



Revista Actividad Física y Ciencias
Año 2017, vol. 9, N°2

**CARACTERÍSTICAS BIOMÉCANICAS TEMPORALES DEL PASE DE LA VALLA EN
LA CARRERA DE 100 FEMENINO**

**TEMPORARY BIOMÉCANICS CHARACTERISTICS OF THE PASS HURDLE IN THE
100 FEMALE RACE**

Alberto Colina

albertocolina04@gmail.com

Mihai Zissu

zissumihai@yahoo.com

Instituto Pedagógico de Caracas-UPEL

Recibido: 10-12-2017

Aceptado: 15-06-2018

Resumen

En el presente estudio se analizaron las características biomecánicas temporales que inciden en las acciones del pase de la primera, quinta y octava valla de la carrera de 100 metros con vallas, ejecutadas por atletas de sexo femenino de Venezuela. Fue un trabajo de campo de carácter descriptivo-comparativo, donde se video grabaron en condiciones de entrenamiento cinco atletas, cuatro pertenecientes a la Selección Nacional de Atletismo y la quinta de ellas, a la Selección de Distrito Capital. La recolección y procesamiento de los datos se realizó a través del método videográfico bidimensional, con la utilización del Sistema Computarizado "Peak Motus". Se cuantificaron las variables temporales entre la primera, quinta y octava valla. Se encontró que los tiempos totales de los pases de las vallas estudiadas, se mantuvieron similares entre sí, lo que se considera una debilidad de las ejecuciones de los sujetos estudiados por no ser un comportamiento típico de un atleta de alta competencia.

Palabras clave: atletismo, biomecánica, cinemática, carreras, pase de valla

Abstract

In the present study, we analyzed the temporal biomechanical characteristics that affect the pass actions of the first, fifth and eighth hurdles of the 100-meter hurdles, executed by Venezuelan female athletes. It was a field work of a descriptive-comparative nature, where video was recorded in five categories of athletes, four belonging to the National Athletics Selection and the fifth of them, to the Capital District Selection. The collection and processing of the data was done through the two-dimensional videographic method, with the use of the Computer System "Peak Motus". The temporal variables between the first, fifth and eighth fence were quantified. It was found that the total times of the steps of the fences studied, remained similar to each other, which is considered a weakness of the executions of the subjects studied for not being a typical behavior of a highly competitive competition.

Keywords: athletics, biomechanics, kinematics, racing, hurdling

Introducción

Una de las modalidades deportivas más atractivas para espectadores, técnicos, participantes y más aún para los avances de los estudios científicos es el Atletismo, quizás por su amplia y diversa gama de pruebas (pista y campo) que lo conforman como disciplina deportiva.

El Atletismo ha evolucionado en la medida en que la investigación, la misma práctica deportiva, el entrenamiento y la competencia se han ido perfeccionado con la creación cada día de modernos medios y sistemas de entrenamiento con laboratorios de investigación y experimentación deportivas más precisos en áreas de la metodología, medicina y ciencias aplicadas al deporte (Jaramillo, 1999).

La carrera de 100 metros con vallas es considerada una destreza motora altamente compleja que requiere una mayor atención por parte de un equipo multidisciplinario si realmente se pretende alcanzar representativas actuaciones en escenarios nacionales e internacionales. Es una de las pruebas atléticas que por su naturaleza presenta un gran nivel de complejidad en su patrón de movimiento, tanto durante el pase de las vallas, como también en las demás fases del evento (salida y carrera hasta la primera valla, la carrera entre vallas y la carrera desde la última valla hasta la llegada). Es por este motivo que la convierte en una de las especialidades deportivas de gran atractivo y de interés para los estudios en Biomecánica.

Zaporozhanov y Cols (1984) señalan que, en la actualidad la carrera más interesante, estética y organizada es la de las vallas. La rapidez y precisión de los movimientos, el patrón estricto y rígido son rasgos destacables de la carrera de los mejores vallistas.

Cabe destacar que, para la mejor comprensión del análisis del patrón de movimiento específico, es conveniente dividir y describir por fases o períodos dicha prueba atlética, y de este modo, tratar de atender en detalles las acciones correspondientes a la misma, hasta lograr aproximar cada vez más al atleta al objetivo que se persigue, el cual consiste en recorrer una distancia en el menor tiempo posible y con la mínima pérdida de tiempo en el pase de la valla.

Técnicos e investigadores de la Federación de Asociaciones Internacionales de Atletismo Amateur (IAAF) (Revista IAAF, 2001), reportan que, uno de los factores biomecánicos que son determinantes en el resultado de las carreras con vallas es el del pase de las vallas. Este debe ejecutarse a través de un vuelo con una trayectoria del centro de gravedad del atleta lo más plana posible y un apoyo activo luego de cada valla, evitando una caída importante del centro de gravedad del cuerpo en el momento del apoyo (segundo apoyo) después de superar la valla.

Asimismo, reporta la revista IAAF (2001), que la trayectoria del centro de gravedad del cuerpo en el pase de las vallas se eleva, lo que interrumpe la acción normal de la carrera, y como resultado, se pierde velocidad horizontal tanto en el despegue frente a la valla como también en el apoyo detrás de ésta. La calidad de la técnica del pase, por lo tanto, puede ser evaluada por la cantidad de velocidad horizontal perdida, lo que incide en el indicador más importante del pase, que es el tiempo real que toma sortear las vallas y la suavidad de la transición en el retorno a la carrera entre vallas.

Los resultados obtenidos hasta los actuales momentos por las vallistas que representan a Venezuela en eventos nacionales e internacionales, reflejan que las atletas venezolanas se encuentran en significativa desventaja con respecto a la actuación de las atletas de talla internacional de otros países. Así lo corrobora Vinker (2005) cuando publicó resultados del Ranking Sudamericano de la carrera de 100 metros con vallas, donde fueron reportadas las tres mejores marcas en dicho ámbito Sudamericano; en el primero y segundo lugar figuraron las brasileras, Maurren Higa Maggi con un tiempo de 12,71 s y en el segundo lugar Maila de Paula Machado con un tiempo de 12,86 s, quedando en el tercer lugar la Ecuatoriana Nancy Vallecilla con un tiempo de 13,16 s. Mientras que la posición ocupada por la venezolana Sandrine Legenort (record nacional) fue el número 27, lo que confirma lo antes señalado.

Se puede apreciar que los resultados en el ámbito Internacional se encuentran por debajo de 13,00 s, mientras que el récord a nivel nacional es 13,79 s (Federación Venezolana de Atletismo, 2005). La marca nacional fue establecida por Sandrine Legenort después de más de diez años del anterior récord que fuera implantado por la atleta Arlene Phillips, con un tiempo de 13,85 s, quedando aun así muy por debajo del nivel mundial, al igual que las otras atletas nacionales que se le han podido aproximar.

Entrevistas informales con entrenadores y atletas además de las revisiones bibliográficas, revelan que los resultados obtenidos por las vallistas venezolanas se han logrado sin contar con

apoyo científico minucioso a lo que en materia de Biomecánica se refiere. Esta situación motivó al investigador a realizar un estudio piloto (cualitativo) a las dos atletas (corredoras de 100 metros con vallas de la Selección de Venezuela) que arrojaron los mejores tiempos en el Campeonato Nacional de Atletismo 2004, para detectar los posibles problemas biomecánicos en la parte inicial, intermedia y final de la carrera de 100 c/v.

Posterior al análisis cualitativo realizado en el laboratorio de biomecánica de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador - Instituto Pedagógico de Caracas y el laboratorio de biomecánica del Instituto Nacional de Deporte, donde hubo participación de entrenadores, profesores experimentados y del suscrito investigador, se realizaron apreciaciones que presentaron coincidencias de criterios sobre aspectos técnicos y biomecánicos de las ejecuciones, hecho que motivó realizar un estudio biomecánico más amplio y formal. Entre las apreciaciones se mencionaron las siguientes debilidades:

- Apoyo de toda la planta del pie de impulso en el instante de la acción de amortiguación, para el ataque a la valla.
- Tiempo de total del pase prolongado
- Entre otras debilidades técnicas.

El rendimiento poco satisfactorio antes los escenarios de nivel Internacional (Campeonatos Sudamericano, Centroamericanos, Mundial y Olímpico) obtenidos por las vallistas de la Selección Nacional de Venezuela conjuntamente a las debilidades identificadas en el Estudio Biomecánico Cualitativo son las razones que motivan al investigador a realizar un análisis de las variables temporales del pase de las vallas en la carrera de 100 metros con vallas.

Se seleccionaron la primera, quinta y octava valla de la carrera, porque los resultados de algunos estudios relacionados con las pruebas de 100 metros y 110 metros con vallas. Zaporozhanov, Sirenko y Yushko (1992), han demostrado que los atletas alcanzan su máxima velocidad al nivel de la mitad de la carrera. Para Zissu y Rodríguez (1990) y Bruggemannl, Koszewskid y Muller (1982) la primera valla por ser el obstáculo de mayor dificultad debido a la inclinación del cuerpo en la aceleración inicial, la poca velocidad alcanzada en dicho tramo no siempre el atleta llega en la posición adecuada frente a la valla para el pasaje; y la octava valla se seleccionó por ser ubicada en una parte final de la carrera donde interviene el cansancio neuromuscular.

Coh y Dolenech (1997), realizaron un estudio a la atleta Brigita Bikovec, quien fue medallista de plata (debutante) en los Juegos Olímpicos de Atlanta, obteniendo los resultados que se reflejan en el Cuadro 1.

Cuadro 1**Características espacio-temporales y temporales del pase de la primera y sexta valla de la atleta Brigita Bikovec (100 m c/v)**

Apellido y Nombre	Prueba	Sexo	Número de valla	Velocidad Horizontal Instantánea sobre la valla	Tiempo De Vuelo	Tiempo Total
Brigita Bikovec	100 m/v	F	1era	5,40 m/s.	0,34 s	12,59 s
			6ta	8,66 m/s	0,32 s	

Nota. Datos tomados de Coh y Dolenc (1997).

Los autores Coh y Dolenc (1997), tomaron en cuenta para realizar el estudio al atleta récord del mundo en el año 1993 al atleta Colin Jackson, los resultados de algunos estudios de investigaciones como fueron, La Fortune (1988); Salo, Peltola y Vutasalo (1993); Grinshau (1995); Iskra (1995), los cuales mostraron que el vallista alcanza la mayor velocidad horizontal entre la 4ta y 5ta valla y que es allí donde se establece una alta correlación de la velocidad horizontal alcanzada y el rendimiento de los atletas en los 110 metros con vallas.

Señalan Zissu y Rodríguez (1990) que, la mayoría de las investigaciones realizadas con respecto a la velocidad de desplazamiento, demuestran que en las carreras de 100 metros planos los atletas van acelerando hasta aproximadamente 50 metros, que es cuando se alcanza la máxima velocidad horizontal. Posteriormente, se logra mantener la velocidad durante un determinado tramo (desde 50 m hasta los 80 m aproximadamente), después del cual se produce una desaceleración hasta el final de la carrera.

Del mismo modo, en el Proyecto IAAF (1997) se reportaron los resultados de los tiempos de vuelos y velocidades parciales y totales obtenidos por los atletas en el 6th campeonato mundial (Cuadro 2).

Cuadro 2**Características espacio-temporales y temporales del pase de la primera, quinta y octava valla de Kovac Igor (110 m c/v).**

Apellido y Nombre	Prueba	Sexo	Número de valla	Velocidad Horizontal Instantánea	Tiempo de Vuelo	Tiempo Total
Kovac Igor	110 m/v	M	1era	5,71 m/seg.	0,34 seg.	13,18 seg.

			5ta	9,14 m/seg.	0,32 seg.	
			8va	9,14 m/seg.	0,32 seg.	
			9na	8,79 m/seg.	0,34 seg.	

Nota. Datos tomados de Proyecto IAAF (1997). (IAAF, 2002)

En las referencias presentadas se puede observar que los atletas de nivel olímpico y mundial, en el principio de la carrera (13,00 m femenino y 13,72 m masculino), logran velocidades relativamente reducidas en comparación con la máxima que se puede alcanzar en la misma. En la mitad del trayecto se alcanza la velocidad más alta y al final, al igual que en las pruebas planas, se registran aceleraciones negativas.

De los antecedentes se deduce que la primera valla en la carrera de 100 metros con vallas, ubicada a 13 metros de la salida, es uno de los obstáculos de mayor dificultad para las atletas, por un lado, por la poca velocidad horizontal que se alcanza en la fase de aceleración inicial y por la mayor inclinación del cuerpo del atleta en ese trayecto. La 5ta valla se encuentra aproximadamente en la mitad de la carrera, donde las atletas pueden conseguir su velocidad máxima.

En la fase final de la carrera de 100 metros con vallas (a partir de la octava valla aproximadamente), las atletas pueden presentar un descenso de su velocidad horizontal, debido al posible cansancio neuromuscular.

Según Coh y Dolenc (1997), una eficaz técnica del pase de la valla puede estar definida por la velocidad horizontal del centro de gravedad durante el despegue frente a la valla, la altura del centro de gravedad durante el despegue, el tiempo de vuelo, la menor pérdida posible de velocidad horizontal del centro de gravedad durante el pase de la valla, un tiempo de contacto corto en la fase de despegue y la menor oscilación posible del centro de gravedad antes, durante y después del pase de la valla.

Considerando que la fase de ataque de la valla (período de apoyo antes del despegue) determina la trayectoria del cuerpo durante el corto vuelo sobre la valla y tomando en cuenta las dificultades que presentan muchas atletas en la ejecución de las acciones específicas correspondientes, se puede inferir que los principales motivos de las fallas técnico-biomecánicas en el pase de las vallas se deben a los problemas de ataque a la valla y a la velocidad de desplazamiento.

Por todo lo expuesto, se pretende a través de este estudio describir y analizar las características temporales y técnicas del pase de las vallas en la fase inicial (1ª valla), intermedia (5ª valla) y final de la carrera (8ª valla).

Es importante el presente estudio, debido que, la descripción cualitativa y cuantitativa de las variables temporales que inciden en el pase de la primera valla como la inicial, la quinta valla como la típica en el medio de la carrera, y la octava valla como la representativa en la fase final

de la carrera, así como también la detección de las posibles fallas y diferencias entre las características del pase de las vallas, pudieran favorecer a los entrenadores y atletas para buscar estrategias metodológicas adecuadas que permita el perfeccionamiento técnico – biomecánico de la destreza. El estudio puede contribuir con la disminución del tiempo total empleado por las atletas evaluadas en el pase de las vallas y por ende mejorar el rendimiento de dicha prueba.

Objetivos de la Investigación

Objetivo General

Analizar las características biomecánicas temporales durante el pase de la primera, quinta y octava valla en las carreras de 100 metros con vallas, ejecutados por atletas femenino de la Selección Nacional de Venezuela.

Objetivos Específicos

1. Establecer las características biomecánicas temporales durante el pase de la primera, quinta y octava valla en las carreras de 100 metros con vallas, ejecutados por los sujetos del estudio.
2. Analizar las variables temporales durante el pase de la primera, quinta y octava valla en las carreras de 100 metros con vallas, ejecutados por los sujetos del estudio.
3. Identificar las fortalezas y posibles debilidades técnicas y biomecánicas de las atletas evaluadas en la acción del pase de la primera, quinta y octava valla en la carrera de 100 metros con vallas, para introducir los correctivos necesarios que permitan optimizar la ejecución de la destreza.

Antecedentes de la Investigación

Coh y Dolenc (1997), realizaron un estudio biomecánico de la carrera y pase de valla a la atleta femenina Brigita Bukovec, quien fue medallista de plata (debutante) en los Juegos Olímpicos de Atlanta en la carrera de los 100 metros con valla; esta atleta presentó un registro personal de 12,59 s en la carrera con vallas.

El estudio biomecánico de Bukovec se centró en el análisis de variables cinemáticas y cinéticas de la salida, el comienzo de la aceleración, carrera entre la quinta y sexta valla, el pase de la sexta valla y velocidad dinámica de la carrera de 100 metros con vallas. Se utilizó un sistema videográfico bidimensional (2D) para el análisis cinemático – APAS. La filmación se realizó con tres cámaras sincronizadas-SVHS-JVC TK 1281 E- con una frecuencia de 50 Hz. Los resultados obtenidos en el estudio fueron los siguientes:

Cuadro 3**Características Cinemática del Pase de la Sexta Valla de una Atleta femenina (100 m c/v) de Nivel Internacional**

Nombre	Valla	Distancia (X) total	Distancia (X) ante la valla (ataque)	Distancia (X) después del pase (aterrizaje a la valla)	Altura Máxima del CG	Velocidad (X) de despegue	Ángulo de despegue (ataque)	Tiempo de Vuelo
Brigita Bukovec	6ta	3,13 m	2,09 m	1,04 m.	0,36	8,77 m/seg.	11,7 grados	0,32 seg.

Nota. Datos tomados Coh y Dolinee (2001)

Salo, Grimshaw y Marar (1997) realizaron un análisis biomecánico de tridimensional de la carrera con valla, en diferentes niveles competitivo, dirigido a atletas de sexo masculino y femenino de distintos niveles de performance, se utilizó el método videográfico tridimensional, se digitalizaron 28 intentos de ejecuciones de pase de valla, la frecuencia de la cámara fue de 50 Hz (50 campos por segundos, se utilizó un programa para la cuantificación de variables denominado “Kine Análisis”, software packge. Se tomó en cuenta los diferentes planos de movimiento de ejecución durante el pase.

Se encontró que el grupo femenino de más alto nivel de ejecución, logró una mayor distancia de ataque ($P=0,0006$), con un ángulo de proyección reducido, resultando el logro de una mayor velocidad horizontal de proyección ($P=0,0002$), en comparación al grupo femenino de menor nivel de rendimiento. En relación con al desplazamiento horizontal del CG del atleta desde el instante del despegue hasta el instante del aterrizaje después del vuelo, la máxima altura del CG en la parábola de vuelo, fue el 54 +/- 4% y 55 +/- 6% para los dos grupos masculino; mientras que en los dos grupos femenino fue de 54 +/- 7% y 51 +/- 3%, lo que demuestra que no hubo diferencias estadísticamente significativas entre los grupos masculino y femenino. Lo que indicó que la altura máxima del CG relativo de la parábola de vuelo fue similar en las diferentes ejecuciones y la altura máxima del CG absoluto parábola de vuelo, ocurrió en diferentes posiciones.

Gary (2003) realizó un estudio la biomecánica básica de los 100 m con vallas, el estudio se basó en las consideraciones técnica de las vallas altas (100m c/v y 110m c/v), el estudio fue de carácter descriptivo, donde se planteó que las carreras con vallas altas, deben verse, como una

prueba de velocidad. En este sentido el autor reportó que la aceleración y la conservación de la velocidad durante la carrera, son ingredientes clave para el éxito.

En su análisis el mismo autor presenta, las siguientes consideraciones logradas por las mejores vallistas:

1. La aceleración no la detienen en la primera valla, sino continúa hasta la cuarta y quinta valla. Por tal motivo, destaca que, esto no debería sorprender, debido que en las carreras de 100 m planos la aceleración se cumple hasta la mitad de la distancia total correspondiente a la prueba propiamente dicha, lo que representa en las carreras c/v el tramo donde van ubicadas la 4ta y 5ta valla.
2. La velocidad máxima se mantiene o estabiliza durante las vallas 6, 7, 8 y 9, momento donde las vallistas exitosas han conseguido el paso de carrera o ritmo del paso de carrera. El autor enfatizó que las vallistas que desean alcanzar alto nivel de Rendimiento físico-técnico, requiere de una preparación bien especializada.

Metodología

Tipo de Investigación

El presente trabajo está enmarcado en una investigación de carácter descriptivo, por cuanto a través de los objetivos específicos del presente estudio se pretende, en primer término, describir las características biomecánicas temporales que se manifiestan en el pase de la primera, quinta y octava valla en la carrera de 100 m con vallas; y, en segundo término, presentar el análisis de las variables cuantificadas y de posición durante el pase de las vallas establecidas.

Diseño de Investigación

El diseño de investigación es de campo, por cuanto los datos fueron recolectados directamente por el autor, a través de los procedimientos del método videográfico bidimensional implementado en la pista de entrenamiento, todo con el propósito de analizar el pase de valla y entender su naturaleza (Manual de Trabajo de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales de la UPEL, 2004).

Población

La población para la presente investigación son las atletas pertenecientes a la Selección Nacional de Atletismo de Venezuela y de la Selección del Distrito Capital, todas de sexo femenino, con satisfactorio dominio de la destreza (carreras de 100 m/v) y con importante experiencia en eventos nacionales e internacional.

Muestra

La muestra fue conformada por cinco (5) sujetos con condiciones especiales, de las cuales, cuatros (4) de ellas formaban parte de la Selección Nacional de Atletismo y una (1) de la Selección del Distrito Capital, para este último caso, se seleccionó a la atleta que tenía el registro más aproximado a las marcas impuestas a nivel nacional para el momento de iniciar el estudio. Cabe destacar que los resultados obtenidos por algunas de los sujetos de estudio, han mostrado una regular actuación con respecto a las marcas a nivel suramericano.

Variables del Estudio

En el presente estudio se consideraron las siguientes variables de acuerdo a las diferentes fases del pase de valla:

Características Biomecánicas Temporales

- (a) Tiempo total de la acción del período de apoyo en el pase de la valla (s).
- (b) Tiempo total del vuelo (s).
- (c) Tiempo total del pase de la valla (apoyo-vuelo) (s)

Procedimientos para la recolección de datos y análisis de los resultados

Para facilitar el proceso de recolección de los datos de la realidad en forma directa, la metodología que se utilizó fue la del método videográfico, para registrar de forma objetiva la ejecución de la destreza y luego, se cuantificaron las variables seleccionadas.

Para el análisis e investigación fueron empleados los métodos biomecánico cualitativo y cuantitativo. El primer método utilizado fue el cualitativo, donde se realizó una observación directa (momento de la video-grabación) e indirecta (apoyo audiovisual), a través del cual se analizó la destreza de forma apreciativa, sin participación de datos numéricos, lo que le dio un carácter más subjetivo al análisis; y su rigurosidad dependió del conocimiento y experiencia que tenía el investigador en la destreza deportiva evaluada. El segundo fue el método cuantitativo (resultados numéricos), el cual se realizó mediante el apoyo de equipos sofisticados, lo que le dio un valor agregado de exactitud y objetividad, aunque la precisión del proceso de cuantificación de variables se basa en la adecuada aplicación de los procedimientos específicos.

Técnica

Para obtener la información se utilizó la técnica videográfica básica y computarizada, con la recolección de datos en forma directa en condiciones experimentales. Se utilizó un instrumento de evaluación para el análisis cualitativo, el cual tenía como característica principal la descripción de variables e indicadores de la ejecución de la destreza, descompuesta en fases. La evaluación se realizó sobre la base de la apreciación de las características observables, se utilizó una escala de

estimación de 1 a 5 puntos, donde: 1 – era considerado muy deficiente; 2 – deficiente, 3 – regular, 4 – buena, 5 – óptima.

Se utilizaron para la evaluación bidimensional (en el plano sagital) de la destreza, tres (3) cámaras de videograbación, cada una ubicada lateral al plano de movimiento del pase de la primera, la quinta y otra en la octava valla.

Para la cuantificación de las variables se utilizó “Peak Motus”, que permitió la captura de los videos al sistema computarizado y la cuantificación automatizada de los resultados, y para la suavización de la curva el procedimiento de Buterworth de 5 Hz. Además, se utilizó el programa de cálculos instantáneos de variables biomecánicas “HU-MAN”, con el objetivo de comprobar resultados de las velocidades obtenidas por el otro sistema computarizado “Peak Motus”.

Evaluación Cualitativa de las Ejecuciones de los Pases de Vallas.

Para realizar la evaluación de la ejecución de la destreza a través de la observación directa (momento de la videograbación) e indirecta (apoyo audiovisual), se utilizó un instrumento especialmente elaborado, con una escala de estimación de 1 a 5 puntos para la apreciación de los indicadores y variables escogidas. El contenido del instrumento fue validado a través de un grupo de seis (6) expertos en la materia (atletismo y biomecánica) y la confiabilidad se determinó por medio de un estudio de caso piloto, en el cual participó un (1) sujeto con características similares a los del estudio. Se determinó la consistencia del instrumento mediante la aplicación repetida del instrumento a las ejecuciones del sujeto, con la participación de los expertos.

Cuantificación de las Variables

Este sistema de análisis cuantitativo ofrece resultados numéricos, a través de equipos sofisticados (Peak Motus System), lo que permitió que se arrojara datos exactos y objetivos, a través de los siguientes procedimientos:

1. Elaboración del Modelo Espacial: se definieron los puntos anatómicos, los segmentos corporales y dos puntos de referencia para identificación de las vallas; se definió el modelo para el cálculo del CG del cuerpo; los ángulos; y se especificó las fases del movimiento.
2. Determinación de la escala de conversión de unidades graficas a reales a través de la captura y digitalización del nivel video-grabado previamente.
3. Selección, captura y digitalización de la destreza analizada.
4. Se calcularon las variables y se obtuvieron los resultados.

Proceso de Videograbación

Se utilizaron para la video grabación tres (3) cámaras de video que estuvieron ubicadas fijas a una altura de 1,20 metros, perpendicularmente al plano sagital de movimiento, para apreciar los movimientos lineales, verticales y horizontales, y con rotación en los ejes trasversales. Las

cámaras se colocaron a una distancia aproximada de 25 metros perpendicularmente a los planos de ejecución de los movimientos para reducir errores de perspectiva. Cada sujeto realizó, en condiciones experimentales, una carrera de control, tipo chequeo, de 100 metros con vallas, en la cual trataron de lograr el mejor resultado.

Actividades Posteriores a la Videograbación

Posteriormente al video-grabación, las cintas fueron observadas detenidamente para la realización del análisis cualitativo, con la participación de los expertos en biomecánica y atletismo, especialistas en carreras con vallas, utilizando la técnica de la observación directa e indirecta. Luego, se cuantificaron los resultados, a través del proceso computarizado, en el cual se digitalizaron los puntos seleccionados y se aplicó el módulo de cálculo del sistema Peak Motus.

Análisis Estadístico de los Resultados

Para el análisis de los resultados se hizo uso de la estadística descriptiva e inferencial, donde se calcularon las medias y desviaciones típicas, los valores mayores, menores y recorrido de cada variable. Para dar respuesta a las hipótesis formuladas, se compararon las medias de las variables en la ejecución del pase de la primera, quinta y octava valla, a través del estadístico “Prueba T de Student” para la comparación de los grupos, para establecer las diferencias a un nivel de significancia de 0,05. Para el procesamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico de las ciencias sociales SPSS-PC 7.5.

Los resultados fueron presentados en tablas, gráficos de barras y gráficos de postura los cuales se analizaron e interpretaron en el siguiente orden:

- a) Presentación de los resultados.
- b) Análisis estadísticos de los resultados.
- c) Análisis de los resultados en función al modelo biomecánico teórico y la información obtenida de acuerdo a los estudios previos.

Características biomecánicas temporales en el pase de la valla

En el pase de las vallas se trata de ejecutar la destreza en el menor tiempo posible, ya que, por un lado, contribuye a reducir el tiempo total de la carrera, y por el otro, es factor importante en el aumento de la velocidad horizontal del pase. El tiempo total del pase de la valla se descompone en (a) tiempo de apoyo y (b) el tiempo de vuelo. Dichas variables son importantes porque indican la duración que emplea el atleta en la acción del pase de las vallas (el ataque, el vuelo y la caída), hecho que es determinante en el resultado final (Gráfico 12).

En el Cuadro 3 se presentan los resultados correspondientes a las características biomecánica temporales en el pase de la valla

Tiempo total del pase de las vallas

Los sujetos obtuvieron un Tiempo total promedio del pase de la primera valla de 0,48 segundos (DS = 0,04 s), de la quinta valla 0,47 segundos (DS = 0,05 s) y de la octava valla 0,49 segundos (DS = 0,06 s).

Se observó en el Cuadro 4 que el valor menor del tiempo total del pase de la primera valla fue de 0,42 segundos, de la quinta valla fue de 0,40 segundos y de la octava valla fue de 0,42 segundos. El valor mayor del tiempo total registrado en el pase de la primera y quinta valla fue de 0,53 segundos y en la octava valla el tiempo total fue de 0,58 segundos.

Se determinó que no hubo diferencias estadísticamente significativas a un nivel de significación de $r < 0,05$ entre el tiempo total del pase de la primera, quinta y octava valla, ejecutados por los sujetos del presente estudio, por lo que se acepta la hipótesis nula planteada. Se asume que el motivo de esta similitud pudo haber sido por la falta de una aceleración desde la primera a la quinta valla y al menor mantenimiento de la velocidad en la octava valla. Por otro lado, hubo un excesivo tiempo de apoyo, por el implante total (dificultando una acción rápida y activa en forma de zarpazo) en el período de apoyo y una excesiva componente vertical de la velocidad del cuerpo en la proyección para la fase de vuelo.

Cuadro 4

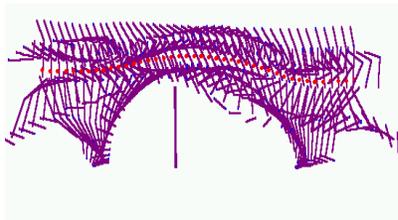
Tiempo total del pase de la primera, quinta y octava valla en la carrera de 100 metros con vallas, de los sujetos del presente estudio

Sujeto	Tiempo total del pase de la valla (apoyo-vuelo) (s)		
	1era	5ta	8va
1	0,48	0,48	0,48
2	0,42	0,40	0,42
3	0,48	0,48	0,48
4	0,50	0,50	0,50
5	0,53	0,53	0,58
Media	0,48	0,47	0,49
Desviación típica	0,04	0,05	0,04
Valor Menor	0,42	0,40	0,42

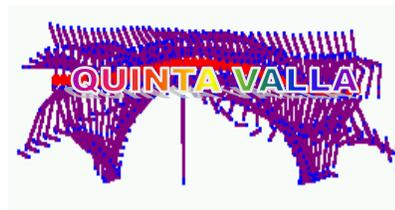
Valor Mayor	0,53	0,53	0,58
Rango	0,11	0,13	0,16

Al comparar los valores promedios obtenidos por las atletas del presente estudio con los resultados de las atletas de elite internacional de otros países, hallados en otras investigaciones, se puede apreciar que los valores de estos últimos se encuentran por debajo del promedio de los tiempos parciales del pase de las vallas de los sujetos en estudio (primera, quinta y octava), ya que los tiempos oscilan entre 0,42 y 0,43 segundo en la primera y octava valla. Sin embargo, se puede observar que el Sujeto 2 obtuvo valores similares con atletas de alto rendimiento internacional

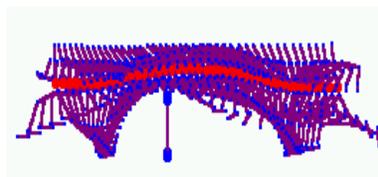
Los atletas de elite mundial consiguen su velocidad máxima en el tramo de la carrera que va desde la quinta valla hasta la séptima valla, hecho que se traduce en la obtención de un tiempo total de pase de la valla más reducido en comparación a los valores arrojados en la primera y octava valla. Coh y Dolenc (1997), encontraron un valor de 0,40 segundos del tiempo total del pase de la sexta valla, al realizar estudio a la atleta Brigita Bikovec de Slovenia, medallista de plata en los Juegos Olímpicos de Atlanta, 1996. Colina (2005) encontró valores de 0,40 segundos en el tiempo total del pase de la quinta valla, en mediciones hechas sobre un video de una atleta de la élite mundial. El mismo autor (2005), también encontró valores que oscilan entre 0,47 segundo y 0,53 segundo en el tiempo total del pase de la décima valla en dos (2) heptatletas de elite mundial, las cuales han obtenido en su registro individual tiempos en las carreras con vallas en un rango de 13,45 segundo hasta 12,90 segundos.



Primera Valla. T total= 0,48 s



Quinta Valla. T total= 0,47 s



Octava Valla. T total= 0,49 s

Figura 1. Características cinemáticas temporales en el pase de la valla

Nota. T pv = tiempo total del pase de la valla.

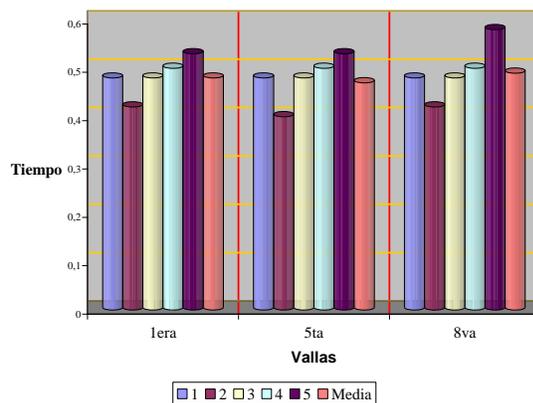


Gráfico 1. Tiempos totales de la acción del pase de valla.

Tiempo del Período de Apoyo en el Pase de las Vallas

El tiempo de acción del período de apoyo representa la duración desde el instante que el pie de apoyo hace contacto con la superficie hasta que el mismo pierde el contacto y se inicia la fase de vuelo. Esta se compone por (a) una acción excéntrica (de amortiguación), que se inicia en el instante en que el atleta hace contacto con la superficie de la pista hasta el instante de máxima flexión del miembro inferior de apoyo durante el ataque a la valla, y (b) una acción concéntrica, en la cual los atletas realizan la extensión de las articulaciones del miembro inferior de apoyo hasta la pérdida del contacto con la superficie.

Cuadro 5

Tiempo del período de Apoyo en el Pase de las Vallas, de los Sujetos del Presente Estudio

Sujeto	Tiempo de la acción del período de apoyo en el pase de la valla (s).		
	1era	5ta	8va
1	0,18	0,15	0,15
2	0,13	0,12	0,15
3	0,13	0,13	0,15
4	0,13	0,13	0,15
5	0,15	0,15	0,17

Media	0,14	0,13	0,15
Desviación típica	0,02	0,01	0,09
Valor Menor	0,13	0,12	0,15
Valor Mayor	0,18	0,15	0,17
Rango	0,05	0,03	0,02

En el cuadro 5 se observa que el valor medio del tiempo de apoyo del pase de la primera valla fue 0,14 segundos, en la quinta valla 0,13 segundos y en la octava valla 0,15 segundos. El valor menor del tiempo de apoyo en la primera valla fue de 0,13 segundos, en la quinta valla de 0,12 segundos y de la octava valla de 0,15 segundos. El valor mayor del tiempo de apoyo registrado en la primera valla fue de 0,18 segundos, en la quinta valla fue 0,15 segundos, y en la octava valla el tiempo de apoyo fue de 0,17 segundos.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre las medias del tiempo de apoyo de la primera, la quinta valla y octava valla, por lo que se acepta la hipótesis nula planteada.

Los valores promedios obtenidos por los sujetos del presente estudio se encuentran por encima de los valores de las atletas de nivel internacional. Coh y Dolenc (1997), encontraron un valor de 0,10 segundos durante el tiempo de apoyo para el pase de la sexta valla, al realizar estudio a la atleta Brigita Bikovec de Slovenia, medallista de plata en los Juegos Olímpicos de Atlanta 1996. Zaporozhanov, Sirenko y Yushk (1992) reportaron valores promedios que oscilan entre 0,11 segundo y 0,12 segundo durante el período de apoyo del pase de las vallas, y los mismos autores reportaron que las corredoras de velocidad planas han registrados tiempo de apoyo de 0,09 y 0,10 segundo. Sadavoka (2002) reporta valores del tiempo del período de apoyo de atletas de nivel internacional que oscilan entre 0,12 segundo hasta 0,13 segundo. Colina (2005) encontró valores de 0,10 segundo en el tiempo del período de apoyo de la quinta valla y 0,11 segundo en el período de apoyo de la primera y octava valla (Figura 2), en mediciones videográficas con una atleta de nivel olímpico.

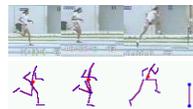
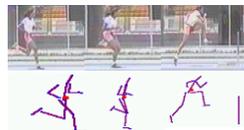
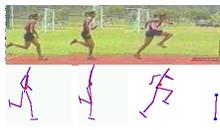
Se puede asumir que unas de las razones que pudo haber ocasionado la obtención de un tiempo de apoyo excesivo obedecen a los siguientes motivos:

- Implante total del pie durante la acción de ataque antes el pase de las vallas, hecho ocurrido por todas las atletas en estudio durante la acción del pase de las tres vallas seleccionadas para la

investigación. Zissu (1991) señala que en las carreras de velocidad el gesto típico del apoyo del atleta se debe realizar a nivel del metatarso.

- La falta de un contacto rápido y activo (zarpazo) para disminuir el tiempo de apoyo durante la acción de ataque a la valla.
- Excesivo ángulo de la articulación de la rodilla del miembro inferior de apoyo (impulso) en el instante de la máxima flexión (1era valla – 154°), 5ta valla (155°) y 8va valla (159°), en vez de realizar una mínima flexión de la rodilla para que el CG llegue en una posición adecuada al instante del despegue (Figura 2).

Primera Valla. T total= 0,14 s Quinta Valla. T total= 0,13 s



Octava Valla. T total= 0,15 s



Récord del Mundo= 0,10 s

Figura 2. Tiempo de apoyo en el pase de las vallas. T ap = tiempo de apoyo

La distancia horizontal excesiva entre el CG del atleta y la punta del pie de impulso en el instante del contacto registrada por los sujetos en estudio, la cual fue similar en la primera y quinta valla (0,51 metro), lo que puede reflejar una aceleración negativa del movimiento, una mayor amplitud del movimiento en el período de apoyo y la falta de una acción más rápida y activa del pie en contacto con la superficie.

Tiempo del Período de Vuelo en el Pase de las Vallas

El tiempo de vuelo es el tiempo que recorre el CG desde el instante de despegue del atleta en el ataque de la valla hasta el instante del contacto con la superficie después del pase de la valla.

Se observa en el Cuadro 6 que el valor medio del tiempo de vuelo durante el pase de la primera valla fue de 0,33 segundo, en la quinta valla fue 0,34 segundo y en la octava valla fue 0,34 segundo. Los sujetos estudiados registraron un tiempo de vuelo menor de 0,28 segundo, en la primera y quinta valla, y en la octava valla el tiempo fue de 0,27 segundo. El valor mayor del tiempo de vuelo obtenido en el pase de la primera valla fue de 0,38 segundo, en la quinta valla fue 0,38 segundo, y en la octava valla el tiempo fue de 0,42 segundo.

Cuadro 6
Tiempo de vuelo en el pase de las vallas, de los sujetos del presente estudio

Sujeto	Tiempo del vuelo (s)		
	1era	5ta	8va
1	0,30	0,33	0,33
2	0,28	0,28	0,27
3	0,35	0,35	0,33
4	0,37	0,37	0,35
5	0,38	0,38	0,42
Media	0,33	0,34	0,34
Desviación típica	0,04	0,04	0,05
Valor Menor	0,28	0,28	0,27
Valor Mayor	0,38	0,38	0,42
Rango	0,10	0,10	0,15
Diferencia Medias 1 ^a – 5 ^a V.	-0,01		
Diferencia Medias 1 ^a – 8 ^a	-0,01		
Diferencia Medias 5 ^a – 8 ^a	0,00		

Las diferencias entre las medias de la primera, quinta y octava vallas para el grupo de sujetos evaluados no fue significativa a un nivel de probabilidad de 95% ($r < 0,05$).

Los valores promedios del tiempo durante el período de vuelo obtenidos en la primera valla se encuentran alrededor de los valores promedios alcanzados por atletas de nivel internacional, mientras que los valores promedios registrados en la quinta y octava valla se encuentran ligeramente por encima de los resultados arrojados por los atletas de elite mundial y nivel

olímpico. Coh y Doleneć (1997), encontraron valores del tiempo de vuelo que oscilan entre 0,30 segundo hasta 0,34 segundo desde la primera hasta la sexta valla. En la Revista de la IAAF (2002) se reportaron valores de 0,30 segundo y 0,32 segundo entre la primera y la séptima valla. Bruggemannl, Koszewskid y Muller (1982) señalan valores del tiempo de vuelo que oscilan entre 0,30 segundo y 0,32 segundo en la primera valla, entre 0,28 segundo y 0,30 segundo en la quinta valla y en la octava valla entre 0,29 segundo hasta 0,34 segundo. Colina (2005) cuantificó valores de 0,30 segundo y 0,33 en la fase de vuelo arrojado por dos atletas de elite mundial que realizan pruebas múltiples y de 100 metros con vallas individual con resultados que oscilan entre 12,62 y 12,90 segundos, lo que muestra que los sujetos evaluados en el presente estudio tardan más tiempo en la acción de vuelo, con la excepción del Sujeto 2 que obtuvo valores similares a los de las atletas de alto rendimiento internacional referidas en la bibliografía consultada.

Primera Valla. Tiempo de vuelo= 0,33 s



Octava Valla. Tiempo de vuelo 0,34 s



Quinta Valla. Tiempo de vuelo = 0,34 s

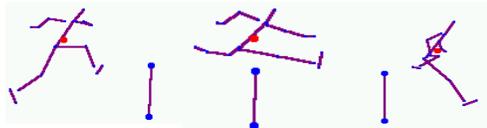


Figura 3. Tiempo del periodo de vuelo en el pase de la valla. Tv. = tiempo de vuelo.

Se considera que uno de los motivos principales del excesivo tiempo registrado por los sujetos de este estudio obedece a la proyección excesiva del cuerpo en dirección vertical, lo que ocasionó un incremento del componente de velocidad vertical de proyección; y el descenso demasiado lento del miembro inferior pendulante después de pasar el nivel de la valla.

Conclusiones

Con base en los resultados del estudio y el análisis realizado, se llegaron a las siguientes conclusiones:

1. Se determinó que el tiempo del pase de valla depende de dos tiempos parciales que son: Tiempo del período de apoyo y el Tiempo del período de vuelo.
2. Que no hubo diferencias importantes en el tiempo entre las tres vallas estudiadas, siendo esto una debilidad en las atletas venezolanas de rendimiento.

Recomendaciones

Perfeccionar la técnica y mecánica de la destreza evaluada, en función de las debilidades presentadas: Reducir el tiempo del período de apoyo en su fase concéntrica y excéntrica, enfatizando el apoyo a nivel del metatarso y de manera activa.

Referencias

- Álvarez, C. (1994). *Atletismo Básico, una orientación Pedagógica*. España. Gynmor.
- Bruggemannl, Koszewskid y Muller (1982). Biomechanical Research Project Athens 1997. *Track and Field Quarterly Review*, 82 (2), 30-32.
- Coh, M. y Doleneç, A (1997) *Técnica Modelo del Pase de los 100 metros con valla de Brigitta Bukovec*. Boletín Técnico de la Federación Internacional de Atletismo Amateur (IAAF).
- Confederación Centro Americana de Atletismo (2006). *Boletín técnico*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.athlecac.org>. [Consulta: 2006, junio, 1].
- Confederación Sudamericana de Atletismo (2006). *Boletín técnico*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.consudatle.org>. [Consulta: 2005, Julio, 2].
- Dyson, G. (1978). *Mecánica del Atletismo*. Madrid: Instituto Nacional de Educación Física.
- Federación Internacional de Atletismo Aficionado (2006). *Boletín técnico*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.iaaf.com>. [Consulta: 2006, junio, 1].
- Federación Venezolana de Atletismo (2005). *Boletín técnico*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.feveatletismo.org> [Consulta: 2005, diciembre, 1].
- Federación Venezolana de Atletismo (2006). *Boletín técnico*. [Documento en línea]. Disponible en <http://www.feveatletismo.org> [Consulta: 2006, Julio, 1].
-

- Gary, W. (2003). Practical Biomechanics for the 100m Hurdles. *Track and Field Quarterly review*. USA 84 (12)
- Gutiérrez, M. (1994). *Biomecánica Deportiva. Bases para el Análisis*. Editorial Síntesis. Madrid. España.
- Jaramillo, C. (1999). *Atletismo Básico, Fundamentos de Pista y Campo*. Colombia Kinesis.
- Müller, H. y Ritzdorl (2000). *La Guía Federación Internacional de Atletismo. (IAAF) de la enseñanza del Atletismo Correr, Saltar y Lanzar*. Centro Regional de Santa Fé.
- Rauseo, R. y Martínez, M. (2006). *Enseñanza Práctica del Atletismo* (1ª ed.). Caracas-Venezuela.
- Tidow, G. (1991). Model Technique Analysis Sheets for the Hurdles. *New Studies in Athletics*. B (2) 51-56.
- Universidad Pedagógica Experimental Libertador. (2003). *Manual de Trabajos de Grado de Especialización y Maestría y Tesis Doctorales* (3ª ed.). Caracas: Autor.
- Vinker, L. (2005). *Ranking Sudamericano Permanente Varones y Mujeres*. Confederación Sudamericana de Atletismo.
- Wart, T. (1982). Temporales and Kinematics Facts on 110 m.Hurdling Level Performs. *Track and Field Quarterly Review*, 82 (2), 30-32.
- Zaporožhanov, V.A Sirenko, V.A y Yushko, B (1992). *La Carrera Atlética*. Cartagena, Colombia: Paidotribo.
- Zatsiorski, V. (1990). *Manual de Biomecánica de los Ejercicios Físicos*. (M. Santos, Trads.). La Habana: Pueblo y Educación (Trabajo original publicado en 1988).
- Zissu, M. y Rodríguez, R. (1991). *El Atletismo*. Venezuela: Maraven.
- Zissu, M. (2003). *Análisis biomecánico de la técnica deportiva. Guía de estudio* Caracas, Venezuela.

Los autores:

Alberto Colina Escobar

Doctor en Educación (UPEL)
Docente-investigador en el área de Biomecánica
aplicada al deporte de alto rendimiento
Profesor Agregado de la UPEL-IPC

Mihai Zissu Boldur

Doctor por la Universidad de León
Docente-investigador en el área de Biomecánica
aplicada al deporte de alto rendimiento
Profesor Titular Jubilado de la UPEL-IPC