

VARIABLES CINÉTICAS DE LA BATIDA RELACIONADAS CON EL RENDIMIENTO DEL SALTO HORIZONTAL A PIES JUNTOS

J. GARCÍA LÓPEZ, J-A. HERRERO ALONSO.
Facultat de Ciències de la Activitat Física y del Deporte.
Universitat de León.

Resumen

El presente trabajo analiza las variables fuerza-tiempo ($f-t$), velocidad-tiempo ($V-t$) y potencia-tiempo ($P-t$) que más se relacionan con la distancia del salto horizontal (SH), y discute sobre la validez de este test como predictor de la fuerza explosiva de las extremidades inferiores. Participaron 144 estudiantes de educación física (96 hombres y 48 mujeres) que realizaron 3 saltos verticales (SV) sobre plataforma de contacto y 3 SH sobre plataforma de fuerzas. Se obtuvieron correlaciones significativas ($p < 0.05$) entre SH y $f-t$, SH y $P-t$ (relativas al peso corporal) y SH y $V-t$. Paralelamente, se obtuvieron diferencias significativas ($p < 0.05$) en estas variables entre hombres y mujeres (6-36%). También se obtuvieron altas relaciones ($p < 0.001$) entre SH y SV en hombres y mujeres ($r = 0.68$ y $r = 0.69$, respectivamente). En conclusión, el test de SH es válido para evaluar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores. Algunos aspectos metodológicos deben tenerse en cuenta para analizar y tratar las variables cinéticas del SH . Futuros trabajos deben seleccionar las variables cinéticas más importantes para corregir la técnica del SH .

Palabras clave: salto horizontal, biomecánica, fuerza explosiva, análisis cinético.

Abstract

The present work analyzes the force-time ($f-t$), speed-time ($V-t$) and power-time ($P-t$) variables related with the standing long jump distance (SLJ). Also, this work analyzes the validity of the SLJ in order to predict the lower extremities explosive force. 144 physical education students (96 men and 48 women) participated in this study. The students carried out 3 vertical jumps (VJ) on contact mat, and 3 SLJ on force plate. We have obtained significant correlations ($p < 0.05$) between SLJ and $f-t$, SLJ and $P-t$ (relative to body weight) and SLJ and $V-t$ variables. Significant differences ($p < 0.05$) between men and women were obtained in these variables (6-36 %). Also, relationships between SLJ and VJ ($p < 0.001$) were obtained in men and women ($r = 0.68$ and $r = 0.69$, respectively). In conclusion, the SLJ test is valid in order to evaluate the lower extremities explosive force. Some methodological aspects are important in order to analyze the SLJ kinetic variables. Future works should select the most important SLJ kinetic variables in order to correct the SLJ technique.

Key words: standing long jump, biomechanics, explosive force, kinetic analysis.

Introducción

El test de Salto Horizontal ($t-SH$) ha sido empleado para medir de la fuerza explosiva del tren inferior en deportistas [6], escolares [7,23] y adultos [22], y ha formado parte de diferentes baterías de pruebas como: la Batería Europea de aptitud física o EUROFIT; la Batería de pruebas de la Asociación Americana para la Salud, la Educación Física y la Recreación o AAHPER; la Batería de

pruebas de la Asociación Canadiense para la Salud, la Educación Física y la Recreación o CAHPER; o la Motor Performance Fitness Tests o MOPER [22,23].

La amplia utilización del $t-SH$ contrasta con el escaso número de investigaciones acerca de su validez [3], sobre todo, cuando se comparan con las investigaciones realizadas acerca de los protocolos de saltos verticales [5,9,15,17]. Esto puede deberse a diferentes inconvenientes metodológicos

referidos para el t-SH: a) Son necesarios entre 3 y 6 para conseguir el mejor intento [18,21]. b) La técnica es un factor que influye mucho en el resultado final [3,8]. c) No muestra relaciones significativas con otros tests que valoran la misma cualidad, como la Escalera de Margaria, el salto vertical, etc. [1,6].

Los únicos trabajos que han profundizado en la validez del t-SH obtienen escasas relaciones entre las variables cinéticas registradas durante la batida y la longitud del salto [1,2,3]. Sin embargo, estos mismos autores encuentran una alta reproducibilidad del t-SH, mayor incluso que en el test de salto vertical, y elevadas relaciones entre ambos protocolos [18]. De otra parte, en el ámbito del entrenamiento deportivo (por ejemplo, el atletismo), el t-SH sirve a los entrenadores para detectar mejoras en la fuerza de sus deportistas y, es bastante difícil comprender que una ganancia de fuerza no se vea acompañada de un mayor salto horizontal, o que dos atletas con distinto nivel de rendimiento sean capaces de saltar lo mismo. Por ello, un análisis detallado de la metodología de los trabajos sobre las variables cinéticas de la batida en el t-SH [1,2,3] nos hace pensar que ésta pudiera no ser la más apropiada para intentar determinar la influencia de la fuerza en la longitud del salto.

Por lo tanto, los objetivos de este trabajo son: 1- Valorar si existe influencia de las variables cinéticas de la batida en la longitud del salto horizontal. 2- Analizar la validez de este test para evaluar la fuerza explosiva del tren inferior.

Materiales y métodos

Sujetos

Participaron voluntariamente en el estudio un total de 144 estudiantes de educación física (20.4 ± 0.2 años, 1.73 ± 0.01 m, y 69.6 ± 0.93 Kg) de 2º Curso de la Licenciatura en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León. Los estudiantes se subdividieron en dos grupos en función del sexo: 96 hombres (H) y 48 mujeres (M). El grupo H presentó las siguientes características: 20.6 ± 0.2 años, 1.78 ± 0.01 m y 75.0 ± 0.9 Kg. El grupo M se diferenció ($p < 0.001$) en la talla

(1.63 ± 0.01 m) y el peso (58.7 ± 1.0 Kg), y no en la edad (20.1 ± 0.3 años).

Protocolos de valoración

Todos los estudiantes fueron evaluados dos días distintos, separados entre sí por una semana. El primer día sirvió para familiarizarse con los protocolos, siendo tratados en el presente trabajo los datos correspondientes al segundo día de valoración. Ninguno de los participantes realizó actividad física reglada o intensa durante las 48 horas anteriores a la sesión principal de evaluación. Los estudiantes fueron citados en el Laboratorio de Biomecánica de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte de la Universidad de León, llevándose a cabo los siguientes protocolos de valoración:

1-Antropometría: Mediciones del Peso (báscula digital Tefal Sensitive Computer®, con un rango de medición de 0.1-150 Kg y una precisión de 0.100 Kg), la Talla (tallímetro Detecto®, modelo D52, U.S.A.; con un rango de medición entre 60 y 200 cm, y una precisión de 0,5 cm) y la Altura Trocánterea (antropómetro digital Holtain®, con una precisión 1 mm, desmontable en dos segmentos, uno de los cuales lleva los raíles para acoplar las ramas rectas o curvas del mismo). Todas las medidas antropométricas citadas eran obtenidas 3 veces de manera secuencial (Peso-Talla-Altura Trocánterea), tomando el valor medio de las 3 mediciones, tal y como indica el GREC [10].

2-Salto vertical máximo con brazos libres o Abalakov (ABK): Después de un calentamiento estandarizado (consistente en 10 min. de carrera continua, 10 min. de estiramientos y ejercicios de técnica de carrera y 5 saltos horizontales submáximos), los sujetos debían realizar tres saltos verticales máximos con los brazos libres sobre una plataforma de contacto (SportJump-v1.0®, validada para una precisión de 500Hz en [12]), siguiendo el protocolo descrito por Abalakov en 1938 (ABK) y referido en la literatura específica [25]. El descanso mínimo entre salto y salto fue de 1 minuto, tomando como valor la media de los 3 saltos registrados.

3-Salto horizontal máximo sobre plataforma de fuerza: Tras un descanso de 5 minutos después de finalizar el test de salto vertical, los estudiantes realizaron tres saltos horizontales máximos sobre plataforma de fuerza extensiométrica triaxial (Dinascan 600M® de precisión 1000 Hz y sensibilidad 0.1 N), utilizando la misma técnica descrita en la Batería Eurofit [7]. La frecuencia de muestreo de los datos fuerza-tiempo fue de 500 Hz, seleccionándose un tiempo de registro de 6 s, con

Correspondencia:

J. García López.

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Universidad de León.

C/ Campus de Vegazana s/n

24071 León

Tel. 987293018

Fax 987293008

E-mail: inejl@unileon.es

lo cual, los sujetos tenían tiempo para iniciar el salto a su conveniencia (Figura 1).

Un evaluador se encargaba de registrar los valores fuerza-tiempo, mientras que, otros dos, medían la distancia del salto en un pasillo sobre el que se colocaba un sistema de dos cintas métricas paralelas de fibra de vidrio (Kangros® de 10 m. y precisión 1 cm), haciendo coincidir en ambas la distancia del pie más retrasado, tal y como se refiere en la literatura específica. De los tres saltos horizontales se seleccionó el de mayor longitud, analizándose los valores fuerza-tiempo, y derivados de ellos mediante integración numérica [14], los valores velocidad-tiempo; siendo producto de ambas variables los valores potencia-tiempo.

Tratamiento de los datos y análisis estadístico

La metodología utilizada para tratar los datos fuerza-tiempo (Figura 2) es similar a la propuesta por otros investigadores que consideran relevantes, para el análisis del salto horizontal, las fuerzas horizontales (F_x), verticales (F_z) y resultantes (F_r) [1,2,3] (Figura 2).

Las velocidades horizontales y verticales (V_x y V_z , respectivamente) se calcularon mediante integración numérica, atendiendo a la metodología de Mendoza y Shöllhorn (1993) y de Dowling y Vamos (1993), respectivamente. Las potencias horizontales y verticales (P_x y P_z , respectivamente) se calcularon mediante el producto, en el mismo instante de tiempo, del valor de fuerza por la veloci-

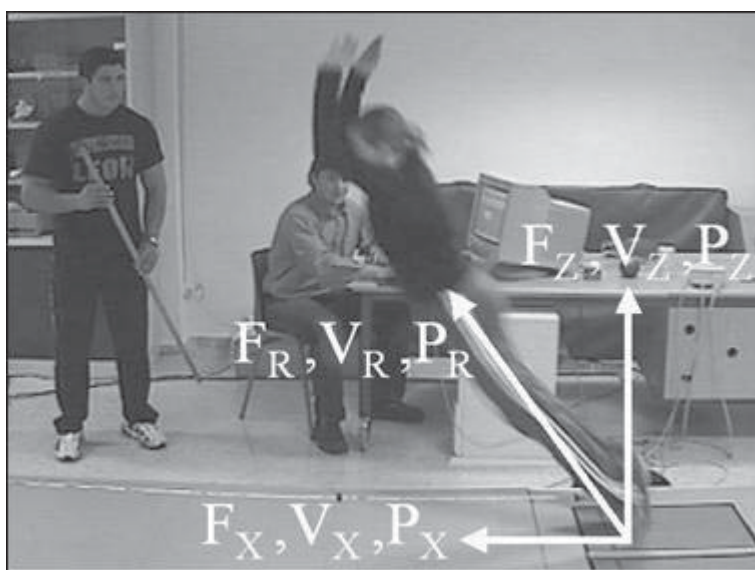


Figura 1. Alumna realizando la batida del salto horizontal. Fuerzas horizontal (F_x), vertical (F_z) y resultante (F_r). Velocidades horizontal (V_x), vertical (V_z) y resultante (V_r). Potencias horizontal (P_x), vertical (P_z) y resultante (P_r).

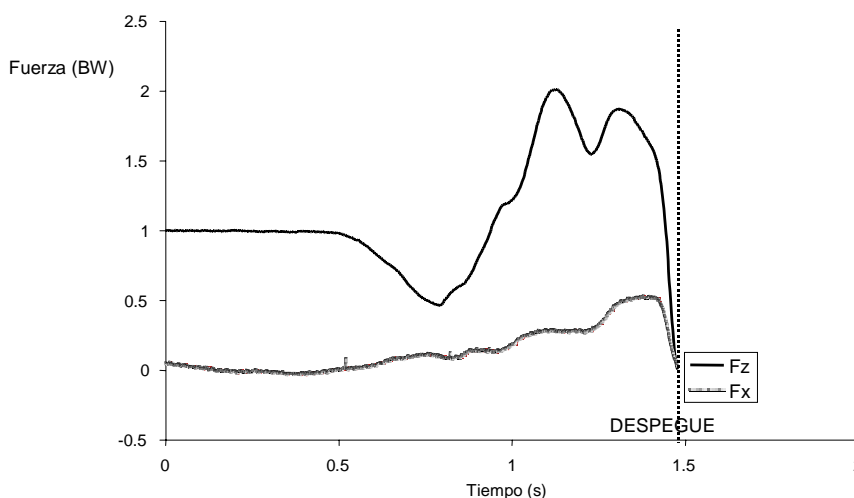


Figura 2. Representación gráfica de las fuerzas (BW o relativas al peso corporal) en el tiempo durante la batida del salto horizontal. Fuerza vertical (F_z) y fuerza horizontal (F_x).

dad, de manera que $P_x = F_x \cdot V_x$, y $P_z = F_z \cdot V_z$ (Figura 3).

Se obtuvieron un total de 52 variables derivadas de cada salto horizontal, entre las que se incluían las fuerzas, velocidades y potencias máximas, en valores absolutos y relativos; las pendientes de incremento de las mismas calculadas cada 0.1 s, así como los tiempos transcurridos entre cada una de ellas (ej. Entre la F_x y F_z máximas) y con el despegue (ej. Entre la P_x máxima y el despegue).

Los valores se muestran como media y error estándar de la media. Para el análisis estadístico se ha utilizado el paquete Statistica-v5.0 para Windows, y la estrategia utilizada para determinar las variables que influyen en el rendimiento del salto ha sido obtener correlaciones con el mismo (prueba de Pearson) y diferencias significativas entre hombres y mujeres (“T-test” para variables independientes) para los valores de tiempo, velocidades, fuerzas o potencias, estas dos últimas, relativizadas al peso corporal. Los niveles de significación estadística utilizados son: * = $p < 0.05$; ** = $p < 0.01$ y *** = $p < 0.001$.

Resultados

En la Tabla 1 pueden observarse las variables cinéticas de la batida que se correlacionan con el salto horizontal máximo en hombres y mujeres. Igualmente, se resaltan cuáles de estas variables presentan diferencias significativas al comparar ambos sexos. En el presente estudio, las fuerzas (F_x , F_z y F_R) y los incrementos de fuerza (Inc.

Medio F_z e Inc. F_r) se relacionan con la distancia saltada. Las velocidades del centro de gravedad generadas durante la batida (V_x , V_z y V_R) también se relacionan con la distancia saltada, no encontrándose relaciones entre el instante temporal en que éstas se producen y el rendimiento en el salto. Igualmente, tanto las potencias de la batida (P_x , P_z y P_R) como el incremento de potencia resultante (Inc. P_r) se relacionan con la distancia del salto.

De otra parte, se encuentran diferencias significativas ($p < 0.001$) en la distancia media saltada por los hombres, que es un 23% mayor que en las mujeres. Estas diferencias se ven acompañadas por mayores valores de fuerza (F_z máx = 7%, F_x máx = 9% y F_r máx = 6%) e incrementos de fuerza (Inc. Medio F_z = 6%) en la batida de los hombres; por mayores velocidades del centro de gravedad en la batida (V_z máx = 24%; V_x máx = 6% y V_r máx = 12%) e instantes temporales distintos en los que se consiguen las mayores velocidades; y por mayores potencias (P_z máx = 36%, P_x máx = 16% y P_r máx = 33%) e incrementos de las mismas (Inc. P_r = 29%). Además, los incrementos de fuerza vertical, fuerza resultante y potencia resultante también se han relacionado con la longitud del salto, y han mostrado diferencias entre hombres y mujeres. Por lo tanto, las variables cinéticas de la batida han sido sensibles a los diferentes rendimientos de los hombres y las mujeres en el salto horizontal (tabla 1).

En relación a las variables temporales del salto, en la Figura 4 puede observarse que, los hombres

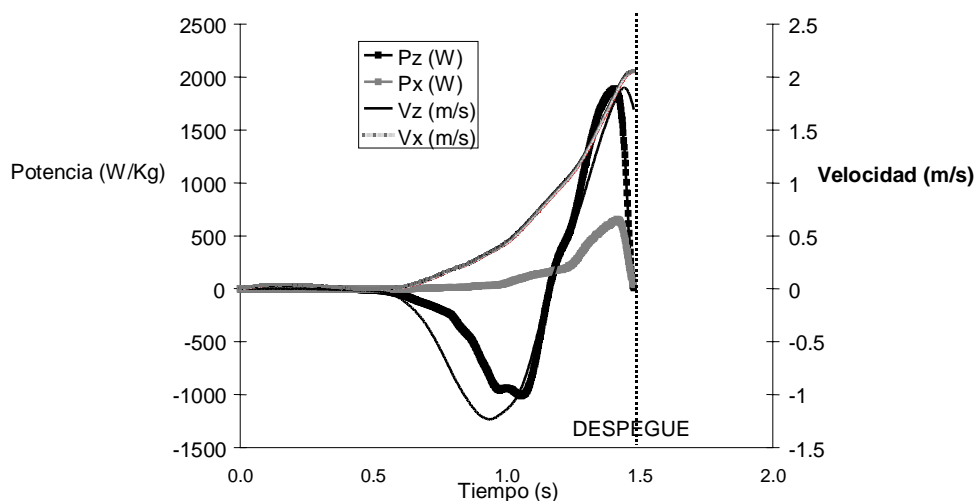


Figura 3. Representación gráfica de las velocidades (m/s) y potencias (W/Kg) en el tiempo durante la batida del salto horizontal. Velocidad vertical (V_z) y velocidad horizontal (V_x). Potencia vertical (P_z) y potencia horizontal (P_x).

que obtienen antes en el tiempo la máxima potencia vertical que la máxima potencia horizontal ($t Pz \text{ máx} - Px \text{ máx} > 0$) saltan más que cuando ocurre lo contrario ($t Pz \text{ máx} - Px \text{ máx} < 0$), contabilizándose un total de 60 y 36 casos, respectivamente. En las mujeres no existen diferencias significativas, aunque la tendencia a conseguir la máxima potencia vertical antes es la misma (30 y 18 casos, respectivamente). Por lo tanto, es posible que la manifestación temporal de las variables cinéticas influya en el rendimiento del salto horizontal (figura 4).

Un análisis cualitativo de la curva fuerza-tiempo de la batida del salto nos ha permitido distinguir entre aquellos saltos con un solo pico de fuerza vertical máxima (1 Pico de Fz máx) y los que presentan dos o más picos (2 Picos de Fz máx). En los hombres es mucho más frecuente encontrar saltos horizontales con dos o más picos ($n=70$) que con un solo pico ($n=26$); en las mujeres no se observa esta misma tendencia ($n=26$ y $n=22$, respectivamente). Comparando las medias de las distancias conseguidas en el salto horizontal por los hombres y las mujeres con dos o más picos y con un solo

	CORRELACIONES CON LA DISTANCIA DEL SALTO MÁXIMO			DIFERENCIAS ENTRE SEXOS	
	Hombres	Mujeres	Todos	Mujeres	Hombres
Salto máximo (cm)	-	-	-	190±2	234±2
Fz mín (BW)	-0,28	-0,14	-0,18	0,48±0,03	0,46±0,02
Fz máx (BW)	0,20	0,44	0,37	1,97±0,03	2,10±0,02
Fx máx (BW)	0,61	0,45	0,60	0,46±0,01	0,50±0,01
Fr máx (BW)	0,22	0,45	0,40	2,01±0,03	2,14±0,02
Inc. Medio Fz (BW)	0,30	0,34	0,33	1,50±0,05	1,64±0,04
Inc. Fr (BW)	0,40	0,28	0,25	9,74±0,52	10,06±0,38
Vz mín ($m \cdot s^{-1}$)	-0,46	-0,38	-0,49	-0,87±0,04	-1,03±0,03
Vz máx ($m \cdot s^{-1}$)	0,13	0,39	0,57	1,39±0,02	1,72±0,02
Vx máx ($m \cdot s^{-1}$)	0,23	0,17	0,27	2,09±0,04	2,21±0,03
Vr máx ($m \cdot s^{-1}$)	0,26	0,34	0,54	2,49±0,03	2,78±0,02
t Vz mín - Vz "0" (s)	-0,09	-0,06	0,13	0,171±0,013	0,232±0,014
t Vz mín - Vz máx (s)	-0,08	0,02	0,17	0,377±0,016	0,455±0,016
t Vz "0" - Vz máx (s)	0,02	0,13	0,15	0,206±0,009	0,223±0,005
Pz máx ($W \cdot Kg^{-1}$)	0,16	0,36	0,53	20,16±0,47	27,46±0,60
Px máx ($W \cdot Kg^{-1}$)	0,47	0,30	0,50	8,29±0,25	9,65±0,20
Pr máx ($W \cdot Kg^{-1}$)	0,20	0,42	0,56	21,96±0,41	29,14±0,58
Inc. Pr ($W \cdot Kg^{-1} \cdot s^{-1}$)	0,16	0,42	0,42	146,01±4,42	188,64±5,48

Tabla 1. Correlaciones significativas (r) entre las 17 variables seleccionadas y el salto horizontal máximo (columna central). Diferencias significativas entre los valores medios obtenidos en mujeres y hombres (columna de la derecha). Las variables seleccionadas son (columna de la izquierda): fuerza vertical mínima (Fz mín), fuerza vertical máxima (Fz máx), fuerza horizontal máxima (Fx máx), fuerza resultante máxima (Fr máx), incremento medio de fuerza entre Fz mín y Fz máx (Inc. Medio Fz), incremento máximo de fuerza resultante (Inc. Fr), velocidad vertical mínima (Vz mín), velocidad vertical máxima (Vz máx), velocidad horizontal máxima (Vx máx), velocidad resultante máxima (Vr máx), tiempo entre la velocidad vertical mínima y la transición entre flexión-extensión (t Vz mín - Vz «0»), tiempo entre la velocidad vertical mínima y la velocidad vertical máxima (t Vz mín - Vz máx), tiempo entre la transición entre flexión-extensión y la velocidad vertical máxima (t Vz "0" - Vz máx), potencia vertical máxima (Pz máx), potencia horizontal máxima (Px máx), potencia resultante máxima (Pr máx) e incremento máximo de potencia resultante (Inc. Pr). "BW" es el n° de veces el peso corporal. Los niveles de significación estadística de las diferencias son $p < 0.05$, $p < 0.01$ y $p < 0.001$ en función de la intensidad del sombreado.

pico (figura 5), se observa que los hombres con dos o más picos tienen una mayor capacidad de salto (236.9 ± 2.2 y 226.8 ± 3.5 cm; $p < 0.05$), y la misma tendencia, aunque no significativa, se manifiesta en las mujeres (190.7 ± 2.9 y 188.7 ± 2.0 cm; $p > 0.05$).

Por último, en las Figuras 6a y 6b se muestran las correlaciones entre el salto horizontal máximo y el salto vertical máximo con brazos libres o ABK, altamente significativas tanto en los hombres ($r = 0.68$ y $p < 0.001$) como en las mujeres ($r = 0.69$ y $p < 0.001$). Si estos grupos se trataran conjuntamente, las correlaciones serían todavía mayores ($r = 0.88$ y $p < 0.001$) (figuras 6a y 6b).

Discusión

Los resultados que relacionan las fuerzas de la batida con el rendimiento en el salto horizontal no están en consonancia con los encontrados por otros investigadores [1,2,3], quienes no obtienen correlaciones entre las fuerzas expresadas en valores relativos al peso corporal y la velocidad o el ángulo de salida del centro de gravedad en el momento de despegue de la batida. Posiblemente estos trabajos eligieron mal las variables de eficacia del salto (velocidad y ángulo de salida del centro de gravedad), olvidándose de introducir la distancia saltada. Basándonos en la opinión de otros autores que pro-

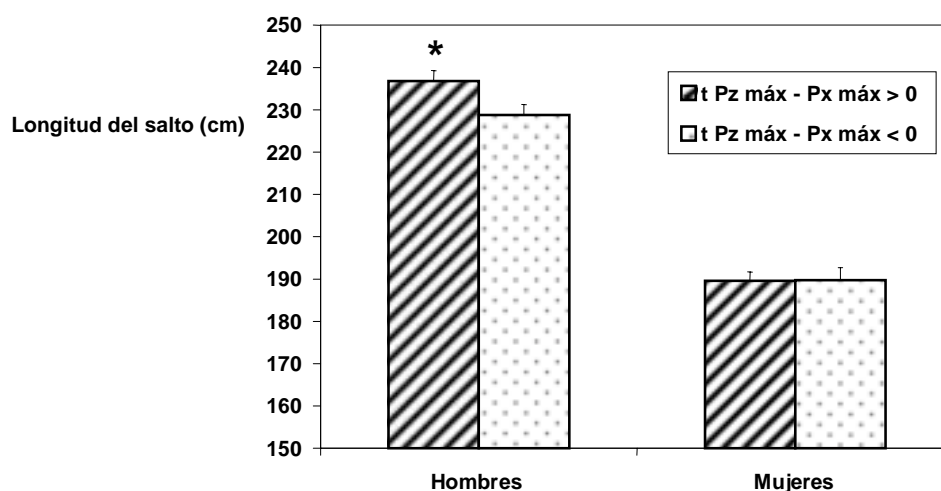


Figura 4. Longitudes de salto horizontal alcanzadas por hombres y mujeres que consiguieron antes en el tiempo la potencia máxima vertical respecto a la horizontal ($t Pz \text{ máx} - Px \text{ máx} > 0$) y viceversa ($t Pz \text{ máx} - Px \text{ máx} < 0$). * = $p < 0.05$.

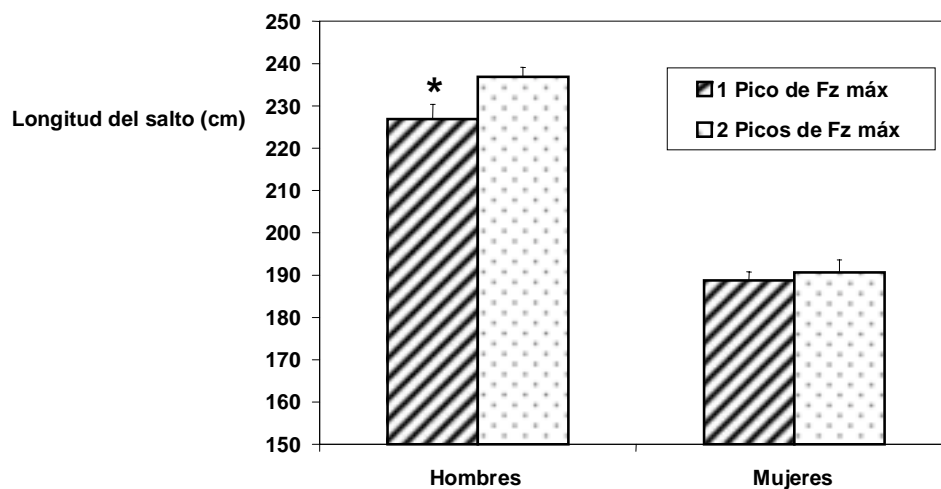


Figura 5. Longitudes de salto horizontal alcanzadas por hombres y mujeres que presentaron un solo pico de fuerza vertical máxima (1 Pico de Fz máx) y dos o más picos de fuerza vertical máxima (2 Picos de Fz máx) en el análisis de la curva fuerza-tiempo durante la batida del salto. * = $p < 0.05$.

fundizan en el análisis crítico de los instrumentos de valoración biomecánica [26], los trabajos mencionados, que utilizan un análisis 2D de baja frecuencia (50 Hz) y unos parámetros inerciales estandarizados que consideran el tronco como un segmento rígido, pudieran introducir errores en la medición. De igual manera, pensamos que no pueden establecerse relaciones por pares entre la distancia saltada - velocidad de salida del centro de gravedad, o entre la distancia saltada - ángulo de salida del centro de gravedad, ya que la longitud del salto depende de la combinación de ambas variables.

Los incrementos de fuerza y potencia durante la batida también se han relacionado con la longitud del salto, y han mostrado diferencias entre hombres y mujeres. Estos resultados concuerdan con los de otros autores que sólo encontraron relación entre el incremento de fuerza vertical y la longitud del salto horizontal, y no con otras variables cinéticas de la batida [2]. Sin embargo, estos trabajos hacen referencia a incrementos de fuerza en valores absolutos, y manifiestan que la fuerza vertical y la fuerza resultante de la batida no influyen en la longitud del salto. Sin duda, estas conclusiones estuvieron condicionadas por el escaso número de sujetos analizados (n=9), un error en el protocolo (no se controló la velocidad y ángulo del centro de gravedad en los saltos horizontales submáximos) y la heterogeneidad antropométrica de los sujetos (rango de peso de 620-860 N). Dicho de otra forma, los sujetos de mayor peso y con un mismo nivel de entrenamiento (todos ellos pertenecían al mismo equipo de voleibol) tienen mayor capacidad para incrementar los valores de fuerza, enmascarando

este hecho la relación entre ambas variables, tal y como describen Atkinson y Nevill (2001). En los trabajos sobre salto vertical [9], el incremento de fuerza vertical no se relacionó con el salto, por lo que son necesarios posteriores estudios que confirmen o desmientan nuestros resultados.

Los resultados obtenidos en los hombres muestran una tendencia a que la mayor liberación de fuerza vertical en el descenso o contramovimiento influye en la distancia del salto; esta tendencia se observa mucho mejor si se analiza la velocidad vertical mínima, que se correlaciona con el salto tanto en hombres y mujeres. Este hecho no ha sido referido en los trabajos de salto horizontal [1,2,3], pero sí ha sido descrito en el análisis del rendimiento del salto vertical [9], por lo que futuros estudios deberían profundizar en este tipo de análisis.

Las velocidades y potencias analizadas muestran un comportamiento similar al que se ha descrito para las fuerzas, relacionándose significativamente en ambos sexos con la distancia del salto horizontal, y mostrando las mayores diferencias significativas (expresadas en %) al comparar ambos sexos. No obstante, las relaciones de las velocidades y las potencias de la batida con el rendimiento en el salto horizontal son menos intensas que las encontradas para las fuerzas. Estos resultados contrastan con los descritos por Dowling y Vamos (1993), quienes observaron mayores relaciones con el rendimiento en el salto vertical de las velocidades y potencias verticales que de las fuerzas verticales. Una posible justificación a este hecho puede encontrarse en que la dirección del movimiento en el salto vertical coincide con la de estas variables (potencias o velocidades verticales),

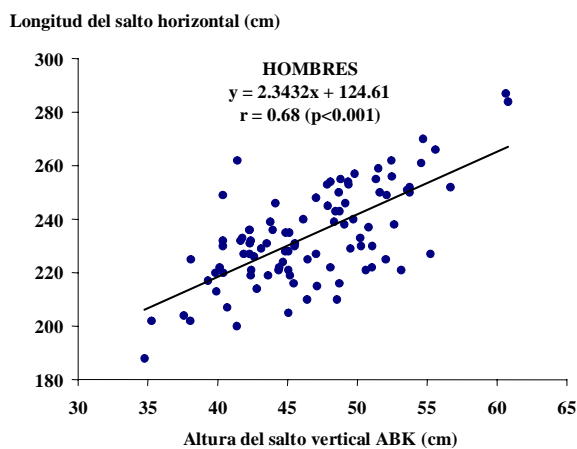


Figura 6a. Correlación entre la longitud del salto horizontal y la altura del salto vertical ABK en hombres (n=96). *** = $p < 0.001$.

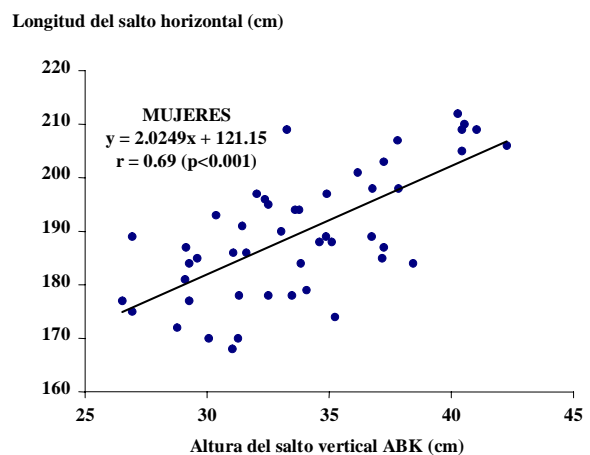


Figura 6b. Correlación entre la longitud del salto horizontal y la altura del salto vertical ABK en mujeres (n=48). *** = $p < 0.001$.

mientras que en el salto horizontal es una combinación de ambas en el tiempo. Como se ha demostrado en el presente trabajo, la distancia saltada depende del momento en el que se consiguen las potencias horizontal y vertical máximas; y de igual manera, un sujeto con elevadas potencias o velocidades horizontales pudiera no ejercer las suficientes potencias o velocidades verticales durante la batida, y viceversa.

Los tiempos entre la velocidad vertical mínima, la transición entre la flexión-extensión en el salto y la velocidad vertical máxima no fueron determinantes para el salto, pero sí diferentes entre hombres y mujeres, siendo mayor la duración total del salto en los hombres. Posiblemente, el movimiento de balanceo del centro de gravedad sobre un punto de apoyo (los pies) sea mayor en aquellas personas de mayor talla, representadas en este caso por los hombres, pudiendo así generar mayor fuerza durante más tiempo (por lo tanto, mayor impulso). En relación con este movimiento de balanceo del centro de gravedad, algunos autores han asociado la existencia de un doble pico de fuerza vertical máxima con la ineficacia del salto horizontal [1,3]. Nuestros resultados son contrarios a estas hipótesis, alcanzando mayores distancias los sujetos con dos o más picos de fuerza vertical máxima. Podemos explicar este hecho basándonos en observaciones cualitativas de varios saltos empleando una cámara de alta velocidad (500 Hz). Nosotros consideramos que la mecánica del salto horizontal exige, en primer lugar, un descenso del centro de gravedad, y un posterior frenado del descenso, que daría lugar al primer pico de fuerza vertical máxima. Es a partir de este momento cuando comienza el balanceo del cuerpo y de los brazos, que es el causante del valle de fuerza vertical y del segundo pico de fuerza vertical máxima. En todo caso, y como también se indica en los trabajos sobre salto vertical [9], el doble pico de fuerza vertical no es un indicador de ineficacia. Los estudios más recientes acerca del salto horizontal de Aguado y cols. (2000) han dejado entrever esto mismo, contradiciendo las afirmaciones de sus trabajos anteriores [1,3].

Todas las variables cinéticas de la batida se han relativizado al peso corporal con la intención de evitar la influencia de las dimensiones antropométricas de los sujetos en las mismas. Algunos estudios han relacionado positivamente los valores absolutos de potencia mecánica de la batida con los resultados obtenidos en el salto horizontal [2] y en el salto vertical [24]; los valores absolutos de potencia mecánica de una carrera en la escalera de Margaria-Kalamen con el tiempo emplea-

do en ascender la misma [6]; y valores absolutos de fuerza isocinética (troques absolutos) con los resultados obtenidos en diferentes tests de potencia anaeróbica [19]. En esta misma línea, un grupo de investigadores españoles afirman ser capaces de predecir la altura del salto vertical a partir del impulso mecánico (expresado en valores absolutos), la masa muscular de los sujetos e incluso la masa muscular de las extremidades inferiores [11]. Tristemente, en muchos de estos casos se enmascaran las verdaderas relaciones entre las características antropométricas y la condición física; circunstancia que hemos observado al analizar las correlaciones de las variables de nuestro estudio expresadas en valores absolutos, ya que, emergen un gran número de nuevas variables que se relacionan con el salto y otras con relaciones más intensas. Por ejemplo, los trabajos de Ferragut y cols. (2003) obtienen dichas relaciones simplemente porque analizan conjuntamente los resultados obtenidos por poblaciones tan dispares como jugadores de voleibol y estudiantes de educación física de ambos sexos. De esta manera, no es que la masa muscular se relacione con la altura o el impulso del salto, ni que el impulso se relacione con la altura del salto, sino que existe un aumento paralelo de estas variables en conjunto a medida que pasamos del grupo de mujeres estudiantes al de hombres estudiantes, jugadoras de voleibol y jugadores de voleibol. En nuestro trabajo se han introducido tres variables antropométricas (peso, talla y altura trocánterea) que han intentado relacionarse sin éxito con las variables cinéticas de la batida, lo cual puede explicarse porque estas últimas se expresaron en valores relativos. Además, si atendemos a los análisis cualitativos de Hay y Reid (1988), aquéllas que posibilitan una mayor altura de salida del centro de gravedad (talla y altura trocánterea) deberían determinar la longitud del salto. En nuestro trabajo, estas relaciones no se han podido demostrar, lo cual puede ser debido a la homogeneidad en las características antropométricas de la muestra. Todo ello nos lleva a pensar, que las relaciones encontradas entre las variables cinéticas de la batida y la longitud del salto no se ven afectadas por la antropometría de los sujetos estudiados.

Para finalizar este apartado de discusión, las relaciones encontradas entre el rendimiento en los saltos horizontales y verticales son similares a las que hemos obtenido en otros trabajos realizados con estudiantes de educación física y practicantes de baloncesto y voleibol [13]. Además, algunos autores han comprobado que ambos protocolos presentan una alta reproducibilidad en sucesivas sesiones

de evaluación llevadas a cabo con estudiantes de educación física, siendo incluso mayor la reproducibilidad del salto horizontal [18]. Observando dichas relaciones, todo induce a pensar que el salto vertical y el salto horizontal evalúan una misma cualidad, a pesar de que algunos autores afirman que “*existen indicios que demuestran que pudiera no ser un buen indicador de una cualidad física como la fuerza explosiva del tren inferior*” [3]. Desde esta última perspectiva, la amplia utilización del salto horizontal en diferentes baterías que permiten valorar la condición física, o en el control del entrenamiento que llevan a cabo los entrenadores, no tendría sentido. Nosotros opinamos que, aunque existen variables relacionadas con la técnica del salto horizontal (principalmente en la fase de aterrizaje) que pudieran condicionar la distancia saltada, las variables cinéticas de la batida, íntimamente relacionadas con la capacidad de producir fuerza explosiva por las extremidades inferiores, también son determinantes del rendimiento en el mismo.

Conclusiones

1) Al contrario de lo que afirman anteriores trabajos, las variables cinéticas generadas durante la batida sí se relacionan con el rendimiento en el salto horizontal a pies juntos. La variable de rendimiento seleccionada (distancia saltada), la forma de expresar las variables cinéticas (valores relativos al peso corporal) y la manera de relacionar las distintas variables (en subgrupos homogéneos) son aspectos metodológicos que deben tenerse en cuenta para que las conclusiones sean válidas.

2) El doble pico de fuerza vertical máxima no es un criterio de ineficacia técnica del salto horizontal, sino todo lo contrario. Según los resultados del presente trabajo, es más una consecuencia de los movimientos propios del salto horizontal, que pueden ser investigados en posteriores estudios.

3) La interrelación mostrada entre las variables cinéticas de la batida y el salto horizontal, así como entre éste y el salto vertical, nos llevan a afirmar que es un método válido para evaluar la fuerza explosiva del tren inferior; especialmente en poblaciones con características antropométricas homogéneas, o en test-retest de un mismo sujeto. Aunque existen aspectos técnicos que pueden afectar a los resultados de este test, estaría justificada su utilización para valorar la fuerza explosiva de las extremidades inferiores en diferentes baterías de condición física y en el entrenamiento deportivo.

4) Posteriores trabajos deben profundizar en las

manifestaciones temporales de la velocidad y la potencia generada durante la batida, y en otras variables como los incrementos de fuerza o potencia, con el objetivo final de obtener valores de referencia que permitan evaluar y corregir la técnica de batida del salto horizontal.

Bibliografía

1. **Aguado X, Izquierdo M, Montesinos JL.** Kinematic and Kinetic factors related to the standing long jump performance. *J Human Mov Studies* 1997; 32: 156-169.
2. **Aguado X, Grande I, Izquierdo M, López JL, Mendoza F, Meana M.** Estudio biomecánico de la batida del salto horizontal a pies juntos desde parado. *Cinética de saltos máximos y submáximos. Archivos de Medicina del Deporte* 2000; 17 (76): 109-116.
3. **Aguado X, Izquierdo M.** La detente horizontal. Estudio cinemático y cinético de 64 casos en las pruebas de ingreso en el I.N.E.F. de León. *Archivos de Medicina del Deporte* 1995; 12 (46): 93-104.
4. **Atkinson G, Nevill AM.** Selected issues in the design and analysis of sport performance research. *J Sport Sci* 2001; 19: 811-827.
5. **Baca A.** A comparison of methods for analyzing drop jump performance. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31 (3): 437-442.
6. **Beckenholdt SE, Mayhew JL.** Specificity among anaerobic power test in male athletes. *J Sports Med Phys Fitness* 1983; 23 (3): 326-332.
7. **Consejo de Europa.** Eurofit: Test europeo de aptitud física. Comité para el Desarrollo del Deporte, Consejo de Europa. *Rev Inv Doc Cienc Ed Fis Dep* 1989; 12 (13): 8-49.
8. **Davies BN, Jones KG.** An analysis of the performance of male students in the vertical and standing long jump tests and the contribution of arm swinging. *J Human Mov Studies* 1993; 23 (1): 25-38.
9. **Dowling J, Vamos L.** Identification of kinetic and temporal factors related to vertical jump performance. *J Appl Biomech* 1993; 9 (2): 95-110.
10. **Esparza F.** Manual de cineantropometría. Pamplona. GREC, FEMEDE, 1993.
11. **Ferragut C, Cortadellas J, Arteaga R, Calbet JAL.** Predicción de la altura de salto vertical. Importancia del impulso mecánico y de la masa muscular de las extremidades inferiores. *Revista Motricidad* 2003; 10: 7-22.
12. **García J, Peleteiro J, Rodríguez-Marroyo JA, Morante JC, Villa JG.** Validación biomecánica de un método para estimar la altura de salto a partir del tiempo de vuelo. *Archivos de Medicina del Deporte* 2003; 20 (93): 28-34.
13. **García J, Villa JG, Morante JC.** Especificidad de los tests indirectos que valoran la potencia

- anaeróbica. Archivos de Medicina del Deporte 1999; 16 (Sup. esp.): 580-581.
14. **Gutierrez M.** Biomecánica deportiva. Madrid. Ed. Síntesis, 1999.
 15. **Hatze H.** Validity and reliability of methods for testing vertical jumping performance. J Appl Biomech 1998; 14: 127-140.
 16. **Hay JG, Reid JG.** Anatomy, mechanics and human motion (second edition). New Jersey. Ed. Prentice-Hall, 1988.
 17. **Kibele A.** Possibilities and limitatios in the biomechanical analysis of countermovement jumps: a methodological study. J Appl Biomech 1998; 14: 105-117.
 18. **López JL, Grande I, Meana M, Aguado X.** Análisis de la reproducibilidad en tres tests de salto con plataforma de fuerzas y contactos. Apunts: Educación Física y Deportes 1999; 58: 62-66.
 20. **Manning JM, Dooly C, Perrin DH.** Factor analysis of various anaerobic power test. J Sports Med Phys Fitness 1988; 28 (2): 138-144.
 21. **Mendoza L, Shöllhorn W.** Training of the start technique with biomechanical feedback. J Sports Sci 1993; 11 (1): 25-29.
 22. **Péres G, Vandewalle H, Monod H.** Comparaison de trois méthodes de mesure de puissance maximale anaerobie des membres inférieurs. Cinesiologie 1988; 27(121): 241-249.
 23. **Tabernero B.** Valoración funcional y cambios en el nivel de condición física relacionada con la salud en mujeres participantes en diferentes programas específicos de ejercicio físico del municipio de León. Tesis Doctoral. Universidad de León, 1999.
 24. **Vargas A.** El salto horizontal a pies juntos desde parado, en educación infantil y primaria. Tesina de Licenciatura. Universidad de León, 1997.
 25. **Viitasalo JT, Rahkila P, Oesterback L, Alen M.** Vertical jumping height and horizontal overhead throwing velocity in young male athletes;. J Sports Sci 1992; 10 (5): 401-413.
 26. **Vittori C.** El entrenamiento de la fuerza para el sprint. Revista de Entrenamiento Deportivo 1990; 4 (3): 2-8.
 27. **Yeadon MR, Challis JH.** The future of performance-related sports biomechanics research. J Sports Sci 1994; 12 (1): 3-32.