

PROCEDIMIENTO PARA EL ANÁLISIS BIOMECÁNICO EN LOS PRIMEROS PASOS DE CARRERA EN VELOCISTAS

PROCEDURE FOR BIOMECHANICAL ANALYSIS IN THE FIRST STEPS OF RACE IN SPRINTERS

Ms.C. Alberto Miguel Morales Fábregas (amfabregas@uclv.cu)¹. Dr.C. Alberto Bautista Sánchez Oms (asoms@uclv.cu)². Dr. C. Juan Manuel Perdomo Ogando (jpogando@uclv.cu)³. Rayner Toledo Rio⁴.

Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas. Facultad de Cultura Física. Cuba.

¹Master Actividad Física Comunitaria (Esp. Atletismo de alto rendimiento), profesor Auxiliar, coordinador de año; profesor de atletismo; ² Doctor en Ciencias de la Cultura Física, profesor Titular, director del Centro de Estudio Cultura Física y Deporte. ³ Doctor en Ciencias Pedagógicas, profesor Titular, profesor Principal de Biomecánica. ⁴ Ingeniero Informático, editor de la Revista CIAF

Resumen

La presente investigación surge como demanda tecnológica por las deficiencias técnicas en la ejecución de la fase inicial de aceleración, específicamente en los cuatro primeros pasos en las carreras de velocidad manifestadas por los atletas juveniles de la Escuela de Iniciación Deportiva Escolar (EIDE) de Vila Clara, Cuba; Mediante el diagnóstico de las deficiencias técnicas se determinaron las variables cinemáticas a estudiar, en aras del perfeccionamiento técnico de esta fase. El motivo de esta investigación viene dado por los pobres resultados que experimenta esta disciplina a nivel nacional y de la necesidad de contar con un procedimiento biomecánico que orienten el proceso de entrenamiento de los velocistas juveniles. En la investigación se emplearon métodos del nivel teórico y empírico. Como principal resultado se obtuvo un procedimiento biomecánico para el análisis de los primeros pasos de las carreras de velocidad, con el cual los usuarios están muy satisfechos.

Palabras clave: procedimiento, biomecánico, pasos, velocistas

Abstract

The present research arises as a technological demand for the technical deficiencies in the execution of the initial phase of acceleration, specifically in the first four steps in the speed races manifested by the youth athletes of the School of School Sports Initiation (EIDE) of Vila Clara, Cuba; By diagnosing the technical deficiencies, the kinematic variables to be studied were determined, in the interest of the technical improvement of this phase. The reason for this research is the poor results of this discipline at the national level and the need for a biomechanical procedure to guide the training process of youth sprinters. Theoretical and empirical methods were used in the research. The main result was a biomechanical procedure for the analysis of the first steps of the speed races, with which the users are very satisfied.

Keywords: procedure, biomechanics, steps, sprinters

Introducción

En Atletismo de velocidad, específicamente en la carrera de 100 metros planos, la salida de velocidad o la salida de tacos es la primera fase que se lleva a cabo dentro de una carrera de velocidad desde 1928 -1929.

Bezodis (2009) menciona que la salida de tacos, al formar parte de la primera fase de la carrera es aún más determinante a pesar de la brevedad de la misma, ya que una mala salida condiciona la aceleración resultante del atleta y por tanto una adquisición de la velocidad máxima más tardía.

Investigaciones realizadas en el campo de la Biomecánica por (Comín, et al., 1996; Rius, et al., 2005; Čoh, et al., 2006; Estrada, 2018), han determinado que durante el proceso de entrenamiento deportivo de los velocistas se hace muy difícil, a través de una simple observación poder capturar toda la información que brindan los movimientos; además de caracterizar la forma del velocista y los indicadores como: longitud del paso, frecuencia de los pasos, altura del centro de masa, nivel que alcanza la pierna en el paso anterior, ángulo del despegue posterior y del apoyo anterior entre otros.

El análisis biomecánico cualitativo es considerado como un método de examen del movimiento humano desde una aproximación sistemática (Knudson & Morris, 2007).

Estos factores biomecánicos deben ser atendidos por el entrenador durante el entrenamiento deportivo de los velocistas y para ello es preciso el empleo de la biomecánica, pues se hace muy difícil desde la simple observación, poder capturar toda la información que brindan los movimientos y de esta forma caracterizar al velocista desde indicadores como: longitud del paso, frecuencia de los pasos, altura del centro de masa, nivel que alcanza la pierna en el paso anterior, ángulo del despegue posterior y del apoyo anterior entre otros.

La Biomecánica desempeña un papel de suma importancia, porque su concepción científico metodológica, sienta las bases de la fundamentación teórica de las técnicas objeto de estudio de todas las disciplinas deportivas. En el sentido más general de su aplicación, el objetivo de la Biomecánica en las actividades deportivas se concentra en la caracterización y optimización de las técnicas de movimiento, a través de los conocimientos científicos presentes en la ciencia, que tienen como objeto de estudio la técnica deportiva.

El estudio biomecánico de la técnica es de gran utilidad tanto para el entrenador como para el deportista, ya que les proporcionan información cuantitativa sobre el rendimiento. De esta forma, muchas veces se dan a conocer aspectos que no son apreciables hasta que se utilizan estudios biomecánicos.

Desde el Programa Integral del Deportista (PID) de velocidad plana y con vallas, que es el documento metodológico que orienta a los entrenadores deportivos, no se aprecia una caracterización del desplazamiento de los corredores, ni como realizar dicho análisis.

De lo anterior se desprende que hay necesidad de adaptar el procedimiento biomecánico propuesto por colectivo de autores de la Facultad de Cultura Física al análisis de los primeros pasos de carrera de los velocistas juveniles de la Escuela Iniciación Deportiva Escolar (EIDE) "Héctor Ruiz",

Objetivos

Adaptar el procedimiento biomecánico propuesto por colectivo de autores de la Facultad de Cultura Física al análisis de los primeros pasos de carrera a las características de los velocistas juveniles de la EIDE “Héctor Ruiz” de Villa Clara.

Conocer el nivel de satisfacción de los usuarios con el procedimiento propuesto, una vez aplicado con velocistas juveniles.

Material y Métodos

La investigación se clasifica como aplicada ya que da respuesta a un problema práctico del deporte de Atletismo cuya demanda surge a partir de los directivos y entrenadores de este deporte.

Entre los métodos del nivel teórico y empírico están: el inductivo-deductivo, el análisis y síntesis, el enfoque sistémico-estructural, el análisis de documentos, la entrevista, el estudio de casos, el estadístico-matemático, el estudio biomecánico, y el criterio de usuarios.

El estudio biomecánico: este permitió realizar el análisis de los movimientos en la técnica de los primeros pasos de carrera de velocidad plana.

En este estudio se parte del modelo técnico de Grosser (1982) para la técnica de las carreras de velocidad.

Las variables de estudio se concretaron en los parámetros cinemáticos siguientes: grados de empuje en el despegue posterior, grados de amplitud en el paso anterior, grados de inclinación del tronco, longitud de pasos, velocidad, aceleración.

Se empleó una cámara PANASONIC. Se les colocó a los atletas, según la vestimenta del sujeto, el fondo del espacio de captura y el tipo de iluminación, fácilmente distinguibles del resto del entorno, y visibles la mayor cantidad de tiempo para las cámaras.

La iluminación contó con la luz natural de la pista al aire libre y se realizó un espacio de captura de los cuatro primeros pasos (aproximadamente cinco metros).

Se utilizó el Kinovea, que es un software gratuito de análisis de videos e imágenes, dedicado al deporte.

Contexto y sujetos de la investigación

El contexto de estudio fue la Escuela de Iniciación Deportiva Escolar “Héctor Ruíz Pérez” de Villa Clara, en el área donde habitualmente realizan la sesión de entrenamiento.

Entre los sujetos de la investigación estuvieron: los cuatro atletas que conforman la población de velocistas de carreras planas, entre ellos tres varones y una hembra que pertenecen a la categoría juvenil. Éstos atletas son medallistas de los últimos dos juegos de la categoría juvenil los cuales transitaban en dicho centro en las categorías precedentes a la juvenil, por lo que ha acumulado experiencia deportiva y un adecuado desarrollo de habilidades

El entrenador de velocidad de la EIDE “Héctor Ruíz Pérez” de Villa Clara, con más de 15 años de experiencia y cuatro miembros de la Comisión Provincial de Atletismo y los dos miembros del colectivo de Biomecánica de la Facultad de Cultura Física, todos ellos con categorías académicas y científicas en algunos casos.

Criterio de usuarios sobre el sistema de indicadores

Se utilizó la Técnica de IADOV para la evaluación de la satisfacción de los usuarios, teniendo en cuenta los postulados teóricos de Campistrous y Rizo (2006) citado en Fernández y López (2014).

Se empleó un cuestionario cuenta con un total de cinco preguntas cerradas y dos abiertas, cuya relación ignora el sujeto. El número resultante de la interrelación de las 5 preguntas cerradas, nos indica la posición de cada sujeto en la escala de satisfacción, o sea su satisfacción individual.

Esta técnica también permitió obtener el índice de satisfacción grupal (ISG), para lo cual se trabajó con los diferentes niveles de satisfacción que se expresan en la escala numérica que oscila entre +1 y - 1 de la siguiente forma:

La satisfacción grupal se calcula por la siguiente fórmula:

$$ISG = \frac{A (+1) + B (+0.5) + C (0) + D (-0.5) + E (-1)}{N}$$

El índice grupal arroja valores entre + 1 y - 1. Los valores que se encuentran comprendidos entre - 1 y - 0,5 indican insatisfacción; los comprendidos entre - 0,49 y + 0,49 evidencian contradicción y los que caen entre 0,5 y 1 indican que existe satisfacción.

Estadístico-Matemático:

Se utilizó el paquete estadístico SPSS que permitió calcular la media, la mediana, la desviación estándar y coeficiente de variabilidad.

Resultados

Diagnóstico del estado actual del análisis de la técnica de las carreras de velocidad.

Al valorar el Programa Integral de Preparación del Deportista de Carreras planas y con vallas se pudo constatar que no ofrece procedimiento alguno para hacer análisis de la técnica, solo aborda un grupo de aspectos relacionados con la dirección técnica, a los cuales debe prestar atención el entrenador deportivo y que están dirigidos más bien a la enseñanza. Sin embargo, este no hace mención al empleo por los entrenadores de un análisis biomecánico de la técnica y mucho menos se habla de un procedimiento para el mismo.

Al valorar los resultados de la entrevista a los entrenadores, miembros de la Comisión Técnica de Atletismo, se pudo constatar también, que los análisis de la técnica que se realizan tienen un carácter empírico, pues siguen procedimientos tradicionales sin que se pongan de manifiesto la utilización de la biomecánica, ni el uso de la informática. Estos plantean, además, que para ellos resultaría novedoso el análisis de la técnica basado en un procedimiento biomecánico con el cual no cuentan.

Criterios utilizados para la adaptación del procedimiento biomecánico creado por el colectivo de autores de la Facultad de Cultura Física para el análisis de los primeros pasos de carrera en corredores de velocidad

Para determinar los pasos para el análisis de los primeros pasos de carrera de los velocistas, se hizo un taller donde participaron profesores del colectivo de

Biomecánica de la Facultad de Cultura Física en la Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas.

En el taller se dieron a conocer los objetivos del mismo y se presentó una primera versión de los pasos del proceder metodológico, los cuales son sometidos a discusión; posteriormente se llegó a consenso y se hizo la propuesta definitiva para el análisis de los primeros pasos de carrera en corredores de velocidad.

El procedimiento se concreta en los siguientes pasos:

Paso 1: filmación mediante las cámaras, situadas frontal y lateralmente a la acción del corredor.

Paso 2: se digitalizaron las imágenes de los fotogramas a fotogramas

Paso 3: se sincronizaron los datos obtenidos de cada cámara

Paso 4: fase: obtención de resultados.

Paso 5: procesamiento y análisis estadístico.

Discusión

Puesta en práctica del procedimiento adaptado para el análisis de los primeros pasos de carrera en corredores de velocidad

Una vez aplicado el procedimiento a los cuatro atletas de velocidad, se obtuvieron los siguientes datos:

Tabla 1 Resultado de las variables, despegue posterior, paso anterior e inclinación del tronco.

Atletas	Despegue posterior	Paso anterior	Inclinación del tronco
1	168°	103°	85°
2	162°	88°	46°
3	161°	115°	57°
4	156°	73°	51°
Media	161,75	94,75	59,75
Mediana	161,5	101,5	54
Desviación	3,25	14,25	12,63
Coeficiente de Variabilidad	0,02	0,14	0,23

Como se puede apreciar en la tabla uno, los cuatro corredores presentan diferentes ángulos de inclinación en los últimos cuatro pasos, o sea los datos se encuentran muy dispersos, lo cual se puede ver al valorar la desviación y el coeficiente de variabilidad, en el caso de la joven corredora que también es primer año de la categoría juvenil, muestra la menor inclinación con 85°, lo cual puede estar dado por mayor debilidad en músculos de la espalda y problemas en la técnica de carrera, el resto de los corredores presentan una aceptable inclinación destacándose, el corredor número dos. En sentido general, los valores de la mediana se comportan

de manera satisfactoria para los diferentes ángulos, a pesar de lo antes señalado respecto a la atleta del sexo femenino.

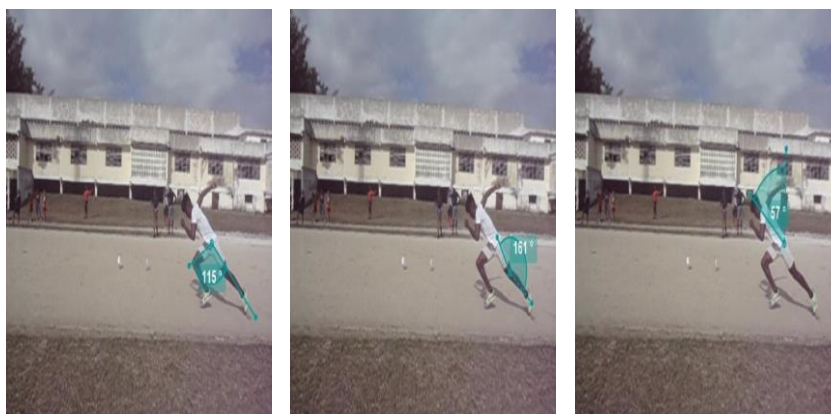
Los valores del ángulo de despegue posterior y paso anterior, determinan el largo de cada zancada y está a su vez está notablemente determinada por el largo de pierna y la fuerza producida en el menor tiempo.

Como ya se planteó, si tomamos como referencia las imágenes de la atleta uno, el ángulo de despegue posterior es mayor que los de los restantes atletas, al igual que el paso anterior, ya que la misma adopta una posición más erguida que los demás de manera prematura, o sea el tronco no está tan inclinado y por tanto el empuje de la pierna de despegue es más potente al no estar colocado muy por delante del centro de gravedad, además, las mujeres son más flexibles que los varones lo cual puede estar también influyendo.



Figuras 1. Ángulos del despegue posterior, paso anterior e inclinación del tronco, sexo femenino

Al comparar la joven atleta con el atleta masculino número dos, se ve claramente la diferencia en los ángulos, sobre todo por el hecho de poseer una mejor técnica y mayores niveles de fuerza en relación a la joven.



Figuras 2 Ángulos del despegue posterior, paso anterior e inclinación del tronco, sexo masculino

Tabla 2 Resultados del comportamiento de la longitud en cada uno de los pasos en los atletas estudiados.

Atletas	Paso 1	Paso 2	Paso 3	Paso 4
1	1,37	2,04	2,20	2,26
2	1,64	1,69	1,73	2,2
3	1,76	1,77	1,77	2,01
4	1,86	2,12	2,15	2,15
Media	1,66	1,91	1,96	2,16
Mediana	1,7	1,73	1,75	2,08
Desviación	0,15	0,18	0,21	0,07
Coeficiente de Variabilidad	0,09	0,10	0,12	0,04

El ritmo y la frecuencia en la carrera de velocidad resultan ser dos aspectos fundamentales para poder conseguir un buen rendimiento en este tipo de pruebas. Según Vittori (1986), el ritmo se puede definir como la sucesión ordenada de la forma de movimiento y la frecuencia con la que se repiten las diferentes fases. La frecuencia por su parte, se refiere al número de pasos por segundo y está influenciada por el mayor o menor desplazamiento angular que los diferentes segmentos del tren inferior cumplen en la ejecución del paso, es decir su amplitud.

Entre la frecuencia y la amplitud existe una particular conexión, puesto que el aumento de velocidad es producto del aumento de la frecuencia como de la amplitud de los pasos, con una progresiva reducción del tiempo de apoyo.

Para un buen desarrollo y una correcta optimización atlética de la prueba, es necesario atender a como incide la evolución de la amplitud y la frecuencia de paso sobre la velocidad, ya que permitirá establecer métodos y estrategias que harán al atleta afrontar con mayores garantías el transcurso de la prueba.

Por otro lado, en este apartado es necesario mencionar la estrategia en la carrera de velocidad, puesto que tanto el ritmo como la frecuencia van a estar relacionados con ella a la hora de poder determinar una distribución de la amplitud de los pasos y el esfuerzo que optimice las posibilidades del atleta.

La amplitud de los pasos en la fase de aceleración está determinada por:

Magnitud de fuerza.

Impulso.

Dirección de fuerza.

Amplitud de movimiento aplicada.

También en esta fase es importante la dirección de fuerza, por lo que se considera importante:

Relación del centro de masa con la base de apoyo.

Aplicación de fuerza a línea de potencia.

Ángulo de la espinilla.

Secuencia de reclutamiento muscular.

Extensores de caderas, luego extensores de rodilla.

Como se aprecia en la tabla hay un incremento progresivo de la longitud del paso en todos los atletas, no obstante, el atleta tres mantiene la misma longitud en los pasos dos y tres y el atleta cuatro en los pasos tres y cuatro los atletas tres y cuatro.

Si se hace una valoración de los resultados de la mediana, podemos decir que hay un incremento progresivo lo cual favorece a la aceleración y la velocidad, sobre todo a la primera, manteniéndose los resultados bastante homogéneos por cada atleta en cada paso.

Si comparamos los resultados de longitud de los pasos de atletas estudiados por García-Verdugo (1972) oscilan en el cuarto paso entre 1,40 y 1,58 m que están por debajo de la mediana de los atletas estudiados, no obstante, consideramos que todavía estos atletas no tienen desarrollado los niveles óptimos de fuerza para lograr una mayor longitud.

Se hace notar que la longitud del paso de la atleta uno, que siendo de categoría inicial y del sexo femenino tiene la mayor longitud, pero es bueno aclarar que si es la de menor inclinación del tronco o sea que se yergue prematuramente, los pasos sean más largo, mientras que los atletas que poseen mayor inclinación, la longitud del paso sea menor que la atleta.

Es muy frecuente en los atletas poco "hechos" que existan estas faltas de progresión en la amplitud principalmente en el 2º y 3º pasos.

Esta falta de progresión puede estar motivada por numerosas causas, pero fundamentalmente son dos:

a) Técnica. Un primer paso excesivamente largo con apoyo por delante del centro de gravedad, provoca un frenazo y por consiguiente un segundo paso más corto.

b) De preparación. Poca fuerza en las piernas y como consecuencia se produce el hundimiento al no poder salir con prontitud de esta posición. Otros factores pueden ser faltos de coordinación, equilibrio, etc.

Resultados del criterio de los usuarios introductores sobre la propuesta procedimiento biomecánico para el análisis de la variabilidad de la ejecución técnica de los primeros pasos de carrera de los velocistas juveniles.

Valoración de la propuesta por los usuarios

Resultados del índice de satisfacción grupal (ISG), aplicado a los usuarios introductores.

Estos usuarios están conformados por 4 miembros de la Comisión Técnica de Atletismo y el entrenador principal de Velocidad que a su vez funge como jefe del colectivo técnico de Atletismo.

El índice de satisfacción grupal alcanzado indica que existe complacencia de los usuarios introductores con el procedimiento propuesto, a pesar de que hacen varias reflexiones al contestar las preguntas abiertas, que son tenidas en cuenta en su perfeccionamiento.

Las respuestas a estas preguntas están asociadas a la necesidad de implementar formas de superación que permitan un rápido adiestramiento con los pasos

determinados para el uso de la biomecánica en el análisis de los primeros pasos de carrera.

Conclusiones

Al valorar el estado actual en que se hacen los análisis de la técnica de las carreras de velocidad plana, se pudo constatar que se realiza de manera empírica sin el empleo de las nuevas tecnologías, lo cual demandó la elaboración de un procedimiento para el uso de la biomecánica con el cual los usuarios expresan una alta satisfacción.

Referencias

- Bezodis, N. E. (2009). *Biomechanical investigations of sprint start technique and performance*. [A Doctoral Thesis of Philosophy]. University of Bath. <https://researchportal.bath.ac.uk/en/studentTheses/biomechanical-investigations-of-sprint-start-technique-and-perfor>
- Campistrous, L. y Rizo, C. (2006). *El criterio de expertos como método en la investigación educativa*. Editorial. INDER.
- Čoh, M.; Tomažin, K., y Štuhec, S. (2006). The biomechanical model of the sprint starts and block acceleration. *Physical Education and Sport, Vol.4, n.2*, 103-114. https://elitetrack.com/article_files/biomechanics-block-start.pdf
- Čoh, M.; y Tomažin, K. (2006). Kinematic analysis of the sprint starts and acceleration from the blocks. *New Studies in Athletics, Vol. 21, n.3*, 23-33. <http://centrostudilombardia.com/wp-content/uploads/IAAF-Corsa-Velocita/2006/Kinematic-analysis-of-the-sprint-start.pdf>
- Comín, M.; Dejoz, R.; Peris, J. L. C.; Atienza, C., y Vera, P. (1996). Conceptos básicos de mecánica en biomecánica. *Revista Biomecánica, Vol. IV, n.7*, 96-109. <https://core.ac.uk/download/pdf/41783551.pdf>
- Estrada, Y. C. (2018). Biomecánica: de la física mecánica al análisis de gestos deportivos. Ediciones. USTA. Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/12464/Obracompleta.2018Estradayisel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Fernández, A., y López, A. (2014). Validación mediante criterio de usuarios del sistema de indicadores para prever, diseñar y medir el impacto en los proyectos de investigación del sector agropecuario. *Revista Ciencias Técnicas Agropecuarias, Vol. 23, n.3*, 77-82. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2071-00542014000300012&lng=es&tlng=es
- García-Verdugo (1972). *Análisis de los 100 metros lisos. Velocidad-frecuencia, consideraciones técnicas*. Editorial. INDER.
- Knudson, D. (2007). Qualitative biomechanical principles for application in coaching. *Sports biomechanics. International Society of Biomechanics in Sports. Vol.6, n. 1*, 109-118. <https://www.researchgate.net/publication/629452> doi: 10.1080/14763140601062567

- Rius, J.; Padullés, J. M.; López, J. L.; Sánchez, R.; Rosich, M.; Sánchez, L., y Escalona, M. (2006). *Metodología y técnicas de atletismo*. Editorial. Paidotribo.
- Vittori, C. (1986). Ipotesi di un modello ritmico della corsa dei 100 m. e sua utilizzazione come metodo di controllo dell'allenamento. *Revista Atletica Studi*, Vol.6, 451-456.
- <http://centrostudi.fidal.it/centrostudi/web/index.php?r=item%2Fview&id=377>