

FACTORES CINEMÁTICOS DE LOS SALTADORES DE SALTO DE ANTIOQUIA

CARLOS GUSTAVO ENCISO MATTOS *

Profesor de la universidad de pamplona
Magister en gerencia Educativa
carlosenciso@unipamplona.edu.co

MARCO FREDY JAIMES LAGUADO **

Profesor de la universidad de pamplona
Doctor en nuevas perspectivas de Investigación
mafrejala@ugr.es

Artículo
Recibido 24 de
julio del 2013 y
aceptado para
su publicación el
16 de agosto del
2013.

Se considera un
artículo T1 de
investigación

RESUMEN

El presente estudio analizó el comportamiento del centro de gravedad en la modalidad de salto alto en 3 saltadores (2 hombres y una mujer) perteneciente a la selección de Antioquia y de Colombia, que participaron en el Campeonato Nacional 2006. El objetivo central fue el análisis del centro de gravedad (CG) del cual se calculó: la altura en el momento del despegue, la máxima altura durante el vuelo, el ángulo de proyección y la velocidad vertical en el momento del despegue. Se utilizó el software SILICON COACH PRO®, dos cámaras digitales SONY y el programa Kinematrix®. Los resultados mostraron que la altura máxima del centro de gravedad fue de 1,47 y 1,42 m para hombres y mujeres, respectivamente, y estuvo en los valores internacionales de los atletas de alto rendimiento; la elevación del centro de gravedad, para el caso de los hombres (0,81 – 0,92m), también estuvo acorde con los valores de los atletas de élite mundial; para el caso de la atleta (0,69m), este valor es bajo en comparación con atletas mundiales. La altura total de elevación del centro de gravedad (2,28 - 2,34 - 1,98 m), estuvo en los rangos internacionales de atletas de alto rendimiento.

La velocidad vertical del CG de los varones (4,04 y 4,23 m/s) estuvo cercana a los valores internacionales de deportistas de élite y su ángulo de proyección del centro de gravedad (45° y 43°) osciló en rangos cercanos a la élite mundial.

Palabras Clave: Cinemática, Salto Alto.

ABSTRACT

This study analyzed the behavior of the center of gravity in the form of high jump in 3 jumpers (2 men and one woman) belonging to the selection of Antioquia and Colombia, who participated in the 2006 National Championship. The central objective was the analysis of the center of gravity (CG) of which was calculated: height at the time of take-off, the maximum height in flight, projection angle and the vertical speed at the time of takeoff. We used silicone COACH PRO® software, two SONY digital cameras and the Kinematrix® program. The results showed that the maximum height of the Centre of gravity was 1.47 and 1.42 m for men and women, respectively, and was on the international values of high performance athletes; the elevation of the center of gravity in the case of men (0.81 - 0.92 m), also was consistent with the values of the world's elite athletes; in the case of the athlete (0.69 m), this value is low compared to world athletes. The total height of the elevation of the center of gravity (2.28 - 2.34 - 1.98 m), was in the international ranks of high performance athletes. The vertical speed of the CG of the males (4.04 and 4.23 m/s) was close to international values of elite athletes and their angle of projection of the center of gravity (45 ° and 43 °) ranged in close to the world's elite range.

Keywords: Kinematics, jump high.

1. INTRODUCCIÓN

Según Dapena (1988), el salto en altura cumple con el segundo objetivo fundamental de los saltos: auto proyectar el cuerpo en el aire con el fin de pasar un obstáculo, lo más alto posible, mediante movimientos específicos. Estos movimientos determinan las diferentes técnicas de los saltos en altura.

La técnica Fosbury-flop es la que más se ha desarrollado y sus ventajas biomecánicas hacen que se emplee con mayor frecuencia en la actualidad. Este estilo brinda facilidad de la ejecución al permitir una mayor altura de las caderas para elevar más el centro de gravedad en la fase de la batida alcanzando alturas extraordinarias (Dapena, J. 1990).

En el Fosbury-flop, debido a la posición del cuerpo encima del listón, es posible sobrepasar alturas levemente superiores a la máxima elevación del centro de gravedad del atleta. Esto se debe a que se sobrepasa el listón, segmento por segmento, de tal forma que en ningún momento toda la masa corporal se encuentra por encima de éste. En las técnicas más antiguas, entre el listón y el centro de gravedad se encontraba una parte de la masa del cuerpo y debido a esto, el atleta no podía sobrepasar ni siquiera las alturas de la elevación de su centro de gravedad (Dapena, J. 1990).

El salto en altura depende de tres alturas parciales que se estiman tomando como

referencia el centro de gravedad del saltador. Estas alturas son:

- a) Altura en el momento del despegue (H1): representa la altura del centro de gravedad en el instante final de la batida; está determinada por los valores antropométricos del saltador y de la posición del cuerpo en la batida.
- b) Elevación máxima del centro de gravedad (H2): es la distancia vertical alcanzada por el centro de gravedad durante el vuelo. Depende de la velocidad vertical en el momento del despegue (siendo éste valor el resultado de la magnitud, dirección y duración de las fuerzas verticales ejercidas contra el suelo durante la batida), la velocidad horizontal al comienzo de la batida y el peso del saltador.
- c) La diferencia entre la altura de la varilla y H2, denominada H3, es la distancia vertical entre el centro de gravedad del atleta y la altura del listón en el punto máximo de elevación del cuerpo. Esta altura puede ser positiva, en el caso de que el centro de gravedad del atleta quede por debajo del listón en el vuelo; negativa, en el caso de que el centro de gravedad del atleta, se encuentre por encima del listón en el vuelo. Por lo tanto, el criterio de eficacia de un salto será: $HT = H1 + H2 + H3$, donde: HT es la altura en que se encuentra el listón, H1 y H2 deben ser máximas mientras H3 debe ser mínima (Dapena J.1990).

2. DESARROLLO METODOLOGICO

Modelo biomecánico de Hay (1994)

El modelo biomecánico jerarquiza los factores relacionados con el salto alto. La altura lograda puede ser subdividida en tres: H1, H2, y H3 (figura 1). (Hay, J, G. 1994) .

La H1 a su vez depende de dos factores: los factores antropométricos o físicos del saltador y de la manera como este coloca dichos

segmentos en el momento del salto. En esta caso, entre más alto sea el sujeto, más posibilidades de obtener una H1 mayor, pero junto a esta característica hace falta que los segmentos estén ubicados lo más verticalmente posible para que la altura del centro de gravedad sea mayor (HAY, J,G. 1994).

La H2 es la proyección vertical del centro de gravedad luego del despegue. Debido a que

luego del despegue el cuerpo se comporta como un objeto en caída libre, la altura máxima (hmáx.) que logre dependerá de la velocidad vertical del centro de gravedad y del impulso vertical. Las mujeres normalmente logran una elevación promedio del centro de gravedad de 0.66 – 0.89 m mientras que los hombres alcanzan en promedio 0.98 – 1.17 m Las velocidades verticales promedio en hombres son de 4.4 – 4.8 m/s y las de mujeres, de 3.6 – 4.1 m/s (IAAF 2004).

La velocidad vertical a su vez dependerá de la fuerza vertical del despegue y del tiempo de despegue. La fuerza vertical va a depender en gran parte de los torques generados en la articulación del tobillo, rodilla y cadera del saltador. El tiempo del despegue dependerá en gran medida de la fuerza elástico explosivo del saltador, es decir, de su tipo de fibra y obviamente del entrenamiento previo (Vanezis A, Lees A. 2005).

La H3 dependerá de la manera como el saltador coloque el cuerpo en su paso sobre la varilla. Esta es una variable que dependerá fundamentalmente de la habilidad para mover el cuerpo en el espacio y de colocarlo de tal forma que la altura del centro de gravedad esté lo más cerca de la altura de la varilla. En este sentido se habla de una H3+ cuando el centro de gravedad pasa por encima del listón y H3- cuando el centro pase por debajo del listón, que es lo que realmente pretende el salto tipo Fosbury. Los saltadores de élite han mostrado que esta diferencia oscila entre 3 y 4 cm.; diferencias mayores ocasionan faltas técnicas que anulan el salto (Dapena, J., McDonald C. 1990).

Metodología

El presente proyecto de investigación es de carácter descriptivo, el cual se filmara el desempeño de saltadores de alto, en entrenamientos y condiciones reales de competencia, procesó de las imágenes obtenidas y obtención de datos numéricos que permitirán cuantificar y analizar los resultados, con el ánimo de establecer posibles errores y/o mejoramiento de sus marcas.

Población y muestra:

Saltadores de la Selección Nacional de Salto Alto

Parámetros inerciales:

Se emplearan los parámetros de Zatsiorsky (1988) adaptados por De Leva (1996). (Cuadro 2)

Digitalización:

En el cuadro 1 se presentan los puntos anatómicos digitalizados y la secuencia en la cual se tomaron sus respectivas coordenadas planares (X, Y) para el cálculo de las variables.

Cuadro 1. Puntos anatómicos de referencia y su respectiva secuencia para la digitalización.

| Punto N° | Denominación | Punto N° | Denominación |
|----------|----------------------|----------|--------------------------------------|
| 1 | Punta de pie derecho | 12 | Tobillo izquierdo |
| 2 | Talón derecho | 13 | Rodilla derecha |
| 3 | Tobillo derecho | 14 | Cadera derecha |
| 4 | Rodilla derecha | 15 | Hombro izquierdo |
| 5 | Cadera derecha | 16 | Codo izquierdo |
| 6 | Hombro derecho | 17 | Muñeca izquierdo |
| 7 | Codo derecho | 18 | Falange distal 3 dedo mano izquierda |
| 8 | Muñeca derecha | 19 | Sínfisis del pubis (promedio 5 y 14) |

| | | | |
|----|------------------------------------|----|---------------|
| 9 | Falange distal 3 dedo mano derecha | 20 | Supraesternal |
| 10 | Punta de pie izquierdo | 21 | Vértex |
| 11 | Talón izquierdo | | |

- **Altura del centro de gravedad del cuerpo, en el momento del despegue**

Para el cálculo del centro de gravedad se tuvieron en cuenta los parámetros de Leva (1996), los cuales se presentan en el cuadro 2.

Cuadro 2. *Peso relativo y localización del vector centro de gravedad, propuestos por de Leva (1996).*

Selección, definición y cálculo de las variables

Para el cálculo de los ángulos, distancias o alturas se emplearon los principios de la fotogrametría (Allard y col., 1997), los cuales permitieron realizar cálculos matemáticos con un alto grado de precisión.

| Segmento | Peso de los segmentos relativo al peso total del cuerpo (% de 1) | | Localización del vector CG de los segmentos corporales, expresado como porcentaje de la distancia total, a partir del punto proximal | |
|---------------|--|---------|--|---------|
| | Hombres | Mujeres | Hombres | Mujeres |
| Cabeza-Cuello | 0.0694 | 0.0688 | 59.76 | 58.94 |
| Tronco | 0.4346 | 0.4257 | 44.86 | 41.51 |
| Brazo | 0.0271 | 0.0255 | 57.72 | 57.54 |
| Antebrazo | 0.0162 | 0.0138 | 45.74 | 45.59 |
| Mano | 0.0061 | 0.0056 | 79.00 | 74.74 |
| Muslo | 0.1416 | 0.1478 | 40.95 | 36.12 |
| Pierna | 0.0433 | 0.0481 | 44.59 | 44.16 |
| Pie | 0.0137 | 0.0129 | 44.15 | 40.14 |

3. RESULTADOS

A continuación se observaran los datos obtenidos en los Juegos Nacionales de salto alto en los cuales se consiguió la medalla de oro y plata en varones al igual que en damas, el salto para el sujeto 1 fue de 2,20 cms, para el sujeto 2 fue 2,17 cms. y para el sujeto 3 fue de 1,90 cms.

1. **Altura del Centro de Gravedad (H1).**

En el cuadro 3 se presentan los resultados obtenidos del análisis la altura del CG en el momento de la batida.

Cuadro 3. Valores absolutos (m) y relativos (% talla) encontrados en los tres atletas analizados, en la ejecución de su salto máximo.

| | Altura CG | | |
|-------------------|-----------|------|------|
| | S1 | S2 | S3 |
| H1 : Despegue (m) | 1,47 | 1,42 | 1,29 |
| % Talla | 79 | 75 | 71 |

2. **Altura máxima (hmax) del centro de gravedad (H2) y altura (H3)**

En el cuadro 4 se presentan los resultados obtenidos de la altura máxima del C.G durante el paso del listón.

Cuadro 4. Valores (m) encontrados en los tres atletas analizados, en el paso del listón en su máxima altura del C.G.

| | Velocidad CG (m/s) | | |
|------------|--------------------|------|------|
| | S1 | S2 | S3 |
| Vx | 5,69 | 4,60 | 4,56 |
| Vy | 4,04 | 4,23 | 3,65 |
| VR | 6,98 | 6,25 | 5,83 |
| Angulo (°) | 35 | 43 | 39 |

| | H2 | | |
|--------------------------|------|------|------|
| | S1 | S2 | S3 |
| H2 elevación del C.G.(m) | 0.81 | 0.92 | 0.69 |
| Altura total (m). | 2.28 | 2.34 | 1.98 |
| Altura del listón (m). | 2.21 | 2.21 | 1.86 |
| H3 | 0.07 | 0.13 | 0.12 |

3. **Velocidad del Centro de Gravedad.**

En el cuadro 5 se presentan los resultados obtenidos del análisis de la velocidad máxima horizontal, vertical y la velocidad resultante así como el ángulo de proyección del centro de gravedades el momento del despegue.

Cuadro 5. Valores absolutos (m/s) y ángulos de proyección encontrados en los tres atletas analizados.

ANALISIS DE LOS RESULTADOS

Los resultados mostraron que la altura máxima del centro de gravedad (C.G.) (hombres: 1,47 – 1,42 m) en el momento del despegue, estuvo cercana a los valores internacionales de los atletas de élite. El error más frecuente en este caso fue la ubicación inadecuada (baja) de los brazos y del muslo de la pierna que realiza la batida. La elevación del centro de gravedad

(0,81 – 0,92m), para el caso de los hombres, también estuvo acorde con los valores de los atletas de élite mundial; para el caso de la atleta (0.69m), este valor es bajo. La altura total de elevación del centro de gravedad (2,28 - 2,34 – 1,98 m), también está cercana a los valores internacionales. La diferencia entre la altura del centro de gravedad y del listón osciló entre 7 y 10 cm, indicando que estos atletas aún requieren mejorar el manejo del cuerpo sobre el listón.

En lo que respecta a variables espacio temporales, la velocidad vertical del C.G. de los varones estuvo entre 4,04 y 4,23 m/s, valores que reflejan cercanía a los atletas de élite; no así el de la atleta, cuyo mejor registro fue de 3,65 m/s. El ángulo de proyección del centro de gravedad osciló en los varones entre 45° y 43°, valores también cercanos a los atletas de élite, los cuales están entre 45° y 55°; los valores de la atleta estuvieron por debajo de 45°.

Los resultados obtenidos en las variables nos permitieron deducir que existen algunos errores que deterioran el desempeño de los atletas y por consiguiente es de vital importancia fortalecer algunos ejercicios de propiocepción para que se llegue a un mejor rendimiento deportivo y a la mejora de marcas.

Los datos obtenidos indican que los atletas deben fortalecer más su carrera de aproximación, para obtener una mejor velocidad horizontal y por consiguiente una buena velocidad vertical con el objeto de que el atleta

realice una mejor parábola del CG y una mejora en las marcas.

CONCLUSIONES

- El análisis del despegue, elevación y altura del CG mostraron que se cometen errores durante la ejecución del gesto tales como un mal posicionamiento vertical de los segmentos superiores de su cuerpo.
- El análisis de las variables espacio temporal, mostró que las velocidades de algunos de deportistas están cercanos a la élite mundial, con velocidad del CG en el eje X de 5.69 m/s para el sujeto S1, 4.60 m/s para S2 y 4.56m/s para S3. La velocidad del CG en el eje Y fue 4.04 m/s, 4.23 m/s y 3.65m/s para los sujetos. S1 S2 y S3., respectivamente.
- Se encontró que el ángulo de proyección del centro de gravedad de los deportistas están cercanos a los valores de los atletas de élite. (Angulo del CG **S1** 35°, **S2** 43°, **S3** 39°).
- El trabajo para la corrección de los principales errores encontrados, implica el mejoramiento de la propiocepción corporal de estos atletas.
- El análisis biomecánico, se convierte en una herramienta auxiliar para el entrenador y los atletas.

4. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

.....

- **DAPENA, J. (1988).** Biomechanical Analysis of the Fosbury Flop. *Track Technique*, 104, 3307- 3317.
- **DAPENA, J., McDonald C. (1990)** A regression analysis of high jumping technique. *Internacional Journal of sport Biomechanics*, 6, 246 – 261.
- **HAY JG, NOHARA H.** Techniques used by elite long jumpers in preparation for takeoff. *J Biomech.* 1990;23(3):229-39.
- **HAY, J.G. (1994).** The biomechanics of sports techniques. Prentice Hill Inc, Englewood Clifs, N.J.
- **IAAF.ORG** High Jump: Development of performances and performance influencing factors 2004. Spring; 10(5): 128-32.
- **VANEZIS A, LEES A. (2005)** A biomechanical analysis of good and poor performers of the vertical jump. *Ergonomics*. Sep 15-Nov 15;48(11-14):1594-603.
- **VANEZIS A, LESS A. (2005)** A biomechanics analysis of good and performers of the vertical jump. *Ergonomics*. Sep 15-Nov 15;48 (11-14): 1594-603.