

ANÁLISIS DE LA LONGITUD DE ZANCADA EN LA PRUEBA DE 60 METROS VALLAS EN DIFERENTES NIVELES DE COMPETICIÓN

**González Frutos P^{1,2} (pablestre@hotmail.com), Mallo J¹ (javier.mallo@upm.es),
Veiga S³ (santi.veiga@fmn.es), Navarro E¹ (enrique.navarro@upm.es)**

Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte (INEF) - Universidad
Politécnica de Madrid (UPM)¹, Universidad Francisco de Vitoria², Federación
Madrileña de Natación³

Resumen: El objetivo de este estudio fue examinar si existían diferencias en la longitud de zancada entre atletas de diferente nivel de rendimiento en la prueba de 60 metros vallas. Todas las series de 60 metros vallas del 44^º Campeonato de España y del 12^º Campeonato del Mundo de Valencia 2008 se analizaron (50 Hz) aplicando una nueva metodología basada en el procedimiento de la "Direct Lineal Transformation" en dos dimensiones para la obtención de las variables espaciales de todas las zancadas durante la competición. Los resultados del estudio determinaron que los hombres de mejor nivel realizaron una menor distancia en las ocho primeras zancadas hasta la primera valla ($p < 0,05$), una mayor distancia de ataque (0,11 m; $p < 0,001$), una menor distancia de caída (0,17 m; $p < 0,001$) y una mayor longitud de zancada en la fase final ($p < 0,001$). En las mujeres se observó que las de mejor nivel realizaban una mayor longitud del paso de caída (0,07 m; $p < 0,01$) además de una mayor longitud de zancada en la fase final ($p < 0,001$). Estos datos permiten concluir la existencia de mayores diferencias entre niveles de rendimiento en los hombres que en las mujeres. Sería interesante poder analizar en futuros trabajos la comparación entre niveles de variables temporales además de analizar las pruebas olímpicas de 110 y 100 metros vallas.

Palabras clave: biomecánica, atletismo, vallas, análisis competición, longitud zancada.

Abstract: The aim of this study was to examine the step length during the 60 meters hurdles races in relation to different performance levels. All the 44th Spanish Indoor Championship and the 12th IAAF World Indoor Championship (Valencia 2008) races were analyzed with a new methodology based on two-dimensional video with "Direct Lineal Transformation" algorithms used to obtain the spatial parameters of the competition area. The results of this study show that the best male group presented a lower distance in the first eight steps ($p < 0.05$), a greater take-off distance (0.11 m; $p < 0.001$), a lower landing distance (0.17 m; $p < 0.001$) and a greater step length in the run-in phase. The best female group showed a greater recovery step (0.07 m; $p < 0.01$) and a greater step length in the run-in phase. There were more statistically significant differences between the male groups than between the female groups. Therefore, it would be important to analyze the temporal parameters at different performance levels and during the Olympic distances: 110 and 100 meters hurdles.

Key Words: biomechanics, track & field, hurdles, competition analysis, step length.

I. INTRODUCCIÓN

Las carreras de 60 metros vallas, al igual que sus homólogas de 110/100 metros vallas, se caracterizan por la alternancia entre la carrera y el franqueo de las vallas. El número de zancadas que se realizan antes de cada valla está bastante estandarizado dado que la distancia entre vallas está fijada por el reglamento. Ahora bien, ¿todos los atletas repartirán de igual forma en cada zancada el espacio previo a cada valla?

La investigación científica acerca de la longitud de las zancadas en la prueba de vallas altas, tanto en pista cubierta como aire libre, se ha llevado a cabo mediante estudios en tres dimensiones (Mero & Luhtanen, 1986; McDonald & Dapena, 1991; Grimshaw, Marar, Salo, Knight & Vernon, 1995; Coh & Dolenc, 1996; Salo, Grimshaw & Marar, 1997; Coh, 2002, 2003, 2004; McDonald, 2002), dos dimensiones (McLean, 1994; Kampmiller, Slamka & Vanderka, 1999) o técnicas similares (Mann & Herman, 1985; Rash et al., 1990; Chow, 1993). Dichos estudios tienen como limitación que sólo se desarrollan sobre una o dos vallas o intervalos, no se realizan sobre todos los deportistas que compiten en la serie y además suelen llevarse a cabo en condiciones de entrenamiento (Rash et al., 1990; McLean, 1994; Coh, 2004).

Por tanto, sería interesante saber cuáles son los valores en competición con una amplia muestra dado que las comparaciones entre atletas de diferente nivel no siempre tenían la suficiente muestra para poder extrapolarlo al resto de vallistas, o bien la diferencia de nivel era muy acusada. Además, dado que los estudios no se realizan siempre en la misma valla, analizándose a veces la segunda valla (McLean, 1994; Grimshaw et al., 1995), la mayoría de las veces la tercera, cuarta o quinta valla (Mero & Luhtanen, 1986; Rash et al., 1990; McDonald & Dapena, 1991; Coh, 2003, 2004) y otras la octava o novena valla (Mann & Herman, 1985; Kampmiller et al., 1999), se necesitaría saber los valores en cada valla pues cabe la posibilidad de que la evolución de las zancadas a lo largo de la prueba se modifique y no se encuentren diferencias entre niveles en todas las vallas.

Es por ello que el objetivo de este estudio sea comparar las diferencias entre niveles, tanto en hombres como en mujeres, en todas las zancadas de toda la prueba de 60 metros vallas de todos los participantes del 44^o Campeonato de España y el 12^o Campeonato del Mundo de la IAAF en pista cubierta (Valencia 2008).

II. MATERIAL Y MÉTODO

Muestra

Para el estudio se analizó a todos los participantes de la prueba de 60 metros vallas (tanto en categoría masculina como femenina) durante el 44^o Campeonato de España y el 12^o Campeonato del Mundo de la IAAF en pista cubierta (Valencia 2008), analizándose la carrera con mejor marca de cada sujeto. Se crearon dos grupos (N1 y N2) en ambos géneros a partir de la mediana de los resultados oficiales (Tabla I).

Tabla I. Muestra empleada en el estudio.

GÉNERO	NIVEL	EDAD (años)	MARCA (s)
HOMBRES (n=59)	N1 (n=30)	26,8 ± 3,6	7,71 ± 0,12 (7,46 – 7,93)
	N2 (n=29)	22,6 ± 3,9	8,39 ± 0,28 (7,97 – 8,93)
MUJERES (n=51)	N1 (n=27)	26,3 ± 3,3	8,14 ± 0,20 (7,80 – 8,46)
	N2 (n=24)	22,9 ± 4,5	9,06 ± 0,32 (8,54 – 9,72)

Fases de la prueba

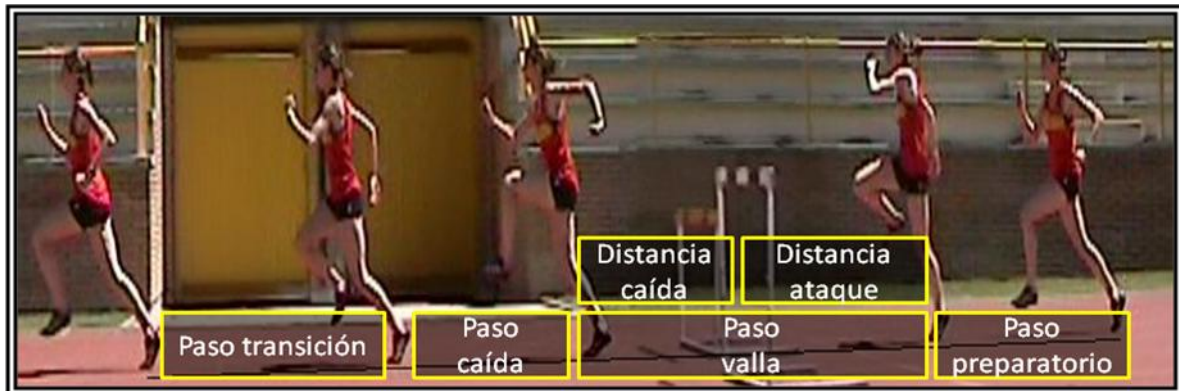
Las pruebas de velocidad con vallas se componen de fases determinadas por la posición y altura de las vallas (Brüggemann, 1990). Para el análisis de todas las zancadas hemos empleado el siguiente modelo, modificando el propuesto por Brüggemann (1990):

Fase de Salida: las ocho primeras zancadas realizadas antes de franquear la primera valla.

Fase de Vallas: se utiliza el modelo reflejado en la Figura I compuesto de Paso Preparatorio, Paso de Valla (que se descompone en Distancia de Ataque y Distancia de Caída), Paso de Caída y Paso de Transición. Este modelo se repite en las cinco vallas.

Fase Final: las zancadas realizadas tras franquear la última valla hasta meta.

Figura I. Modelo empleado para la medición de las zancadas en la fase de vallas.



Registro y Análisis de Datos

Para la filmación de las pruebas se emplearon seis cámaras que se colocaron sobre la tribuna permaneciendo fijas durante la grabación de las carreras. La frecuencia de muestreo de las cámaras fue de 50 Hz. La cámara 1 registraba desde la posición de salida hasta los 13 primeros metros, la cámara 2 desde los 13 hasta los 30 m, la cámara 3 desde los 30 hasta los 47 m y la 4 cámara los últimos 13 m de la prueba (47-60 m). Para evitar la pérdida de datos por oclusión de puntos, se dispusieron dos cámaras frontales. Una de ellas, la cámara 5, abarcaba la primera mitad de la prueba (0-30 m), incluyendo al juez de salida para registrar el disparo, y la otra cámara frontal, la cámara 6, registraba los 30 m finales (30-60 m).

Sobre las imágenes capturadas se digitalizaron los puntos de apoyo y de despegue de los pies de los atletas en la pista. Para determinar las coordenadas (x, y) de los apoyos sobre la pista se desarrolló un sistema de calibración utilizando las líneas de la pista de atletismo y se aplicaron algoritmos matemáticos basados en el procedimiento de la "Direct Lineal Transformation" (DLT; Abdel-Aziz & Karara, 1971). Este proceso se llevó a cabo en el Laboratorio de Biomecánica Deportiva de la Facultad de Ciencias de la Actividad Física y el Deporte (INEF) de Madrid. Antes del inicio del estudio, se validó la técnica experimental empleada en la presente investigación, determinándose un error "RMS" (Root Mean Square; Allard et al., 1995) en la reconstrucción de la longitud y anchura de las zancadas inferior a 4 cm para todas las cámaras.

Los datos se mostrarán indicando la media de la variable medida y su variabilidad (desviación estándar, siempre que esta sea diferente a 0,00 m). La comparación entre niveles se realizó un análisis de la varianza (ANOVA) con medidas repetidas. En caso de detectarse diferencias significativas se empleó el procedimiento de

Bonferroni para la comparación de las medias. El nivel de alfa establecido a priori fue de $p < 0,05$.

III. RESULTADOS

Fase de Salida

La distancia promedio en las primeras ocho zancadas para los hombres fue de 1,47 m, siendo este valor inferior ($p < 0,05$) en los atletas de nivel 1 (1,46 m) que en los de nivel 2 (1,47 m). Las mayores diferencias se observaron en las zancadas cuarta (0,04 m; $p < 0,01$) y quinta (0,03 m; $p < 0,05$) donde los atletas de nivel 1 presentaban una longitud menor que aquellos de nivel 2. En el caso de las mujeres, la media de las ocho zancadas fue de 1,40 m sin apreciarse diferencias significativas entre ambos niveles de atletas. Las atletas de nivel 1 presentaban una primera zancada 0,05 m más larga ($p < 0,05$) que las de nivel 2, mientras que éstas lograban una distancia 0,06 m superior ($p < 0,01$) en la sexta zancada (Tabla II).

Tabla II. Longitudes de las ocho zancadas de la fase de salida. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre niveles; **Diferencia significativa ($p < 0,01$) entre niveles.

	L1	L2	L3	L4	L5	L6	L7	L8
HOM	0,62±0,01	1,17±0,01	1,37±0,01	1,49±0,01	1,67±0,01	1,71±0,01	1,89±0,01	1,81±0,01
N1	0,64±0,02	1,16±0,02	1,37±0,01	1,47±0,01**	1,65±0,01*	1,69±0,01	1,88±0,01	1,83±0,02
N2	0,60±0,02	1,18±0,02	1,38±0,01	1,51±0,01	1,68±0,01	1,72±0,01	1,91±0,01	1,79±0,02
MUJ	0,66±0,01	1,12±0,01	1,33±0,01	1,44±0,01	1,58±0,01	1,67±0,01	1,79±0,01	1,63±0,01
N1	0,68±0,02*	1,14±0,02	1,33±0,02	1,44±0,01	1,57±0,01	1,64±0,01**	1,77±0,02	1,65±0,02
N2	0,63±0,02	1,10±0,02	1,32±0,02	1,45±0,02	1,60±0,01	1,70±0,01	1,81±0,02	1,60±0,02

Fase de Vallas

El estudio del promedio de las cinco vallas que componían esta fase (Tabla III) reveló que los atletas masculinos de nivel 1 ($2,15 \pm 0,02$ m) presentaban una DA mayor ($p < 0,001$) que los de nivel 2 ($2,04 \pm 0,02$ m) aunque su DC ($1,59 \pm 0,03$ m) era inferior ($p < 0,001$) a la de los de nivel 2 ($1,76 \pm 0,03$ m). El análisis más detallado de los datos valla a valla entre niveles de atletas (Tabla IV) permitió concluir que los de nivel 1 presentaban una LPP mayor ($p < 0,05$) en la segunda y cuarta valla, una DA mayor ($p < 0,05$ - $p < 0,001$) y una DC menor ($p < 0,05$ - $p < 0,001$) en todas las vallas, así como una LPT mayor ($p < 0,05$) en la quinta valla.

Para las mujeres (Tabla III), la distancia promedio de las cinco vallas en cuanto a la LPC era mayor ($p < 0,01$) para las atletas de nivel 1 ($1,52 \pm 0,02$ m) que para las de nivel 2 ($1,45 \pm 0,02$ m). De modo adicional (Tabla V), la LPC de las atletas de nivel 1 fue mayor en las vallas tercera (0,07 m; $p < 0,05$), cuarta (0,06 m; $p = 0,064$) y quinta (0,13 m; $p < 0,001$) al igual que la LPT fue superior ($p < 0,05$) en la quinta valla en relación a las atletas de nivel 2.

Tabla III. Promedio de las longitudes de zancada en la fase de vallas: Longitud Paso Preparatorio (LPP), Longitud Paso Valla (LPV), Distancia Ataque (DA), Distancia Caída (DC), Longitud Paso Caída (LPC) y Longitud Paso Transición (LPT). **Diferencia significativa ($p<0,01$) entre niveles; *Diferencia significativa ($p<0,001$) entre niveles.**

	LPP	LPV	DA	DC	LPC	LPT
HOMBRES	1,87±0,01	3,76±0,02	2,09±0,01	1,67±0,02	1,46±0,01	2,00±0,01
N1	1,89±0,02	3,73±0,03	2,15±0,02***	1,59±0,03***	1,48±0,02	2,02±0,02
N2	1,85±0,02	3,79±0,03	2,04±0,02	1,76±0,03	1,45±0,02	1,99±0,02
MUJERES	1,75±0,01	3,23±0,02	1,92±0,02	1,30±0,03	1,48±0,01	1,95±0,01
N1	1,76±0,01	3,22±0,02	1,93±0,03	1,29±0,04	1,52±0,02**	1,94±0,01
N2	1,74±0,01	3,24±0,03	1,92±0,03	1,32±0,04	1,45±0,02	1,96±0,01

Tabla IV. Longitudes de los pasos en las cinco de vallas para cada nivel en hombres: Longitud Paso Preparatorio (LPP), Longitud Paso Valla (LPV), Distancia Ataque (DA), Distancia Caída (DC), Longitud Paso Caída (LPC) y Longitud Paso Transición (LPT). *Diferencia significativa ($p<0,05$) entre niveles; **Diferencia significativa ($p<0,01$) entre niveles; *Diferencia significativa ($p<0,001$) entre niveles.**

		LPP	LPV	DA	DC	LPC	LPT
HOMBRES		1,87±0,01	3,76±0,02	2,09±0,01	1,67±0,02	1,46±0,01	2,00±0,01
VALLA 1	N1	1,85±0,02	3,71±0,04	2,05±0,03*	1,65±0,04***	1,42±0,02	1,99±0,02
	N2	1,79±0,02	3,81±0,04	1,97±0,03	1,84±0,04	1,42±0,02	1,98±0,02
VALLA 2	N1	1,91±0,02*	3,72±0,03	2,17±0,03**	1,55±0,04**	1,45±0,03	2,03±0,02
	N2	1,84±0,02	3,75±0,03	2,06±0,03	1,69±0,04	1,48±0,03	1,98±0,02
VALLA 3	N1	1,90±0,02	3,85±0,04	2,21±0,03***	1,63±0,04***	1,49±0,02	1,99±0,02
	N2	1,93±0,02	3,95±0,04	2,06±0,03	1,88±0,04	1,42±0,02	1,97±0,02
VALLA 4	N1	1,90±0,02*	3,69±0,03	2,13±0,02***	1,56±0,04**	1,51±0,02	2,04±0,02
	N2	1,84±0,02	3,73±0,03	2,02±0,02	1,70±0,04	1,49±0,02	2,02±0,02
VALLA 5	N1	1,87±0,01	3,71±0,03	2,17±0,02**	1,55±0,03*	1,51±0,03	2,05±0,02*
	N2	1,85±0,02	3,74±0,03	2,08±0,02	1,66±0,03	1,44±0,03	1,98±0,02

Tabla V. Longitudes de los pasos en las cinco de vallas para cada nivel en mujeres: Longitud Paso Preparatorio (LPP), Longitud Paso Valla (LPV), Distancia Ataque (DA), Distancia Caída (DC), Longitud Paso Caída (LPC) y Longitud Paso Transición (LPT). *Diferencia significativa ($p<0,05$) entre niveles; *Diferencia significativa ($p<0,001$) entre niveles.**

		LPP	LPV	DA	DC	LPC	LPT
MUJERES		1,75±0,01	3,23±0,02	1,92±0,02	1,30±0,03	1,48±0,01	1,95±0,01
VALLA 1	N1	1,65±0,02	3,14±0,04	1,78±0,02	1,36±0,04	1,49±0,03	1,92±0,02
	N2	1,60±0,02	3,23±0,04	1,80±0,03	1,44±0,05	1,47±0,04	1,95±0,02
VALLA 2	N1	1,78±0,02	3,19±0,03	1,94±0,03	1,25±0,04	1,48±0,02	1,96±0,02
	N2	1,73±0,02	3,23±0,04	1,91±0,03	1,32±0,04	1,43±0,03	2,00±0,02
VALLA	N1	1,78±0,02	3,35±0,03	2,04±0,03	1,32±0,04	1,54±0,02*	1,93±0,02

3	N2	1,79±0,02	3,30±0,03	1,98±0,03	1,32±0,04	1,47±0,02	1,97±0,02
VALLA 4	N1	1,78±0,02	3,19±0,03	1,93±0,03	1,26±0,04	1,52±0,02	1,96±0,02
	N2	1,80±0,02	3,21±0,03	1,94±0,03	1,28±0,04	1,46±0,02	2,00±0,02
VALLA 5	N1	1,79±0,02	3,21±0,03	1,97±0,03	1,24±0,04	1,56±0,02***	1,94±0,02*
	N2	1,79±0,02	3,23±0,03	1,96±0,03	1,27±0,04	1,43±0,02	1,87±0,02

Fase final

La distancia promedio de las cuatro zancadas que componían la fase final de los hombres fue de $2,02 \pm 0,02$ m con diferencias significativas ($p < 0,001$) entre los atletas de nivel 1 ($2,07 \pm 0,02$ m) y nivel 2 ($1,96 \pm 0,02$ m). Tal y como muestra la Tabla VI, los atletas de nivel 1 presentaban mayores longitudes en las cuatro zancadas de esta fase: L1 (0,06 m; $p = 0,083$), L2 (0,07 m; $p < 0,05$), L3 (0,14 m; $p < 0,01$) y L4 (0,15 m; $p < 0,01$).

Para las mujeres, las seis zancadas de esta fase promediaban $1,90 \pm 0,01$ m siendo mayores ($p < 0,001$) las longitudes de las atletas de nivel 1 ($1,95 \pm 0,02$ m) que las de nivel 2 ($1,84 \pm 0,02$ m). Al igual que sucedía con los hombres, las mujeres de nivel 1 presentaban mayores ($p < 0,05$ - $p < 0,001$) valores en todas las zancadas que las de nivel 2 (Tabla VI).

Tabla VI. Promedio de las longitudes de las zancadas de la fase de llegada. *Diferencia significativa ($p < 0,05$) entre niveles; **Diferencia significativa ($p < 0,01$) entre niveles; *Diferencia significativa ($p < 0,001$) entre niveles.**

	L1	L2	L3	L4	L5	L6
HOMBRES	1,48±0,02	2,02±0,02	2,13±0,02	2,44±0,03		
N1	1,51±0,03	2,05±0,02*	2,20±0,03**	2,52±0,04**		
N2	1,44±0,03	1,98±0,02	2,06±0,03	2,37±0,04		
MUJERES	1,50±0,01	1,91±0,01	1,86±0,01	1,94±0,02	1,98±0,02	2,19±0,03
N1	1,56±0,02***	1,94±0,02*	1,91±0,02***	1,98±0,02*	2,03±0,03*	2,28±0,04**
N2	1,43±0,02	1,87±0,02	1,81±0,02	1,90±0,02	1,94±0,03	2,11±0,04

IV. DISCUSIÓN

Fase de Salida

Se han observado diferencias entre niveles en la longitud del paso medio en los hombres, las cuales se corresponden con la diferencia en la distancia de ataque a la primera valla. Este hecho se debe a la menor longitud de la cuarta y quinta zancada en los hombres de nivel 1. Atendiendo al patrón dado por Schmolinsky (1981) para los hombres vemos que los 2,02 m que el cita como distancia de ataque a la primera valla se asemeja con nuestros datos (N1 $2,05 \pm 0,03$ m; N2 $1,97 \pm 0,03$ m). En el

caso de las mujeres no se encuentran diferencias en la longitud del paso medio, teniendo por tanto una distancia de ataque a la primera valla similar. Basándonos en el patrón de Hücklekemkes (1990) para las mujeres, los 1,95 m que propone como distancia de ataque a la primera valla resulta excesiva al compararla con los valores de nuestra muestra (N1: $1,78 \pm 0,02$ m; N2: $1,80 \pm 0,03$ m)

Fase de Vallas

La habilidad de los atletas masculinos de mejor nivel para conseguir una mayor distancia de ataque y una menor distancia de caída concuerda con los resultados encontrados en estudios anteriores que ven en dichas variables indicadores de una buena eficacia en el franqueo de la valla (Coh, 2004). En cuanto a las mujeres, en nuestro estudio no encontramos diferencias en la distancia de ataque y caída mientras que en el estudio realizado por Salo, Grimshaw & Marar (1997) sí encontraron mayor distancia de ataque en las atletas de mayor nivel, posiblemente debido a la gran diferencia entre las atletas que formaban cada nivel (N1: 13,08-13,72 s 100 m vallas; N2: 8,9-9,6 s 60 m vallas) como bien apuntan en el artículo.

El hecho que en los hombres se encuentren diferencias entre niveles en la distancia de ataque y caída de la valla, mientras que en las mujeres no, puede deberse a la baja altura de la valla femenina, en consecuencia con las aportaciones de Mann (1996) y McDonald (1996).

Sin embargo, en las mujeres si se encuentran diferencias en el paso de caída de la valla donde las atletas de mayor nivel consiguen realizarlo con mayor distancia. Este aspecto puede estar relacionado con una menor pérdida de velocidad horizontal en la valla y una mejor posición de recepción tras la valla.

Fase final

Como ya comentara McDonald (2002) las vallas requieren de una habilidad especial para poder correr entre vallas, pero se da el caso de que los atletas de mayor nivel, además de tener mejores valores entre vallas, también tienen una mayor longitud de zancada en la carrera final.

V. CONCLUSIONES

El estudio en diferentes niveles de rendimiento de las longitudes de la zancada en vallistas ha resultado ser útil para localizar los parámetros más importantes. Se muestran más y mayores diferencias en los hombres que en las mujeres. Cabe resaltar la menor distancia en los hombres de nivel 1 hasta la primera valla, la mayor DA para los hombres de nivel1, la menor DC para los hombres de nivel 1, la mayor

LPC para las mujeres de nivel 1, y la mayor longitud de zancada en la fase final para todos los atletas de nivel 1.

Resultaría interesante estudiar la diferencias entre niveles de parámetros temporales así como la evolución en todas las vallas de las pruebas olímpicas de 110/100 metros vallas donde cabe esperar mayores diferencias a partir de la quinta valla.

VI. BIBLIOGRAFÍA

1. ABDEL AZIZ, YI., KARARA, H.M. (1971) Direct linear transformation: from comparator coordinates into object coordinates in close-range photogrammetry. *Proceedings ASPUI Symposium on Close-Range Photogrammetry. American Society of Photogrammetry*, Church Falls, VA, pp. 1-19.
2. BRÜGGEMANN, G.P. (1990) Time analysis of the 110 metres and 100 metres hurdles: Scientific research project at the games of the XXXIV Olympiad seoul 1988. *New Studies in Athletics supplement* 1990: 91-129
3. CHOW, J.W. (1993) A panning videographic technique to obtain selected kinematic characteristics of the strides in sprint hurdling. *Journal of Applied Biomechanics*, 9 (2): 149-159
4. COH, M. & DOLENEC, A. (1996) Three-dimensional kinematic analysis of the hurdles technique used by Brigita Bukovec. *New studies in athletics*, 11(1): 63-69
5. COH, M. (2002) Kinematische und dynamische analyse der technik der hürdenüberquerung. *Leistungssport*, (4): 43-46
6. COH, M. (2003) Biomechanical analysis of Colin Jackson's hurdle clearance technique. *New studies in athletics*, 18: 37-45
7. COH, M. (2004) Biomechanical analysis of 110m hurdle clearance technique. *Modern athlete and coach*, 42(4): 4-8
8. GRIMSHAW, P.N., MARAR, L., SALO, A., KNIGHT, G. & VERNON, J. (1995) A kinematic analysis of sprint hurdles training strategies (isolation drills). *Athletic Coach*, 29:4, 24-28.

9. HÜCKLEKEMKES, J. (1990) Model technique analysis sheets for the hurdles. Part VI: The Women's 100 m Hurdles. *New Studies in Athletics*, 5, 4, 33-58.
10. KAMPMILLER, T., SLAMKA, M. & VANDERKA, M. (1999) Comparative biomechanical analysis of 110 m hurdles of Igor Kováč and Peter Nedelický. *Kinesiologia Slovenica*, 5 (1-2): 26-30.
11. MANN, R. & HERMAN, J. (1985) Kinematic Analysis of Olympic woman 100 m hurdles. *International Journal of Sport Biomechanics*, 1, 163-73.
12. MANN, R. (1996) Rules-related limiting factors in hurdling. *Track Coach*, 136: 4335-4337.
13. McDONALD, C. & DAPENA, J. (1991) Linear kinematics of the men's 110-m and women's 100-m hurdles races. *Medicine and science in sports and exercise*, 23: 1382-1391.
14. McDONALD, C. (1996) Rules-related limiting factors in hurdling...A response. *Track Coach*, 137: 4371-4373.
15. McDONALD, C. (2002) Hurdles is not sprinting. *Track Coach*, 161: 5137-5143.
16. McLEAN, B. (1994) The biomechanics of hurdling: Force plate analysis to assess hurdling technique. Biomechanics in sports XII: Proceedings of the 12th symposium of the International Society of Biomechanics in Sports. Budapest: *International Society of Biomechanics in Sports*, 333-334.
17. MERO, A. & LUHTANEN, P. (1986). Biomechanische Untersuchung des Hurdenlaufs während der Weltmeisterschaften in Helsinki. *Leistungssport*, 1, 42-43.
18. RASH, G.S., GARRET, J., VOISIN, M. (1990) Kinematic analysis of top American female 100-meter hurdles. *International journal of sport biomechanics*, 6: 386-393.
19. SALO, A., GRIMSHAW, P.N., MARAR, L. (1997) 3-D biomechanical analysis of sprint hurdles at different competitive levels. *Medicine and science in sports and exercise*, 29(2):231-237.
20. SCHMOLINSKY, G. (1981) *Atletismo*. Madrid: Augusto E. Pila Teleña.