

ANÁLISIS COMPARATIVO ENTRE ATLETAS EN PROYECCIÓN Y ATLETAS DE ÉLITE EN EL SALTO DE ALTURA

De Pano A²; Balius, X.¹; Corbi, F.²

¹Centre d'Alt Rendiment de Catalunya (CAR), Barcelona – España

²Institut Nacional d'Educació Física de Catalunya, Centre de Lleida - España

Dirección de contacto: alvarodepano@hotmail.com

Abstract

Presentamos a continuación, una propuesta metodológica orientada hacia la optimización del aprendizaje técnico del salto de altura en un grupo de saltadores en periodo formativo. Mediante la realización de un análisis fotogramétrico tridimensional se analizaron diversas variables cinemáticas relacionadas con el salto de altura. Todas ellas fueron comparadas con una muestra de referencia formada por los cuatro mejores saltadores nacionales participantes en el Campeonato de España del año 2006. Del análisis comparativo de los datos obtenidos se constatan diversas diferencias entre las variables cinemáticas analizadas. Todo ello, sugiere que la información proporcionada por este tipo de análisis podría ser muy valiosa dentro de la planificación del proceso de entrenamiento.

Palabras clave: Técnica, cinemática, salto de altura, biomecánica.

1 INTRODUCCIÓN

Desde la biomecánica deportiva se aplican las leyes y principios de la mecánica al gesto deportivo con la intención de realizar un análisis profundo de lo que en él sucede y obtener información útil que nos permitan continuar mejorando día a día. En general, desde la biomecánica suelen utilizarse dos tipos de aproximación para el análisis de cualquier gesto deportivo: La aproximación cualitativa y la aproximación cuantitativa (Kreighbaum & Barthels 1996). Mientras que la primera intenta analizar el gesto desde una visión no numérica y en ocasiones subjetiva; la biomecánica cuantitativa se basa en una información objetiva y numérica proporcionada por distintos instrumentos de valoración. En el salto de altura, la elevada complejidad técnica puede exigir, en ocasiones, la utilización de medios tecnológicos que permitan al entrenador ofrecer una información complementaria a la obtenida por otros métodos como el de la observación.

El objetivo del presente trabajo fue la utilización de las técnicas de fotogrametría como metodología comparativa entre un grupo de saltadores de altura de nivel internacional y dos saltadores, uno junior y otro juvenil, en periodo formativo. Para ello, se propone una metodología de análisis que permita orientar al entrenador hacia una mejor comprensión de los factores que influyen en el rendimiento final del salto.

2 MATERIAL Y MÉTODO

Para la realización de este estudio se compararon los datos obtenidos de los cuatro mejores saltadores del Campeonato de España Absoluto del 2006 con los de dos saltadores en periodo de formación. Las características de cada uno de los sujetos participantes en el estudio se reflejan en la tabla 1:

	Edad	Peso	Estatura	Categoría	Marca Salto Analizado	Marca
DA	27	75	1,85	Absoluto	2,18	2,25
JR	27	76	1,89	Absoluto	2,16	2,28
EM	29	83	1,88	Absoluto	2,16	2,21
AS	17	78	1,94	Absoluto	2,14	2,18
Sujeto 1	17	76	1,81	Junior	1,96	2,06
Sujeto 2	16	73	1,91	Juvenil	1,93	1,98

Tabla 1: Características individuales de los sujetos participantes en el estudio.

Para la realización del análisis tridimensional del alto se utilizaron dos cámaras de filmación Basler A602fc colocadas formando un ángulo de 80°. Todos los saltos fueron grabados a una frecuencia de muestreo de 50Hz. La digitalización manual de las coordenadas se realizó con el sistema de análisis Vicon Motus. Los diferentes cálculos fotogramétricos y mecánicos relacionados con el salto de altura fueron analizados posteriormente con el paquete informático diseñado por Dapena (1998). El error medio de estimación de los puntos 3D fue de 0.068 m.

Previamente a la competición, y según el protocolo definido por Dapena (1998), se registró un marco de calibración de 24 referencias y 5 marcadores que nos permitieron rotar el sistema de coordenadas y trasladar su origen a una posición definida.

Posteriormente, se registraron videográficamente los diferentes saltos, siendo analizado el mejor salto de cada uno de los sujetos.

3 RESULTADOS

Diferentes variables cinemáticas relacionadas con el salto de altura fueron valoradas en los dos grupos de estudio. Los resultados obtenidos pueden ser consultados en las tablas 2, 3 y 4.

Angulaciones (°)	Sujeto 1	Sujeto 2	Grupo Referencia	
			Media	DE
Ad/At Td	85	86	75	3,56
Ad/At To	93	100	84,75	1,71
Δ Ad/At	8	14	13,75	7,04
Lat Td	77	82	79,25	1,50
Lat To	93	98	96,75	3,86
Δ Lat	16	16	17,5	4,51

Tabla 2: Valores descriptivos de las diferentes variables angulares valoradas. Ad/At Td: Ángulo antero-posterior del tronco al inicio de batida. AD/At To: Ángulo antero-

posterior del tronco en la fase de batida. Δ Ad/At: Modificación del ángulo antero-posterior durante la fase de batida. Lat Td: Ángulo lateral del tronco al inicio de la batida. Lat To: Ángulo lateral del tronco al final de la batida. Δ Lat: Modificación del ángulo lateral durante la fase de batida.

Alturas (m)	Sujeto 1	Sujeto 2	Grupo Referencia	
			Media	DE
H ₀	0,84	0,97	0,89	0,06
H ₀ (%)	46,2	50,7	46,75	2,11
H1	1,26	1,27	1,33	0,04
H1 (%)	69,9	66,4	70,43	1,66
H2	0,75	0,72	0,86	0,09
H3	0,08	0,06	0,03	0,05
Δ Sz	0,42	0,3	0,45	0,05
Hmáx	2,01	1,99	2,19	0,06

Tabla 3: Valores descriptivos de las diferentes variables espaciales valoradas. H₀= Altura del centro de masas (CM) en el inicio de la batida. H₀(%)=H₀ normalizada en relación a la altura del sujeto. H₁= Altura del centro de masas en el instante de la batida. H₁(%)=H₁ normalizada en relación a la altura del sujeto. H2= Altura máxima – altura de despegue del CM. H3= Diferencia entre la altura máxima del salto y la altura del listón. Δ Sz= Espacio recorrido desde el inicio de la fase de amortiguación hasta el final de la batida. Hmáx.= Altura máxima de vuelo.

Velocidades (m/s)	Sujeto 1	Sujeto 2	Grupo Referencia	
			Media	DE
V _{H2}	6,7	7,4	7,73	0,21
V _{H1}	6,8	7,4	7,31	0,53
V _{HTo}	4,0	4,7	4,10	0,50
Δ V _H	-2,8	-2,7	-3,18	0,34
Δ V _H (%)	-40,3	-36,49	-43,48	4,28
V _{ZTd}	-0,2	-0,3	-0,49	0,16
V _{ZTo}	3,8	3,7	4,10	0,20

Tabla 4: Valores descriptivos de las diferentes alturas valoradas. V_{H2}= Velocidad horizontal del CM en el penúltimo paso. V_{H1} = Velocidad horizontal en el último paso. V_{HTo}= Velocidad horizontal del CM después de la batida. Δ V_H = Modificación de la velocidad horizontal del CM durante la batida. Δ V_H (%)= Δ V_H Normalizada en relación a la velocidad del CM en el instante del inicio de la batida. V_{ZTd} = Velocidad vertical en el inicio de la batida. V_{Zto} = Velocidad vertical en el final de la batida. V_R= Velocidad resultante.

4 DISCUSIÓN

La técnica del salto de altura se divide para su estudio en tres fases: la carrera de aproximación, la batida y el vuelo.

En la *carrera de aproximación*, el objetivo final es que el atleta pueda llegar al listón en una posición corporal y una velocidad horizontal de desplazamiento (V_{HTo}) óptimas. Todo ello persiguirá tres objetivos fundamentales:

- 1) Garantizar la correcta dirección del Centro de Masas (CM) a lo largo de la trayectoria de aproximación y durante las fases siguientes de batida y vuelo.

- 2) Descender la altura del CM con la intención de disponer de un mayor tiempo para generar impulso en el instante de la batida.
- 3) Generar un pre-estiramiento que permita aumentar la fase excéntrica en los extensores de la pierna, mejorando la participación del componente elástico muscular.

En el grupo de estudio analizado se constata que la velocidad horizontal del CM del sujeto 1 (6,7m/s) es sensiblemente inferior a la registrada en el grupo de referencia (7,73 \pm 0,21 m/s). Estas diferencias se observan, no sólo en el penúltimo paso, sino también en el último (6,8 m/s); siendo éste menor al del grupo de referencia (7,31 \pm 0,53 m/s). En el caso del sujeto 2, no se aprecian diferencias importantes en la velocidad horizontal de los últimos pasos.

Con respecto a la inclinación del tronco, los resultados sugieren que la componente antero-posterior de los sujetos 1 (85° para el inicio y 93 grados al final) y 2 (86° para el inicio y 100 al final) es menor que la del grupo de referencia (75 \pm 3,56° para el inicio de la batida y 84.75 \pm 1.71° al final de la batida). La existencia de una menor inclinación implica una disminución del espacio disponible para generar impulso debido a una disminución en la duración temporal del salto (poner la fórmula del impulso), ya que la posición relativa del CM se sitúa mucho más alta.

En relación a la fase de batida, en ella el atleta ejerce gran parte de las fuerzas que determinan principalmente la altura máxima del CM (Hmax) y el momento angular que el cuerpo tendrá durante el franqueo del listón. En los saltadores analizados, se observaron diferencias importantes en la altura relativa del centro de masas al inicio de la batida del sujeto 2 (50,7%), que fue mayor que la valorada en el grupo de referencia (46.75 \pm 2,11%). Este hecho, se justifica por la menor inclinación (angulación) antero-posterior y lateral observada durante la fase previa a la batida y en el inicio de ésta.

La fase de vuelo se inicia cuando el sujeto pierde contacto con el suelo y finaliza en el instante que contacta con la colchoneta. En esta fase, cobra una especial importancia el instante en el que es flaqueado el listón y la relación que se establece con el centro de masas corporal. En el caso de los saltadores estudiados, se observó cómo en el caso del sujeto 1 la altura máxima de su centro de masas se sitúa 23 cm antes del listón, lo que contribuye a restar efectividad al salto, ya que el punto más alto de la parábola del salto no coincide con la posición del listón.

5 CONCLUSIONES

De la realización de este estudio se desprende que la utilización de técnicas de análisis tridimensional (fotogrametría) es una herramienta útil y apropiada para la optimización del proceso de entrenamiento y para el análisis comparativo de saltadores de distinto nivel.

6. BIBLIOGRAFIA

Dapena, J. (1980 A) Mechanics of Translation in the Fosbury Flop. *Med. Sci. Sports Exerc.* 12:37-44,

Dapena, J. (1980a). Mechanics of rotation in the Fosbury-Flop. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 12(1), 45-53.

Dapena, J. and. Chung, C.S. (1988) Vertical and radial motions of the body during the takeoff phase of high jumping. *Med. Sci. Sports Exerc.* 20:290-302,

Dapena, J., Ae, M., & Liboshi, A. (1997). A closer look at the shape of the high jump run-up (Un regard sur le modele d' une course d' elan en saut en hauteur). *Track coach EEUU*, 138, 4406-4411.

Dapena, J. (2000). The high jump. In V. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in Sport* (pp. 284-311). Blackwell Science. Oxford.

Dapena, J., Gordon, B. J., & Ficklin, T. K. (2007). High Jump #31 (Women). USA Track & Field. Scientific Services Project, Biomechanics Laboratory, Department of Kinesiology, Indiana University.

Gutierrez, M. (1992) Análisis cinemático del salto de altura en el estilo Fosbury-Flop *Archivos de Medicina del Deporte* Vol. IX –Nº 35 - Págs. 253-263.

HAY, J.G. (1973). A kinematic analysis of the highjump. *Track Technique*. 54, 1697-1703.

Isolehto, J. Virmavirta M. Kyröläinen H. and V. Komi P. (2006) Biomechanical Analysis of the High Jump. Neuromuscular Research Center Department of Biology of Physical Activity University of Jyväskylä.

Kreighbaum, E.; Barthels, K. (1996) *Biomechanics: A qualitative approach for Studying Human Movement*. Allyn & Bacon. Nedham Heights.

liboshi et al. (1993) Techniques of elite high jumpers at the 3rd IAAF World Championships in athletics. Abstracts of the International Society of Biomechanics, XIVth Congress, Paris, 4-8 July, 1993, vol. I, Paris, s.n., , pp. 608-609.