motora (29).

Relación con las articulaciones

El éxito del salto depende de la coordinación entre rodilla, tobillo y cadera, pues son las articulaciones responsables de generar el impulso necesario:

- *Rodilla:* la flexión previa al salto acumula energía elástica, mientras que la extensión del cuádriceps genera el torque necesario para la propulsión vertical (2,4,14).
- *Tobillo:* participa en la fase final del despegue a través de la extensión plantar, impulsada por los músculos de la pantorrilla, contribuyendo tanto a la verticalidad como a la proyección horizontal (2,4,14).
- *Cadera:* los extensores, como el glúteo mayor, se activan en la extensión de la pierna, reforzando la potencia del despegue (2,4,14).

Salto contramovimiento (CMJ)

El CMJ se ha descrito como una prueba funcional ampliamente utilizada en el ámbito deportivo para evaluar el estado neuromuscular del tren inferior. Se considera una herramienta válida para monitorear alteraciones positivas o negativas en el rendimiento físico y niveles de fatiga, proporcionando información sobre las capacidades neuromusculares y el funcionamiento del CEA (30,31). Debido a su especificidad y sensibilidad para detectar alteraciones en la producción de fuerza y potencia, el CMJ se adjudica como una de las pruebas más usadas para el seguimiento del estado neuromuscular en atletas (30). En este existen diferentes fases para ser analizadas las cuales son:

Tabla 2 *Fases del Salto contra movimiento (CMJ)*

Fase	Definición y Mecánica	Función Principal
Excéntrica (o de frenado)	Desaceleración del centro de masa durante el descenso. Implica una elongación activa de la musculatura extensora del miembro inferior (31)	Absorción y almacenamiento de energía mecánica para su posterior reutilización.
Amortiguación (o transición)	Breve pausa en el punto más bajo del movimiento, situada entre las fases excéntrica y concéntrica (31)	Transición de fuerzas; su duración depende de la capacidad reactiva del atleta y la precisión del sistema de medición.
Concéntrica (o de propulsión)	Extensión rápida y coordinada de cadera, rodilla y tobillo inmediatamente después del frenado (31,32)	Generación de fuerza vertical y aceleración para impulsar el cuerpo hacia arriba.
Aérea (o de vuelo)	Periodo comprendido desde el despegue hasta el contacto inicial del aterrizaje (31,32).	Fase sin contacto con la superficie donde la duración del vuelo determina la altura estimada del salto (31,32)

La ejecución del CMJ depende de una coordinación de triple flexión y triple extensión del miembro inferior. Durante el descenso se produce flexión de cadera, rodilla y tobillo, mientras que en la fase propulsiva ocurre una extensión rápida y sincronizada de estas tres articulaciones (31). En el aterrizaje, nuevamente se observa flexión de dichas articulaciones para absorber el impacto (31).

Desde el punto de vista muscular, el movimiento se inicia con la relajación de los músculos agonistas para permitir el descenso controlado, seguida de la activación intensa de la musculatura del miembro inferior durante la transición hacia la fase propulsiva (31,32). Este patrón coordinado permite aprovechar la energía elástica almacenada durante la fase excéntrica, optimizando la producción de fuerza.

Dentro del análisis del CMJ se derivan diferentes variables como la altura del salto que es una de las variables por lo cual este test es tan usado; sin embargo, no debe analizarse de forma aislada (31). La altura alcanzada depende directamente de la velocidad de despegue generada durante la fase propulsiva, la cual está relacionada por el impulso aplicado (31,32).

Desde el punto de vista mecánico, el impulso equivale al cambio en el momento lineal del sistema (32). Un mayor impulso neto durante la fase propulsiva conduce a una mayor velocidad del centro de masa en el despegue y, por ende, a una mayor altura de salto y el tiempo de vuelo que corresponde al intervalo comprendido entre el despegue y el aterrizaje (31,32). Esta variable es comúnmente utilizada para estimar la altura del salto mediante ecuaciones derivadas del movimiento parabólico. No obstante, su precisión depende de una correcta identificación de los instantes de despegue y aterrizaje (30,31).

Aplicación My Jump como herramienta de análisis del salto contramovimiento (CMJ)

Existen diferentes versiones de la aplicación My Jump donde tenemos la versión My Jump 2 y My Jump Lab, ambas se han consolidado como herramientas prácticas, accesibles y científicamente respaldadas para evaluar el CMJ en atletas (27). Esta app para teléfonos inteligentes nos permite estimar la altura de salto basándose en el tiempo de vuelo del salto, se presenta como una alternativa de bajo costo frente a sistemas tradicionales como lo son las plataformas de fuerza o tapetes de contacto que suelen tener un precio elevado y ser menos portátiles (33).

Multiples estudios han demostrado una alta validez y fiabilidad del uso de My Jump para medir la altura del CMJ comparado con sistemas de referencia, presentando coeficientes de correlación superiores a 0.97 evaluadas en atletas de alto rendimiento (27,33). En 2024 se han probado nuevas versiones que utilizan inteligencia artificial que siguen manteniendo

concordancia con las plataformas tradicionales, consolidándose, así como una herramienta confiable para el monitoreo de rendimiento, seguimiento de fatiga y evaluación de condiciones físicas del atleta (33).

Capítulo III: Materiales y Métodos

Justificación

El rendimiento del salto vertical constituye un componente determinante en el cheerleading competitivo, especialmente en rutinas que implican acrobacias, lanzamientos y recepciones de alto impacto. La capacidad de producir fuerza explosiva y transferirla eficientemente durante el despegue se traduce directamente en la altura alcanzada y el desempeño técnico en figuras que exigen elevación y control (34,35). En este sentido, la prueba CMJ es un instrumento ampliamente validado para evaluar la producción de fuerza y potencia de las extremidades inferiores en deportes explosivos, proporcionando un indicador funcional objetivo del rendimiento neuromuscular (35).

Las características biomecánicas del miembro inferior, incluyendo proporciones segmentarias como la longitud del fémur, influyen en la mecánica del salto al modificar los momentos de fuerza en articulaciones clave como cadera y rodilla (29,36). Estas variaciones estructurales pueden alterar la estrategia de producción de fuerza y la eficiencia biomecánica del gesto motor, generando diferencias en la altura alcanzada durante el salto vertical (20,36). A pesar de la importancia teórica de estas variables, la evidencia empírica sobre la influencia de proporciones segmentarias específicas como la longitud femoral en el rendimiento de salto en atletas es aún escasa, y prácticamente inexistente en poblaciones de cheerleaders (37).

Simultáneamente, la masa muscular de los miembros inferiores se ha identificado como un factor crítico asociado con la capacidad de generar fuerza y potencia durante movimientos explosivos (3,22). Estudios recientes han demostrado correlaciones significativas entre indicadores de composición corporal y el rendimiento en pruebas como el CMJ, subrayando que

mayores proporciones de masa muscular pueden estar vinculadas con mejor producción de fuerza y potencia (3,22). Aunque estas investigaciones no se han centrado específicamente en cheerleaders, sí respaldan la importancia de evaluar la composición corporal como un determinante del rendimiento físico en deportes con demandas similares.

En Ecuador y América Latina en general, existe una carencia notable de estudios que exploren de forma integrada la relación entre proporciones antropométricas, composición corporal y rendimiento físico en atletas femeninas de disciplinas dinámicas como el cheerleading. Esta ausencia limita la capacidad de diseñar estrategias de entrenamiento individualizadas basadas en características estructurales y funcionales (34,37).

Por tanto, determinar la influencia de la longitud femoral y la masa muscular de miembros inferiores sobre el rendimiento del salto vertical en cheerleaders del Team Ecuador permitirá aportar evidencia científica específica que responda directamente a un vacío en la literatura. Adicionalmente, evaluar el rendimiento mediante CMJ proporcionará un dato funcional objetivo que facilite la identificación de asociaciones claras entre características físicas individuales y desempeño explosivo. Este conocimiento contribuirá a optimizar la periodización del entrenamiento, mejorar la eficiencia mecánica del gesto de salto, promoviendo el desarrollo integral de las atletas dentro de esta disciplina en expansión.

Problema de la Investigación

El cheerleading competitivo exige altos niveles de fuerza explosiva, coordinación y capacidad de producción de potencia en miembros inferiores, especialmente durante la ejecución de saltos que forman parte estructural de las rutinas coreográficas y acrobáticas. El rendimiento en el salto vertical constituye un indicador funcional clave del desempeño atlético en esta disciplina, ya que influye directamente en la altura alcanzada, la ejecución técnica y la calidad estética del movimiento (22,38).

La prueba Countermovement Jump (CMJ) se ha consolidado como una herramienta válida y confiable para evaluar la producción de fuerza y potencia del miembro inferior en deportes explosivos, permitiendo cuantificar objetivamente el rendimiento neuromuscular (36,39). En disciplinas que requieren acciones repetidas de despegue, el CMJ representa un indicador funcional directo de la capacidad explosiva de los atletas.

A pesar del crecimiento del cheerleading en Ecuador desde su incorporación formal en 2009, la investigación científica nacional se ha enfocado principalmente en aspectos metodológicos generales o epidemiológicos, sin profundizar en el análisis biomecánico y estructural de variables que puedan explicar diferencias en el rendimiento físico. En particular, no existen estudios en cheerleaders ecuatorianas que evalúen la relación entre características antropométricas y de composición corporal con el desempeño en pruebas objetivas de salto vertical (1).

Desde el punto de vista biomecánico, la producción de potencia durante el salto no depende únicamente del entrenamiento técnico, sino también de características estructurales individuales. La longitud femoral, como proporción segmentaria del miembro inferior, puede

modificar los brazos de momento en cadera y rodilla, condicionando la estrategia mecánica utilizada durante el despegue y, por tanto, la eficiencia del gesto motor (40). Investigaciones recientes han demostrado que la longitud de segmentos corporales guarda relación con la capacidad de generar potencia y con el rendimiento en pruebas de salto vertical (40).

De manera complementaria, la masa muscular de los miembros inferiores constituye un determinante estructural de la capacidad de generar fuerza y potencia mecánica. Estudios actuales evidencian que una mayor masa muscular se asocia con incrementos significativos en el rendimiento del CMJ, debido a una mayor capacidad de producción de fuerza y mejor aprovechamiento del ciclo estiramiento–acortamiento (41,42).No obstante, aunque existe evidencia en poblaciones deportivas generales, la investigación que integre simultáneamente proporciones segmentarias y masa muscular como factores explicativos del rendimiento explosivo en cheerleaders femeninas es limitada, y en el contexto ecuatoriano prácticamente inexistente.

En consecuencia, el problema de investigación radica en la ausencia de evidencia científica que determine si la longitud femoral y la masa muscular de miembros inferiores influyen significativamente en el rendimiento del salto vertical en cheerleaders del Team Ecuador. Sin esta información, no es posible establecer con claridad si las diferencias en desempeño explosivo responden a factores estructurales medibles o únicamente a variables relacionadas con el entrenamiento.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Determinar la relación entre la longitud femoral y la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento del salto vertical en cheerleaders ecuatorianas de 20 a 30 años.

Objetivos Específicos

- Evaluar el rendimiento del salto vertical mediante la prueba CMJ una prueba funcional objetiva.
- Analizar la asociación entre la longitud femoral y el rendimiento del salto vertical.
- Analizar la asociación entre la masa muscular de miembros inferiores y el rendimiento del salto vertical.

Hipótesis

Hipótesis general (H1):

- *H1a:* Existe una relación significativa entre la longitud femoral y el rendimiento del salto vertical.
- *H1b:* Existe una relación significativa entre la masa muscular de miembros inferiores y el rendimiento del salto vertical.

Hipótesis nula (H0):

- No existe relación significativa entre la longitud femoral y la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento del salto vertical en cheerleaders ecuatorianas de 20 a 30 años.

Operacionalización de variables

Tabla 3 *Lista de variables del estudio*

Cuadro de operacionalización de variables				
Variable	**Definición**	**Indicador**	**Escala**	**Tipo**
Edad	-	Años	-	Control
Sexo	-	Femenino / Masculino	-	Control
Talla	-	Medida en centímetros (cm)	Razón	Control
Peso	-	Medida en kilogramos (kg)	Razón	Control
Longitud del fémur	Medida desde la espina ilíaca anterosuperior hasta el cóndilo lateral del fémur.	Medida en centímetros (cm)	Razón	Independiente
Masa muscular miembros inferiores	Peso total de los músculos esqueléticos del cuerpo.	Medida en porcentaje (%)	Razón	Independiente

Índice de masa corporal (IMC)	Relación entre el peso y la estatura del individuo.	Cálculo de IMC = Peso / Estatura²	Razón	Independiente
Altura del salto	Distancia máxima alcanzada durante un salto vertical.	Medida en metros (m)	Razón	Dependiente
Potencia	Velocidad con la que se genera fuerza de salto.	Medida en watt (W)	Razón	Dependiente
Impulso	Representa el producto de la fuerza durante el tiempo de aplicación	Medida en kilogramos por metro sobre segundos (kg*m/s)	Razón	Dependiente
Fuerza de salto	Capacidad muscular para impulsar el cuerpo hacia arriba	Medida en newtons (N)	Razón	Dependiente

Población

Las valoraciones se realizarán en las instalaciones del Club Life Sports Athletics, ubicadas en Kennedy Norte, Quito. La población objetivo estará conformada por cheerleaders

mujeres de 20 a 30 años que practican esta disciplina a nivel competitivo (alto rendimiento). La población accesible corresponderá específicamente a las atletas activas del Club Life Sports Athletics que cumplan con los criterios de inclusión establecidos.

Se trabajará con una muestra no probabilística por criterios, estimada en 20 participantes, seleccionadas por conveniencia debido a la naturaleza especializada de la población y a su disponibilidad durante el período de ejecución del estudio. Esta estrategia metodológica resulta adecuada considerando que se trata de un grupo específico de deportistas de alto rendimiento con características técnicas homogéneas en cuanto a experiencia y nivel competitivo, lo que permite desarrollar un análisis exploratorio dentro de un contexto controlado.

El tamaño muestral responde a la disponibilidad real del equipo evaluado y a la viabilidad logística del estudio, por lo que no pretende garantizar representatividad estadística de la población nacional de cheerleaders. En consecuencia, los resultados serán interpretados como evidencia preliminar circunscrita al contexto del club evaluado, con un alcance descriptivo y analítico limitado a esta muestra.

Este enfoque metodológico permite examinar la relación entre la longitud femoral, la masa muscular de miembros inferiores y el rendimiento en el salto vertical en un entorno deportivo específico, reconociendo explícitamente que los hallazgos no podrán generalizarse a todas las practicantes de cheerleading del país sin estudios posteriores con diseños probabilísticos y tamaños muestrales mayores.

Tipo de estudio

El presente estudio se desarrollará bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño observacional, analítico, correlacional y de corte transversal. No se manipularán las variables de

estudio, sino que se medirán tal como se presentan en la población; se pretende evaluar la asociación entre variables independientes (longitud femoral y masa muscular de miembros inferiores) y la variable dependiente (rendimiento del salto vertical medido mediante la prueba CMJ).

Criterios de selección

Criterios de inclusión

Se verificará el cumplimiento de los criterios establecidos que son: mujeres con edades comprendidas entre 20 y 30 años, con un mínimo de dos años de experiencia continua en la práctica de cheerleading competitivo. Además, las participantes deberán encontrarse en condición física apta para la ejecución de saltos, sin presentar lesiones musculares o articulares agudas en los últimos seis meses que puedan interferir con la evaluación del rendimiento. Una vez confirmados los criterios de elegibilidad, se solicitará la firma del consentimiento informado, garantizando la participación voluntaria y el cumplimiento de los principios éticos de investigación. Finalmente, se incluirán en el estudio aquellas atletas que manifiesten disponibilidad y compromiso para asistir a la sesión programada de evaluación, asegurando la correcta ejecución de las pruebas y la calidad de los datos recolectados.

Criterios de exclusión

Serán excluidas del estudio aquellas atletas que presenten lesiones musculoesqueléticas crónicas o condiciones médicas que puedan limitar su desempeño físico, tales como cardiopatías o diabetes no controlada, ya que estas podrían interferir con la ejecución segura y válida de la prueba de salto vertical. Asimismo, no se incluirán participantes que hayan utilizado

recientemente medicamentos o suplementos que puedan modificar la producción de fuerza muscular o los procesos de recuperación, debido al posible efecto confusor sobre los resultados.

También se excluirán cheerleaders con menos de dos años de experiencia en la práctica del deporte, considerando que la falta de entrenamiento específico podría influir en la correcta ejecución técnica del salto y alterar la homogeneidad de la muestra. De igual manera, serán excluidas aquellas atletas que presenten limitaciones físicas o psicológicas que les impidan realizar adecuadamente las pruebas establecidas, así como quienes se encuentren en pausa competitiva, retiro temporal o hayan realizado cambios significativos en su rutina de entrenamiento en los últimos tres meses, dado que estas condiciones podrían modificar el rendimiento evaluado. Finalmente, no formarán parte del estudio aquellas deportistas que no otorguen su consentimiento informado de manera voluntaria.

Procedimiento

Se realizará inicialmente una reunión informativa con el equipo técnico del Club Life Sports Athletics y las atletas seleccionadas, en las instalaciones del club ubicadas en Kennedy Norte, Quito. Durante la reunión se explicará el objetivo del estudio, los procedimientos de evaluación, los criterios de inclusión y exclusión, los posibles riesgos y beneficios, así como el manejo confidencial de la información. Posteriormente, se procederá a la firma voluntaria del consentimiento informado por parte de cada participante, garantizando el cumplimiento de los principios éticos de investigación.

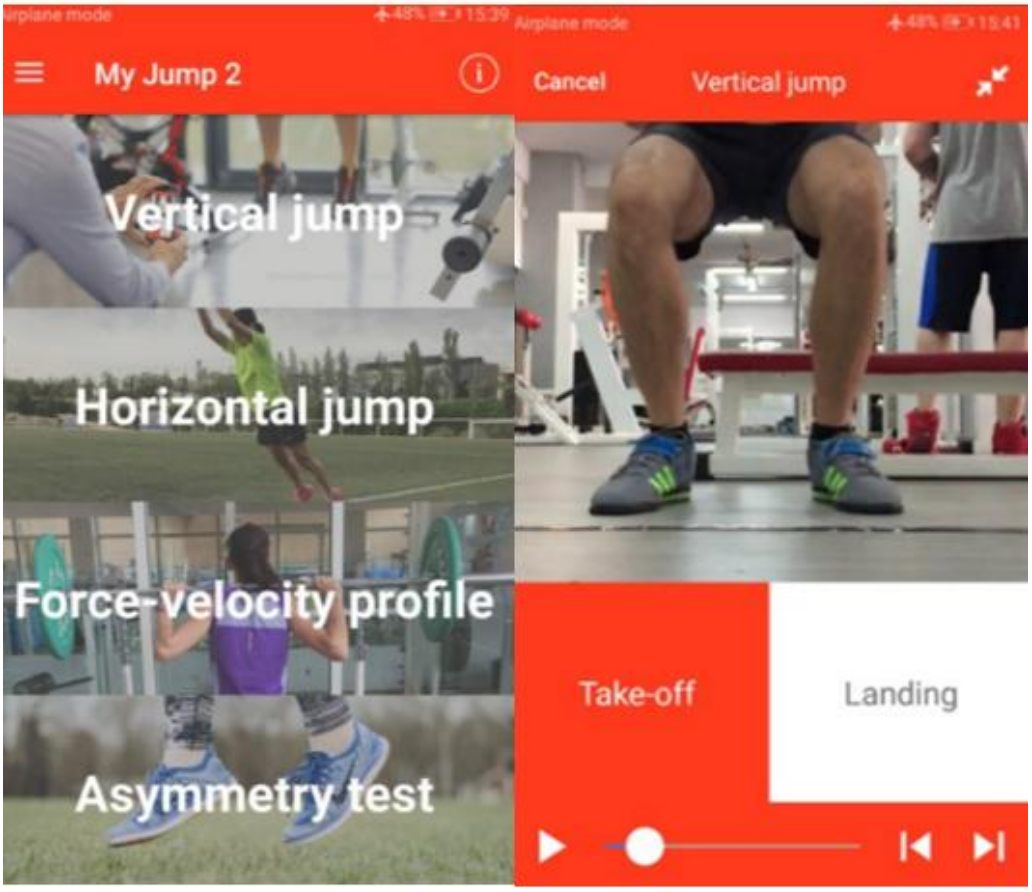
Este proceso se realizará en el área de reuniones del club y tendrá una duración aproximada de 15 minutos por atleta. Una vez formalizada la participación, se llevará a cabo la medición de la longitud femoral mediante el uso de una cinta métrica flexible y marcador

dermatológico para identificar puntos anatómicos de referencia, registrando la longitud en centímetros. Esta evaluación se realizará en la sala de fisioterapia del club bajo la responsabilidad de la investigadora principal, con una duración aproximada de 15 minutos por atleta.

Posteriormente, se evaluará la masa muscular y composición corporal mediante una balanza de bioimpedancia (InBody), registrando masa muscular de miembros inferiores y porcentaje de grasa corporal. Las participantes deberán encontrarse descalzas, sin objetos metálicos y sin haber ingerido alimentos al menos dos horas antes de la medición. Esta valoración se realizará en un espacio cerrado y limpio dentro del club, con una duración aproximada de 10 minutos por atleta.

Finalmente, se evaluará el rendimiento del salto vertical mediante la aplicación My Jump con análisis de video, aplicando laa prueba Countermovement Jump (CMJ). Se registrarán variables como altura del salto, impulso, fuerza y potencia estimada. Las pruebas se ejecutarán sobre una superficie estable con colchonetas laterales de seguridad, con una duración aproximada de 20 minutos por atleta. La Figura 1 muestra la interfaz de la aplicación My Jump que nos permitirá realizar dicho análisis.

Figura 1 *Interfaz aplicacion My Jump*



Análisis Estadístico

El procesamiento y análisis estadístico de los datos se realizó mediante el software R (versión actual), el cual permitió organizar, depurar y analizar la base de datos obtenida a partir de las mediciones antropométricas, de composición corporal y rendimiento del salto vertical. El análisis estadístico se estructuró en las siguientes fases:

Análisis descriptivo

Inicialmente se realizó un análisis descriptivo de todas las variables cuantitativas incluidas en el estudio. Para cada variable se calcularon: Media aritmética, Desviación estándar (SD), Error estándar de la media (SEM), Valores mínimo y máximo, Rango.

Este análisis permitió caracterizar el perfil biomecánico y morfológico de la muestra, identificar la variabilidad interindividual y establecer la homogeneidad estructural del grupo antes del análisis inferencial.

Prueba de normalidad

Con el objetivo de determinar la distribución de las variables cuantitativas y seleccionar las pruebas estadísticas adecuadas, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro–Wilk. Esta prueba fue seleccionada debido a su alta potencia estadística en muestras pequeñas ($n < 50$). Se estableció un nivel de significancia de $\alpha = 0{,}05$.

De manera complementaria, se utilizaron diagramas de probabilidad normal (Q–Q plots) para verificar visualmente el cumplimiento del supuesto de normalidad.

Análisis de correlación

Para evaluar la relación lineal entre las variables morfológicas (longitud femoral, masa muscular segmentaria) y las variables funcionales (altura del salto CMJ y fuerza de despegue), se utilizó el coeficiente de correlación de Pearson (r) en caso de cumplir con los supuestos de normalidad mientras que si no cumple estos supuestos se utilizará el coeficiente de correlación de Spearman. Ambos nos permitirar determinar la dirección de asociación, magnitud de la correlación y el nivel de significancia estadística.

Matriz de correlación

Se elaboró una matriz de correlación utilizando la prueba correspondiente de acuerdo con los supuestos de normalidad entre las principales variables morfológicas y funcionales, con el fin de identificar patrones estructurales y relaciones biomecánicas globales dentro de la muestra. Los

resultados fueron representados mediante un mapa de calor para facilitar la interpretación visual de la magnitud y dirección de las asociaciones.

Nivel de significancia

Todos los análisis estadísticos se realizaron con un nivel de confianza del 95 %. Se consideraron estadísticamente significativos los valores de $p < 0,05$. Las pruebas fueron bilaterales, ya que no se asumió una dirección específica en las asociaciones entre variables.

Aspectos Bioéticos

El estudio garantizará que se cumplan los principios éticos fundamentales:

- Riesgo mínimo: No se aplicarán intervenciones adicionales que pongan en riesgo la salud de los participantes.
- Autonomía: Los pacientes participarán de manera voluntaria en el estudio. Antes de ser incluidos, se les explicará detalladamente el propósito, los procedimientos y los posibles beneficios del estudio.
- Confidencialidad: Los datos personales de los pacientes serán protegidos de acuerdo con las leyes de privacidad vigentes en Ecuador y los estándares internacionales de protección de datos. La información recopilada será utilizada únicamente para los fines de este estudio y no será divulgada ni compartida con terceros sin el consentimiento expreso de los participantes.
- Destrucción de datos: Al finalizar el estudio, toda la información personal y los datos vinculados a los códigos de los pacientes serán eliminados de forma segura para prevenir cualquier uso indebido o no autorizado de los datos.

Capítulo IV: Resultados

Se realizó un análisis descriptivo para las 20 participantes femeninas que cuentan con edades de 20 a 30 años con media de $24{,}10 \pm 3{,}68\ años$ y experiencia dentro del deporte con media de $8{,}3 \pm 1{,}525\ años$ y un peso alrededor de los $46{,}5 \pm 18{,}9\ kg$. En la Tabla 4 se detalla las dimensiones antropométricas, de composición corporal y desempeño del salto CMJ medidas con la aplicación My Jump y usando el dispositivo de bioimpedancia eléctrica InBody.

Tabla 4 *Análisis Descriptivo de variables antropométricas, composición corporal y desempeño en el CMJ de la Población*

	Longitud femoral	**Masa muscular muslo**	**Masa muscular pantorrilla**	**Altura de Salto CMJ**	**Potencia**	**Fuerza**
Nro. Pacientes	20	20	20	20	20	20
Mínimo	37,00	3,100	1,000	7,670	797,5	782,3
Máximo	50,00	7,400	2,400	32,33	1577	1604
Rango	13,00	4,300	1,400	24,66	779,2	822,1
Media	42,25	4,071	1,329	23,41	1140	1113
SD	3,093	0,8846	0,2972	6,319	205,5	259,3
SEM	0,6916	0,1978	0,06646	1,413	45,95	57,99

Dentro del ámbito antropométrico, la longitud femoral promedio $42{,}25 \pm 3{,}09\ cm$, con un rango de 13 cm lo que sugiere una variabilidad moderada. En cuanto a musculatura, el muslo presento una mayor dispersión de masa $(4{,}07 \pm 0{,}88\ kg)$ frente a la pantorrilla $(1{,}33 \pm 0{,}30\ kg)$

Por otro lado, el rendimiento en el salto vertical mostro diferencias interindividuales notables la altura media fue de $23{,}41 \pm 6{,}32\ cm$, acompañada de una potencia promedio de $1140 \pm 205{,}5\ W$ y una fuerza de despegue de $1113 \pm 259{,}3\ N$. Este análisis demuestra la variabilidad en los perfiles biomecánicos y de rendimiento lo que muestra la necesidad de investigar cómo influye la estructura ósea y muscular del tren inferior en el éxito del salto vertical dentro del cheerleading.

Con el fin de evaluar la distribución de los datos y establecer el tipo de pruebas estadísticas a emplear en el análisis inferencial, se aplicó la prueba de normalidad de Shapiro-Wilk a las variables antropométricas, de composición corporal y de rendimiento del salto vertical (CMJ) obteniendo p-valores como se muestra en la Tabla 5.

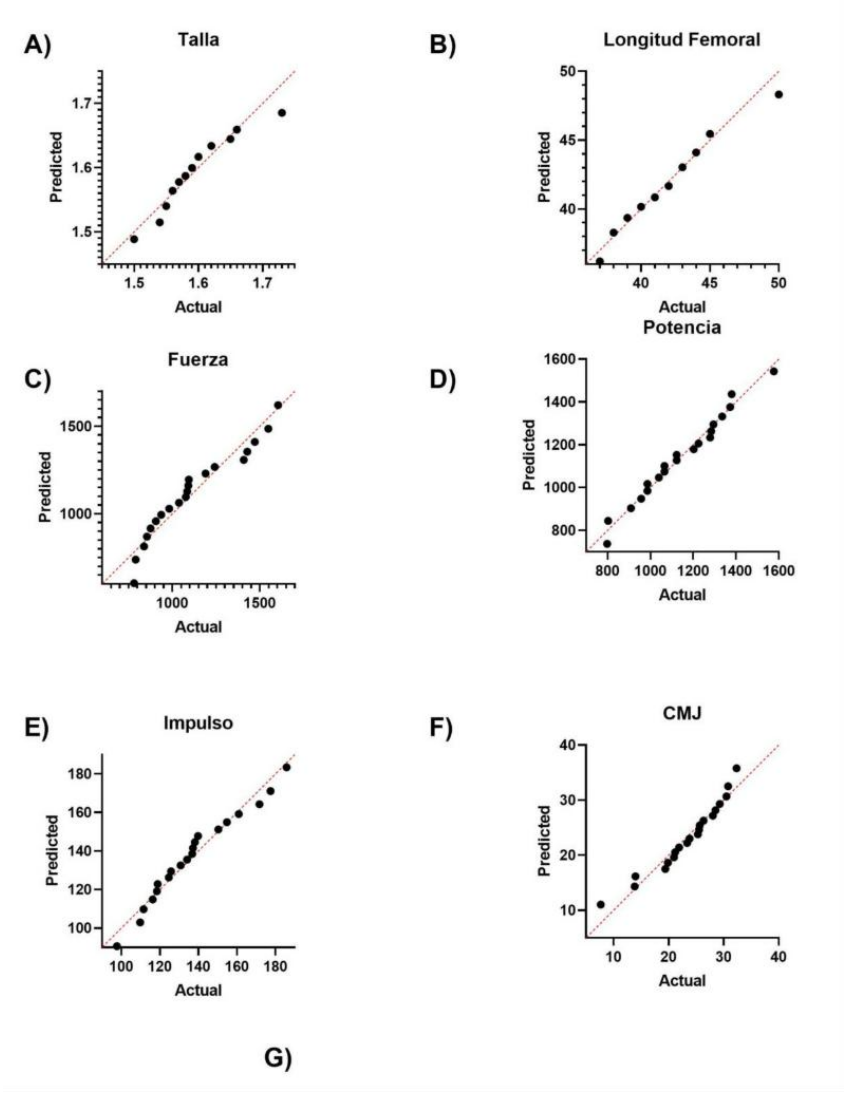
Tabla 5 *Valores Obtenidos de la Prueba de Shapiro-Wilk*

	Longitud Femoral	**Talla**	**Fuerza**	**Potencia**	**Impulso**	**Altura de Salto**
p valor	0,3976	0,0601	0,0997	0,8765	0,5677	0,2535

Los análisis evidenciaron que las variables longitud femoral (p = 0,3976), talla (p = 0,0601), fuerza (p = 0,0997), potencia (p = 0,8765), impulso (p = 0,5677) y altura de salto (p = 0,2535) no presentaron diferencias estadísticamente significativas respecto a una distribución normal (p > 0,05), por lo que se consideran variables con comportamiento aproximadamente

normal dentro de la muestra estudiada. De manera complementaria, el análisis gráfico mediante diagramas de probabilidad normal (Q–Q plots) mostró una adecuada alineación de los valores observados con la línea teórica en la mayoría de las variables, reforzando el cumplimiento del supuesto de normalidad. En el caso de la velocidad media, se evidenció una mayor dispersión de los puntos, lo que concuerda con el resultado obtenido en la prueba estadística.

Figura 2 *Predicción de normalidad mediante Q-Q plot*



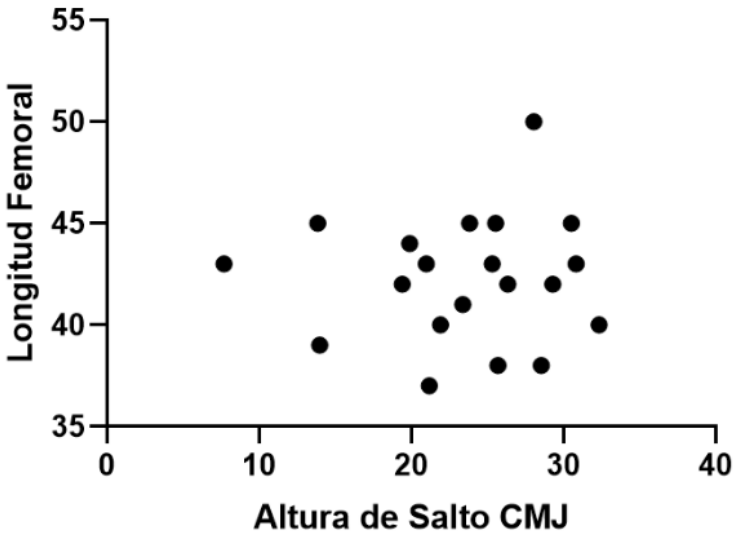
Nota. **A)** Q-Q plot variable Talla; **B)** Q-Q plot variable Longitud femoral, **C)** Q-Q plot variable Fuerza; **D)** Q-Q plot variable Potencia; **E)** Q-Q plot variable Impulso y **F)** Q-Q plot variable altura CMJ.

Relación entre longitud femoral versus altura de salto vertical obtenido de la prueba CMJ

El análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson no evidenció una relación estadísticamente significativa entre la longitud femoral y la altura del salto vertical CMJ en la muestra estudiada ($r = 0.044$; $p = 0.855$). El intervalo de confianza al 95% (–0.407 a 0.477) incluye el valor cero, lo que confirma la ausencia de asociación lineal entre ambas variables. Asimismo, el coeficiente de determinación fue bajo ($R^2 = 0{,}0019$), lo que sugiere que la longitud femoral explica menos del 1% de la variabilidad observada en la altura del salto dentro de la muestra analizada. Sin embargo, este valor reducido no necesariamente implica la ausencia de una relación real entre las variables, sino que puede estar influenciado por el tamaño muestral limitado ($n = 20$), el cual disminuye la potencia estadística del análisis y puede restringir la capacidad para detectar asociaciones de pequeña magnitud.

El gráfico de dispersión (Figura 3) muestra una distribución aleatoria de los valores, sin una tendencia lineal definida, evidenciando que atletas con longitudes femorales similares alcanzan alturas de salto diferentes, y viceversa. Estos resultados sugieren que la longitud del fémur, considerada de manera aislada, no presenta una asociación estadísticamente significativa en el rendimiento del salto vertical CMJ en esta población.

Figura 3 *Correlación Altura de Salto CMJ vs Longitud Femoral*



Nota. Eje Y Longitud femoral (cm), Eje X Altura de Salto CMJ (cm)

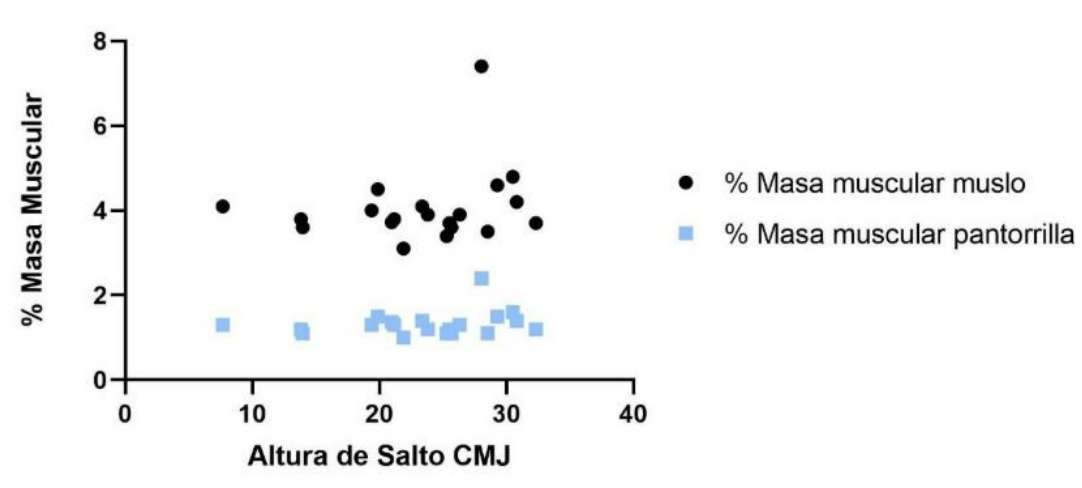
Relación entre Porcentaje de Masa muscular de muslo y pantorrilla vs altura de salto vertical obtenido de la prueba CMJ

El análisis de correlación mediante el coeficiente de Pearson no mostró una relación estadísticamente significativa entre la altura del salto vertical CMJ y la masa muscular del muslo ($r = 0.216$; $p = 0.360$), ni con la masa muscular de la pantorrilla ($r = 0.239$; $p = 0.310$). En ambos casos, los intervalos de confianza al 95% incluyeron el valor cero, y los coeficientes de determinación fueron bajos ($R^2 = 0.047$ para muslo y $R^2 = 0.057$ para pantorrilla), indicando que la masa muscular segmentaria explica menos del 6% de la variabilidad observada en la altura del salto.

El gráfico de dispersión (Figura 4) evidencia una amplia variabilidad en la altura del salto para valores similares de masa muscular tanto del muslo como de la pantorrilla, sin una tendencia lineal definida. Estos resultados sugieren que la masa muscular segmentaria, analizada de forma aislada, no influye de manera directa en la altura del salto vertical CMJ en la muestra

estudiada, reforzando la idea de que el rendimiento del salto depende de la interacción entre factores musculares, neuromecánicos y técnicos, más que de una única variable estructural.

Figura 4 *Correlación Altura de Salto CMJ vs Longitud Femoral*



Nota. Eje X Altura de Salto CMJ (cm), Eje Y porcentaje de Masa muscular (cm)

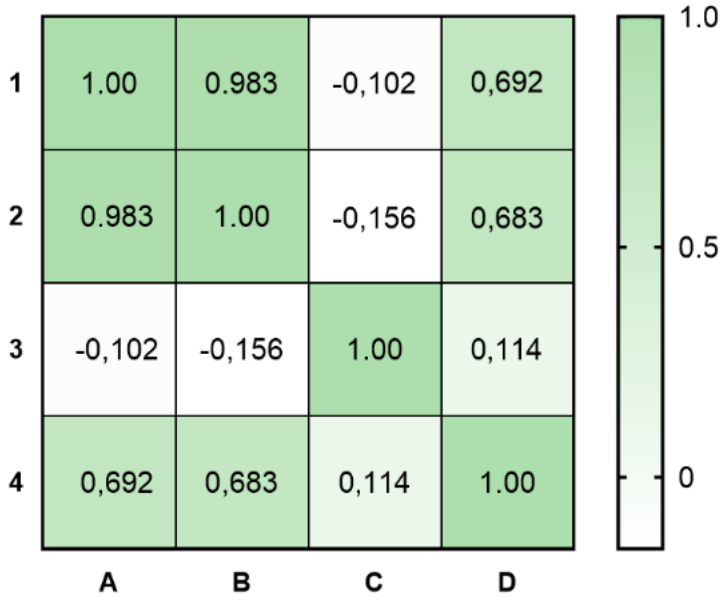
Matriz de correlación de Pearson entre Altura de Salto CMJ, % Masa Muscular muslo y pantorrilla, Fuerza y Longitud Femoral

La matriz de correlación de Pearson (Figura 5) mostró una correlación positiva muy fuerte entre la masa muscular del muslo y la masa muscular de la pantorrilla (r = 0.983), lo que evidencia una alta coherencia en la distribución de la masa muscular del miembro inferior. Asimismo, la longitud femoral presentó correlaciones positivas moderadas–altas con la masa muscular del muslo (r = 0.692) y de la pantorrilla (r = 0.683), sugiriendo una asociación entre la estructura ósea y el desarrollo muscular segmentario.

En contraste, la fuerza de salto no mostró correlaciones relevantes con la masa muscular del muslo (r = –0.102), la masa muscular de la pantorrilla (r = –0.156) ni con la longitud femoral (r = 0.114). Estos resultados indican que, en la muestra analizada, la fuerza de salto no se explica directamente por las variables morfológicas, reforzando que el rendimiento depende de factores

funcionales adicionales, como la activación neuromuscular, la coordinación intermuscular y la técnica del gesto.

Figura 5 *Matriz de correlación de Pearson*



Nota. El mapa de calor representa los coeficientes de correlación de Pearson (r) entre la masa muscular del muslo, la masa muscular de la pantorrilla, la fuerza de salto y la longitud femoral. Los tonos verdes indican correlaciones positivas y los tonos blancos correlaciones negativas. **A)** % Masa Muscular del Muslo, **B)** % Masa Muscular de Pantorrilla, **C)** Fuerza, **D)** Longitud femoral, **1)** % Masa Muscular del Muslo, **2)** % Masa Muscular de Pantorrilla, **3)** Fuerza, **4)** Longitud femoral.

Capítulo V: Discusión

El presente estudio tuvo como finalidad analizar la relación entre la longitud femoral, la masa muscular del muslo y la pantorrilla, y el rendimiento del salto vertical usando la prueba CMJ en deportistas femeninas. Se evidenció que no se encontró una correlación estadísticamente significativa entre la longitud femoral y la masa muscular segmentaria, ni tampoco entre la longitud femoral y la altura del CMJ. En contraste, la matriz de correlación de Pearson mostró asociaciones positivas fuertes entre la masa muscular del miembro inferior y la fuerza de salto, lo que sugiere que el componente funcional tiene mayor peso explicativo que la dimensión estructural ósea.

Por ello desde el punto de vista biomecánico, podría suponerse que una mayor longitud femoral otorgaría ventajas mecánicas al incrementar el brazo de momento durante la extensión de rodilla y cadera (41,42). Sin embargo, los resultados del estudio indican que la longitud segmentaria por sí sola no determina el rendimiento explosivo en la población estudiada. Investigaciones recientes han señalado que el rendimiento en el CMJ depende principalmente de la producción de fuerza relativa, la potencia muscular y la eficiencia neuromuscular más que de variables antropométricas longitudinales (18,42).

Por otro lado, en baloncesto femenino se ha reportado que la estatura y la longitud de los segmentos corporales no predicen directamente la altura del salto cuando no se consideran variables como la fuerza máxima y la tasa de desarrollo de la fuerza (43,44). De manera similar, estudios en atletas jóvenes han demostrado que la masa muscular del miembro inferior y la fuerza relativa explican mayor proporción de la varianza del CMJ que las medidas estructurales óseas tomando en cuenta el número de población estudiada (42,45).

Por otro lado, al analizar la matriz de correlación se observó una correlación muy fuerte entre la masa muscular del muslo y la masa muscular de la pantorrilla, lo que refleja coherencia fisiológica en la distribución segmentaria del tejido muscular en deportistas entrenadas (45). Asimismo, se evidenció una correlación positiva moderada-alta entre la masa muscular y la fuerza de salto, en concordancia con literatura reciente que destaca que el rendimiento en el CMJ está estrechamente relacionado con la producción de fuerza y potencia muscular (18,46).

La ausencia de asociación significativa entre longitud femoral y altura del CMJ puede explicarse por la naturaleza multifactorial del salto vertical. Estudios demuestran que la asociación depende de la coordinación intermuscular, la activación neuromuscular y la eficiencia del CEA (46). Además se ha demostrado que la rigidez musculotendinosa y la capacidad de reutilización de energía elástica son determinantes clave del rendimiento explosivo (47,48). En consecuencia, dos atletas con igual longitud femoral pueden presentar diferencias sustanciales en el rendimiento debido a variaciones en fuerza relativa, técnica de ejecución o control motor.

Asimismo, en poblaciones femeninas se ha observado que el rendimiento en el CMJ se asocia directamente con la masa libre de grasa e inversamente con el porcentaje de grasa corporal (46). Esto respalda la idea de que el componente funcional y metabólicamente activo del músculo tiene mayor impacto en la producción de potencia que la arquitectura longitudinal del segmento óseo.

En el contexto del cheerleading, el salto no solo implica alcanzar altura máxima, sino también ejecutar gestos técnicos específicos y estabilizar adecuadamente la recepción. Por tanto, la longitud femoral podría tener mayor relevancia en la mecánica de aterrizaje o en la

distribución de cargas durante la recepción que en la fase propulsiva del salto, lo cual abre una línea de investigación futura mediante análisis cinemático tridimensional y evaluación de patrones de aterrizaje.

En síntesis, los resultados del presente estudio refuerzan la evidencia contemporánea que señala que la arquitectura corporal longitudinal no es un predictor directo del rendimiento explosivo, mientras que la masa muscular y la capacidad de producción de fuerza sí muestran asociaciones funcionales relevantes. Desde una perspectiva aplicada, los programas de entrenamiento deberían priorizar el desarrollo de fuerza máxima, potencia y control neuromuscular por encima de variables antropométricas no modificables.

Capítulo VI: Conclusiones

Conclusiones

- En la muestra analizada (n=20), no se evidenció una relación estadísticamente significativa entre la longitud femoral ni la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento del salto vertical medido mediante CMJ. Los resultados indican que las variables antropométricas y de composición corporal no explican de manera directa la variabilidad observada en la altura del salto. Por lo tanto, el rendimiento en el CMJ en esta población de cheerleaders se comporta como un fenómeno multifactorial, en el que intervienen otros componentes neuromusculares, técnicos y coordinativos más allá de las proporciones óseas o la cantidad de masa muscular aislada.
- La prueba de Countermovement Jump (CMJ) permitió evaluar de manera objetiva el rendimiento explosivo del tren inferior, evidenciando una variabilidad interindividual notable en altura de salto, potencia y fuerza generada utilizando la aplicación My Jump. Estos hallazgos confirman que el CMJ es una herramienta funcional válida para valorar la capacidad explosiva en cheerleaders femeninas, permitiendo identificar diferencias individuales en el desempeño, lo cual refuerza la necesidad de un enfoque individualizado en la planificación del entrenamiento.
- No se encontró una relación estadísticamente significativa entre la longitud femoral y la altura del salto vertical medida mediante CMJ. En esta población, la longitud femoral no explicó la variabilidad del rendimiento explosivo, esto sugiere que la influencia de las proporciones óseas sobre el salto vertical no es determinante de manera aislada. Es probable que factores como la coordinación intermuscular, el CAE y la técnica de ejecución tengan un mayor peso funcional en el desempeño del salto.

- En cuanto a la relación entre la masa muscular de miembros inferiores y el rendimiento del salto vertical en la prueba CMJ no se evidenció asociación estadísticamente significativa. El porcentaje masa muscular no explicó directamente la variabilidad en la altura alcanzada. Estos resultados sugieren que en cheerleaders femeninas jóvenes, la producción de fuerza explosiva no depende exclusivamente del volumen muscular, sino de la eficiencia neuromuscular, la tasa de desarrollo de la fuerza y la capacidad de aprovechar el CEA.

Capítulo VII: Recomendaciones

Recomendaciones

- Medir variables más “funcionales” que la masa para explicar la altura del CMJ como indicadores de fuerza relativa ya que la masa muscular por si sola no representa la capacidad de aplicar fuerza rápida.
- Evaluar a las atletas en 2 o 3 momentos de los entrenamientos para analizar si los cambios en fuerza, potencia y composición corporal se asocian con los cambios en la altura del salto vertical usando la prueba CMJ.
- Hay que considerar que un tamaño muestral de n = 20 limita la potencia estadística y aumenta el riesgo de no detectar una correlación real; por ello, se recomienda reportar el análisis de potencia e intervalos de confianza y, de ser posible, ampliar la muestra o interpretar los hallazgos como evidencia preliminar.

Capítulo VIII: Bibliografía

1. Xu AL, Suresh KV, Lee RJ. Progress in Cheerleading Safety: Update on the Epidemiology of Cheerleading Injuries Presenting to US Emergency Departments, 2010-2019. Orthop J Sports Med. 1 de octubre de 2021;9(10):23259671211038895. doi:10.1177/23259671211038895
2. Bobbert MF, ???Knoek Van Soest AJ. Why Do People Jump the Way They Do?: Exerc Sport Sci Rev. julio de 2001;29(3):95-102. doi:10.1097/00003677-200107000-00002
3. McGinnis PM. Biomechanics of sport and exercise. Fourth edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2020. 401 p.
4. Enoka RM. Neuromechanics of human movement. Fifth edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2015. 496 p.
5. COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, Labella CR, Mjaanes J, Brenner JS, Benjamin HJ, Cappetta CT, et al. Cheerleading Injuries: Epidemiology and Recommendations for Prevention. Pediatrics. 1 de noviembre de 2012;130(5):966-71. doi:10.1542/peds.2012-2480
6. Peng Q, Pavlik JW, Scheidt WR, Wiest O. Predicting Nuclear Resonance Vibrational Spectra of [Fe(OEP)(NO)]. J Chem Theory Comput. 10 de enero de 2012;8(1):214-23. doi:10.1021/ct2006456
7. Leal L, Martínez D, Sieso E. Fundamentos de la mecánica del ejercicio. Barcelona: Resistance Institute; 2012.
8. Arcila Arango JC, Cardona Nieto D, Becerra Riaño HA. El sistema de palancas base para el análisis mecánico del movimiento corporal humano y sus alteraciones. Vol. 8. 8(1). doi:https://doi.org/10.24054/afdh.v8i1.670

9. Muñoz JC, Vales Flores M del M. Estudio comparativo y propuesta de mejora de un problema de palancas desde la didáctica de la biomecánica [Internet]. [Departamento de Didácticas Específicas]: Universidad Autónoma de Madrid.; 2016. Disponible en: https://repositorio.uam.es/entities/publication/866ade92-401f-438a-a06f-218bcd944a18

10. González Arango LF, Fajardo D, Vergara López Y, Isaza Gómez G. Relación entre el rendimiento y la composición corporal medida por DEXA en Levantadores de pesas profesionales. Vol. 14. 2022;14(3). doi:https://doi.org/10.58727/jshr.88391

11. Komi PV. Stretch-shortening cycle: a powerful model to study normal and fatigued muscle. J Biomech. octubre de 2000;33(10):1197-206. doi:10.1016/S0021-9290(00)00064-6

12. Markovic G, Jaric S. Is vertical jump height a body size-independent measure of muscle power? J Sports Sci. octubre de 2007;25(12):1355-63. doi:10.1080/02640410601021713

13. Bustos-Viviescas B, Acevedo-Mindiola A, Merchán O. Asociación de la masa muscular de miembros inferiores con el rendimiento en el salto vertical. 2020;(3).

14. Lamontagne M, Kennedy MJ. The Biomechanics of Vertical Hopping: A Review. Res Sports Med. octubre de 2013;21(4):380-94. doi:10.1080/15438627.2013.825795

15. Schoenfeld BJ. The Mechanisms of Muscle Hypertrophy and Their Application to Resistance Training. J Strength Cond Res. octubre de 2010;24(10):2857-72. doi:10.1519/JSC.0b013e3181e840f3

16. Fink J, Schoenfeld BJ, Nakazato K. The role of hormones in muscle hypertrophy. Phys Sportsmed. 2 de enero de 2018;46(1):129-34. doi:10.1080/00913847.2018.1406778

17. Kraemer WJ, Ratamess NA. Hormonal Responses and Adaptations to Resistance Exercise and Training: Sports Med. 2005;35(4):339-61. doi:10.2165/00007256-200535040-00004

18. Pérez-Castilla A, Jiménez-Reyes P, Haff GG, García-Ramos A. Assessment of the loaded squat jump and countermovement jump exercises with a linear velocity transducer: which velocity variable provides the highest reliability? Sports Biomech. 17 de febrero de 2021;20(2):247-60. doi:10.1080/14763141.2018.1540651

19. COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, Labella CR, Mjaanes J, Brenner JS, Benjamin HJ, Cappetta CT, et al. Cheerleading Injuries: Epidemiology and Recommendations for Prevention. Pediatrics. 1 de noviembre de 2012;130(5):966-71. doi:10.1542/peds.2012-2480

20. Quintero Palma LA, Cárdenas Borrero AF, Roldan Maldonado Y. Caracterización de las variables cualitativas y cuantitativas del gesto técnico partner stunt en el cheerleading. Vol. 2. 30 de junio de 2023;2(1):22.

21. Eckley K. The Physics of Cheerleading: Force Production of Cheerleading Stunts [Internet]. Eastern Kentucky University; 2018. Disponible en: https://encompass.eku.edu/honors_theses/577/

22. Benavides-Roca L, Salazar-Orellana C, Díaz-Coira G, Alarcón-Rivera M. Relationship between body composition and mechanical variables and strength performance in university athletes. Arch Med Deporte. 28 de enero de 2025;41(5):261-6. doi:10.18176/archmeddeporte.00183

23. Gómez-Aguilar E, Reina Bueno M, Lafuente-Sotillos G, Montes-Salas R, Castillo-López JM. Protocolo de valoración de las diferencias de longitud de los miembros inferiores.

Eur J Podiatry Rev Eur Podol. 15 de enero de 2017;3(1):18-25. doi:10.17979/ejpod.2017.3.1.1565

24. Norton K, Olds T. ANTROPOMETRICA. 1996. 273 p.

25. Zatsiorsky VM, Kraemer WJ, Fry AC. Science and practice of strength training. Third edition. Champaign, IL: Human Kinetics; 2021. 1 p.

26. Berral-De La Rosa Fj, Pérez-Lobato A, Arcos-Liroa J. Masa Muscular y Rendimiento Deportivo. J Mov Health. 13 de diciembre de 2016;17(1). doi:10.5027/jmh-Vol17-Issue1(2016)art1

27. Setuain I, Martinikorena J, Gonzalez-Izal M, Martinez-Ramirez A, Gómez M, Alfaro-Adrián J, et al. Vertical jumping biomechanical evaluation through the use of an inertial sensor-based technology. J Sports Sci. 2 de mayo de 2016;34(9):843-51. doi:10.1080/02640414.2015.1075057

28. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 1 – Biological Basis of Maximal Power Production. Sports Med. enero de 2011;41(1):17-38. doi:10.2165/11537690-000000000-00000

29. Benavides-Roca L, Salazar Orellana C, Díaz Coria G. Relación entre las características antropométricas de masa muscular de extremidad inferior y la potencia de salto de jóvenes deportistas. MHSalud Rev En Cienc Mov Hum Salud. 1 de julio de 2021;18(2):1-16. doi:10.15359/mhs.18-2.9

30. Claudino JG, Cronin J, Mezêncio B, McMaster DT, McGuigan M, Tricoli V, et al. The countermovement jump to monitor neuromuscular status: A meta-analysis. J Sci Med Sport. abril de 2017;20(4):397-402. doi:10.1016/j.jsams.2016.08.011

31. McMahon JJ, Suchomel TJ, Lake JP, Comfort P. Understanding the Key Phases of the Countermovement Jump Force-Time Curve. Strength Cond J. agosto de 2018;40(4):96-106. doi:10.1519/SSC.0000000000000375

32. Chavda S, Bromley T, Jarvis P, Williams S, Bishop C, Turner AN, et al. Force-Time Characteristics of the Countermovement Jump: Analyzing the Curve in Excel. Strength Cond J. abril de 2018;40(2):67-77. doi:10.1519/SSC.0000000000000353

33. Tan ECH, Weng Onn S, Montalvo S. Measuring Vertical Jump Height With Artificial Intelligence Through a Cell Phone: A Validity and Reliability Report. J Strength Cond Res. septiembre de 2024;38(9):e529-33. doi:10.1519/JSC.0000000000004854

34. Quispe Pasaca OA. Correlación entre la composición corporal con el salto vertical en los jugadores de fútbol del club deportivo Tumbaco AV25 en el último bimestre del 2023. [Internet]. [Quito]: Universidad Central del Ecuador; 2024. Disponible en: https://www.dspace.uce.edu.ec/entities/publication/23f3c126-93b6-4382-a575-3cd3c28df44d

35. Philipp NM, Cabarkapa D, Nijem RM, Blackburn SD, Fry AC. Vertical Jump Neuromuscular Performance Characteristics Determining On-Court Contribution in Male and Female NCAA Division 1 Basketball Players. Sports. 4 de diciembre de 2023;11(12):239. doi:10.3390/sports11120239

36. Martín-Miguel I, Martínez-Ortega JDD, Torrontegi-Ronco E, Moreno-Martín A, Montalvo-Zenarruzabeitia Z, De Rozas-Galán A. Rendimiento en el salto vertical en deportistas de elite: Un estudio de las diferencias basadas en el sexo y el deporte. Rev Iberoam Cienc Act Física El Deporte. 31 de diciembre de 2025;14(3):231-49. doi:10.24310/riccafd.14.3.2025.22034

37. Canty G, King J, COUNCIL ON SPORTS MEDICINE AND FITNESS, Brooks MA, Carl RL, Briskin SM, et al. Safety in Cheerleading: Epidemiology and Recommendations: Policy Statement. Pediatrics. 1 de noviembre de 2024;154(5):e2024068956. doi:10.1542/peds.2024-068956

38. Barcia Topa EA, Siguencia Vega AC. ESTADO NUTRICIONAL Y RENDIMIENTO DEPORTIVO EN LOS ATLETAS DE BOXEO DE LA FEDERAC16N DEPORTIVA DE MANABi [Internet]. UNIVERSIDAD LAICA "ELOY ALFARO DE MANABI' '; 2024. Disponible en: https://repositorio.uleam.edu.ec/bitstream/123456789/6504/1/ULEAM-PAFD-012.pdf

39. Perwira Bakti A, Widyah Kusnanik N, Sri Wahjuni E, Firmansyah A, Himawan Susanto I, Abdil Khuddus L. The Correlation of Leg Length, Jump Height, and Leg Muscle Explosive Power Toward Sprint Ability. Retos. 17 de diciembre de 2023;51:1463-8. doi:10.47197/retos.v51.101052

40. Jaric S, Markovic G. Body mass maximizes power output in human jumping: a strength-independent optimum loading behavior. Eur J Appl Physiol. diciembre de 2013;113(12):2913-23. doi:10.1007/s00421-013-2707-7

41. Cabarkapa D, Johnson QR, Cabarkapa DV, Philipp NM, Eserhaut DA, Fry AC. Changes in Countermovement Vertical Jump Force-Time Metrics During a Game in Professional Male Basketball Players. J Strength Cond Res. julio de 2024;38(7):1326-9. doi:10.1519/JSC.0000000000004795

42. Loturco I, Pereira LA, Reis VP, Abad CCC, Freitas TT, Azevedo PHSM, et al. Change of Direction Performance in Elite Players From Different Team Sports. J Strength Cond Res. marzo de 2022;36(3):862-6. doi:10.1519/JSC.0000000000003502

43. Scanlan AT, Wen N, Tucker PS, Dalbo VJ. The relationships between internal and external training load models during basketball training. J Strength Cond Res. septiembre de 2014;28(9):2397-405. doi:10.1519/JSC.0000000000000458 PubMed PMID: 24662233.

44. Cormie P, McGuigan MR, Newton RU. Developing Maximal Neuromuscular Power: Part 2 – Training Considerations for Improving Maximal Power Production. Sports Med. febrero de 2011;41(2):125-46. doi:10.2165/11538500-000000000-00000

45. Suchomel TJ, Nimphius S, Stone MH. The Importance of Muscular Strength in Athletic Performance. Sports Med. octubre de 2016;46(10):1419-49. doi:10.1007/s40279-016-0486-0

46. García-Hermoso A, Izquierdo M, Ramírez-Vélez R. Tracking of physical fitness levels from childhood and adolescence to adulthood: a systematic review and meta-analysis. Transl Pediatr. abril de 2022;11(4):474-86. doi:10.21037/tp-21-507

47. Ramirez-Campillo R, Castillo D, Raya-González J, Moran J, de Villarreal ES, Lloyd RS. Effects of Plyometric Jump Training on Jump and Sprint Performance in Young Male Soccer Players: A Systematic Review and Meta-analysis. Sports Med. diciembre de 2020;50(12):2125-43. doi:10.1007/s40279-020-01337-1 PubMed PMID: 32915430.

48. Markovic G, Mikulic P. Neuro-musculoskeletal and performance adaptations to lower-extremity plyometric training. Sports Med. 1 de octubre de 2010;40(10):859-95. doi:10.2165/11318370-000000000-00000 PubMed PMID: 20836583.