

Análisis cinemático de la técnica individual del lanzamiento de jabalina

Campos Granell, J; Brizuela, G; Ramón, V

Departamento Educación Física y Deportiva de la Universidad de Valencia (España). Jose.Campos@uv.es

El objetivo de este trabajo es el de tratar de responder a cuestiones prácticas relacionadas con el entrenamiento de los deportistas, concretamente, estudiar el nivel de consistencia interna de un modelo individual en el lanzamiento de jabalina, y conocer las variables que condicionan la obtención del rendimiento. Se utilizan técnicas fotogramétricas 3D, mediante cámaras de alta velocidad (125 Hz). Se han identificado diferentes patrones de movimiento que mantienen niveles de correlación diferenciados con el rendimiento. La mayor variabilidad se produce en parámetros de carácter técnico correspondientes al instante en que el lanzador se encuentra en el “doble apoyo”, previo a la proyección de la jabalina (CV: entre 15% y 109%). La función predictiva del rendimiento (R^2 : 88%) está formada por dos variables de velocidad de la jabalina en diferentes instantes temporales, dos variables correspondientes a la posición del lanzador en el instante del doble apoyo (cadera y tronco), y el ángulo proyección.

INTRODUCCIÓN

Uno de los objetivos fundamentales del proceso de entrenamiento está centrado en la adquisición y dominio de la técnica deportiva. Los deportistas, a través de un largo proceso de entrenamiento, intentan adquirir una técnica de ejecución lo más cercana posible a las condiciones del modelo teórico de referencia de su especialidad. Sin embargo, la reproductividad de estos modelos teóricos es relativa porque a través del entrenamiento, el modelo se adapta a las características personales del deportista (fuerza, características antropométricas, neuromotrices, etc.) dando lugar a lo que se denomina “estilo” o modelo personal.

El proceso de consolidación del modelo personal es amplio en el tiempo a lo largo del cuál el deportista realiza numerosos ajustes en el plano coordinativo que dan como resultado que algunas acciones técnicas se fijen mejor que otras, lo que se traduce en un mayor o menor grado de estabilidad del patrón de movimiento adquirido. El análisis de la variabilidad, entre e inter sujetos, aporta información relevante acerca de la forma en que los deportistas satisfacen las exigencias situacionales de sus acciones a la vez

que indicador de la habilidad en la ejecución. En este sentido, la relación entre estabilidad y variabilidad resulta determinante en el proceso de adquisición de una técnica deportiva porque ayuda a explicar las razones por las que los atletas más habilidosos alcanzan, no solo niveles superiores de consistencia y estabilidad en la ejecución, sino también de adaptación por su capacidad de realizar ajustes durante la ejecución del gesto. Unos ajustes que son necesarios en la medida que la realización de cualquier tarea está abierta a diferentes soluciones coordinativas (Bernstein, 1967).

Desde el punto de vista dinámico, el patrón de movimiento empleado en el lanzamiento de jabalina es similar al utilizado en otros movimientos de golpeo o de proyección de objetos, descritos como “movimientos por encima del hombro”, (Atwater, 1979; Whiting et al., 1991; Mero et al., 1994). Estos movimientos se caracterizan por el hecho de que los segmentos corporales actúan de forma secuencial para conseguir la máxima velocidad del segmento más distal del sistema en los instantes del golpeo o de la proyección del objeto, (Atwater, 1979; Menzel, 1987). Desde esta perspectiva son abundantes los estudios que

han descrito la técnica del lanzamiento de jabalina entre los que cabría destacar los realizados por Hay (1993), Whiting y col. 1991, Best y col. 1993, Mero y col. 1994; y Bartlett y col. 1996), Campos y col. (2004).

En el lanzamiento de jabalina está ampliamente referenciado que la velocidad de proyección de la jabalina es el parámetro que más relación guarda con la distancia de lanzamiento (Ikegami, 1981, Mero, 1994, Menzel, 1987, Morris, Barlett & Fowler 1997). Pero, el valor de la velocidad lineal de la jabalina en el instante del abandono depende de la calidad de la transmisión del impulso del cuerpo a la extremidad superior, y de ésta a la jabalina.

Justamente, en los instantes finales del lanzamiento, cuando la jabalina se acelera hacia su liberación, es cuando resulta decisiva la coordinación del movimiento que realiza el miembro superior a partir de las secuencias de aceleración-deceleración de los segmentos que constituyen la cadena cinématica superior. Como ejemplo, en la figura 1 se representan las trayectorias de la velocidad de los marcadores correspondientes a la cadera, hombro, y codo, así como a la jabalina, en la que se puede comprobar la acción secuencial en el intercambio de velocidad que se produce desde los segmentos proximales a los distales en la fase final del lanzamiento.

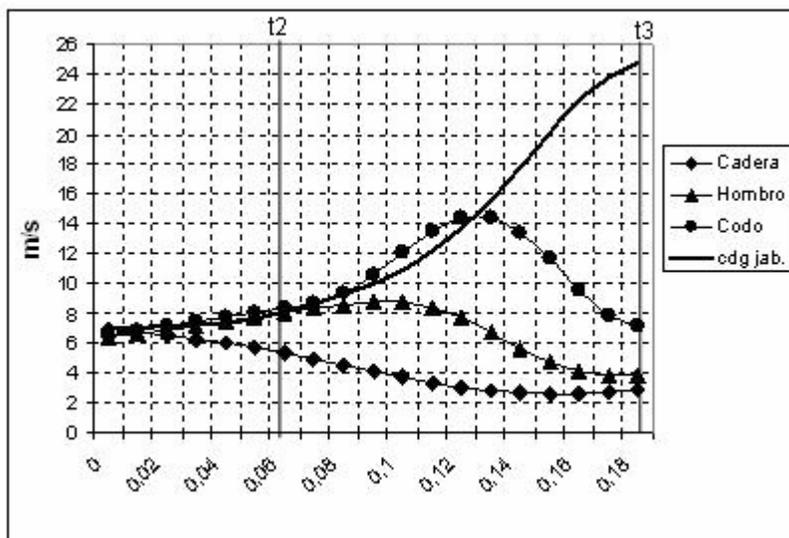


Figura 1. Velocidades de los marcadores de la cadera, hombro, codo y jabalina durante la fase final de lanzamiento en uno de los lanzamientos de la serie utilizada en el presente estudio (63,02 m.).

Por, otro lado, hay que tener en cuenta también que la obtención de una velocidad máxima de lanzamiento requiere de la acción de sujeción y de frenado que ejerce la pierna adelantada al reducir drásticamente la velocidad horizontal del sistema lanzador-jabalina. Parece demostrado que esta acción es decisiva dado que el 70% de la energía cinética de la jabalina, en los lanzadores de élite se genera, en los últimos 60

ms. previos al instante del despegue (Morris, Bartlett, 1996). En este sentido, el ángulo de flexión de la rodilla de la pierna adelantada constituye un indicador de la capacidad del atleta para transmitir la energía cinética de la parte superior del tronco a la jabalina (Morris, Bartlett, Navarro, 2001).

Por regla general, la descripción de los modelos de ejecución técnica de los lanzadores

se realiza a partir del estudio de la técnica de grupos de lanzadores de igual o diferente nivel de rendimiento, aunque en los últimos tiempos se aprecia un mayor interés en el estudio de los modelos individuales de los lanzadores, a partir de estudios de caso cuyo objeto es el de profundizar en las razones que justifican la coordinación de las acciones en gestos de alta exigencia. Para reconstruir dichos modelos se debe recurrir a la utilización de técnicas estadísticas multivariantes como es el caso de la regresión múltiple, el análisis discriminante, o análisis factorial. En el caso de la regresión múltiple, se trata de una técnica estadística que ha sido ampliamente utilizada en el estudio de la técnica deportiva (Hay & Reid, 1988; Menzel, 1987; Takey, 1989; Dapena Mc Donald & Cappaert, 1990).

En el lanzamiento de jabalina, H. J. Menzel (1998), estudió las diferencias que se producían en los patrones de movimiento en un estudio intrasujeto a través de técnicas de clustering, llegando a la conclusión de que pueden identificarse diferentes patrones individuales de ejecución, y que el ángulo de flexión de la rodilla de la pierna adelantada es uno de los factores decisivos para la obtención de rendimiento dada su contribución a la reducción de la velocidad del tronco y la obtención de una óptima transmisión de energía a los segmentos superiores. Por otro lado, Barlett et al, (1996) comprobaron que la variabilidad intrasujeto es mayor en lanzadores noveles que en lanzadores experimentados. Por su parte, Navarro y Campos (1995), estudiaron la técnica individual de dos lanzadores de élite españoles mediante la aplicación de análisis discriminante, concluyendo que cada lanzador conseguía sus mejores resultados apoyándose en parámetros cinemáticos diferenciados, y no siempre coincidentes con los que postula el modelo teórico de referencia.

A modo de resumen, las referencias revisadas en la literatura refuerzan la idea de que el modelo de los deportistas es un modelo abierto que a pesar de años de entrenamiento se mueve dentro de unos notables márgenes de variabilidad. Los resultados obtenidos por Shöllhorn y Bauer (1998) refuerzan esta idea

alejando la noción de la consistencia en los movimientos intrasujeto.

El objetivo del presente trabajo es el de profundizar en esta perspectiva para tratar de responder a cuestiones prácticas que se plantean en el entrenamiento de los deportistas. Para ello, se analiza el modelo individual de un joven lanzador de jabalina español de categoría junior, utilizando un método de trabajo que permita conocer la estabilidad con la que se ejecuta el gesto y determinar los factores que colaboran más directamente en la obtención del rendimiento.

MATERIALES Y MÉTODOS

El proceso de análisis se ha inspirado en las directrices propuestas por Hay, Wilson & Dapena (1976) para la identificación de los factores limitantes del rendimiento. Por ello, se parte del modelo teórico para el lanzamiento de jabalina propuesto por Morris y Bartlett (1996) que representa los factores que contribuyen a la distancia de lanzamiento (figura 2).

El modelo de referencia establece que los factores predictivos de la *distancia de lanzamiento*, en su primer nivel jerárquico, son el ángulo de lanzamiento, el ángulo de ataque, el ángulo Yaw, el pitching moment, los factores aerodinámicos, y la velocidad de lanzamiento. A su vez, y en un segundo nivel, la *velocidad de lanzamiento* se predice a partir del impulso de fuerza aplicado a la jabalina y de la velocidad de aproximación en la carrera de impulso. El tercer nivel establece que el impulso de fuerza se predice a partir de la acción de bloqueo de la pierna de apoyo, la secuencia de activación muscular y la posición de los segmentos corporales en el instante del doble apoyo, especialmente de la alineación del eje de los hombros, del ángulo del codo del brazo lanzador y del transporte de la jabalina en la fase final. En el presente estudio se toman como referencia los factores predictores que aparecen sombreados en la figura 1.

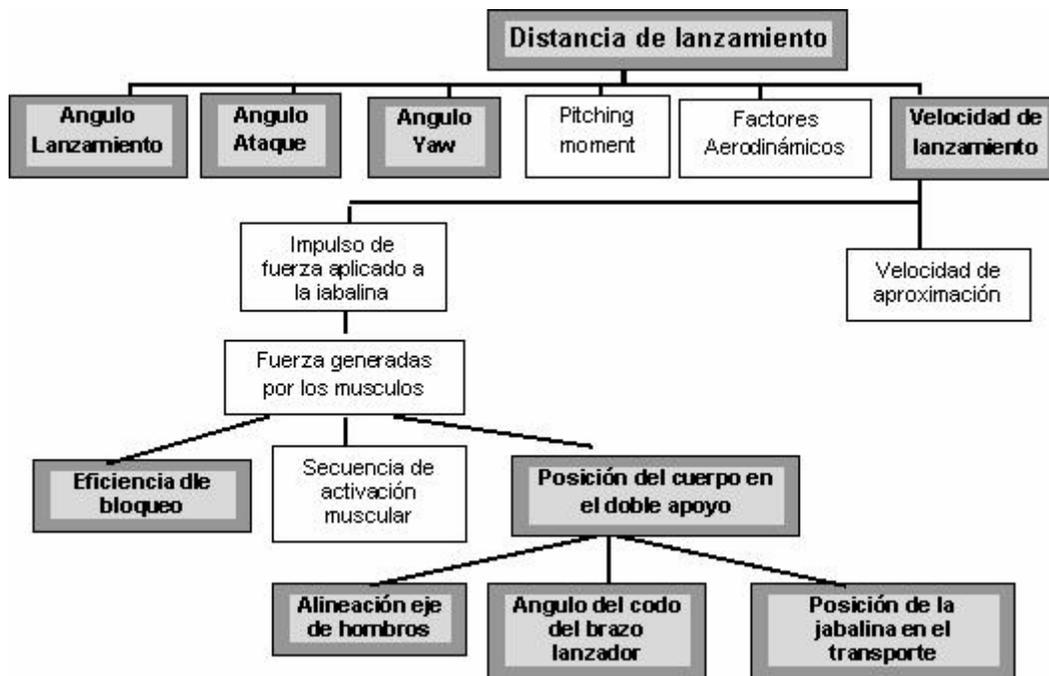


Figura 2. Modelo jerárquico de los factores que afectan el rendimiento en el lanzamiento de jabalina (Adaptado de Morris & Bartlett, 1996).

Al tratarse de un estudio intrasujeto, la muestra está constituida por 22 lanzamientos realizados por un lanzador español de categoría júnior. Para evitar el efecto de la fatiga se dejó suficiente tiempo de recuperación de forma que el propio atleta decidía el tiempo de recuperación entre lanzamientos (los tiempos de descanso oscilaron entre 5 y 7 minutos).

Se utiliza la metodología de Fotogrametría 3D. La filmación se realizó con dos cámaras Photo-Sonics 1 PL de alta velocidad sincronizadas y a una frecuencia de muestreo de 100 Hz. Las cámaras se situaron en posición lateral y posterior respecto del pasillo de lanzamiento y formando un ángulo de 90° entre sus ejes focales respectivos. Para calibrar el espacio se utilizó un sistema de referencia de 4x2x2 m.

El proceso de digitalización y tratamiento de los datos se realizó con la ayuda

del software “Fotogrametría IBV v7.6” del Instituto de Biomecánica de Valencia. Las coordenadas tridimensionales de los puntos digitalizados se obtuvieron a partir de los ficheros que contenían las coordenadas bidimensionales de cada una de las cámaras aplicando el algoritmo de la Transformación Lineal Directa (DLT) propuesto por Abdel-Aziz y Karara (1971). El modelo de análisis utilizado para este estudio estuvo formado por 24 puntos: 22 puntos correspondientes a centros articulares del cuerpo del lanzador, más 2 puntos correspondientes a la jabalina.

Se analiza la fase final del lanzamiento (figura 3), esto es, la fase que transcurre entre el instante del contacto del pie izquierdo con el suelo en el último apoyo antes de la suelta de la jabalina (t_2), hasta el instante de proyección en que la mano del lanzador y la jabalina dejan de

estar en contacto (**t3**). Se diseñaron y sometieron a análisis un total de 47 variables cinemáticas.

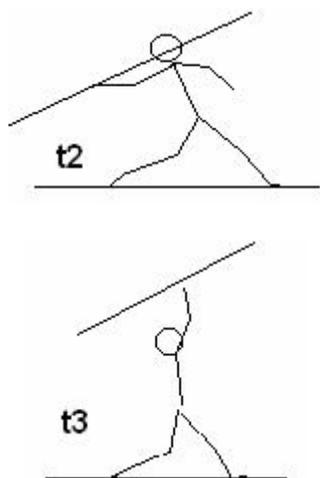


Figura 3. Representación de los instantes de referencia t2 y t3.

Para el tratamiento de los datos se utilizó el paquete estadístico SPSS 14.0. El proceso de análisis se realiza a dos niveles: en primer lugar, un estudio descriptivo de la variabilidad del modelo de ejecución, y en segundo lugar, un estudio predictivo mediante análisis de regresión paso a paso para establecer las variables que en mayor medida predicen el rendimiento obtenido. Para el cálculo de la variabilidad se utiliza el *coeficiente de variación* obtenido para cada uno de los parámetros cinemáticos estudiados en los dos instantes de referencia temporal t2 y t3, esto es, la razón de la desviación estándar a la media aritmética, expresada en porcentaje.

$$CV = \frac{s}{X}(100\%)$$

Como variable dependiente se ha considerado la *distancia real* alcanzada en cada intento, esto es, la distancia existente entre la punta del pie adelantado del lanzador en el instante del despegue de la jabalina, y el punto de caída de la jabalina.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La consideración de los ángulos de Ataque y de Yaw, es importante en lanzamientos

cuyos artefactos tienen condiciones aerodinámicas como es el caso de la jabalina. Dichos ángulos se calculan a partir del ángulo de posición del eje longitudinal de la jabalina y el ángulo de lanzamiento, restando el segundo al primero. El ángulo de ataque se mide en el plano sagital, y el ángulo Yaw, en el plano transversal. Se trata por tanto de parámetros referidos a la proyección del centro de masas de la jabalina que influyen en el comportamiento de la jabalina en la fase de vuelo, con el objetivo de conseguir una trayectoria que permita alcanzar la máxima distancia posible.

En la cuadro 1 se presentan los estadísticos descriptivos de las principales variables de producto. Como podrá comprobarse, el lanzador consiguió una distancia media superior a los 62±1,99 metros, para una velocidad de lanzamiento superior a los 24 m/s, que exige ya un alto grado de coordinación y dominio. El ángulo de lanzamiento también se encuentra dentro de los límites referenciados en la literatura para el lanzamiento de jabalina que oscila entre los 34° y 36°.

Cuadro 1. Descriptivos de las variables de referencia en el instante de la proyección de la jabalina.

Parámetros	(n: 22)		
	Media	Sd	C.V. (%)
Distancia real(m)	62.23	1,99	3
Ángulo de Lanzamiento (°)	36.56	1,55	4
Velocidad de Lanzamiento (m/s)	24,20	0,66	3
Altura de lanzamiento (m)	1,89	0,04	2
Ángulo de Ataque (°)	4,82	1,87	39
Ángulo Yaw (°)	-2,18	1,97	90

Respecto de la variabilidad, se comprueba que estos parámetros se comportan dentro de unos niveles de variabilidad reducida que oscilan entre el 2% y el 4%, a excepción de los ángulos de Ataque y Yaw, que muestran una variabilidad elevada (39% y 90% respectivamente), que en todo caso no se corresponde con la reducida variabilidad encontrada en la distancia de lanzamiento (CV: 3%). A pesar de la alta variabilidad de estos dos

parámetros, sus valores medios se mantienen dentro de los límites razonables para obtener un vuelo estable (4,8° y -2,18° respectivamente).

1.- Estudio de la variabilidad del modelo individual

Como primer paso se analizan los resultados obtenidos sobre las variables que caracterizan la **velocidad de los marcadores** de la cadena cinemática superior y de la jabalina. Los resultados ponen de manifiesto que la variabilidad de los parámetros estudiados se mantiene en unos niveles razonables de variabilidad por cuanto el coeficiente de variación oscila entre el 3% y el 10%. (Cuadro 2).

Cuadro 2. Coeficientes de variación correspondientes a la velocidad de los marcadores en los instantes t2 y t3, expresados en porcentaje.

Parámetros.	C.V. (%)	
	t ₂	t ₃
Velocidad de la cadera	9	9
Velocidad del hombro	5	9
Velocidad del codo	7	1
Velocidad de la jabalina	5	3

Como se puede observar, los valores calculados para el coeficiente de variación de las velocidades demuestran que la variabilidad aumenta ligeramente en los instantes finales del lanzamiento (t3) para el caso de los marcadores correspondientes al hombro y codo. Por el contrario, se mantiene estable en el caso de la cadera; y disminuye en el caso de la velocidad de proyección. Con todo, parece que estas variables de producto se mantienen en unos niveles de variabilidad razonables que demuestran la consistencia del modelo individual del lanzador.

En el caso de las variables de la **cadena cinemática superior** ocurre lo contrario. A excepción del ángulo de la flexión del codo y de la altura de lanzamiento, el resto de variables (Inclinación del tronco, inclinación de los

hombros, rotación de los hombros), muestran una mayor variabilidad en el instante t2 que en el instante t3, y de forma muy especial la inclinación y rotación de los hombros (Cuadro 3), demostrándose que el lanzador se sitúa de forma cambiante en la fase previa a la aceleración de la jabalina.

Cuadro 3. Coeficientes de variación en los instantes t2 y t3 expresados en porcentaje (parámetros relacionados con la cadena cinemática superior).

Parámetros.	C.V. (%)	
	t ₂	t ₃
A.. inclin. del tronco	15	7
A.. inclin. de hombros	61	9
A. rotación de hombros	25	1
A. flexión del codo	4	5
Altura de la mano	3	2

Si atendemos a los parámetros de la **cadena cinemática inferior**, se han encontrado diferencias en la variabilidad de la flexión de la articulación de la rodilla de ambas piernas, así como de la amplitud del último paso y de los ángulos de inclinación y rotación de las caderas entre t2 y t3. (cuadro 4). Como puede comprobarse, la variabilidad aumenta en el instante t3, justo al contrario de la inclinación y rotación de las caderas cuya máxima variabilidad se produce en el instante t2.

Cuadro 4. Coeficientes de variación en los instantes t2 y t3 (parámetros relacionados con la cadena cinemática inferior).

Parámetros.	C.V. (%)	
	t ₂	t ₃
Ang. flexión rod. derecha	2	11
A. flexión rod. izquierda	3	6
Amplitud "doble apoyo"	3	8
Alt. cad. derecha al suelo	3	3
Ang. inclinación caderas	9	32

2.- El pronóstico del rendimiento

La velocidad de lanzamiento está reconocida como una de las variables con mayor poder predictivo del rendimiento en las especialidades de lanzamiento. En nuestro estudio hemos comprobado que, a pesar de mantener una relación significativa con la distancia de lanzamiento ($p < .01$), su capacidad de pronóstico es relativa en la medida que la ecuación de regresión obtenida muestra que sólo consigue explicar el 27% de la varianza. Este hecho es interesante tenerlo en cuenta porque pone de manifiesto que en los modelos individuales, la velocidad de proyección de la jabalina juega un papel secundario existiendo otros parámetros que hay que tener en cuenta para explicar el rendimiento del deportista. En la figura 4 se representa la dispersión de los valores en la relación entre velocidad y distancia de lanzamiento, que es positiva, tal y como expresa la función predictiva obtenida.

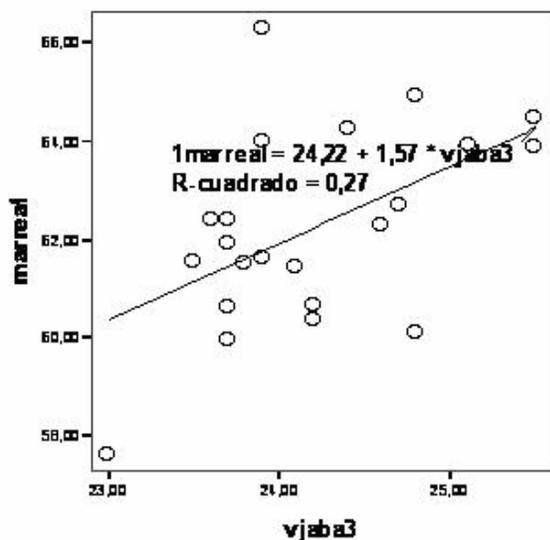


Figura 4. Representación de la función predictiva sobre la distancia real de lanzamiento.

Siguiendo el argumento anterior, hemos comprobado que cuando la velocidad de lanzamiento se asocia con otras variables como la inclinación del tronco en t2, la rotación de las caderas en t2, el ángulo de lanzamiento, y la velocidad de jabalina en t2, entonces la varianza explicada sobre la distancia real aumenta notablemente (R^2 : 88%). De esta manera, se consigue una ecuación en la que intervienen variables que justifican el modelo teórico general como es el caso de la velocidad de lanzamiento, pero también variables técnicas que, para el caso del modelo individual estudiado, jugarían el papel más decisivo en la obtención del máximo rendimiento.

$$\text{Distancia real} = 16,700 + (1,649 \times Vjab3) - (2,90 \times \text{incltronc2}) + (1,54 \times \text{rotcad2}) + (,385 \times \text{Alanz}) - (1,370 \times Vjab2)$$

Por tanto, en este caso, la distancia de lanzamiento se predice cuanto mayor sea la velocidad de lanzamiento, menor sea la inclinación del tronco en el instante t2, mayor sea el ángulo de rotación de las caderas en el instante t2, mayor sea el ángulo de lanzamiento y menor sea la velocidad de la jabalina en el instante t2.

De los resultados que se desprenden del análisis de regresión llama la atención la referencia a la rotación de las caderas en el instante t2, lo que significa disponer de un rango amplio de acción en el movimiento de las caderas en el plano transversal, como motor de arrastre hacia los segmentos más distales de la cadena cinemática superior. Además, también es esclarecedor el hecho de que la velocidad de la jabalina en el instante t2 se haya introducido en la función predictiva, demostrándose que una aceleración temprana de la jabalina tiene unos efectos negativos sobre la distancia, en consonancia con los postulados teóricos relacionados con el principio del curso óptimo de aceleración (Hochmuth, 1973).

Por último, conviene también destacar el hecho de que los parámetros técnicos que entran en la función predictiva sean aquellos en los que se ha observado una variabilidad elevada. Concretamente, la inclinación del tronco en el

instante t2 (CV: 15%), y la rotación de las caderas en el plano transversal en t2 (CV: 109%), lo que significa que en el caso del modelo evaluado, el rendimiento depende de las acciones que se producen en la fase previa al lanzamiento en la que el lanzador adopta la posición definitiva para conseguir una trayectoria de aceleración de la jabalina amplia y equilibrada en su estructura temporal

CONCLUSIONES

En primer lugar, conviene destacar que los resultados muestran una gran coincidencia con el modelo de referencia propuesto por Morris y Bartlett (1996). En su primer escalón jerárquico se ha comprobado que la velocidad de lanzamiento y el ángulo de lanzamiento contribuyen a la distancia. En niveles jerárquicos posteriores, también se ha confirmado la participación de algunos parámetros que describen la posición del cuerpo del lanzador en el instante del “doble apoyo”.

Sin embargo, ha resultado interesante constatar que en el modelo individual evaluado la velocidad de lanzamiento, contrariamente a lo que se pudiera preveer, no tiene el valor determinante que se le concede en la literatura. Guarda una relación significativa con la distancia de lanzamiento ($p < .01$), pero su valor predictivo sobre el rendimiento es limitado. Por el contrario, otros parámetros de carácter técnico, ejercen una influencia mayor demostrándose que el rendimiento es una cuestión individual que requiere de un proceso de análisis singular. Cada lanzador dispone de un patrón de comportamiento cuyo equilibrio depende de factores diferenciados.

También se ha comprobado que, a excepción de algunos parámetros relacionados con la velocidad, existe una mayor variabilidad en las acciones técnicas que se realizan en el inicio de la fase final (t2), esto es, en la fase en que el lanzador adopta la posición final de lanzamiento, y se prepara para generar las fuerzas y dirigirlas hacia la jabalina.

Con todo, la metodología utilizada en este trabajo nos ha permitido conocer la estabilidad de un modelo individual e identificar

los factores de los que depende el rendimiento. En su aplicación práctica, los resultados obtenidos refuerzan la idea de la necesidad de abordar el entrenamiento de los lanzadores desde una perspectiva individualizada. El entrenamiento de la técnica debe realizarse a partir del patrón individual de cada sujeto. Durante la especialización los jóvenes deportistas se encuentran en una fase abierta a la adquisición de las técnicas, y es en fases posteriores cuando esta exigencia de la individualización del entrenamiento técnico cobra una mayor importancia, justo cuando los deportistas disponen ya de un patrón de ejecución estable en sus características cinemáticas y dinámicas.

REFERENCIAS

- Abdel-Aziz Y.I. y Karara, H.M. (1971) “Direct linear transformation from comparator coordinates into object space coordinates in close range photogrammetry”. En *ASP Symposium on close range photogrammetry*, American society of photogrammetry (eds), ASP, Falis Church, 1-18.
- Atwater, E.A. (1979) “Biomechanics of overarm throwing movements and of throwing injuries”. *Exercise and Sport Science Review*, 7, 43-85, 1979
- Bartlett,-R; Müller,-E; Lindinger,-S; Brunner,-F; Morriss,-C (1996) “Three-dimensional evaluation of the kinematic release parameters for javelin throwers of different skill levels”. *Journal of Applied Biomechanics*, (Champaign,-Ill.); 12(1), Feb 1996, 58-71
- Bernstein, N. (1967) "The coordination and regulation of movement". Pergamon Press.
- Best,-R.J; Bartlett,-R.-M; Morriss,-C.-J. (1993) “A three-dimensional analysis of javelin throwing technique”. *Journal of Sports Sciences*, 11(4), 315-328.
- Chamos, J., Brizuela, G. and Ramon, V. (2004) “Three-dimensional kinematic analysis of elite javelin throwers at the 1999 IAAF

- World Championships in Athletics". *New studies in Athletics* 19: 47-57.
- Campos, J.; Brizuela, G.; Ramon, V.; Gámez, J. (2002) "Análisis of kinematic parameters between spanish and world class javelin throwers". In Giannikellis, K. (ed) *Scientific Proceedings of the XX International Symposium on Biomechanics in Sports*, Universidad de Extremadura, Spain, pp-107-110,
- Dapena, J., McDonald, C., Cappaert, J. (1990) "A regression analysis of high jumping technique", *International Journal of Sport Biomechanics*, 6(3), pp. 246-260
- Hay, J.G., Wilson, B.D., Dapena, J. (1976). "Identification of the limiting factors of the performance of a basic human movement", in *Biomechanics V-B* (ed. P.V. Komi), University Park Press, Baltimore, MD, USA, pp. 13-19
- Hochmuth, G. (1973) "Biomecánica de los movimientos deportivos". Doncel, Madrid.
- Ikegami, Y., (1981) "Biomechanical analysis of the javelin throw", In Morecki, A. and Fidelus, K. (Ed) *Biomechanics VII-B*, Baltimore. University Press, 271-276,
- Menzel, H.J. (1998) "Intra-individual differences of movement patterns in the javelin throw". In Riehle & Vieten. *Proceedings of the XVI International Symposium on Biomechanics in Sport*, Konstanz, pp. 525- 528
- Menzel, H.J. (1987) "Transmission of partial momenta in javelin throw". In Johnsson, B. (Ed) *Biomechanics X-8*, Human Kinetics Publishers, Champaign, pp. 643-647, 1987
- Mero, A., Komi, P.V., KORjus, T., Navarro, E., Gregor, R. (1994) "Body segment contributions to javelin throwing during final thrust phases". *Journal of Applied-Biomechanics*, (Champaign,-Ill.); 10(2), 166-177.
- Morris, C.; Barlett, R.; Navarro, E.,(2001). "The function of blocking in elite javelin throws: a re-evaluation". *Journal of Human Movement Studies*, 41, 175-190
- Morris, C.; Bartlett, R., (1996) "Biomechanical factors critical for performance in the men's Javelin throw". *Sports Medicine*. Auckland,-N.Z., 21(6), pp. 438-446, 1996
- Morriss, C., Bartlett, R. M., and Fowler, N. (1997). "Biomechanical analysis of the men's javelin throw at the 1995 World Championships in Athletics", *New Studies in Athletics*, 12, 31-41.
- Navarro, E.; Campos, J.; Vera, P.; Chillaron, E. (1995) "A procedure for determining the acceleration phase in javelin throwing". In Barabas, A. & Fabián, G. *Biomechanics in Sport XII*. ISBS. Hungarian University of Physical Education. Pp. 357-359, Budapest,
- Schöllhorn, W. I., and Bauer, H. U. (1998). "Identifying individual movement styles in high performance sports by means of self-organizing Kohonen maps". In H. J. Riehle and M. Vieten (Eds.), *Proceedings of the XVI Congress of the ISBS*, (pp. 754-577). Konstanz: Konstanz University Press.
- Takey, Y. (1989). "Techniques used by elite male gymnasts performing a handspring vault at the 1987 Pan American Games", *International journal of sport biomechanics*, 5, 1-25.
- Whiting, W., Gregor, R. Halushka, M. (1991). "Body segment and release parameter contributions to new-rules javelin throwing". *International Journal of Sport Biomechanics*, 7, 111-124.
- Woltring, H.J. (1986). "A fortran package for generalized, cross-validatory spline smoothing and differentiation". *Adv. Eng. Software*, 8, 2, 104-113.

