

Estudio del comportamiento de los parámetros biomecánicos que condicionan la distancia del salto, en los finalistas de la Copa Cuba 2007.

Lic. Lázaro Francis Ruíz Almendaríz¹, MsC. Yanocci Enríquez Castillo².

1 y 2. Universidad de Matanzas “Camilo Cienfuegos”, Vía Blanca

Resumen.

El presente trabajo persigue como objetivo, determinar el comportamiento de los parámetros biomecánicos que condicionan la fase de batida en los saltadores finalistas de la Copa Cuba 2007 en aras de perfeccionar el desempeño técnico de los saltadores cubanos. Los principales resultados se enmarcan en la baja correspondencia de los parámetros analizados con relación a los saltadores elite. Como conclusiones, se pudo determinar que los factores analizados, en el 100 por ciento de la muestra, se encuentran lejos de los tomados como referencia en correspondencia con los atletas elite.

Palabras claves: factores biomecánicos; centro de gravedad; ángulo de salida, proyección

Introducción.

Después de enero de 1959, el deporte en Cuba experimentó un notable desarrollo, hasta alcanzar resultados comparables con los obtenidos por países del primer mundo; dándose a conocer la calidad de nuestro movimiento deportivo en competiciones del más alto nivel; como Juegos Olímpicos, Copas del Mundo. Diversos son los deportes que han puesto en alto el nombre de Cuba en los mencionados certámenes, pero fue, precisamente el atletismo uno de los más destacados y, sin lugar a dudas, al salto de longitud una de las disciplinas más sobresaliente dentro del Deporte Rey. Ya desde la década del 60 se disfrutaba de excelentes resultados en juegos Centroamericanos y del Caribe, a través de Abelardo Pacheco, pero la figura más relevante recae en Iván Pedroso quien comienza reinar en 1995 en su primer triunfo Panamericano, posteriormente disfruto de 4 títulos mundiales al aire libre, comprendidos entre los años 1995 y 2000, logrando el título olímpico en Sidney 2000. Estos resultados obtenidos, históricamente, han ido en descenso a partir del retiro de esta figura.

El justo lugar de la ciencia y la tecnología en el deporte se fundamenta en la necesidad de elevar el rendimiento deportivo, desde sus primeras intervenciones a partir de los Juegos Olímpicos de Helsinki hasta hoy día, los registros mundiales conseguidos por el hombre resultan espectaculares, pero en el presente la responsabilidad de la ciencia en su contribución no es tan solo en mantener estos logros sino superarlos, bajo las condiciones de un deporte que se presenta con una fuerte tendencia al profesionalismo, un sistema de competencia cada vez más frecuentes y una elevada competitividad, resultando en un verdadero reto para los científicos del deporte contemporáneo. Es por eso que la competitividad en el deporte se proyecta en la competitividad de la ciencia y esto es un gran desafío para los científicos del deporte cubano.

De acuerdo a estas situaciones, el INDER asume el Sistema de Ciencia e Innovación Tecnológica (SCIT) desde 1998, incorporando la ciencia y la innovación tecnológica como su sistema conceptual y organizado para alcanzar la excelencia en el Deporte, la Educación Física y la Recreación. Dentro de las direcciones estratégicas de este sistema se encuentra la dirección del deporte de alto rendimiento, que declara dentro de sus prioridades principales, el control y supervisión sistemática, científico-técnico metodológico del entrenamiento deportivo.

En este sentido cobra fuerza la biomecánica deportiva, disciplina científica que se reconoce por el COI como una de las mejores alternativas para elevar el rendimiento deportivo. Esta disciplina científica estudia el movimiento humano y la técnica del deportista considerando los principios básicos de la mecánica y las características del aparato locomotor. Su objetivo básico es lograr que el deportista mejore su técnica deportiva y de esta forma, elevar su rendimiento en la competencia, entre otras cosas.

Emplear tecnología de punta en el control del entrenamiento es una de las demandas del deporte contemporáneo que atienden los representantes de la biomecánica deportiva de nuestra Facultad, empleando la herramienta tecnológica HU-M-AN.

Desarrollo.

La técnica en el desempeño deportivo.

“Parece evidente que, ante el reto de hablar sobre cualquier cuestión por trivial que sea que esta parezca, es necesario definirla. Tanto más si tratamos de un concepto que tiene variadas aplicaciones y diversidad de contenidos como es la técnica en los deportes”. (Quintana Díaz 1991).

“La concepción de la técnica, como conjunto de procedimientos y recursos de que se vale una actividad, ciencia o arte, que tiende, con su aplicación a perfeccionar el objeto de tal actividad, puede considerarse como la base sobre la que determinar una aproximación inicial a la técnica en los deportes. Pues estas actividades, por ser el hombre, con su participación motriz, al mismo tiempo sujeto y objeto del hecho, les confiere un rango diferenciador con respecto a otras actividades técnicas humanas, en las que el conjunto de sus capacidades no se ven tan aplicadas ni evaluadas de forma tan inmediata como en el deporte. Por tanto, esta propuesta tan inespecífica, propia de otros campos no deportivos, es un primer alcance que clarifica el hecho, pero que evidencia la necesidad de una aproximación conceptual más concreta” (Seirul-lo 2000).

En esta línea, (Ozolin 1970), define la técnica como “el modo más racional y efectivo de realización de un ejercicio”. Es decir que cada ejercicio y cada movimiento tienen una técnica que transforma una práctica en efectiva y racional en el momento de la ejecución.

(Grosser 1982), citado por (Seirul-lo 1992) definen la técnica “como el modelo ideal relativo a la disciplina deportiva. Induce la transformación de un movimiento natural, espontáneo en un determinado modelo preestablecido, creado gracias a estudios pertinentes bajo la incidencia de varias ciencias, que de esta forma garantizan una fiabilidad como modelo válido ideal, por tanto, muy difícilmente alcanzable. Implica la práctica continuada de ciertos movimientos para lograr alcanzar una ejecución semejante al modelo que se tiende”.

“cuando el sujeto dispone de tal o cual movimiento dentro de su repertorio motor, se dice que dispone de la habilidad para ese gesto. Por eso, el conjunto de movimientos de las diferentes especialidades deportivas se les llama habilidades técnicas deportivas. Como

consecuencia de ello un deportista dispondrá de buena habilidad técnica cuanto mejor ajusta su técnica al modelo ideal, así como tanto lo pueda controlar para sacar de él su máximo rendimiento en la práctica real. La aptitud de un sujeto para adquirir estas habilidades se tiende por capacidad de esta forma como la técnica debe ser aprendida, el individuo que tenga mayor capacidad de aprendizaje, tendrá posibilidades de disponer de un mayor número de habilidades para aplicarlas en el acto deportivo. (Seirul-lo 1992).

Aplicación de la Biomecánica en el deporte.

“La Biomecánica Deportiva tratara de analizar o dar explicación a los movimientos deportivos desde la perspectiva científica de la física. Se debe considerar que el hecho de abordar los aspectos conceptuales de una determinada disciplina es una tarea ardua y difícil. En el caso de la biomecánica esta complejidad es particularmente destacable, debido a que el estudio científico del movimiento supone la participación de diferentes disciplinas y áreas de conocimientos que, aunque con unos sistemas de análisis y aspectos metodológicos diferenciados, intentan describir, explicar y controlar las variables intervinientes en el complejo proceso del gesto deportivo”. (Gutiérrez Dávila 1998).

“Para dar una idea de lo extensa y vasta que puede ser esta disciplina se van a exponer tres definiciones que han sido asumidas por un gran número de investigadores. La primera de ellas la formuló el Consejo Internacional para el Deporte y la Educación Física en 1971, considerando a la biomecánica deportiva como el conocimiento del papel que juegan las fuerzas mecánicas que producen los movimientos, su soporte autonómico, implicación neurológica, control integrado y percepción, así como su diseño entregado. La segunda la formuló en el mismo año, la escuela Soviética de Biomecánica, para ellos la biomecánica deportiva es la ciencia de la coordinación de los movimientos del hombre. La tercera la expresó, en 1976 la escuela Belga de Biomecánica, considerando la biomecánica deportiva como el análisis de los movimientos del cuerpo humano”. (Gutiérrez Dávila 1998).

“Cuando se pretenden aplicar las leyes de la mecánica a los gestos técnicos que realizan los deportistas, nos encontramos con diversas dificultades que no son fáciles de solucionar, estas dificultades se pueden concretar de la siguiente forma.

- Interferencias de las técnicas de registro en la realización del gesto.
- Características cinantropométricas y musculares de los deportistas.
- Tipo de gesto.
- Proceso de aprendizaje.

Según las dificultades expuestas podríamos pensar que el análisis biomecánico de las técnicas queda restringido a unos deportes concretos y en condiciones muy especiales. Lo cierto es que la mayoría de los problemas con los que se encuentra la biomecánica aplicada se puede resolver con un desarrollo tecnológico adecuado y dando un carácter interdisciplinario a la investigación.”

Control biomecánico en el deporte

“Los avances más importantes que se han dado en el análisis del gesto deportivo han sido en el área de la cinemática, especialmente gracias al desarrollo de las técnicas cinematográficas y al conocimiento de la localización de los centros de gravedad parciales o de parámetros inerciales segmentarios que han permitido obtener el centro de gravedad del cuerpo humano”

“Cada día está más clara la necesidad de las aportaciones de la biomecánica a los entrenamientos deportivos. La mejora del rendimiento de los deportistas a lo largo de la historia se ha visto influenciada por múltiples factores entre los que se encuentra la genética, la calidad de vida, la alimentación, los controles fisiológicos,...”. Sin embargo, el motivo más importante en la actualidad es, sin duda, el perfeccionamiento de las técnicas de entrenamiento (resultado de estudios biomecánicos) así como el empleo de materiales cada vez más modernos. Los entrenadores pueden aprovecharse de la biomecánica para realizar una planificación adecuada, obtener unas bases científicas de los gestos deportivos y técnicas de entrenamiento, realizar valoraciones funcionales y test de campo que sirvan de termómetro del estado físico de los deportistas y establecer comparaciones en distintos momentos de la temporada. Además, puede ayudar a minimizar los riesgos de lesiones.

La biomecánica es un apoyo para los entrenadores y deportistas en la introducción de sistemas de entrenamiento novedosos al descifrar los beneficios y dificultades que se pueden encontrar. Los entrenadores de alto nivel obtenían su experiencia a través de la observación de los deportistas; el ojo del entrenador debe de estar preparado para poder reconocer cuando se realiza una ejecución si es correcta o tiene fallos. Desde un punto de vista técnico, cuando una ejecución deportiva es correcta también lo es biomecánicamente.

Los estudios biomecánicos se pueden dividir en:

- 1.- Análisis teóricos
- 2.- Experiencias prácticas

Los análisis teóricos son de gran importancia siempre que puedan llegar a ser de utilidad en el rendimiento de los deportistas, pero nunca son una representación exacta del rendimiento deportivo, aunque pueden ser útiles para mejorar el gesto y el rendimiento en cualquier modalidad deportiva. No debemos de olvidar que los estudios reales deben de estar fundamentados en análisis teóricos previos. Las investigaciones prácticas se realizan registrando entrenamientos o competiciones reales de la actividad deportiva y analizando estos registros. Las aportaciones de la biomecánica al entrenamiento y rendimiento deportivo son muy diversas. (Del Valle Soto et al Azpeitia).

El salto de longitud. Factores biomecánicos que determinan el resultado.

El salto de longitud es caracterizado por tener cuatro partes técnica en las que se divide para su estudio, estas son carrera de impulso o aproximación, despegue, vuelo y caída. Donde la parte más importante propuesta por varios autores, se enmarca en el despegue, esta a su vez se compone por tres subfases donde la de mayor importancia es la última de estas, compuesta además por la colocación, amortiguación y extensión activa de la pierna de despegue.

Según (Quintana Díaz 1991) “en el penúltimo paso antes de hacer contacto con la tabla de despegue, es necesaria una ligera disminución del centro de gravedad del atleta con vista a aprovechar óptimamente la velocidad de la carrera y transferirla a la siguiente parte que es el despegue. Es exactamente en el apoyo o contacto de la pierna que despega donde se convierte la energía cinética en potencial y esta depende, en gran medida, del aprovechamiento de la velocidad inicial. En tal sentido, la velocidad con que se ejecute el trabajo de la pierna que actúa sobre la marca de despegue, contribuirá al desarrollo de una alta velocidad de vuelo, considerando el factor fundamental que incide sobre la mayor velocidad de vuelo”

Rodríguez y Zissu (1990) y citado por Talavera (2006), plantean que el penúltimo paso es mayor al último paso de la carrera de impulso, indicando la estructura de paso largo- paso corto, por lo que Nixdorf (1990) y citado por Talavera (2006), plantea que el penúltimo paso debe ser menor a 2,20 metros.

La finalidad de la batida es transformar la carrera en salto, modificando las condiciones de desplazamiento y manteniendo al máximo las condiciones cinemáticas adquiridas, así como modificar la trayectoria lineal del centro de gravedad, colocar el centro de gravedad en determinados ángulos y velocidad de salida determinantes del posterior vuelo”. (Quintana Díaz).

Ozolin et al Markov y Quintana Díaz concuerdan que la duración del apoyo de batida del saltador demora de 0.10-0.13 segundos(s) utilizando una u otra técnica de preparación y teniendo en cuenta las características tanto morfológicas como de condición motriz del saltador, durante su ejecución varía la altura de su centro de gravedad respecto al suelo, siendo más bajo en la primera subfase (amortiguamiento) y más alto en la segunda (impulso).

“Al tocar la tabla de despegue termina la carrera de aproximación, pero hay una acumulación de energía cinética, la cual debe ser transferida al despegue, para lograrlo, es necesario que ocurra una breve amortiguación que repercuta en todo el sistema del saltador –apoyo a partir de una ligera flexión de la articulación de rodilla en la pierna que despega, durante la fase de amortiguación la pierna se flexiona hasta 145°-150°, aproximadamente” (Quintana Díaz 1991).

Ozolin y Markov plantean que “esta flexión alcanza un valor igual a 135°-140°, que con una mayor flexión de la pierna el saltador no puede despegar con efectividad. Esto se debe en primer lugar, a que para una considerable flexión de la pierna de apoyo a los músculos extensores les es más difícil extender la pierna durante el despegue; en segundo lugar, una pequeña flexión de la pierna de apoyo permite no solo soportar mejor una gran carga sobre ella en la fase de despegue, sino también extenderse más rápidamente.”

De acuerdo al ángulo de salida Linthorne citado por Del Valle et al Azpeitia, calcula un ángulo óptimo de proyección en la batida con un valor que oscila entre 20° y 25°. Ozolin et al Markov (1991) plantean que: “en los saltos de longitud con carrera de impulso, la velocidad horizontal es mucho mayor que la vertical y, por eso, el ángulo de salida es considerablemente menor de 45° (generalmente de 20°-26°)”. Jarver (1971), Nixdorf

(1990), y Jaramillo (1999), citados por Talavera (2006) reportan un rango de ángulo óptimo de proyección, de 15°-25°, 18.4° -26.6° y 18°- 25°, respectivamente. En ese sentido Según Seirul-lo (1992), en tabla comparativa de 6 saltadores de elite mundial, expone que los ángulos óptimos de salida están entre 18.7° y los 22.8°.

Analizando el ángulo de salida en el despegue del centro de gravedad, podemos remitirnos a la siguiente tabla.

Tabla # 1. Comparación ángulo de despegue con los valores de referencia.

Ángulo de salida (°)	Promedio saltadores elite	Diferencia	%	Promedio Finalistas Copa Cuba 2007	Promedio saltadores elite	Diferencia	%
33,88	19,79	14,09	71,19	34,29	19,79	14,5	73,26
32,63		12,84	64,88				
29,73		9,94	50,22				
33,36		13,57	68,56				
35,36		15,57	78,67				
27,66		7,87	39,76				
25,72		5,93	29,96				
38,38		18,59	93,93				
37,93		18,14	91,66				
36,12		16,33	82,51				
37,97		18,18	91,86				
36,05		16,26	82,16				
46,47		26,68	135,72				
35,55		15,76	79,63				
30,8		11,01	55,63				
30,79		11	55,58				
33,53		15,74	79,53				
35,2		15,41	77,86				

Teniendo en cuenta lo anteriormente referido, el análisis de los saltos, da como resultado que el 100 por ciento de la muestra está fuera del rango de referencia, teniendo como valor promedio un ángulo de proyección en el despegue de 34.29°, lo que significa que el valor está por encima de la referencia, esto hace responder que hay una tendencia a realizar el despegue más hacia el componente horizontal que vertical y por lo tanto hay poco aprovechamiento de la energía acumulada por la carrera de impulso.

Analizando la flexión de la pierna de despegue en la amortiguación, podemos remitirnos a la siguiente tabla.

Tabla 2. Análisis de la flexión de la pierna de despegue en la amortiguación.

No.	Ángulo de flexión de pierna despegue en la amortiguación (°)	Valor de referencia (°)	Diferencia	%
1	133,41	142,5	9,09	6,37
2	143,29		-0,79	-0,55
3	132,6		9,9	6,93
4	140,43		2,07	14,49
5	138,21		4,29	3
6	130,87		11,63	8,11
7	143,53		-1,03	-0,72
8	142,58		-0,08	-0,05
9	132,47		10,03	7,02
10	155,67		-13,17	-9,21
11	143,34		-0,84	-0,58
12	138,64		3,86	2,7
13	111,25		31,25	21,87
14	141,71		0,79	0,55
15	163,72		-21,22	-14,85
16	145,77		-3,27	-2,28
17	136,17		6,33	4,43
18	129,46		13,04	9,12
Media	139,06		6,88	3,13

El análisis realizado a esta parte del salto dio como resultado que 6 atletas, significando el 33.33 por ciento de la muestra, se encuentran por debajo del valor promedio propuesto, esto propicia que hace consumir la mayor parte de movimiento total de la ejecución en la batida, 6 atletas significando el 33.33 por ciento se encuentran por encima del valor de referencia y flexionan poco la pierna en la amortiguación por lo que propicia no poder transferir la energía cinética acumulada al final de la carrera de aproximación, solamente el 33.33 por ciento del resto de la muestra se encuentra dentro del valor de referencia propuesto por varios autores.

Tabla 3. Análisis del comportamiento del centro de gravedad en la fase de amortiguación y extensión activa.

Muestra	Altura. del CG. en la amortiguación (m)	Altura del CG. en el despegue (m)	Diferencia	Valor de referencia (cm.)	%
1	1,05	1,32	0.27	0,9	29,99
2	1,09	1,39	0.30		33,33
3	1,14	1,25	0.11		12,22
4	1,09	1,21	0.12		13,33

5	1,07	1,1	0.03	33,3
6	1,11	1,55	0.44	48,88
7	1,1	1,24	0.14	15,55
8	0,93	1,38	0.45	49,9
9	0,85	1,29	0.43	47,77
10	1,07	1,36	0.29	22,2
11	1,12	1,23	0.11	12,22
12	1,13	1,4	0.27	29,99
13	0,97	1,17	0.20	22,2
14	0,91	1,49	0.58	64,44
15	1,06	1,42	0.36	39,99
16	1,04	1,45	0.41	45,55
17	1,02	1,39	0.37	41,11
18	0,96	1,33	0.43	47,77

El análisis realizado mostró como resultado que solo un atleta está dentro del rango propuesto, con una diferencia entre las dos subfases de 3cm, los demás atletas presentan valores de más de 11 cm. de diferencia entre estas dos subfases, lo que significa que experimentan una marcada oscilación del centro de gravedad en el despegue, muy amplia. Según Talavera.

Conclusiones.

En la investigación realizada, pudimos constatar que los factores biomecánicos que condicionan la fase de despegue, analizados en la muestra estudiada, nos permite inferir que los mismos se encuentran lejos de los valores tomados como referencia de acuerdo con autores que han investigado en este objeto de estudio, en atletas elite. En este caso nos referimos a los parámetros de; ángulo de salida del centro de gravedad en el despegue, flexión de la pierna de despegue en la amortiguación, altura del centro de gravedad en la amortiguación y extensión activa esto que se obtenga un gran deterioro en el desempeño técnico incurriendo en errores de ese tipo.

Bibliografía

1. BRAVO, JULIO. salto de longitud. *En su: historia de las técnicas.* (2000) Págs.- 299-307.
2. BRAVO, JULIO. Atletismo 2. Saltos. Comité Olímpico Español. (2000)
3. DEL VALLE SOTO, MIGUEL. Y J. J AZPEITIA Biomecánica y Entrenamiento Deportivo .Evaluación Biomecánica del deportista. (s/f). Consultado el 27 octubre de 2007. Disponible en: <http://www.uam.es>.

4. DONSKOI, D. D Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva. (1982) Editorial pueblo y educación.
5. ENRÍQUEZ, CASTILLO. YANOCCHI. Comportamiento de los parámetros biomecánicos que condicionan la estructura técnica del paso de los sprinters cubanos en el tramo 50-60”. Trabajo de diploma. Matanzas, ISCF “Manuel Fajardo”. Cuba. (2004).
6. GUTIÉRREZ, DÁVILA MARCOS. Biomecánica Deportiva. Bases para el Análisis. (1998). Madrid, Editorial Síntesis.
7. LABRADA MOREJÓN, JORGE L. (s/f). Contribución de la biomecánica para un entrenamiento más efectivo en el salto largo.
8. OZOLIN, N. G. Y D. P. MARKOV. Atletismo. Tomo 1(1991).Ciudad de la Habana. Editorial Científico Técnica.
9. QUINTANA DÍAZ, VÍCTOR. Los saltos .*En su*: Atletismo en el ámbito escolar y deportivo (1991). Editorial Pueblo y Educación. Págs. 66-127
10. SEIRUL-LO, FRANCISCO. Salto de longitud y triple. *En su*. “Los saltos”. (2000). Armenia, Editorial. Págs.- 188-267.
11. TALAVERA, ARNADIS. Análisis biomecánico de la carrera de impulso y el despegue del salto largo en dos atletas universitarios. (2006). 1er Congreso de Biomecánica Universidad de los Andes .valencia.
12. VILLALBA, MIGUEL A. Longitud y Triple. Generalidades de los saltos. (2000) Consultado el 20 de octubre de 2007 Disponible en: <http://www.catorrent./porlongitriple-pdf>.