

- Robertson, D.G.E., Stothart, J.P. & Wilson, J.-M. (1988). Electromyographic and impulse analysis of ergometer rowing. *Biomechanics XI-B*, 869-873. Amsterdam: Free University Press.
- Saxby, D. & Robertson, D.G.E. (2009). 3D inverse dynamics analysis of the martial arts circular kick. *Proceedings of the 33rd Annual Conference of the American Society of Biomechanics*.
- Saxby, D.J. & Robertson D.G.E. (2010). 3-dimensional kinetic analysis of Olympic snatch lift. *Proceedings of the 16th Annual Meeting of the Canadian Society for Biomechanics*, p. 183.
- Winter, D.A. (1990). *Biomechanics and Motor Control of Human Movement*. Second edition. Toronto: John Wiley & Sons.
- Yeadon, M.R. (1990). The simulation of aerial movement: I, II and III. *Journal of Biomechanics*, 23, 59-66, 67-77, 75-83.
- Zajac, F.E., Neptune R.R. & Kautz, S.A. (2003) *Biomechanics and muscle coordination of human walking*. Part II: Lessons from dynamical simulations and clinical implications. *Gait and Posture*, 17, 1-17.

Biomecánica del arranque en el levantamiento de pesas (Novedades en la Mecánica del Levantamiento de Pesas - Modalidad arranque, en sujetos latinoamericanos)

Mihai Zissu Boldur¹
Xavier Aguado Jodár²
Javier González Gallego³

Resumen

El objetivo general del presente estudio fue el de analizar características cinemáticas de las fases del halón y desliz en la modalidad de arranque en el levantamiento de pesas olímpico, ejecutado por atletas latinoamericanos de alto rendimiento en situación competitiva. Entre los específicos se pueden mencionar: (1) analizar características cinemáticas seleccionadas de los sujetos participantes; (2) describir características cinemáticas del movimiento de la palanqueta durante las fases del halón y desliz; (3) clasificar y analizar la trayectoria del movimiento de la palanqueta. Se realizó un estudio en situación real de competición, de nivel internacional, con el objeto de analizar características biomecánicas de las fases del halón y desliz en la modalidad de arranque en el levantamiento de pesas olímpico, ejecutado por 72 atletas latinoamericanos de alto rendimiento, la mayoría de ellos, los mejores en las diferentes categorías de pesos durante los eventos fundamentales de los años 2006-2007. Se analizaron características del movimiento de la palanqueta y de los sujetos; se identificaron los tipos de trayectorias del centro de gravedad de la barra y se describieron las principales características de cada una, así como también, la comparación entre éstas en los grupos. Se aplicaron los procedimientos del método videográfico tridimensional para la recolección y procesamiento de los datos. El análisis de los resultados se realizó a través de estadística descriptiva y en la comparación de los grupos se recurrió a la estadística paramétrica. Se detectaron similitudes

-
- 1 Doctorado en Ciencias de la Actividad Física y del Deporte. Departamento de Ciencias Biomédicas de la Universidad de León.
 - 2 Docente Universidad de Castilla-La Mancha. xavier.aguado@uclm.es
 - 3 Director del Instituto de Biomedicina de la Universidad de León. jgonga@unileon.es

y diferencias entre los grupos en relación con las variables seleccionadas y se reportaron tendencias en función de las diferentes categorías de peso de los atletas.

Palabras clave: levantamiento de pesas, arranque, biomecánica, trayectoria de la palanqueta.

Introducción

Jekov (1976), Saufrushahar, Norhaslinda y Wilson (2002) y Molina (2004) coinciden en afirmar que el arranque es la modalidad más difícil y compleja en el levantamiento de pesas, y los resultados de los grandes eventos demuestran que el nivel del rendimiento es mucho menor que en la modalidad de Envión. Según Garhammer (1988) y Schilling, Stone, O'Brian, Fry, Coglianesi y Pierce (2002), la acción consiste en levantar la palanqueta sobre la cabeza, en un solo movimiento, hasta la total extensión de los miembros inferiores y superiores en un movimiento continuo.

Enoka (1979), Garhammer (1988) y Gourgoulis y cols. (2000) indicaron que la técnica, conjuntamente con la fuerza explosiva y flexibilidad, contribuyen significativamente en el rendimiento del levantamiento de pesas. Los diferentes autores, por motivos analíticos, han subdividido la técnica del arranque en fases. De una u otra manera todos coinciden sobre la existencia de los principales eventos en esta modalidad deportiva: Primera Fase: Posición inicial; Segunda Fase: Aceleración inicial, llamada también el Primer halón o la Primera fase del halón; Tercera Fase: Ajuste, Re-doblamiento, Transición o Fase de amortiguación; Aceleración final, llamada también el Segundo halón o la Segunda fase del halón; Quinta Fase: Desliz o Entrada, subdividida en entrada sin apoyo y entrada con apoyo; y Sexta Fase: Recuperación.

Cinemática del movimiento de la palanqueta

Jekov (1976) indica que existen cuatro factores fundamentales que determinan la dinámica de la tracción y entrada debajo de la palanqueta. Éstos son: (1) la velocidad de la palanqueta en ascenso, (2) velocidad de desplazamiento del atleta en la entrada, (3) la máxima altura de la palanqueta y (4) la altura de la entrada.

Vorobyev (1978) fue uno de los primeros autores que presentó los tipos de trayectoria. Él identificó tres tipos de trayectoria, que se diferencian entre ellas principalmente en el movimiento horizontal de la palanqueta y menos en el vertical (Figura 1).

1. La trayectoria "A" – La palanqueta se mueve inicialmente hacia el atleta durante el primer halón y se aleja del atleta en el segundo halón. Durante esta porción, la palanqueta interseca la línea imaginaria vertical que se puede trazar desde

el punto de inicio del halón. La recepción de la palanqueta en la entrada se hace con un movimiento hacia el levantador y detrás pero cercano a la línea imaginaria.

2. La trayectoria "B" – En el inicio y durante el primer halón, la palanqueta se mueve hacia el levantador. Durante el segundo halón la palanqueta se mueve ligeramente hacia delante, alejándose del atleta, pero en menor medida que en la trayectoria A, sin pasar la línea vertical imaginaria del punto de inicio. Al final del segundo halón y la entrada (desliz), la palanqueta se mueve nuevamente hacia el levantador y la recepción se hace a una distancia horizontal mayor que en el caso de la trayectoria A. En la trayectoria B, la palanqueta nunca interseca la línea imaginaria vertical desde el punto de inicio del halón.
3. La trayectoria "C" – En el inicio del primer halón, la palanqueta se aleja ligeramente del atleta, luego hacia el atleta intersectando la línea vertical imaginaria de referencia. Durante la segunda parte del halón la palanqueta se aleja nuevamente del atleta, al igual que en las trayectorias "A" y "B". La recepción se realiza en frente a la línea vertical imaginaria de referencia debido al movimiento hacia delante en el principio del primer halón.

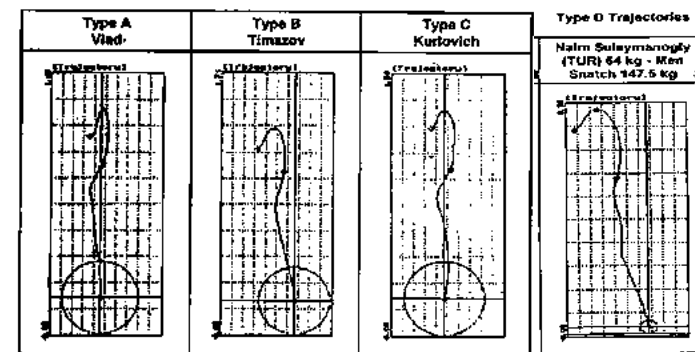


Figura 1. Trayectoria de la palanqueta, tipo "A", "B", "C" y "D". Tomado de Hischia (1997)

Vorobyev (1978) considera que la trayectoria "A" es la más correcta; sin embargo, se ha observado que levantadores de diferentes niveles ejecutan los levantamientos con diferentes características. El mismo autor, en estudios con campeones mundiales y poseedores de records, ha encontrado que el 55% usan la trayectoria "A" y el 45%, la "B". En sus estudios durante el Campeonato Mundial Femenino de 1987, Garhammer (1988) encontró que 62% de los levantamientos utilizaban la trayectoria "A", 31% la "B", y 6% la "C", lo que coincide con las consideraciones de Vorobyev (1978) e

Hiskia (1993). Baumann y cols. (1988), utilizando la videografía 3D, indicaron que 82 levantadores del Campeonato Mundial de Levantamiento de Pesas del año 1985 en Suecia utilizaron la trayectoria "B". Encontraron que los atletas halar la palanqueta hacia su cuerpo durante el primer halón y la fase de transición. Luego, la palanqueta se movió verticalmente y en una dirección antero-posterior simultáneamente, pero, en el caso de la mayoría de los atletas y entre ellos los mejores, ésta no cruzó la línea de referencia vertical del inicio. Todos los atletas saltaron hacia atrás en la fase de desliz para caer debajo de la palanqueta después de halarla hacia ellos. Vorobyev (1978) opinó que el salto no es beneficioso para el levantamiento.

Badillo (1991), con base en una vasta experiencia en el área de levantamiento de pesas, realizó una clasificación de las diferentes trayectorias en función de características de las diferentes fases:

En la Primera Fase del halón encontró las siguientes formas de trayectoria:

a) La palanqueta se acerca al atleta (trayectoria racional); b) la palanqueta se aleja por delante de la vertical, para cruzarla posteriormente y acercarse al levantador (Figura 2). Es una trayectoria menos adecuada y se produce cuando la palanqueta en el inicio se proyecta cerca de la articulación del tobillo; el tronco debe adelantarse excesivamente para compensar el desplazamiento del centro de gravedad hacia atrás; se producen condiciones desventajosas para la producción de la fuerza; c) La palanqueta sigue la vertical durante unos centímetros, luego se acerca al levantador. Ésta es una variante de la (b) pero las deficiencias son menores.

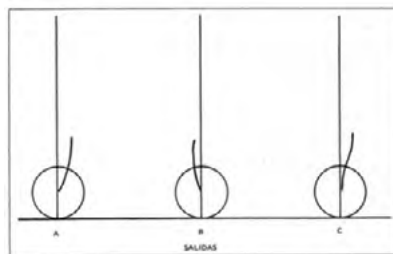


Figura 2. Tipos de trayectoria en la primera fase del halón. Tomado de Badillo (1991)

En la Segunda Fase del halón (Figura 3) y en función del ángulo de salida después del máximo acercamiento de la palanqueta hacia el atleta, se pueden estudiar los siguientes casos: a) la palanqueta cruza la vertical con un ángulo de 30° o menos (ideal); b) la palanqueta sale bruscamente con un ángulo mayor de 30° (cuando

es golpeada por los muslos y caderas; el gasto energético y la fuerza vertical no beneficia un buen resultado); c) la palanqueta sigue casi paralela a la vertical, sin cruzarla o se aleja de ella (se debe al poco adelantamiento de los hombros y por atrasarlos muy pronto; la disposición de los ángulos de las rodillas y caderas en el máximo esfuerzo no son adecuados para aprovechar la fuerza del sujeto; el centro de gravedad se desplaza hacia los talones y la palanqueta se desvía hacia atrás en la entrada definitiva).

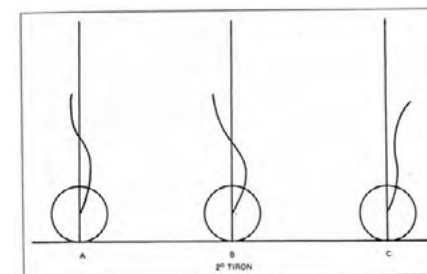


Figura 3. Tipos de trayectoria en la segunda fase del halón. Tomado de Badillo (1991)

En el recorrido de la palanqueta después de adquirir la máxima velocidad se pueden distinguir: a) trayectoria vertical hasta que inicia la curva de descenso (el inicio del gancho, fase ascendente); puede coincidir con la vertical de la salida o por delante de ella (trayectoria racional y mejor aplicación de la fuerza, la entrada más económica y segura); b) la palanqueta describe una trayectoria curva, con un significativo componente horizontal, lo que empeora la altura máxima alcanzada y el equilibrio (Figura 4).

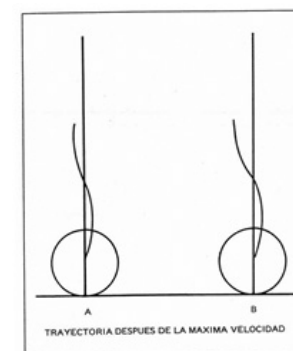


Figura 4. Tipos de trayectoria de la palanqueta después de adquirir la máxima velocidad. Tomado de

Badillo (1991)

En el Movimiento de Tránsito del Movimiento Ascendente al Descendente (gancho): (a) ángulo de salida a 30° o menos y trayectoria cercana a la vertical, el punto de máxima elevación coincide con la vertical imaginaria de la salida o cercano a ella; el arco descrito es muy cerrado y la fijación se hace ligeramente detrás de la vertical; los pies no se desplazan hacia atrás o lo hacen en poca medida (considerado positivo); (b) si la palanqueta sale hacia al frente bruscamente y la entrada se hace por delante de la vertical de salida, el atleta debe dar un salto al frente para poder fijar la palanqueta (menos racional); (c) si la palanqueta no llega a la vertical de la salida, la máxima elevación y la entrada será por detrás de ella; a mayor separación, menor racionalidad del movimiento; el levantador tendrá que desplazarse hacia atrás (Figura 5).

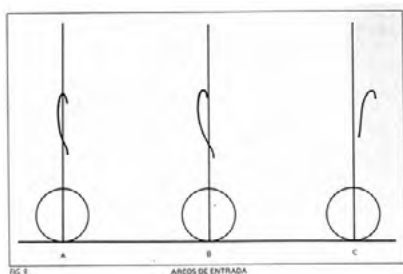


Figura 5. Tipos de trayectoria de la palanqueta en el movimiento de tránsito del movimiento ascendente al descendente. (Tomado de Badillo, 1991).

En sus estudios, Stone y cols. (1998) concluyeron que los factores relacionados con los intentos válidos son: (a) fuerzas verticales mayores y potencias mayores, (b) desplazamientos en la trayectoria de la palanqueta (menor desviación horizontal), y (c) un desplazamiento horizontal total hacia atrás de la palanqueta igual o menor de 20 cm. Casi todos los atletas usaron la técnica del halón y salto hacia atrás.

Características espaciales del movimiento de la palanqueta

Según el Modelo Biomecánico Cualitativo de la Modalidad de Arranque en Levantamiento de Pesas, diseñado por Zissu y Beltrán (2005), la altura total a la que se debe elevar la palanqueta se puede subdividir en varias alturas parciales:

1. Altura al Final del desliz;
 - 1.1 Altura Máxima de elevación de la palanqueta;
 - 1.1.1 Altura del Primer halón;

1.1.2 Altura del Segundo halón;

1.1.3 Elevación de la palanqueta en el desliz sin apoyo (máxima altura alcanzada por la barra después del halón e inicio del desliz);

1.2 Pérdida de Altura en la fase del desliz con apoyo;

2. Altura de la Fase de Recuperación.

En la Tabla 1 se pueden observar los valores citados por los diferentes autores en esta variable (Altura y desplazamiento vertical de la palanqueta durante el primer halón). En la Tabla 2 se pueden observar los resultados que presentan en la bibliografía en relación a la altura y desplazamiento al final de la fase de ajuste.

Stone y cols. (1998), indican que el desplazamiento horizontal total de la palanqueta, desde el inicio del movimiento del halón hasta la recepción en el desliz, puede variar desde -0,02 m a -0,14 m y en algunos casos puede llegar de -0,10 a -0,20 m. El signo negativo indica que la recepción de la palanqueta en el desliz se realiza detrás del lugar de inicio del halón. En la Tabla 2 se puede notar que las investigaciones consultadas presentan valores negativos en esta variable, lo que permite comprobar que la palanqueta tiene un desplazamiento hacia el atleta en el inicio del halón. El rango de movimiento horizontal de la palanqueta hasta el inicio del segundo halón es de -0,03 a -0,12 m.

Tabla 1. Alturas y desplazamientos verticales de la palanqueta durante las diferentes fases de acuerdo a los diferentes autores

Primer halón		
Autor (Año)	Altura de la palanqueta primer halón (m)	Desplazamiento vertical de la palanqueta primer halón (m)
Safrushahar y cols. (2002)	0,52 (Masculino)	0,29 (Masculino) (18% Estatura)
	0,53 (Femenino)	0,30 (Femenino) (18% Estatura)
Arioch (2005)	0,47 a 0,59	
Badillo (1991)	0,51	
Zissu y Altuve (2005)	0,49 (Media) 0,46 – 0,53 (Valores extremos)	(30% Estatura) (28% - 32% Estatura)
Fase de Ajuste		
Autor (Año)	Altura de la palanqueta fase de ajuste (m)	Desplazamiento vertical de la palanqueta fase de ajuste (m)
Arioch (2005)	0,53 a 0,67	0,04 a 0,12
Badillo (1991)	0,51	
Gourgoulis y cols. (2000)		0,06
Segundo halón		

Autor (Año)	Altura de la palanqueta segundo halón (m)
Arioch (2005)	0,98 a 1,24
Hiskia (1993)	0,91
Badillo (1991)	0,93
Zissu y Altuve (2005)	1,01 (Media) (61% Estatura) 0,90 – 1,17 (Valores Extremos: (58% - 66% Estatura)
Fase de desliz	
Autor (Año)	Altura máxima de la palanqueta en la fase de desliz (m)
Garhammer (1985)	0,97 a 1,29
Baumann y cols. (1988)	0,88 a 1,13 (Grupo A - mejores)
	0,97 a 1,16 (Grupo B - 3°- 4°) (56% – 63% Estatura)
Garhammer (1991)	0,93 - 1,32 (Femenino)
Hiskia (1993)	1,15
Hiskia (1997)	1,05 a 1,38 (JO Los Angeles, 1984) 1,11 a 1,36 (CM, 1993-94)
Barton (1998)	60% Estatura
Campillo y cols. (1999):	1,32
Gourgoulis y cols. (2000)	1,21 ($\pm 0,08$) (70,7% Estatura)
Gourgoulis y cols. (2002)	1,15
Safrushahar y cols. (2002)	1,26 (Masculino)
	1,28 (76% Estatura) (Femenino)
Leña y cols. (2004)	1,09 ($\pm 0,08$)
Arioch (2005)	1,10 a 1,39
Zissu y Altuve (2005)	1,28 (77% Estatura) 1,16 – 1,48 (72% - 85% Estatura)
Fase final de desliz	
Autor (Año)	Altura de la palanqueta al final de la fase de desliz (m)
Bartonietz (1996)	0,95 a 1,15
Badillo (1991)	1,08
Isaka y cols. (1996):	0,96 a 1,15 (62% - 70,8% de la altura máxima del 2° halón)
Safrushahar y cols. (2002)	1,13 (69% Estatura)
	1,14 (67% Estatura) (Femenino)
Leña y cols. (2004)	1,09 ($\pm 0,08$)
Arioch (2005)	0,99 a 1,25
Zissu y Altuve (2005)	1,11 (67% Estatura) (Masculino)
	0,98 – 1,26 (62% - 75% Estatura) (Femenino)
Fase final de desliz	
Autor (Año)	Altura de caída de la palanqueta en el desliz (m)
Ajan y Baroga (1988)	0,15
Drechsler (1998)	5% - 9%
Zissu y Altuve (2005)	0,10 – 0,17 (11% Estatura - Masculino)
	0,12 – 0,24 (8% - 14% Estatura - Femenino)

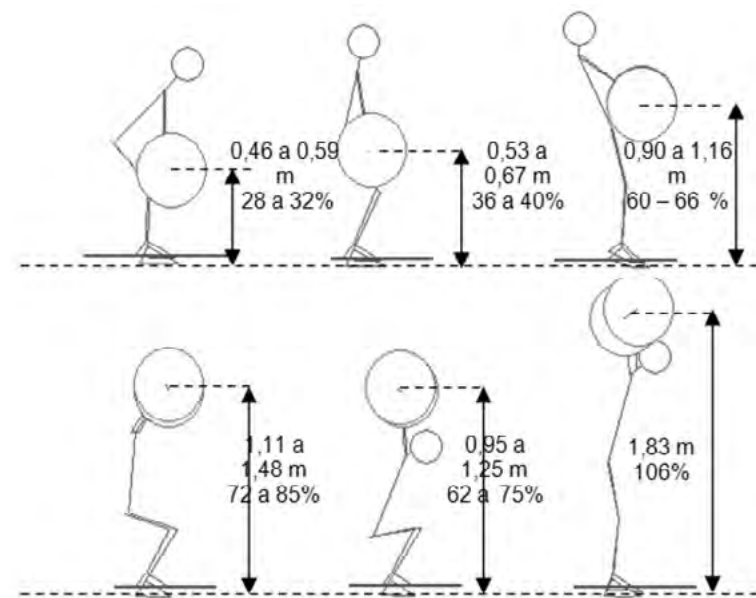


Figura 6. Altura de la palanqueta en las diferentes fases del arranque. Tomado de Zissu y Altuve (2005)

Tabla 2. Desplazamiento horizontal de la palanqueta durante la primera y segunda curvatura

Primera curvatura	
Autor (Año)	Desplazamiento horizontal de la palanqueta (m)
Garhammer (1985)	-0,04 a -0,09
Ajan y Baroga (1988)	-0,03 a -0,06
Stone y cols. (1998)	-0,04 a -0,07
Gourgoulis y cols. (2000)	-0,06
Arioch (2005)	-0,03 a -0,12
Segunda curvatura	
Garhammer (1985)	0 a 0,11
Ajan y Baroga (1988)	0 a 0,03
Stone y cols. (1998)	0,06 a 0,09
Gourgoulis y cols. (2000)	0,03
Arioch (2005)	0,02 a 0,04

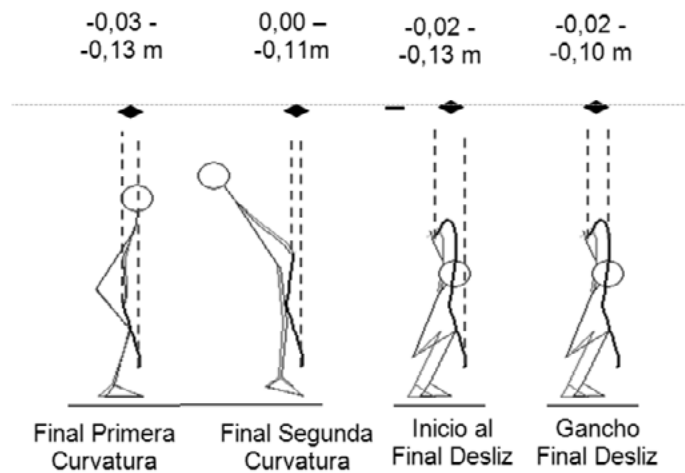


Figura 7. Desplazamiento horizontal de la barra en las diferentes fases del arranque. Tomado de Zissu y Altuve (2005)

Velocidad vertical de la palanqueta durante el halón

En la Tabla 3 se presentan los valores de la velocidad de la palanqueta en las diferentes fases del halón (primer halón, ajuste, segundo halón) (Figura 8).

Tabla 3. Velocidades verticales máximas de la palanqueta en las diferentes fases

Autor (año)	Primer halón (m/s)
Garhammer (1985)	1,05 - 1,62
Ajan y Baroga (1988)	1,00 - 1,60
Baumann y cols. (1988)	1,31 - 1,43 (Grupo A – mejores)
	1,31 - 1,42 (Grupo B – menor nivel)
Badillo (1991)	1,00 – 1,60
Herrera (1992)	1,30
Hiskia (1997) CM 93-97	1,24 – 1,58
Hiskia (1997) JO Atlanta 96	1,18 – 1,61

Stone y cols. (1998)	1,40 + 0,17 (Levantamientos válidos)
	1,36 + 0,17 (Levantamientos nulos)
Gourgoulis y cols. (2000)	1,24 + 0,14 (74,4% de la Vz Máxima)
Pierce y Bird (2001)	0,83 - 1,63
Safrushahar y cols. (2002)	1,14 (1,01 - 1,26)
Gourgoulis y cols. (2002)	1,13 + 0,07
Leiva y cols. (2004)	1,42 (+ 0,10)
	1,27 - 1,55
Arioch (2005)	1,30 - 1,60
Zissu y Altuve (2005)	1,36 (70% del segundo halón)
Autor (Año)	En el aluste (m/s)
Garhammer (1985)	0,88 - 1,17
Badillo (1991)	1,20
Herrera (1992)	1,10 – 1,40
Hiskia (1997) CM 93-97	1,01 – 1,35
Gourgoulis y cols. (2000)	1,19
Arioch (2005)	1,22 - 1,52
Autor (Año)	En el segundo halón (m/s)
Garhammer (1985)	1,82 - 2,10
Ajan y Baroga (1988)	1,60 - 2,50
Baumann y cols. (1988)	1,65 - 1,86 (Grupo A – mejores)
	1,76 - 1,88 (Grupo B – menor nivel)
Badillo (1991)	1,60 – 2,50
Garhammer (1991)	1,96 - 2,28
Herrera (1992)	1,85 – 2,15
Hiskia (1993)	1,63
Lee y cols. (1995)	2,11
Isaka y cols. (1996)	1,86 - 1,95
Hiskia (1997) CM 93-97	1,67 – 2,03
Hiskia (1997) JO Atlanta 96	1,74 – 2,17
Stone y cols. (1998)	1,85 + 0,11 (Levantamientos válidos)
	1,81 + 0,19 (Levantamientos nulos)
Campillo y cols. (1999)	2,17
Gourgoulis y cols. (2000)	1,67 + 0,10
Pierce y Bird (2001)	1,43 - 2,33
Safrushahar y cols. (2002)	1,76 (1,67 - 1,87)
Gourgoulis y cols. (2002)	1,66 + 0,08
Leiva y cols. (2004)	1,81 + 0,09
	1,72 - 1,90
Arioch (2005)	1,65 – 2,05
Zissu y Altuve (2005)	1,94

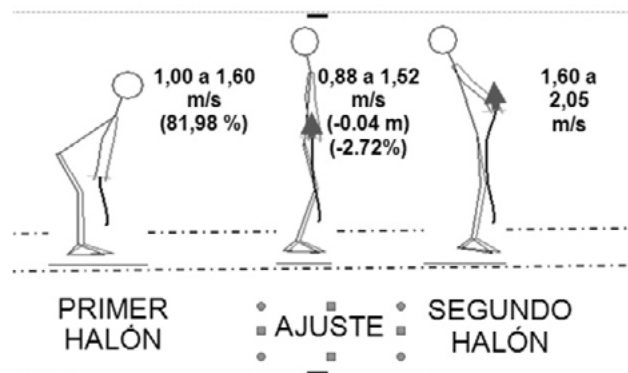


Figura 8. Velocidades verticales durante el halón. Tomado de Zissu (2004)

Características temporales de las fases del arranque

El tiempo de las diferentes fases del halón y desliz tiene mucha importancia en la ejecución del arranque (Figura 9). Por un lado, influye en el logro de una aceleración adecuada de la palanqueta y por ende, en el alcance de velocidades necesarias para el movimiento de la palanqueta durante las fases, principalmente durante la fase sin apoyo del desliz, cuando el momentum de la palanqueta es factor fundamental en la elevación de la palanqueta hasta el instante de la máxima altura.

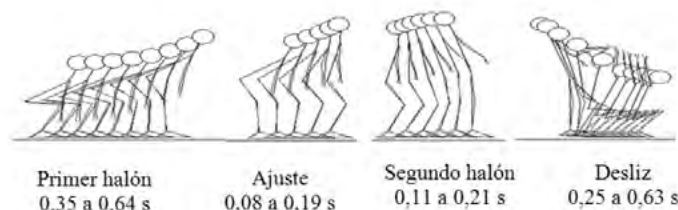


Figura 9. Tiempo de las fases del halón y desliz en el arranque. Tomado de Zissu (2004)

En la Tabla 4 se pueden observar los resultados que se han presentado en la bibliografía en relación a las características temporales de las fases del halón y desliz en el arranque.

Tabla 4. Tiempos de las fases del primer halón

Autor (año)	TIEMPO (segundos)		
	Primer halón	Ajuste (s)	Segundo halón (s)
Enoka (1979)	0,27 - 0,39	0,08 - 0,15	0,12 - 0,16
Baumann y cols. (1988)	0,40 - 0,64		0,14 - 0,16
Herrera (1992)	0,40 - 0,50	0,11 - 0,14	0,14 - 0,16
Lee y cols. (1995)	0,73		0,19
Gourgoulis y cols. (2000)	0,47 + 0,06	0,15 + 0,01	0,16 + 0,01
Arioch (2005)	0,40 - 0,55	0,13	0,20
Zissu y Altuve (2005)	0,48 + 0,05 0,35 - 0,64	0,12 + 0,03 0,08 - 0,19	0,14 + 0,03 0,11 - 0,21
Autor (año)	Tiempo de la fase del desliz (segundos)		
	Total	Fase sin apoyo	Fase con apoyo
Arioch (2005)	0,25 - 0,48	0,15 - 0,33	
Zissu y Altuve (2005)	0,50 + 0,06 0,40 - 0,63	0,20 + 0,03 0,16 - 0,25	0,31 + 0,04 0,18 - 0,38

Con base en la literatura revisada, hemos llevado a cabo una investigación de campo, de carácter descriptivo - comparativo - correlacional, en la cual se utilizaron los procedimientos de la videografía tridimensional para la recolección y procesamiento de los resultados. El trabajo de campo consistió en la recolección de la información por el autor y su equipo de apoyo, en condiciones competitivas, videograbándose a los sujetos en cuatro (4) eventos deportivos internacionales en la región centro y suramericana de levantamiento de pesas. Los eventos en los cuales se realizaron las videograbaciones fueron los siguientes: Juegos Deportivos Centroamericanos y del Caribe, Cartagena de Indias, (2006), Juegos Deportivos Suramericanos, Argentina, (2006), Torneo Manuel Suárez y Campeonato Panamericano Juvenil de levantamiento de Pesas, Ciudad de Matanzas, Cuba, (2007), II Juegos del ALBA, Valencia, Venezuela, (2007).

Se seleccionaron representantes de los atletas de alto rendimiento de los países latinoamericanos presentes en los eventos mencionados. En todos los casos se tomó el mejor intento válido de cada atleta escogido. En total se seleccionaron 72 sujetos de diferentes países, de los cuales 43 eran venezolanos y 29 extranjeros.

Se utilizaron los procedimientos del Método Videográfico Tridimensional, a través del cual se grabaron a los atletas en condiciones competitivas. En el estudio se utilizó el Sistema de Análisis de Movimiento "Hu-ma-n" v. 5.0 (3D) (Human, Canadá).

Para el presente estudio se utilizó un modelo estructural conformado por: 14 segmentos corporales; 22 puntos anatómicos (20 puntos digitalizados y dos puntos

medios que el sistema calculó); 2 puntos en las extremidades de la palanqueta y 1 punto medio de la palanqueta.

En esta investigación se estudiaron las siguientes variables:

1. Características de los sujetos:
 - 1.1 Estatura, peso corporal, peso levantado, peso relativo levantado. Esta variable se calculó a través de la división entre el peso levantado y el peso corporal. Representa la cantidad de peso levantado por unidad de peso corporal y es una variable normalizada. También se le denomina “Fuerza Relativa”.
2. Movimiento de la palanqueta:
 - 2.1 Características temporales:
 - 2.1.1 Tiempo del movimiento de la palanqueta en cada una de las fases.
 - 2.1.2 Ritmo del movimiento entre las diferentes fases del halón y desliz.
 - 2.2 Características espaciales.
 - 2.2.1 Desplazamiento vertical de la palanqueta en las diferentes fases del halón y desliz.
 - 2.2.2 Desplazamiento vertical relativo de la palanqueta en las diferentes fases del halón y desliz.
 - 2.2.3 Desplazamiento horizontal de la palanqueta durante el movimiento en las curvaturas de la trayectoria en las fases del halón y desliz.
 - 2.2.4 Desplazamiento horizontal de la palanqueta durante el movimiento en las curvaturas de la trayectoria en las fases del halón y desliz. Es una variable normalizada y se calculó a través de la división entre el valor del desplazamiento horizontal de la palanqueta y la talla de los atletas.
 - 2.3 Características espacio temporales.
 - 2.3.1 Velocidad vertical instantánea de la palanqueta durante las fases del halón.
 - 2.3.2 Aceleración vertical media de la palanqueta durante las fases del halón.
3. Movimiento de los atletas.
 - 3.1 Características angulares espaciales.

- 3.1.1 Ángulo relativo de las rodillas en posiciones de inicio y finales de las diferentes fases del halón y desliz.
- 3.1.2 Ángulo absoluto del tronco con respecto a la horizontal en posiciones de inicio y finales de las diferentes fases del halón y desliz.
- 3.1.3 Ángulo de inicio de las curvaturas durante el movimiento de la palanqueta en las fases del halón.
- 3.2 Características angulares espacio temporales.
 - 3.2.1 Velocidad angular absoluta media del tronco durante las fases de ajuste y segundo halón.
 - 3.2.2 Velocidad angular absoluta máxima del tronco durante la fase del segundo halón.

Resultados del estudio

Distribución de frecuencias de la trayectoria de la palanqueta durante las fases del halón y desliz

Se han encontrado cinco tipos de trayectoria, tres de ellas con características similares a las indicadas por los autores en estudios previos (Vorobyev, 1.971): la “A”, la “B” y la “C”, y dos nuevas, la “D” y la “E”.

En el estudio de los sujetos latinoamericanos, a través de la presente investigación, se han identificado dos tipos de trayectorias con características particulares, que se diferencian en algunas fases a las trayectorias presentadas en trabajos previos, lo cual puede ser un aporte importante de este estudio. Éstas han recibido la denominación de “D” y “E”. Como una particularidad importante de estas trayectorias, se puede mencionar que el inicio del movimiento de la palanqueta se hace en forma de línea recta en dirección vertical durante la primera fase del halón en ambos casos. Luego, la trayectoria se modifica y se transforma en curva, tanto en la parte final de la fase de ajuste y primer halón, como especialmente en la segunda parte del halón y desliz (segunda curvatura y el “gancho”), adquiriendo formas parecidas a las otras trayectorias ya presentadas previamente.

Al realizar el análisis estadístico a las frecuencias de las diferentes tipos de trayectoria, así como entre los subgrupos de sujetos, venezolanos y de otros países latinoamericanos, a un nivel de confiabilidad de 95%, se encontraron los siguientes resultados (Tabla 5):

Tabla 5. Tipos de trayectorias de la palanqueta en el arranque, frecuencias y porcentajes. Porcentajes (n = 72)

PAÍS	ESTADÍSTICO	TOTAL ATLETAS	TIPO DE TRAYECTORIA				
			A	B	C	D	E
SUJETOS DE PAÍSES LATINOAMERICANOS FRECUENCIA	FRECUENCIA	72	4*	32*	9*	8*	19*
	%	100	6	44	13	11	26
SUJETOS DE VENEZUELA	FRECUENCIA	43	3*	7*	6*	4*	13*
	%	60	7	40	14	9	30
SUJETOS DE OTROS PAÍSES	FRECUENCIA	29	1*	15*	3*	4*	6*
	%	40	3	52	10	14	21

Se observan diferencias significativas entre los valores de frecuencias correspondientes a cada trayectoria. Se forman tres grupos homogéneos bien definidos: (“A”-“C”-“D”), (“E”) y (“B”).

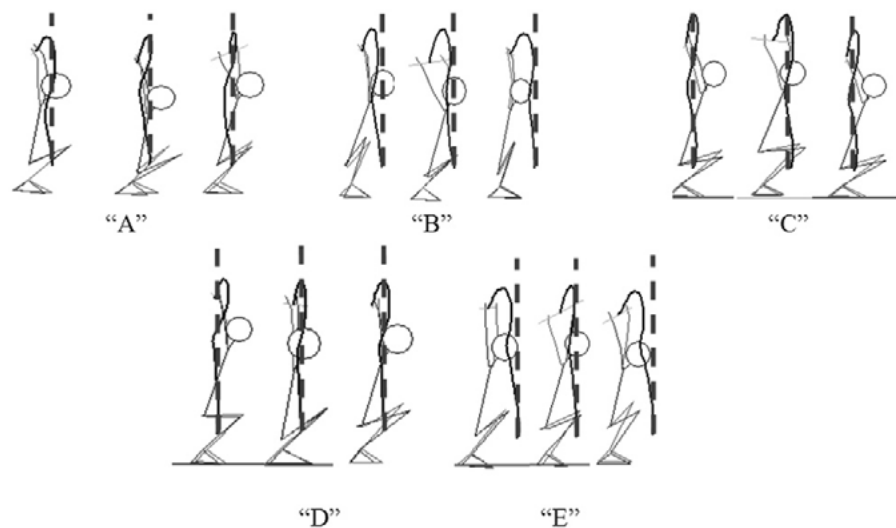


Figura 10. Tipos de trayectoria de la palanqueta en las ejecuciones de los sujetos latinoamericanos

Talla de los sujetos por tipo de trayectoria

En la presente investigación se agruparon los sujetos en función de los tipos de trayectoria identificada, por lo que se presentan los resultados agrupados para su comparación estadística. En la tabla 6 se presentan los resultados de esta variable.

Tabla 6. Frecuencia y media de la talla de los sujetos por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha = 5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA (m)	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	1,65	X
“A”	4	1,68	X X
“D”	8	1,68	X X
“E”	19	1,72	X
“C”	9	1,74	X

Existieron diferencias significativas entre las medias y medianas de los distintos grupos. Al realizar la Prueba de Rangos Múltiples se encontró que se forman dos grupos homogéneos: “A”, “B”, “D” y “A”, “C”, “D”, “E”. Las trayectorias “A”, “B”, “D” corresponden a sujetos de menor talla, y los sujetos de mayor talla están prefiriendo las trayectorias “C” y “E”.

Peso de los sujetos por tipo de trayectoria

En la tabla 7 se pueden observar las diferencias entre las medias de los grupos y similitudes, en base a los resultados que generó la aplicación de las pruebas estadísticas. Se obtuvieron los siguientes resultados en la aplicación de las estadísticas correspondientes para la determinación de las similitudes o diferencias entre los grupos de trayectoria relacionado con la variable peso corporal de los sujetos: existen diferencias significativas entre las medias y las medianas de los grupos; se forman dos grupos homogéneos, (“A”, “B”) y (“C”, “D”, “E”). Las trayectorias “A”, “B” corresponden a atletas de menor peso y la “C”, “D” y “E”, a los de peso mayor. No existen diferencias significativas entre los pesos de los atletas que utilizan trayectorias dentro de cada grupo homogéneo.

Tabla 7. Frecuencia y media del peso corporal de los sujetos por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha = 5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA (kg)	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	74,03	X
“B”	32	74,03	X
“D”	8	88,25	X
“E”	19	88,84	X
“C”	9	94,41	X

Peso levantado por los sujetos según el tipo de trayectoria

Los resultados de las estadísticas (frecuencia, media del peso y grupos) del peso levantado por los sujetos, agrupados según la trayectoria, se presentan en la tabla 8. Se pueden observar los grupos homogéneos en función de esta variable.

Tabla 8. Frecuencia y media del peso levantado por los sujetos por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA (kg)	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	134,33	X
“B”	32	138,66	X
“D”	8	142,38	X X
“E”	19	148,32	X
“C”	9	155,50	X

Los cálculos estadísticos relacionados con la variable peso levantado, arrojaron los siguientes resultados: el peso levantado es significativamente mayor (en orden decreciente) para atletas que utilizan trayectorias “C”, “E”, “D”; se forman dos grupos homogéneos, (“A”, “B”, “D”) y (“D”, “E”, “C”). Las trayectorias “D”, “E” y “C” corresponden a sujetos que levantan más peso. No existen diferencias significativas entre los pesos de los atletas que utilizan trayectorias dentro de cada grupo homogéneo.

Peso relativo levantado por los sujetos (fuerza relativa), por tipo de trayectoria

De acuerdo a los valores de la tabla 9 y de los cálculos estadísticos aplicados a la variable peso relativo levantado, se observa que:

- La prueba de rango múltiple indica que las medias del peso relativo levantado es significativamente mayor en las trayectorias “A” y “B”, que conforman un grupo homogéneo.
- Se obtienen diferencias significativas entre las medianas, a partir de la prueba Kruskal-Wallis, con un 95 % de confianza.
- Se comprueba que las medianas de los grupos de datos “A” y “B” son significativamente mayores que las correspondientes a las restantes trayectorias.

Tabla 9. Frecuencia y media del peso relativo levantado por los sujetos (fuerza relativa) por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“D”	8	1,66	X

“C”	9	1,68	X
“E”	19	1,71	X
“A”	4	1,88	X
“B”	32	1,89	X

- Tiempo y ritmo del movimiento durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria

Las características temporales del presente estudio se refieren a los tiempos de ejecución de cada fase del halón y desliz. El ritmo del movimiento es una característica que indica relaciones entre el tiempo de las diferentes fases en función de la fase siguiente (t_n/t_{n+1}). Los resultados de las medias, desviaciones estándar y medianas de todas las características temporales evaluadas (tiempos y ritmos del movimiento) se presentan en la Tabla 10.

Tabla 10. Tiempo y ritmo del movimiento durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$).

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Tiempo del primer halón (s)	Media	0,43	0,49	0,50	0,49	0,49
	Desv. Estándar	0,06	0,07	0,03	0,09	0,06
	Mediana	0,40	0,50	0,50	0,49	0,50
Tiempo del ajuste (s)	Media	0,12	0,13	0,14	0,14	0,14
	Desv. estándar	0,02	0,02	0,04	0,02	0,03
	Mediana	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13
Tiempo del segundo halón (s)	Media	0,16	0,14	0,14	0,16	0,15
	Desv. estándar	0,02	0,03	0,02	0,03	0,02
	Mediana	0,17	0,13	0,13	0,17	0,13
Tiempo total del desliz (s)	Media	0,52	0,52	0,53	0,55	0,52
	Desv. estándar	0,02	0,05	0,07	0,04	0,05
	Mediana	0,53	0,53	0,52	0,57	0,50
Ritmo del movimiento: primer halón – ajuste	Media	3,62	3,77	4,29	3,71	3,71
	Desv. estándar	0,53	0,99	1,81	0,90	1,08
	Mediana	3,78	3,58	3,66	3,53	3,53
Ritmo del movimiento: ajuste – segundo halón.	Media	0,78	0,98	0,91	0,94	1,01
	Desv. estándar	0,03	0,31	0,36	0,17	0,31
	Mediana	0,80	1,00	0,90	0,92	1,00
Ritmo del movimiento: segundo halón – desliz.	Media	0,29	0,28	0,27	0,27	0,28
	Desv. estándar	0,03	0,06	0,01	0,06	0,06
	Mediana	0,31	0,28	0,27	0,28	0,26

Al aplicar los estadísticos a las características temporales cuantificadas, las tablas ANOVAS indicaron que no existieron diferencias significativas entre las medias de los cinco grupos de datos en las variables temporales (tiempos y ritmos); las pruebas Kruskal-Wallis indicaron que no existían diferencias significativas entre las medianas de estas variables entre los grupos de las trayectorias, y no se detectaron diferencias significativas de medias, ni de medianas, entre las variables temporales de las cinco trayectorias analizadas.

- Altura de la palanqueta durante las fases del halón y deslíz, por tipo de trayectoria

En la Tabla 11 se presentan resultados estadísticos relacionados con las alturas absolutas y relativas (porcentajes de la talla de los sujetos) de la palanqueta, al final de las fases del halón y deslíz, agrupados según la trayectoria. Al analizar los resultados se puede observar que existen diferencias significativas al 95% en el caso de las alturas absolutas, tanto al final del primer halón y segundo halón, como también en la máxima altura de la palanqueta en el deslíz. No se encontraron diferencias significativas en la pérdida de altura en el deslíz, como tampoco en las alturas relativas (% de la talla de los sujetos).

En las Tablas 12 y 13 se presentaron las medias de la altura de la palanqueta al final del primer halón, segundo halón y máxima altura de la palanqueta, así como también, los grupos homogéneos que se formaron.

Respecto a la altura de la palanqueta al final del primer halón (Tabla 11) se encontró que la prueba de medias indicó que para esta variable existen diferencias significativas entre las trayectorias que se analizaron, pero al existir datos fuera del rango normal, se comprobó que entre los valores de las medianas no hay diferencias significativas; las trayectorias “C” y “E” tienen los valores más altos para esta variable, y el más pequeño se obtiene para la trayectoria “A”.

Tabla 11. Frecuencia y media de la altura de la palanqueta al final del primer halón. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	0,63	X
“B”	32	0,67	X
“D”	8	0,68	X
“E”	19	0,70	X X

“C”	9	0,74	X
-----	---	------	---

Para la variable “Altura de la palanqueta al final del segundo halón”, la prueba de medias indicó que para esta variable existen diferencias significativas entre las trayectorias que se analizaron, pero ya que las varianzas de estos datos no son homogéneas, se comprobó que existen diferencias significativas entre los valores de las medianas (Tabla 13).

Tabla 12. Altura de la palanqueta durante las fases del halón y deslíz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$)

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Altura de la palanqueta al final del 1er halón (m)	Media	0,63*	0,67*	0,74*	0,68*	0,70*
	Desv. estándar	0,06	0,05	0,06	0,08	0,07
	Mediana	0,66	0,67	0,75	0,65	0,71
% de la Talla	Media	37,33	40,59	42,10	40,25	41,16
	Desv. estándar	3,06	3,00	3,94	3,06	3,91
	Mediana	38,00	40,50	43,00	39,50	42,00
Altura de la palanqueta al final del 2° halón (m)	Media	0,94*	0,98*	1,06*	1,02*	1,01*
	Desv. estándar	0,11	0,06	0,05	0,09	0,07
	Mediana	0,93*	0,99*	1,06*	1,04*	1,01*
% Talla	Media	56,33	59,34	60,20	60,88	59,63
	Desv. estándar	4,04	2,30	1,21	2,78	2,82
	Mediana	57,00	60,00	60,00	62,00	60,00
Máxima altura de la palanqueta en el deslíz (m)	Media	1,24*	1,25*	1,34*	1,30*	1,29*
	Desv. estándar	0,09	0,06	0,08	0,11	0,07
	Mediana	1,22*	1,26*	1,36*	1,32*	1,29*
% Talla	Media	73,67	75,19	75,90	77,25	76,05
	Desv. estándar	2,31	2,24	2,50	3,18	2,70
	Mediana	75,00	75,00	76,50	78,00	76,00
Pérdida de altura en el deslíz (m)	Media	0,15	0,16	0,17	0,17	0,16
	Desv. estándar	0,05	0,03	0,05	0,04	0,04
	Mediana	0,15	0,17	0,17	0,18	0,16
% Talla	Media	11,82	12,87	12,26	13,26	12,18
	Desv. estándar	3,51	2,83	3,78	2,90	3,19
	Mediana	11,28	13,26	12,18	12,92	12,32

NOTA: * Diferencia significativa

Tabla 13. Frecuencia y media de la altura de la palanqueta al final del segundo halón. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	0,94	X
“B”	32	0,98	X
“E”	19	1,01	X X
“D”	8	1,02	X X
“C”	9	1,06	X

En relación a la máxima altura de la palanqueta en el desliz, la prueba de medias indicó que para esta variable existen diferencias significativas entre las trayectorias que se analizan; se formaron dos grupos homogéneos, que indican que esta variable es significativamente mayor en las trayectorias “E”, “D” y “C”, en orden creciente; y se comprobó que también existen diferencias significativas entre los valores de las medianas (Tabla 14).

Tabla 14. Frecuencia y media de la máxima altura de la palanqueta en el desliz. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	1,24	X
“B”	32	1,25	X
“E”	19	1,29	X
“D”	8	1,30	X X
“C”	9	1,34	X

- Desplazamiento horizontal de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria (Tabla 15).

En relación al desplazamiento horizontal en la primera curvatura, el análisis de varianza indica con un 95 % de confianza que las medias difieren significativamente entre sí (Tabla 15). Se realiza la prueba de rangos múltiples para obtener los grupos homogéneos correspondientes, que indican cuáles medias difieren significativamente entre sí. A modo de confirmación se realiza la prueba Kruskal - Wallis. Se detectan diferencias significativas entre las medianas. Los valores mayores de media y mediana para esta variable corresponden a la trayectoria “C”, que son significativamente superiores a los que corresponden a las otras trayectorias; además fue el único

valor positivo. Las medias que corresponden a las trayectorias “A” y “D” no difieren significativamente entre sí. Las trayectorias “A”, “B”, “E”, conforman otro grupo con medias homogéneas.

Tabla 15. Desplazamiento horizontal de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha = 5\%$).

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Desplazamiento horizontal máximo 1ª. curvatura (m)	Media	-0,05*	-0,07*	0,02*	-0,04*	-0,06*
	Desv. estándar	0,01	0,03	0,01	0,02	0,02
	Mediana	-0,06*	-0,08*	0,02*	-0,03*	-0,06*
Desplazamiento horizontal máximo relativo 1ª. curvatura	Media	-0,03*	-0,04*	0,01*	-0,03*	-0,04*
	Desv. estándar	0,01	0,02	0,01	0,01	0,01
	Mediana	-0,03*	-0,05*	0,00*	-0,02*	-0,04*
Desplazamiento horizontal máximo 2ª. curvatura (m)	Media	0,07*	0,04*	0,06*	0,07*	0,05*
	Desv. estándar	0,01	0,02	0,03	0,02	0,02
	Mediana	0,07*	0,04*	0,07*	0,06*	0,05*
Desplazamiento horizontal máximo relativo 2ª. Curvatura (m)	Media	0,04*	0,03*	0,04*	0,04*	0,03*
	Desv. estándar	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01
	Mediana	0,04*	0,02*	0,04*	0,04*	0,03*
Desplazamiento horizontal máximo en el gancho (m)	Media	-0,10	-0,12	-0,11	-0,11	-0,13
	Desv. estándar	0,03	0,03	0,04	0,03	0,05
	Mediana	-0,10	-0,13	-0,11	-0,09	-0,12
Desplazamiento horizontal máximo relativo gancho (m)	Media	-0,17	-0,20	-0,20	-0,18	-0,23
	Desv. estándar	0,04	0,05	0,08	0,06	0,09
	Mediana	-0,18	-0,20	-0,21	-0,17	-0,21
Desplazamiento horizontal posición inicial – final entrada (m)	Media	-0,10*	-0,16*	-0,10*	-0,09*	-0,15*
	Desv. estándar	0,04	0,05	0,06	0,05	0,07
	Mediana	-0,08*	-0,16*	-0,10*	-0,07*	-0,13*
Desplazamiento horizontal relativo posición inicial – final entrada (m)	Media	-0,06*	-0,09*	-0,06*	-0,05*	-0,09*
	Desv. estándar	0,03	0,04	0,04	0,03	0,04
	Mediana	-0,05*	-0,10*	-0,06*	-0,04*	-0,08*

NOTA: * Diferencia significativa

Tabla 16. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal máximo de la palanqueta durante la primera

curvatura, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-0,07	X
“E”	19	-0,06	X
“A”	4	-0,05	X X
“D”	8	-0,04	X
“C”	9	0,02	X

Se obtuvieron los siguientes resultados en los cálculos efectuados en relación al desplazamiento horizontal relativo de la palanqueta en la primera curvatura (Tabla 16): el análisis de varianza indicó que supuestamente las medias difieren significativamente entre sí; la prueba Kruskal-Wallis determinó que existen diferencias significativas entre las medianas; los valores mayores de media y mediana para esta variable corresponden a la trayectoria “C” (única con valores positivos), y los menores valores, a la trayectoria “B”; las trayectorias “A” y “E”, conformaron un grupo homogéneo, en el cual no se detectaron diferencias significativas entre las medias, ni entre las medianas.

Tabla 17. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal relativo máximo de la palanqueta durante la primera curvatura, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-0,04	X
“E”	19	-0,04	X
“A”	4	-0,03	X X
“D”	8	-0,03	X
“C”	9	0,01	X

Se obtuvieron los siguientes resultados en la aplicación de la estadística relacionada con el desplazamiento máximo de la palanqueta durante la segunda curvatura (Tabla 18): se detectaron diferencias entre las medias y entre las medianas; las trayectorias “B” y “E” presentaron los valores significativamente más pequeños y las “D” y “A”, los valores superiores.

Tabla 18. Frecuencia y media del desplazamiento máximo de la palanqueta durante la segunda curvatura, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	0,04	X
“E”	19	0,05	X X
“C”	9	0,06	X X X
“D”	8	0,07	X

“A”	4	0,07	X
-----	---	------	---

En el análisis de la variable desplazamiento horizontal máximo relativo de la palanqueta durante la segunda curvatura, se obtuvieron los siguientes resultados (Tabla 19): la prueba de análisis de varianza detectó que existen diferencias significativas entre las medias, con un 95 % de confianza; entre las medianas también se detectaron marcadas diferencias; la prueba de rangos múltiples realizada indica que las trayectorias “A”, “C”, “D”, presentan valores medios para esta variable, superiores a las restantes (“B”, “E”). Se formaron dos grupos homogéneos.

Tabla 19. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal máximo relativo de la palanqueta durante la segunda curvatura, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	0,03	X
“E”	19	0,03	X
“C”	9	0,04	X
“D”	8	0,04	X
“A”	4	0,04	X

Se obtuvieron los siguientes resultados en el desplazamiento horizontal de la palanqueta desde la posición inicial hasta la posición final del desliz (Tabla 20): se detectaron diferencias entre las medias y entre las medianas; los valores menos negativos (más cercanos a cero), correspondieron a las trayectorias “A”, “C” y “D”; los valores negativos mayores pertenecieron a las trayectorias “B” y “E”.

Tabla 20. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal de la palanqueta entre la posición inicial del halón hasta la posición final del desliz, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-0,16	X
“E”	19	-0,15	X
“C”	9	-0,10	X X
“A”	4	-0,10	X X
“D”	8	-0,09	X

Se obtuvieron los siguientes resultados en la variable desplazamiento horizontal relativo de la palanqueta entre la posición inicial del halón hasta la posición final del desliz (Tabla 21): la prueba de análisis de varianza indicó que existen diferencias entre las medias con un 95 % de confianza. Este resultado se comprobó mediante prueba no paramétrica; se formaron tres grupos homogéneos, donde las trayectorias

“D”, “A”, “C”, exhibieron los valores menos negativos para las medias, y las medianas mostraron el mismo comportamiento que las medias.

Se concluye que existen diferencias significativas entre las medias y entre las medianas de esta variable para las cinco trayectorias. Los valores de medias y medianas son significativamente mayores en las trayectorias “D”, “A” y “C” (entre estas tres no se detectaron diferencias significativas), sin embargo, el mayor desplazamiento negativo se observó en las trayectorias “B” y “E”.

Tabla 21. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal relativo de la palanqueta entre la posición inicial del halón hasta la posición final del desliz, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-0,16	X
“E”	19	-0,15	X
“C”	9	-0,10	X X
“A”	4	-0,10	X X
“D”	8	-0,09	X

- Ángulo de inicio de las curvaturas en el movimiento de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria

Se describen y comparan por grupos de trayectorias, los ángulos de inicio de la primera y segunda curvatura de las diferentes trayectorias de la palanqueta, agrupados por características similares. Los resultados correspondientes se presentan en las tablas 22, 23 y 24, donde se observa el comportamiento de los resultados.

Tabla 22. Ángulo de inicio de las curvaturas durante el movimiento de la palanqueta en el halón, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$)

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Ángulo de inicio de la primera curvatura (°)	Media	-9,49*	-10,30*	12,56*	-1,96*	-1,85*
	Desv. estándar	0,75	7,58	9,62	2,25	4,93
	Mediana	-9,47*	-11,51*	10,63*	-1,36*	-2,01*
Ángulo de inicio de la segunda curvatura (°)	Media	16,33*	11,75*	12,94*	17,02*	12,07*
	Desv. estándar	3,92	4,10	3,99	3,91	5,56
	Mediana	16,94*	11,63*	14,39*	16,15*	12,79*

NOTA: * Diferencia significativa

Los resultados relacionados con el ángulo de inicio de la primera curvatura arrojaron las siguientes consideraciones (Tabla 22): los valores más altos de esta variable corresponden a la trayectoria “C” (la única con ángulo positivo en el inicio), le siguen las trayectorias “D”, “E”, sin diferencias entre ellas, y por último, “A” y “B”, con resultados similares.

Tabla 23. Frecuencia y media del ángulo de inicio de la primera curvatura del movimiento de la palanqueta, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-10,15	X
“A”	4	-9,49	X
“D”	8	-1,96	X
“E”	19	-1,96	X
“C”	9	12,56	X

Se observan los siguientes elementos en el análisis de los resultados de la variable del ángulo de inicio de la segunda curvatura (Tabla 24): se detectaron diferencias significativas entre medias y entre medianas; los resultados más altos corresponden a las trayectorias “D”, “A”, que conforman un grupo homogéneo (sin diferencias significativas entre sí). No se detectaron diferencias significativas entre las restantes trayectorias, que muestran medias y medianas inferiores para esta variable.

Tabla 24. Frecuencia y media del ángulo de inicio de la segunda curvatura del movimiento de la palanqueta, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	11,75	X
“E”	19	12,07	X
“C”	9	12,94	X
“A”	4	16,33	X
“D”	8	17,02	X

- Características espacio - temporales en el movimiento de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria

Se tomaron en consideración para esta sección la velocidad y aceleración vertical de la palanqueta durante las fases del halón. Se consideró la velocidad vertical al final del primer halón, ajuste y segundo halón (Tabla 25) y la aceleración media en las tres fases.

Tabla 25. Velocidad vertical (Vz) del movimiento de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$)

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Velocidad vertical de la palanqueta al final del primer halón (m/s)	Media	1,48	1,43	1,51	1,47	1,44
	Desv. estándar	0,13	0,12	0,12	0,11	0,17
	Mediana	1,54	1,44	1,59	1,49	1,44
Velocidad vertical de la palanqueta al final del ajuste (m/s)	Media	1,48	1,38	1,47	1,44	1,40
	Desv. estándar	0,18	0,16	0,10	0,18	0,13
	Mediana	1,57	1,37	1,49	1,45	1,43
Diferencia de velocidad vertical Ajuste – primer halón (m/s)	Media	0	-0,05	-0,05	-0,03	-0,04
	Desv. estándar	0,05	0,11	0,08	0,13	0,13
	Mediana	0,03	-0,06	-0,05	-0,03	-0,05
% de diferencia de velocidad vertical ajuste – primer halón	Media	-0,22	-3,23	-3,07	-2,22	-2,27
	Desv. estándar	3,72	7,89	4,91	9,06	9,70
	Mediana	1,91	-4,02	-2,74	-2,01	-3,62
% que representa la Vz del primer halón con respecto al segundo halón	Media	86,84	81,04	86,74	84,34	79,28
	Desv. estándar	9,22	9,68	6,30	8,44	9,99
	Mediana	90,06	79,87	89,88	83,38	78,92
Velocidad vertical de la palanqueta al final del segundo halón (m/s)	Media	1,75	1,78	1,79	1,82	1,78
	Desv. estándar	0,19	0,10	0,12	0,08	0,11
	Mediana	1,65	1,77	1,78	1,84	1,77

Resultó lo siguiente al aplicar los procedimientos estadísticos a los resultados (Tabla 25): no se detectaron diferencias entre las medias ni entre las medianas de los grupos de las trayectorias en función de las variables relacionadas con la velocidad vertical de la palanqueta durante las fases del halón. La aceleración vertical que se cuantificó fue la media durante las fases del primer halón, ajuste y segundo halón. Se compararon las medias y medianas, tomándose en consideración las condiciones de la distribución de los datos y homogeneidad de las varianzas.

En la Tabla 26 se presentan los resultados relacionados con la aceleración media de las fases del halón.

Tabla 26. Aceleración vertical media (az) del movimiento de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$).

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Aceleración vertical media de la palanqueta durante el primer halón (m/s ²)	Media	3,48	2,99	3,21	3,02	3,03
	Desv. estándar	0,71	0,57	0,32	0,66	0,55
	Mediana	3,85	2,88	3,22	2,29	3,16
Aceleración vertical media de la palanqueta durante el ajuste (m/ s ²)	Media	0,03	-0,39	-0,06	-0,31	-0,25
	Desv. estándar	0,42	0,89	0,69	1,05	1,11
	Mediana	0,23	-0,41	0	-0,23	-0,35
Aceleración vertical media de la palanqueta durante el segundo halón (m/s ²)	Media	1,81	2,82	1,82	3,02	2,63
	Desv. estándar	1,45	1,23	0,98	1,73	1,31
	Mediana	2,30	2,88	2,04	2,66	2,27

Se encontró lo siguiente en la aplicación de los cálculos estadísticos a las variables relacionadas con la aceleración de la palanqueta durante las fases del halón: las varianzas de todas las distribuciones son homogéneas (no existen diferencias significativas entre las varianzas de ambas distribuciones); la tabla de análisis de varianza (comparación de medias), indica que no existen diferencias significativas entre las medias de las variables que se comparan, con un 95 % de confianza; la prueba Kruskal-Wallis indica que las medianas tampoco difieren significativamente entre sí; no se detectan diferencias entre las cinco trayectorias que se analizan en función a las aceleraciones medias de la palanqueta en las fases del halón (Tabla 26).

- Características espaciales angulares en acciones o posiciones de los sujetos durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria

En esta sección se presentan resultados relacionados con el ángulo del tronco y las rodillas en las diferentes fases del halón y desliz, con los sujetos agrupados según el tipo de trayectoria que describió la palanqueta desde el inicio del movimiento hasta la posición final del desliz. Se compararon los grupos y se establecieron posibles diferencias o similitudes. Los resultados encontrados en los diferentes grupos se presentan en la Tabla 27.

Los ángulos que se consideraron fueron: a) Ángulo absoluto del tronco con la horizontal en las diferentes fases del halón y desliz, b) Ángulo relativo de las rodillas en las fases del halón y desliz. Estos ángulos son fundamentales para el logro de una

adecuada técnica en el arranque. Describen, por un lado, la acción del tronco en las fases del halón y desliz y también el aporte de las acciones de los miembros inferiores durante las fases.

Tabla 27. Ángulo absoluto del tronco con la horizontal durante las diferentes fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$).

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Ángulo absoluto del tronco en la posición de inicio del halón (°)	Media	41,33	39,50	38,30	37,63	36,68
	Desv. estándar	5,69	7,59	3,39	10,22	7,45
	Mediana	43,00	37,50	38,00	35,50	35,00
Ángulo absoluto del tronco al final del primer halón (°)	Media	40,00	42,28	45,80	40,38	44,74
	Desv. estándar	4,00	6,01	9,81	3,50	6,64
	Mediana	40,00	42,00	42,00	40,00	45,00
Ángulo absoluto del tronco al final de la fase de ajuste (°)	Media	74,33*	84,56*	83,90*	85,13*	83,68*
	Desv. estándar	1,53	6,66	6,25	7,31	6,93
	Mediana	74,00*	84,50*	83,90*	85,13*	83,68*
Ángulo absoluto del tronco al final del segundo halón (°)	Media	102,00*	110,13*	107,60*	111,00*	109,21*
	Desv. estándar	5,57	4,70	2,07	5,17	3,15
	Mediana	103,00*	109,50*	107,00*	110,50*	108,00*

NOTA: * Diferencia significativa

La prueba de medias indica que el ángulo del tronco en la posición inicial y final del primer halón no difiere entre las trayectorias que se analizaron, pero dada la no homogeneidad de varianzas y de la presencia de valores de asimetría fuera del rango normal, la prueba de medianas es más concluyente, en estos casos. De ésta se obtiene que las medianas tampoco difieren significativamente. Se concluye que esta variable se comporta de forma similar para todas las trayectorias en las posiciones señaladas.

En la Tabla 28 se presentan los resultados de la prueba de rangos múltiples sobre el ángulo absoluto del tronco en la posición final de la fase de ajuste, en la comparación de las trayectorias de la palanqueta. Se concluye lo siguiente: la prueba de medias indica que esta variable no difiere entre las trayectorias que se analizan, pero dada la presencia de un valor de curtosis fuera del rango normal, la prueba de medianas es más concluyente en este caso. Ésta confirma que las medianas tampoco difieren significativamente, aunque gráficamente y en los cálculos descriptivos se aprecia que el valor de esta variable para la trayectoria “A” es inferior a los que se obtienen para las otras trayectorias, que son similares y superiores a 80°.

Tabla 28. Frecuencia y media del ángulo absoluto del tronco en la posición final de ajuste, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	74,33	X
“E”	19	83,68	X
“C”	9	83,90	X
“B”	32	84,56	X
“D”	8	85,13	X

Se encontraron los siguientes resultados en las mediciones del ángulo absoluto del tronco en la posición final del segundo halón (Tabla 29): la prueba de medias indica que para esta variable existen diferencias significativas entre las trayectorias que se analizan, pero dada la presencia de un valor de curtosis fuera del rango normal, la prueba de medianas es más concluyente, en este caso. Ésta confirma que las medianas no difieren significativamente, aunque en el gráfico se observa que el resultado correspondiente a la trayectoria A es inferior a los demás.

Tabla 29. Frecuencia y media del ángulo absoluto del tronco en la posición final del segundo halón, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“A”	4	102,00	X
“C”	9	107,60	X X
“E”	19	109,21	X
“B”	32	110,13	X
“D”	8	111,00	X

En relación al ángulo relativo de las rodillas durante las fases del halón, se determinó a través de los cálculos estadísticos que en todas las fases el comportamiento es similar, en el sentido de que (Tabla 30):

- Coeficientes de asimetría y curtosis dentro del rango normal, con excepción de la trayectoria “B” (fuera del rango normal) en la fase del 2° halón.
- Varianzas no homogéneas.
- La prueba de medias indica que para estas variables no existen diferencias significativas entre las trayectorias que se analizaron, pero dado que las varianzas no son homogéneas, la prueba de medianas es más concluyente, en este caso. Ésta confirma que las medianas no difieren significativamente.

Tabla 30. Ángulo relativo de las rodillas durante las fases del halón, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha = 5\%$).

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”

Ángulo relativo de las rodillas en la posición de inicio del halón (°)	Media	70,33	66,96	66,50	68,63	67,37
	Desv. estándar	10,41	10,46	7,61	14,96	8,00
	Mediana	67,00	68,00	65,50	70,50	69,00
Ángulo relativo de las rodillas al final del primer halón (°)	Media	148,33	141,56	142,30	143,75	142,63
	Desv. estándar	3,79	9,33	7,99	7,74	10,17
	Mediana	150,00	144,50	143,00	143,00	145,00
Ángulo relativo de las rodillas al final de la fase de ajuste (°)	Media	129,00	126,47	129,40	127,00	129,68
	Desv. estándar	7,94	5,46	3,39	4,24	5,48
	Mediana	132,00	125,50	128,50	127,50	129,00
Desplazamiento angular durante la fase de ajuste (°)	Media	-19,33	-15,09	-12,90	-16,75	-12,95
	Desv. estándar	4,16	10,00	7,64	5,32	9,05
	Mediana	-18,00	-16,00	-12,50	-17,00	-15,00
Ángulo relativo de las rodillas al final del segundo halón (°)	Media	166,67	165,47	168,00	163,25	167,63
	Desv. estándar	7,51	8,05	6,11	5,56	5,87
	Mediana	171,00	166,50	170,00	164,50	169,00

En la Tabla 30 se presentan los valores de la media y mediana del ángulo relativo de las rodillas en diferentes fases del halón: posición de inicio del halón, final del primer halón, final de la fase de ajuste, final del segundo halón. Así como se mencionó, no hay diferencias significativas desde el punto de vista estadístico entre los grupos ($\alpha=5\%$).

- Velocidad angular absoluta, media y máxima, del tronco durante las fases del halón y desliz, por tipo de trayectoria

Se cuantificó la velocidad angular media desde el ajuste hasta el final del segundo halón y se determinó también la velocidad angular absoluta máxima del tronco en la porción mencionada. Se agruparon los sujetos por trayectoria de la palanqueta descrita y se realizaron los análisis. Los resultados se presentan en la Tabla 31.

Tabla 31. Velocidad angular absoluta media y máxima del tronco durante las fases del halón, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$).

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Velocidad angular absoluta media del tronco durante el ajuste y el primer halón (rad/s)	Media	4,67*	4,71*	4,05*	4,69*	4,57*
	Desv. estándar	0,44	0,53	0,42	0,63	0,59
	Mediana	4,87*	4,81*	4,06*	4,72*	4,58*
Velocidad angular absoluta máxima del tronco durante el ajuste y segundo halón (rad/s).	Media	6,39*	6,61*	6,05*	6,82*	6,32*
	Desv. estándar	0,59	0,68	0,85	0,73	0,82
	Mediana	6,28*	6,78*	5,82*	6,88*	6,23*

NOTA: * Diferencia significativa

Los resultados del análisis de las comparaciones de los grupos en relación a la velocidad angular absoluta media del tronco durante el ajuste y segundo halón que se presentan en la Tabla 32, permitieron las siguientes consideraciones: se detectaron diferencias entre las medias y entre las medianas; esta variable presenta valores de media y mediana significativamente menores para la trayectoria “C”, con respecto a las demás trayectorias, que forman un grupo homogéneo.

Tabla 32. Frecuencia y media de la velocidad angular absoluta media del tronco durante el ajuste y segundo halón, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA (rad/s)	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“C”	9	4,05	X
“E”	19	4,57	X
“A”	4	4,67	X
“D”	8	4,69	X
“B”	32	4,71	X

Los resultados de las comparaciones entre los grupos de trayectoria en relación a la velocidad angular absoluta máxima del tronco durante el ajuste y segundo halón permitieron afirmar lo siguiente: se detectaron diferencias entre las medias y entre las medianas; esta variable presenta valores de media y mediana significativamente menores para la trayectoria “C”, con respecto a las demás trayectorias, que forman un grupo homogéneo (Tabla 33).

Tabla 33. Frecuencia y media de la velocidad angular absoluta máxima del tronco durante el segundo halón, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$).

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA (rad/s)	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“C”	9	6,05	X
“E”	19	6,32	X
“A”	4	6,39	X
“B”	32	6,61	X
“D”	8	6,82	X

- Características espaciales en acciones de los sujetos durante la fase de desliz, por tipo de trayectoria

En la presente sección se presentan los resultados del desplazamiento horizontal de los pies de los sujetos durante el desliz, lo que muchos autores describen como “el salto”, durante la fase sin apoyo de la fase nombrada (Tabla 34).

Tabla 34. Desplazamiento horizontal de los pies de los sujetos durante la fase de desliz, por tipo de trayectoria. Comparación de grupos ($\alpha=5\%$)

VARIABLE	Estadístico	Tipos de Trayectoria				
		“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Desplazamiento horizontal de los pies en el desliz (m).	Media	-0,03*	-0,10*	-0,07*	-0,01*	-0,09*
	Desv. estándar	0,03	0,06	0,08	0,06	0,09
	Mediana	-0,02*	-0,10*	-0,08*	-0,00*	-0,10*
Desplazamiento horizontal relativo de los pies en el desliz	Media	-0,02*	-0,06*	-0,04*	-0,02*	-0,05*
	Desv. estándar	0,02	0,04	0,05	0,03	0,05
	Mediana	-0,01*	-0,06*	-0,04*	-0,01*	-0,05*

NOTA: * Diferencia significativa

Del análisis de los resultados del desplazamiento horizontal de los pies (salto) durante la fase del desliz, por grupos de trayectoria, se obtuvo lo siguiente (Tabla 35): se detectan diferencias significativas entre las medias y entre las medianas; en las trayectorias “A” y “D” se presentan los valores más cercanos a 0, y los valores negativos mayores se obtuvieron en las trayectorias “B” y “E”.

Tabla 35. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal de los pies (salto) durante la fase del desliz, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-0,10	X
“E”	19	-0,09	X
“C”	9	-0,07	X X
“A”	4	-0,03	X
“D”	8	-0,01	X

Se obtuvieron los siguientes resultados en la variable desplazamiento horizontal relativo de los pies (salto) durante la fase del desliz (Tabla 36):

- Coeficiente estandarizado de curtosis fuera de rango normal para la trayectoria B.

- Varianzas homogéneas.
- Mediante la prueba de análisis de varianza se detectaron diferencias significativas entre las medias. Este resultado se comprobó mediante prueba no paramétrica.
- Se formaron dos grupos homogéneos (“D”, “A”, “C”, “E”), y (“A”, “C”, E, “B”).
- Existen diferencias significativas entre las medianas. Las trayectorias “D” y “A” muestran los valores de medias y medianas más cercanos a CERO, y las trayectorias “B” y “E”, los valores negativos mayores.

Tabla 36. Frecuencia y media del desplazamiento horizontal relativo de los pies (salto) durante la fase del desliz, por tipo de trayectoria. Prueba de Rangos Múltiples ($\alpha=5\%$)

GRUPO	FRECUENCIA	MEDIA	GRUPOS HOMOGÉNEOS
“B”	32	-0,06	X
“E”	19	-0,05	X X
“C”	9	-0,04	X X
“A”	4	-0,02	X X
“D”	8	-0,02	X

Tabla 37. Resumen de la características antropométricas y cinemáticas comparativas de los sujetos agrupados en función de las cinco trayectorias de movimiento de la palanqueta identificadas

Características antropométricas y cinemáticas de las diferentes tipos de trayectoria					
VARIABLE	“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Talla	Menor	Menor	Mayor	Intermedia	Mayor
Peso corporal	Menor	Menor	Mayor	Alto	Alto
Peso levantado	Menor	Menor	Mayor	Intermedio	Alto
Peso relativo levantado	Mayor	Mayor	Menor	Menor	Intermedio
Tiempo de las fases del halón y desliz	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Ritmo del movimiento	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Altura de la palanqueta en las fases del halón y desliz	Menor	Menor	Mayor	Intermedio	Intermedio
Pérdida de altura de la palanqueta en el desliz	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Alturas relativas	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Desplazamiento horizontal máximo y relativo de la palanqueta en la primera curvatura	Intermedio (Negativo)	Mayor (Negativo)	Mayor (Positivo)	Intermedio (Negativo)	Mayor (Negativo)
Desplazamiento horizontal máximo y relativo de la palanqueta en la segunda curvatura	Mayor (Positivo)	Menor (Positivo)	Intermedio Mayor (Positivo)	Mayor (Positivo)	Menor (Positivo)
Desplazamiento horizontal máximo y relativo de la palanqueta desde el inicio del halón hasta el final del desliz	Menor (Negativo)	Mayor (Negativo)	Menor (Negativo)	Menor (Negativo)	Mayor (Negativo)
Ángulo de inicio de la primera curvatura	Mayor (Negativo)	Mayor (Negativo)	Mayor (Positivo)	Menor (Negativo)	Menor (Negativo)

Características antropométricas y cinemáticas de las diferentes tipos de trayectoria					
VARIABLE	“A”	“B”	“C”	“D”	“E”
Ángulo de inicio de la segunda curvatura	Mayor (Positivo)	Menor (Positivo)	Menor Intermedio (Positivo)	Mayor (Positivo)	Menor (Positivo)
Velocidad vertical de la palanqueta durante las fases del halón	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Aceleración vertical media de la palanqueta durante las fases del halón	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Ángulo absoluto del tronco en la posición de inicio y final del primer halón	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Ángulo absoluto del tronco en la posición final de la fase de ajuste	Menor	Mayor	Mayor	Mayor	Mayor
Ángulo absoluto del tronco en la posición final del segundo halón	Menor	Mayor	Intermedio	Mayor	Intermedio
Ángulo relativo de las rodillas en las diferentes posiciones de las fases del halón	Similar	Similar	Similar	Similar	Similar
Velocidad angular absoluta media del tronco durante el ajuste y segundo halón	Mayor	Mayor	Menor	Mayor	Mayor
Velocidad angular absoluta máxima del tronco durante el segundo halón	Intermedio	Mayor	Menor	Mayor	Intermedio
Desplazamiento horizontal absoluto y relativo de los pies en el desliz (salto)	Menor	Mayor	Intermedio	Menor	Mayor

En la Tabla 37 se presenta una síntesis de las diferentes características del movimiento de los sujetos agrupados en función de las cinco trayectorias identificadas en el presente estudio con base en las variables que se tomaron en consideración. La caracterización del movimiento tiene enfoque cualitativo, pero está basada en los resultados cuantitativos obtenidos. Se incluyeron las variables antropométricas relacionadas con la talla y peso de los sujetos, peso levantado, peso relativo levantado, así como las características cinemáticas del movimiento de la palanqueta y de los sujetos en las diferentes fases de la ejecución del arranque en el levantamiento de pesas. Se puede observar la tendencia del movimiento en función de las características de cada una de las trayectorias, según las particularidades descritas por los diferentes autores, así como las dos trayectorias identificadas en el presente estudio, en ejecuciones de los mejores atletas latinoamericanos del momento.

Se utilizó una escala que representa en forma cualitativa las diferencias y características de cada trayectoria en función de las variables seleccionadas: menor, similar, intermedio, alto, mayor, negativo y positivo.

Conclusiones

Se identificaron en el presente estudio cinco trayectorias diferentes de la palanqueta durante la ejecución de los movimientos del arranque en el levantamiento de pesas, tres de ellas con características ya presentadas por los autores en estudios previos (“A”, “B”, “C”) y 2 nuevas (“D”, “E”).

La trayectoria “A” y “B” tienen dos curvaturas en forma de una “S” alargada; la trayectoria “C” es parecida, pero tiene una curvatura adicional; en las trayectorias nuevas “D” y “E”, el movimiento se inicia en línea recta vertical, luego se modifica, transformándose en una “S” alargada.

Las trayectorias tipo “B” y “E” fueron las más utilizadas por los sujetos del presente estudio. La característica común de estas trayectorias se relaciona con la similitud de la forma de la segunda curvatura y el “gancho”, además de un salto hacia atrás de mayor amplitud en la fase sin apoyo del desliz; ninguna de las dos intersectan en su movimiento la línea vertical imaginaria del principio del movimiento.

Entre los cinco tipos de trayectorias se han encontrado diferencias significativas en algunas variables, y en otras se encontraron similitudes.

Las trayectorias “A” y “B” son utilizadas en general por los atletas de pesos y tallas bajas e intermedias; la trayectoria “C” la ejecutan los atletas altos de categorías pesadas, y las trayectorias “D” y “E”, son preferidas por atletas de categorías intermedias – altas.

No se han encontrado diferencias entre las trayectorias en las variables: tiempos y ritmo del movimiento de las fases, alturas relativas de la palanqueta durante las fases del halón y desliz, pérdida de altura en el desliz, características espacio – temporales del movimiento de la palanqueta en el halón y ángulos relativos de las rodillas en las fases del halón y desliz.

Se han encontrado ciertas similitudes entre diferentes trayectorias, agrupadas en pequeños subgrupos: “A” con “D”; “B” con “E”; “C”. También se observaron otras similitudes, como entre las trayectorias “A” con “B”; “D” con “E”.

Se encontraron diferencias significativas entre las trayectorias en las variables: antropométricas (talla y peso corporal), peso relativo levantado (fuerza relativa), desplazamiento horizontal de la palanqueta en las curvaturas, ángulos de inicio del movimiento en las curvaturas, desplazamiento horizontal total de la palanqueta durante el halón y desliz, ángulo absoluto del tronco en las fases de ajuste y segundo

halón, velocidad angular absoluta media y máxima del tronco de los sujetos durante las fases de ajuste y segundo halón.

Referencias

- Abdel-Azir, Y.I. & Karara, H.M. (1971). Direct Linear Transformation from Comparator Coordinates into Space Coordinate in Close Range Photogrammetry. Proceedings of the Symposium on Close Range Photogrammetry, 1-18. Falls Church, VT: American Society of Photogrammetry.
- Aguado, X. (1993). Eficiencia y Técnica Deportiva. Análisis del Movimiento Humano. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Aguado, X., Izquierdo, M. & González, J. (1997). Biomecánica fuera y dentro del laboratorio. León: Universidad de León, Secretariado de Publicaciones.
- Ajan, T. & Baroga, L. (1988). Weightlifting. Fitness for all Sports. Budapest: International Weightlifting Federation.
- Arioch (2005). Executing the Snatch. Bodybuilding Universe. www.bodybuildinguniverse.com/routine8.htm. (Consulta el 25 de junio de 2007)
- Badillo, G. (1991). Halterofilia. Madrid: COE.
- Baker, G. (s.f.) (Editor). Coaching Manual. Volumen 1. Technique. The United States Weightlifting Federation.
- Barton, J. (1997). Are there General Rules in Snatch Kinematics? Proceedings of the Weightlifting Symposium. Ancient Olimpia/Greece. 119-128.
- Bartonietz, K. E. (1996). Biomechanics of the Snatch: Toward a Higher Training Efficiency. National Strength and Conditioning Association Journal, 18 (3): 24-31.
- Baumann, W., Gross, V., Quade, K., Galbierz, P. & Schwirtz, A. (1988). The Snatch Technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships. International Journal of Sports Biomechanics, 4 (1): 68-89.
- Campillo, Ph., Hertogh, C., & Micallef, J.P. (1999). Puntos Críticos del Tirón de Arrancada en Halterofilia. Educación Física y Deporte, 55: 28-34.
- Chiu, L., Schilling B. K., Fry, A. C. & Weiss, L. W. (2004). Measurement of Resistance Exercise Force Expression. Journal of Applied Biomechanics, 20 (2): 204-212.
- Chiu, L., & Schilling, B. K. (2004). The Stop Clean and Stop Snatch: Alternatives to the Hang. Journal of Strength and Conditioning, 26 (3): 10-12.
- Coy, L.B., Hoff, G., Kilgore, J. L., Reeves, J.S., Martin, J.L., Whitley, A.C., Schilling B.K., O`Bryant, H.S. & Stone, M. H. (2000). Kinematics Analysis of The Snatch Of Elite

Female Weightlifters. 2000 NSCA Conference Journal of Strength and Conditioning, 14 (3):367-373.

- Crawley, J.D., Smith, S.L. & Cioroslan, D. (2001). A technical Summary of Selected Snatch Lifts at the 2001 World Team Trials. Weightlifting, 19 (3), 21-26.
- Dainty, D. & Norman, R. (1987). Standardizing biomechanical testing in sport. Champaign, IL: Human Kinetics Publishers, Inc..
- Dempster, W. T., & Gaughran, G.R.L. (1967). Properties of body segments based on size and weight. American Journal Anatomy, 120, 33-54.
- Donskoy, D. & Zatsiorski, V. (1989). Biomecánica de los Ejercicios Físicos. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Drechsler, A. (1998). The Weightlifting Encyclopedia: A Guide To World Class Performance. Whitestone, NY, USA: A Is A Communications.
- Del Frade, M. (1999). Técnica del Arranque y el Enviñ. Material mimeografiado. La Habana: Comisión Técnica Nacional de Levantamiento de Pesas.
- Enoka, R.M. (1979). The pull in Olympic Weightlifting. Medicine and Science in Sports and Exercise, 11 (2), 131-137.
- Enoka, R.M. (1988). Load-and Skill-related Changes in Segmental Contribution to a Weightlifting Movement. Medicine and Science in Sports and Exercise, 20 (2), 178-187
- Escamilla, R., Fleisig, G., Lowry, T., Barrentine, S., & Andrews, J. (2001). A Three-Dimensional Biomechanical Analysis of the Squat During Varying Stance Widths. Medicine and Science in Sports and Exercise, 33 (6), 984-998.
- Favre, M. (2005). El primer tirón en los movimientos del levantamiento de pesas. PubliCE Standard. 15/08/. Pid: 502. www.sobreentrenamiento.com (Consulta el 15 de junio de 2007)
- Fraser, J. (1992). Training with Technology. EDN. 17 (37): 212-218.
- Garhammer, J. (1985). Biomechanical Profiles of Olympic Weightlifters. International Journal of Sport Biomechanics, 1, 122-130.
- Garhammer, J. (1988). Weightlifting Performance and Technique of Men and Women. Hakkinen K, ed. International Conference on Weightlifting and Strength Training. Lahti, Finland: Gummerus Printing. 89-94.
- Garhammer, J. A. (1991). A Comparison of Maximal Power Outputs Between Elite Male and Female Weightlifters in Competition. International Journal of Sport Biomechanics, 7, 3-11.

- Garhammer, J. (1993). A Review of Power Output, Studies of Olympics and Powerlifting: Methodology, Performance Prediction and Evaluation Test. *Journal of Strength and Conditioning*, 7, (2), 76-89.
- Garhammer J. (2001). Barbell Trajectory, Velocity and Power Changes: Six Attempts and Four World Records. *Weightlifting*, 19, (3): 27-30.
- Garhammer, J., Hatfield, F.G. (1985). Weightlifting. En Cureton TK, ed. *Encyclopedia of Physical Education, Fitness, and Sport*. Reston, Va: AAHPERD: 595-606.
- Gourgoulis, V., Aggelousis, N., Mavromatis, G. & Garas, A. (2000). Three-dimensional Kinematic Analysis of the Snatch of Elite Greek Weightlifters. *Journal of Sports Sciences*, 18 (8), 643-652.
- Gorgoulis V., Aggeloussis N., Antoniou P., Christoforidis C., Mavromatis G., & Garas A. (2002). Comparative 3 Dimensional Kinematic Analysis of Snatch in Elite Male and Female Greek Weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (3), 359-366.
- Gourgoulis, V. Aggeloussis, N. Kalivas, V. Antoniou, P. & Mavromatis G. (2004). Snatch Lift Kinematics and Bar Energetics in Male Adolescent and Adult Weightlifters. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*. 44 (2): 126-131.
- Hay, J.S. (1993). *The Biomechanics of Sports Techniques*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Hay, J.S., & J. G. Reid. (1988). *The Anatomical and Mechanical Basis of Human Motion*. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, Inc.
- Hay, J.S., & J. G. Reid. (1993). Measurement of Power and Friction as Applied to Sweeping in Curling. En *Proceedings of the 14th Congress of the International Society of Biomechanics*. Julio: 314-315.
- Herrera, G. A. (1978). *Nuevo Método para el Estudio de la Trayectoria de la palanqueta con grandes perspectivas en el deporte masivo*. La Habana: Editorial Científico Técnica.
- Herrera, G.A. (1992). *Levantamiento de pesas. Deficiencias técnicas*. La Habana: Editorial Científico - Técnica.
- Hiskia, G. (1993). Advanced Electronic Technology for Real-Time Biomechanical Analysis of Weightlifting. En *Proceedings of the weightlifting Symposium*. Ancient Olympia/Greece.
- Hiskia, G. (1997). Biomechanical Analysis of Performance of World and Olympic Champion Weightlifters. En *Proceedings of the Weightlifting Symposium*. Ancient Olympia/Greece.
- Hochmuth, G. (1973). *Biomecánica de los Movimientos Deportivos*. Madrid: INEF.
- Isaka, T., Okada, J. & Funato, K. (1996). Kinematic Analysis of the Barbell During the Snatch Movement of Elite Asian Weight Lifters. *Journal of Applied Biomechanics*. 12, 508-516.
- Jekov, I. (1976). *Biomechanica Teajoloatleticeskih Uprajnenii*. Moskva: Fiskultura i sport.
- Kauhanen, H., Hakkinen, K., & Komi, P.V. (1984). A Biomechanical Analysis of the Snatch and Clean & Jerk Techniques of Finnish Elite and District Level Weightlifters. *Scandinavian Journal of Sport Sciences*, 6, 47-56.
- Kauhanen, H., Komi, P.V. & Hakkinen K. (2002). Standardization and Validation of the Body Weight Adjustment Regression Equations in Olympic Weightlifting. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (1), 58-74.
- Kreighbaum, E. & Barhels, K. (1990). *Biomechanics. A Qualitative Approach for Studying Human Movement*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Kruszewski, M., Merda, W. & Kulej, M. (1998). Changes of Snatch Technique in Last 25 Years Period. *International Conference on Weightlifting and Strength Training*. Lahti, Finland, November: 10-12.
- Lee, Y.H., Huwang, C.H., & Tsuang, Y.H. (1995). Biomechanical Characteristics of Preactivation and Pulling Phases of Snatch Lift. *Journal of Applied Biomechanics*, 11 (3), 288-298.
- Leyva, J. & Pérez, O. (2002). *Análisis de la Técnica del Arranque en Levantadores de Pesas Primera Categoría*. Las Tunas; Isef, Trabajo de Diploma.
- Leyva, J., Ayllón, F. & Hernández, A. (2004). *Análisis de los Parámetros de Fuerza, Potencia y Velocidad de la palanqueta en el Arranque en Levantadores de Pesas Juveniles de Las Tunas*. *Lecturas. Revista Digital - Buenos Aires*, Junio. 10 (73). <http://www.efdeportes.com> (Consulta el 1 de junio de 2007)
- McGuigan, M.R., & Kane, M.K. (2004). Reliability of Performance of Elite Olympic Weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 18 (3), 650-653
- Medvedev, A. S. (1997). *Biomejanika Klasicheskava Rivka i Talchka i Asnavnij Spetsialna Padgatavitelnij Rivkavij i Talchkavij Uprazhnenii* (Biomecánica del arranque y el envión clásicos y de los principales ejercicios especiales de preparación para el arranque y el envión). Izhovsk, Olimp Limited, 32 p.
- Molina L. (2004). *Técnica del levantamiento de pesas*. www.lamolina.edu.pe/Gaceta/pesas/levantamiento (Consulta el 15 de mayo de 2007)
- Pierce, K. & Byrd, R. (2001). Application of Biomechanical Information on Young Weightlifters Performance. En *International Weightlifting Federation Scientific and Research Committee Meetings 2001*.

- Placenta, J. (2000). Aprender a observar, formación para la observación del comportamiento del deportista. Barcelona: INDE Publicaciones.
- Reiser, F. R. & Cioroslan, D. (1995). Comparative Biomechanical Analysis of Snatch Technique in Competition. *Weightlifting U.S.A*, 13 (4), 6-9.
- Rossi, S.J., Buford, T.W., Smith, D., Kennel, R., Haff, E.E. & Haff, G.G. (2007). Bilateral Comparison of Barbell Kinetics and Kinematics During a Weightlifting Competition. *International Journal of Sports Physiology and Performance*. 2, 150-158.
- Safrushahar, Y., Norhaslinda, H. and Wilson, B.D. (2002). Biomechanical Analysis of the Snatch During Weightlifting Competition. In *Proceedings of XX International Symposium on Biomechanics in Sports*. K E Gianikellis (ed). Universidad De Extremadura, Spain 226-229.
- Schilling, B., Stone M., O'Brayant H. S., Fry A. C., Cogllanese, R. H., & Pierce, K.C.. (2002). Snatch Technique of College National Level Weightlifters. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 16 (2), 551-555.
- Smith, S., Roger C., Dragomir C., & Jay T. (1991). "Coaching the Snatch and Clean Lifts from a Biomechanical Perspective." *Olympic Coach*. October: 6-7.
- Stone, M. H. , O'Bryant, H.S., Williams, F.E., Pierce, K.C. & Johnson, R.L. (1998). Analysis of Bar Paths During the Snatch in Elite Male Weightlifters. *Strength and Conditioning*, 20 (5), 56-64.
- Varillas, A. (2002). Uso de la halterofilia en los deportes. <http://www.efdeportes.com> (Consulta el 30 de abril de 2007)
- Vorobyev A.N. (1978). *A Textbook on Weightlifting*. Budapest: Intemational Weightlifting Federation. pp 86-104.
- Zebas, C., Carlson, K., Christensen, B., Garvin, D. & Hayes, M. (2000). Power Output in Women Weightlifters During the Pull Phase of the Snatch. En *Proceedings of XVIII International Symposium on Biomechanics in Sports*. 1: 387-388.
- Zatsiorski, V. (1990). *Biomecánica de los ejercicios físicos*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Zissu, M. (2004). *Evaluaciones de atletas de alto rendimiento nacionales*. Caracas: Instituto Nacional de Deportes. Trabajo no publicado.
- Zissu, M. & Altuve, H. (2005). *Evaluaciones de atletas de alto rendimiento centroamericanos*. Caracas: Instituto Nacional de Deportes. Trabajo no publicado.
- Zissu, M. & Beltrán, P. (2005). Modelo biomecánico cualitativo de la modalidad de arranque en el levantamiento de pesas. Trabajo presentado en el taller "Diseño y validación de modelos biomecánicos de destrezas deportivas". Caracas: Instituto Nacional de Deportes.

Biomecánica integral para patinadores de carrera

José Acero Ms. Sc. & Sci.¹

Resumen

El objetivo central de este artículo es la presentación de un modelo de análisis biomecánico integral denominado BIOMIN-PATIN que está siendo experimentado en patinadores de carreras de alto, buen rendimiento deportivo y talentos especiales. Metodológicamente el modelo está basado en la concepción de integración del deportista morfológico DM (Antropometría Biomecánica), el deportista funcional (Fibrilación Muscular) y del deportista dinámico DD (Cualificación y Cuantificación del Movimiento Deportivo). El modelo BIOMIN-PATIN contiene cinco módulos integradores de evaluación biomecánica: (1) El módulo de Antropometría Biomecánica, ANTROBIO-PATIN, para conocer la estructura corpórea en sus mediciones y aplicarlas a los movimientos propios del patinador (24 medidas primarias y 31 variables calculadas de las cuales 17 son categorizadas); (2) El módulo de Postura Corporal, APIC-PATIN, que determina las asimetrías e imbalances de todo el cuerpo del patinador en cinco planos diferentes (100 variables medidas por digitalización y 80 variables derivadas); (3) El módulo de localización del centro de masas en tres planos (3P), CMC-PATIN, que sitúa la posición del centro de masas del patinador con y sin patines en los planos transversal, frontal y sagital y realiza la valoración del tipo pie (15 variables de medición directa y 10 variables calculadas); (4) el módulo DBL-PATIN que valora la funcionalidad de la potencia muscular y la capacidad de reclutamiento de fibras rápidas uni y bilateral de miembros inferiores (36 variables medidas directamente y 50 variables calculadas); y (5) el Módulo Dinámico, DINA-PATIN es la cualificación y cuantificación cinemática y cinética de la salida y el ciclo de patinado en recta y curva donde se evalúan fases y eventos críticos del movimiento a estudiar terminando con la selección y cuantificación de variables cinemáticas y cinéticas de esos mismos movimientos. El Modelo BIOMIN-PATIN es un modelo operativo, integrador y de gran ayuda en la optimización de la técnica deportiva del patinador, dada su capacidad de permitir analizar en detalle la estructura orgánica o corporal de un patinador, su funcionalidad y la dinámica de los movimientos objeto de estudio.

Palabras clave: Biomecánica Integral (BIOMIN), Deportista Morfológico, (DM) Deportista Dinámico (DM), Antropometría Biomecánica Predictiva (ABP), Funcionalidad Motora (FM), Análisis Cualitativo (ACL), Análisis Cuantitativo (ACT)

Introducción

¹ Director científico – Instituto de Investigaciones & Soluciones Biomecánicas, Cali- Colombia jace-ro2810@gmail.comjacero5@telmex.net.co