

CORRELACIÓN ENTRE LA POTENCIA VERTICAL, LA POTENCIA HORIZONTAL EN DOS CONDICIONES DE VELOCIDAD CON Y SIN PÉRTIGA, Y MASA MUSCULO-ESQUELÉTICA EN SALTADORAS CON PÉRTIGA INFANTILES

CORRELATION BETWEEN VERTICAL AND HORIZONTAL POWER IN TWO SPEED CONDITIONS WITH AND WITHOUT A POLE, AND MUSCULOSKELETAL MASS IN CHILDREN'S POLE VAULTERS

Santiago Pinzón Alvis

spinzona@ut.edu.co

Universidad del Tolima, Colombia.

Resumen

El presente estudio analizo la correlación entre la potencia vertical y el desarrollo de la potencia horizontal en dos condiciones de velocidad (con y sin pértiga) y la masa musculo-esquelética en saltadoras con pértiga infantiles. Se empleo un enfoque cuantitativo, evaluándose la potencia vertical mediante el protocolo de Bosco, utilizando el sensor fotoeléctrico Wheeler jump. La potencia horizontal se aplicaron pruebas de carrera de 20 metros planos con y sin pértiga, registradas con encoder horizontal Win Laborat y para la masa musculo-esquelética se utilizó el instrumento de bioimpedancia eléctrica INBODY. La muestra estuvo conformada por 7 niñas de 9 a 12 años. Los resultados mostraron que no existe correlación significativa entre la potencia vertical y la potencia horizontal, indicando que la potencia generada en acciones verticales (saltos) no predice el rendimiento en acciones horizontales (sprints). Identificándose la masa musculo-esquelética como un factor influyente en la manifestación de la potencia.

Palabras clave: salto con pértiga, potencia vertical, potencia horizontal, masa musculo-esquelética.

Abstract

This study analyzed the correlation between vertical power and horizontal power development in two speed conditions (with and without a pole) and musculoskeletal mass in juvenile pole vaulters. A quantitative approach was used, assessing vertical power using the Bosco protocol and the Wheeler jump photoelectric sensor. Horizontal power was measured using 20-meter dash tests with and without a pole, recorded with a Win Laborat horizontal encoder, and musculoskeletal mass was measured using the

INBODY body assessment instrument. The sample consisted of seven girls aged 9 to 12 years. The results showed no significant correlation between vertical and horizontal power, indicating that power generated in vertical actions (jumps) does not predict performance in horizontal actions (sprints). Musculoskeletal mass was identified as an influential factor in the manifestation of power.

Keywords: pole vault, vertical power, horizontal power, musculoskeletal mass.

Introducción

El salto con pértiga en el atletismo es considerado una de las pruebas más espectaculares del programa olímpico por la dificultad de las acciones que se realizan en la misma (Houvion, 1984 citado por Como se cita en Rocca, J. A 2017). Es la única prueba en el atletismo donde se permite la utilización de un implemento como ayuda para la realización de la prueba. Este aspecto la hace diferente del resto de disciplinas atléticas por la adaptación al implemento que realiza el atleta.

Estudios regionales recientes (López K.B 2024) afirman que un saltador de pértiga debe dominar la velocidad de aproximación, el despegue y los movimientos en el aire. Una mayor velocidad en la carrera de aproximación está relacionada con una mayor cantidad de energía que el saltador puede transmitir a la pértiga, lo que resulta en una mayor flexión de la pértiga y, en consecuencia, un mayor retorno de dicha energía (Linthorne y Weetman 2012 y Schade et al. 2000, citado en Panoutsakopoulos et al., 2021). Por eso siendo el salto con pértiga una disciplina atlética compleja que requiere que los atletas tengan una combinación de habilidades técnicas y capacidades físicas, como velocidad, fuerza, agilidad y habilidades gimnásticas. (Frutos y Palao 2012)

Se han llevado a cabo diversos estudios a nivel regional relacionados con la temática, aunque es importante destacar que la cantidad de investigaciones específicamente enfocadas en el salto con pértiga son pocas. Las primeras aproximaciones a la investigación con este grupo de trabajo se hicieron por parte de Avendaño, (1999) sobre el aspecto de la metodología de enseñanza de la disciplina. (Avendaño 1999, Como se cita en Barragán Alarcón 2012) en su trabajo de grado “propuesta de un modelo pedagógico para la enseñanza del salto con pértiga”, explora las características de la adaptación de la metodología Soviética a la realidad de una escuela de formación en nuestro medio. Avendaño encontró problemas considerables en los procesos de aplicación de la metodología Soviética de la enseñanza del salto con Pértiga sobre todo en el traspaso negativo de las acciones motrices entre los ejercicios de asimilación de presentación y clavado de la garrocha y el ejercicio competitivo. Años más tarde las observaciones de Avendaño serían comprobadas en la práctica con el surgimiento de defectos en la fase de perfeccionamiento técnico de los atletas que limitó los resultados en categorías superiores. Como se cita en Barragán Alarcón 2012)

otros autores son (Barragán Alarcón 2012), en su investigación “Proceso de preparación de la atleta garrochista Milena Agudelo durante el período comprendido entre los años 2001 y 2005” donde encontró que el Incremento porcentual del registro en atletas mujeres garrochistas entre los 16 y 20 años de edad oscila entre 11% a 0, 2%, encontrando los mayores valores al inicio de la etapa de especialización profunda es decir entre los 16 y 17 años de edad. (Agudelo Medina, 2020), Que permitió caracterizar de manera integral el perfil antropométrico y dermatoglífico de las atletas que conforman la selección femenina sub-16 de salto con pértiga del departamento del Tolima, afirmando que las atletas tienen una alta proporción de masa muscular, bajo porcentaje de grasa corporal y predominancia de dimensiones corporales que favorecen el rendimiento en pruebas de potencia y coordinación.

Ya estudios más recientes como el de (López T.B, 2024), donde a través de pruebas de campo con un Encoder horizontal, las atletas realizaron carreras con batida en secuencias de 6, 8, 10, 12 y 14 pasos. Nos determinó que la configuración óptima para esta categoría, específicamente para niñas entre los 9 y 12 años, corresponde a una carrera de 10 zancadas, con una longitud entre 10 y 10,01 metros, donde se alcanzó una velocidad promedio de 5,97 m/s, la cual fue la más efectiva para alcanzar una velocidad promedio significativa, lo que es crucial para el rendimiento en el salto con pértiga.

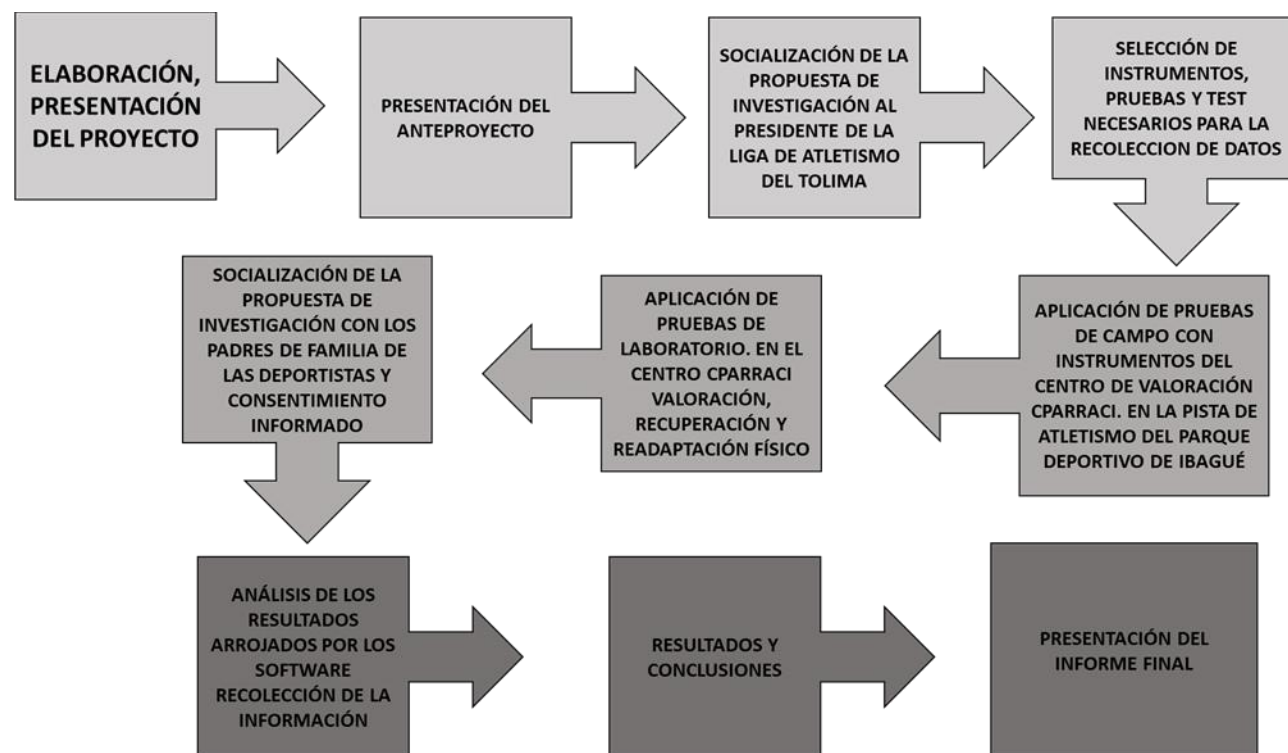
Observándose que, en la mayoría de modalidades deportivas, el rendimiento no está únicamente determinado de la cantidad de fuerza que un atleta puede generar, sino también de la rapidez con la que es capaz de producirla. (Cormie, McGuigan, & Newton, 2011; GonzálezBadillo & Gorostiaga, 2002; Siff & Verkhoshansky, 2004; Tous, 1999, como se citó en Balsalobre-Fernández, C., Del Campo-Vecino, J., Tejero-González, C. M., & Alonso-Curiel, D 2012). Esta capacidad de desarrollar fuerza en tiempos reducidos es especialmente relevante en deportes que requieren acciones explosivas y movimientos veloces, como el salto con pértiga. En consecuencia, el entrenamiento de la potencia se ha consolidado como un componente esencial en los deportes donde la fuerza explosiva y la velocidad de movimiento son determinantes (Naclerio, Santos, & Pantoja, 2004, como se citó en Balsalobre-Fernández, C., Del Campo-Vecino, J., Tejero-González, C. M., & Alonso-Curiel, D 2012)

Por esta razón esta investigación aborda la caracterización y relación, de las variables potencia en el salto vertical, y la potencia horizontal en dos condiciones de velocidad con y sin pértiga y la masa musculoesquelética determinando la correlación existente entre las magnitudes de potencia del protocolo de Bosco (salto vertical) con la potencia generada en la carrera de velocidad con pértiga y sin pértiga y la masa musculoesquelética de cada atleta.

Siendo el objetivo general General, Determinar la correlación entre potencia vertical (protocolo Bosco) y potencia horizontal en la carrera con y sin pértiga y la masa musculoesquelética por bioimpedancia eléctrica, en saltadoras infantiles de la Selección Tolima. dando como objetivos específicos, A) Medir y comparar la potencia máxima vertical en SJ, CMJ y RJ (15s) mediante Wheeler Jump, B) Evaluar la potencia horizontal máxima (W) en sprints de 20 m con y sin pértiga usando el encoder WinLaborat. C) Analizar la correlación entre la potencia vertical (SJ, CMJ, RJ) y la potencia horizontal en ambas condiciones de velocidad (con y sin pértiga). D) Definir los parámetros de la masa musculoesquelética por bioimpedancia eléctrica.

DISEÑO Y DESARROLLO

Figura 1.
 flujograma del proceso de investigación.



Nota: Fuente por el autor en 2025 (Pinzón, 2025).

Metodología

El estudio adopta un enfoque cuantitativo, ya que busca medir de manera objetiva y numérica la potencia vertical con los test de Bosco de perfil neuromuscular medido con el sensor de Wheeler Jump, test de Sj, CmJ, y continuo y la potencia horizontal en diferentes condiciones de la velocidad con pértiga y sin pértiga, para luego establecer relaciones estadísticas (correlaciones) entre estas variables, Las Variables a analizar serian 1) Variable independiente: la potencia en los saltos verticales y 2) Variable dependiente: la potencia en condiciones de velocidad con pértiga y sin pértiga, masa musculo esquelética de cada deportista

La presenta investigación tiene un diseño correlacional, transversal y con análisis bivariado, orientado a identificar las relaciones entre las variables analizadas (potencia en salto vertical y potencia en dos condiciones de la carrera), dado que el enfoque del estudio es exploratorio, no se han formulado hipótesis a priori, ya que se busca comenzar a conocer una variable o un conjunto de variables y entender cómo interactúan estas variables en la población específica de saltadoras infantiles de salto con pértiga. Según Hernández et al. (2014), los estudios correlacionales tienen como propósito principal medir el grado de relación entre dos o más variables, sin establecer causalidad ni hipótesis, especialmente cuando no hay suficiente información previa para hacer predicciones específicas. Es bivariado porque se integra la relación entre dos variables simultáneamente. Según Hernández et al. (2014), el propósito del análisis bivariado es “plantear una relación entre una variable independiente y una variable dependiente”. Además, el diseño es transversal, ya que se recopilan datos en un único momento temporal. Por último, no se formulan hipótesis iniciales debido al enfoque exploratorio del estudio, orientado a identificar patrones y relaciones emergentes en una temática poco investigada

La población está conformada por niñas de 9 a 12 años categoría infantil pertenecientes a la Selección Tolima de Atletismo del municipio de Ibagué. El tamaño muestral corresponde a 7 niñas que representan el total de la población, siguiendo los criterios de selección. Los criterios de selección e inclusión incluyen que las niñas estén dentro del rango de edad establecido, sean miembros de la Selección Tolima de Atletismo de Ibagué, estén dispuestas a participar voluntariamente en el estudio, tengan la capacidad física para realizar el salto con pértiga y cuenten con el consentimiento informado de sus padres o tutores.

Conclusiones

Se evidencio que las deportistas generan una mayor potencia en el sprint horizontal de 20 metros planos (SR) representa una potencia máxima explosiva generada, con valores significativamente superiores a los de los saltos verticales, tanto en sus versiones simples (SJ, CMJ) como repetitivas (RJ). Esto indica que la

potencia horizontal con y sin pértiga demandan una mayor reclutamiento muscular y capacidad explosiva en sentido horizontal.

En este análisis estadístico realizado por el software R student, se correlacionan los diferentes picos de potencias máxima generada en cada una de las pruebas potencia horizontal en el sprint de 20 metros con y sin pértiga y potencia vertical generada en los saltos verticales de forma que:

- La correlación entre la potencia máxima sin pértiga ($P_{\text{max_SR}}$) y la potencia máxima con pértiga ($P_{\text{max_PV}}$) fue moderada positiva ($\rho = 0.6785$), lo que sugiere una tendencia directa entre ambas condiciones de desplazamiento. Aunque esta relación no alcanzó significancia estadística ($p > 0.05$), evidencia una posible transferencia del componente de fuerza horizontal, independientemente del uso de la pértiga.
- En contraste, las correlaciones entre la potencia horizontal (SR y PV) y las potencias verticales (SJ, CMJ, RJ) fueron, en su mayoría, nulas, débiles o moderadas negativas. Por ejemplo, la relación entre $P_{\text{max_SR}}$ y $P_{\text{max_SJ}}$ fue prácticamente inexistente ($\rho = 0.0357$), mientras que la relación con $P_{\text{max_RJ}}$ fue moderada negativa ($\rho = -0.5$). Estos resultados indican que el desarrollo de potencia en acciones horizontales no se relaciona directamente con la capacidad de producir potencia vertical, y mucho menos con la sostenibilidad de la misma en acciones repetitivas.
- Es relevante resaltar que la correlación entre la potencia con pértiga ($P_{\text{max_PV}}$) y la potencia en Repeat Jump también fue negativa ($\rho = -0.6071$), lo que sugiere que una mayor eficiencia en carrera con pértiga podría asociarse a una menor capacidad de sostener potencia en esfuerzos repetidos verticales.
- En relación a la correlación entre la potencia máxima horizontal ($P_{\text{max_SR}}$) y la masa musculoesquelética presenta una correlación débil y positiva ($r = 0.1429$). Esto sugiere que, aunque existe una ligera tendencia a que el incremento de la potencia horizontal se asocie con un aumento de la masa muscular, dicha relación es poco consistente y no permite establecer un vínculo fuerte.
- En contraste, con la potencia vertical y la masa musculoesquelética, los resultados confirman que el rendimiento no depende exclusivamente de la magnitud de la masa músculo-esquelética, sino de la interacción entre la potencia generada, la eficiencia al generar potencia y las capacidades reactivas.

evidenciando que no existe una relación lineal fuerte y consistente entre la potencia desarrollada en acciones horizontales (sprints de 20 metros) y la potencia vertical generada en los diferentes tipos de salto, lo que indica que estas manifestaciones de potencia operan de forma independiente en las atletas infantiles, indicando que la potencia generada en acciones verticales (saltos) no predice el rendimiento en acciones horizontales (sprints), incluso al considerar el uso de la pértiga. Esto implica que ambas capacidades deben entrenarse de forma específica.

En cuanto a las diferencias los valores más altos se registraron en el Counter Movement Jump (CMJ: 997.2 W), seguido del Squat Jump (SJ: 865.8 W). El Repeat Jump (RJ: 438.6 W) mostró la mayor variabilidad, sugiriendo diferencias individuales en resistencia a la fatiga explosiva.

Referencia

Avendaño, A. (1999). Propuesta de un Modelo Pedagógico para la Enseñanza del salto con Pértiga. Trabajo de Grado. Universidad del Tolima. Ibagué.

Balsalobre-Fernández, C., del Campo-Vecino, J., GONZÁLEZ, C. M. T., & Curiel, D. A. (2012). Relación entre potencia máxima, fuerza máxima, salto vertical y sprint de 30 metros en atletas cuatrocientistas de alto rendimiento. *Apunts Educación Física y Deportes*, (108), 63-69.
<https://www.redalyc.org/pdf/5516/551656915008.pdf>

Barragán Alarcón, N. E. (2012). Proceso de Preparacion de la Atleta Garrochista Milena Agudelo durante el Periodo Comprendido entre los años 2001 al 2005.

Frutos, J. B., & Palao, J. M. (mayo de 2012). Fundamentos mecánicos del salto con pértiga. Obtenido de EFDeportes.com, Revista Digital
<https://www.efdeportes.com/efd168/fundamentos-mecanicos-del-salto-con-pertiga.htm>

Gamar Hernández, P. F. (2017). Potencia muscular de niños entre 6 y 13 años de edad de las Escuelas deportivas del instituto Pedagógico de Caracas. *revista digital de educación física*, (46), 61-79

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2014). Metodología de la investigación (P. Baptista Lucio, Ed.; 6a Edición ed.). McGraw-Hill Education.

López K.B (2024) Dinámica de la velocidad, manifestación de la potencia y la aceleración máxima en la carrera de aproximación de 20 metros, con y sin implemento, en saltadoras con pértiga de categoría infantil de la Selección Tolima de Atletismo en Ibagué, 2024
<https://repository.ut.edu.co/server/api/core/bitstreams/81339946-3186-40e4-8474-37cc2aefbf38/content>

Panoutsakopoulos, V., Theodorou, A. S., Kotzamanidou, M. C., Exell, T. A., & Kollias, I. A. (2021). Gender differences in pole vault approach run kinematics and step parameter asymmetry during an elite indoor competition. *International Journal of Performance Analysis in Sport*, 21(4), 477–490.

<https://doi.org/10.1080/24748668.2021.1917977>

Rocca, J. A. (2017). la tecnica y entrenamiento del salto con pertiga en jovenes saltadores. universidad catolica de Murcia.
<https://repositorio.ucam.edu/handle/10952/2529>