

**ANÁLISIS CINEMÁTICO DEL DESPLAZAMIENTO DE LA BARRA,
DURANTE LA EJECUCION DE LA TECNICA DEL ARRANQUE**

INVESTIGADORES

FT. LESSBY GOMEZ S.

Directora Laboratorio Integral Análisis del Movimiento LIAM

Magíster en Salud Ocupacional

ANDRES GARCIA

Ingeniero Mecatrónico

ESCUELA NACIONAL DEL DEPORTE

CALLE 9 # 34 - 01 Cali - Valle

TELÉFONO: 6840404 EXT. 217

lessbyg@yahoo.com

crearsalud@telesat.com.co

RESUMEN

En el mundo, los estudios biomecánicos en el deporte son de gran importancia para la optimización del gesto deportivo y la obtención de grandes resultados en competencia. Sin embargo, este tipo de investigaciones en nuestro país y específicamente en el levantamiento de pesas, son escasos y no se conocen análisis cinemáticos pormenorizados sobre la ejecución técnica del arranque en relación con la trayectoria de la barra.

El objetivo de esta investigación fue el describir cualitativa y cuantitativa del comportamiento cinemático de la barra durante el gesto del arranque, en levantadores de pesas (6 hombres y 7 mujeres) de un equipo regional, durante su intervención en los XVII Juegos Deportivos Nacionales Colombianos. Para ello, se realizaron filmaciones durante su participación en el evento, eligiendo la toma en la que el deportista hizo su mejor levantamiento. Estos datos fueron obtenidos mediante cámara de video en el plano sagital, que luego fueron procesados en el software de análisis de movimiento Peak Motus.

Los resultados del análisis de trayectoria de la barra, muestra formas de tipo A, B, C, acordes a lo descrito por Vorobyev (1), encontrándose en las de tipo C los desplazamientos más eficientes, entendida esta, como la relación entre el desplazamiento vertical vs el horizontal (2), en porcentajes de 96,08 % y 94,07% de eficiencia. Un levantador realizó una curva que denominamos BC, por no poder ubicarla en las categorías anteriores. El análisis cinemático del arranque se realizó en la fase 1 (barra a la altura de las rodillas) y la fase 2 (máxima altura de la barra, antes de la flexión profunda de rodillas o recepción). Durante la fase 1 se alcanzaron velocidades entre (1.191-1.603) m/s y aceleraciones entre (2.813-7.138)

m/s². En la segunda fase las velocidades registradas se encontraron entre (1.91-2.58) m/s, los picos positivos de aceleraciones oscilaron entre (2.467–9.637) m/s² y los picos negativos entre (-9.544 – -13.720) m/s². Estos resultados confirman lo referenciado en la literatura mundial, donde se plantea que la máxima velocidad del desplazamiento ocurre durante la mitad de la segunda fase, a partir de la cual ocurre una desaceleración hasta finalizar esta etapa. Las velocidades en la primera fase fueron mayores en hombres, mientras que en la segunda fase el promedio fue ligeramente mayor en las mujeres.

Las diferencias encontradas entre hombres y mujeres, muestran una mayor eficiencia en mujeres, 91.7%, comparada con la de los hombres que fue de 89.5%.

Conclusiones: Los resultados muestran alteraciones en la técnica, que disminuyen la eficiencia en la ejecución del gesto deportivo, los cuales fueron más relevantes en hombres que en mujeres. La técnica C de desplazamiento de la barra, obtuvo los mejores valores de eficiencia. La cinemática del movimiento evidencia un aumento en la velocidad entre las fases 1 y 2, teniendo alcanzando su valor máximo en la mitad de la segunda fase. No se pudo establecer una relación entre la técnica de despegue (estática o dinámica), la velocidad y eficiencia de la trayectoria de la barra.

PALABRAS CLAVES: Levantamiento de pesas, arranque, biomecánica, cinemática, técnica.

OBJETIVOS

Objetivo general

Describir el comportamiento cinemático del desplazamiento de la barra en el plano sagital, durante la ejecución de la técnica del arranque en levantadores de pesas de un equipo participante de los XVII juegos deportivos nacionales.

Objetivos específicos

- Caracterizar la forma de desplazamiento de la barra durante la ejecución de la técnica del arranque, determinando su efectividad durante el desplazamiento.
- Determinar el comportamiento de la velocidad y aceleración en las fases 1 y 2 del gesto analizado.
- Describir la relación entre los cambios cinemáticos y la forma de despegue de la barra y el sexo de los participantes

DESCRIPCION DEL PROBLEMA

El levantamiento de pesas es uno de los deportes que más glorias ha brindado a nuestro país, brindando la única medalla de oro olímpica en la historia deportiva nacional. En este deporte la competencia se basa en dos tipos de levantamiento, el arranque y el envión llamados en inglés snatch y clean and jerk respectivamente (3).

Esta actividad deportiva se considera como un deporte de fuerza, sin embargo para lograr un alto desempeño se deben tener en cuenta diversos factores físicos tales como la forma del desplazamiento, la velocidad, la aceleración, entre otros, los cuales dependen en gran medida del desarrollo de la técnica. Por tal motivo es de gran importancia el estudio del gesto desde una perspectiva biomecánica cinemática que aporte una mayor

comprensión de la técnica y su óptima de ejecutarla a fin de ahorrar energía, disminuir el riesgo de lesión y aumentar el rendimiento deportivo (4).

Este tipo de estudio en nuestro país es poco conocido, por lo que su realización puede ser considerada como uno de los puntos de inicio para la implementación de análisis técnicos de alta calidad científica en la evaluación de nuestros deportistas, caso concreto en el levantamiento de pesas. Sus resultados pretenden ofrecer a los deportistas elementos de retroalimentación sobre la forma de ejecución del gesto técnico y al entrenador herramientas objetivas para el alcance de la máxima eficiencia deportiva.

Se pretende además contribuir al posicionamiento de Colombia, como país investigador en el área deportiva, que aporta conocimiento al mundo del deporte de alto rendimiento.

METODOLOGIA

Se realizó un estudio de tipo descriptivo, en la cual el universo de estudio estuvo constituido por 13 deportistas: 6 Hombres y 7 mujeres, pertenecientes a una de las selecciones nacionales participantes de los XVII Juegos Deportivos Nacionales.

Para el análisis cinemático del desplazamiento de la barra, se tomaron en cuenta los siguientes parámetros: división, peso levantado, fases del movimiento, desplazamiento horizontal y vertical, eficiencia (relación entre desplazamiento vertical y horizontal), velocidades y aceleraciones verticales de la barra.

Adicionalmente, se hizo un análisis comparativo entre el sexo de los competidores y la cinemática de la barra, así como de esta con el tipo de técnica de despegue: dinámica o estática. En el arranque con salida dinámica el levantamiento se realiza ejecutando un movimiento de impulso con el cuerpo que se transmite a la pesa para iniciar el movimiento hacia

arriba. El arranque con salida estática consiste en realizar el levantamiento partiendo de una posición de reposo en sentadilla profunda.

Dado que las fases uno y dos son las de mayor importancia para la ejecución de la técnica, en este estudio se decidió tomar únicamente los datos de estas dos fases.

Para la obtención de los datos empleados, se realizó la captura del movimiento de la barra utilizando una cámara de video de 60Hz en el plano sagital cuyas imágenes fueron posteriormente digitalizadas y analizadas dentro del software Peak Motus que efectuó los cálculos cinemáticos.

RESULTADOS

ANALISIS DE LA TRAYECTORIA

Trayectoria vs. Eficiencia

Dentro de las trayectorias descritas por los géneros masculino y femenino, se encuentran los tres tipos de trayectorias descritas durante las fases 1 y 2 del levantamiento por Vorobyev (Ver figura 1), las cuales se clasifican en tipo A, tipo B y tipo C.

Trayectoria tipo A: La cual comienza con un desplazamiento hacia atrás y posteriormente hacia delante traspasando el eje vertical que cruza el centro de la barra cuando esta se encuentra en su posición inicial.

Trayectoria tipo B: En este tipo de trayectoria la barra se desplaza hacia atrás y realiza todo el recorrido sin sobrepasar el eje vertical.

Trayectoria tipo C: Esta trayectoria presenta tres cortes en el eje vertical iniciando con un movimiento hacia fuera, luego hacia adentro y finalmente hacia fuera del eje vertical.



Figura 1. Tipos de trayectorias de la barra descritas por Vorobyev

En los casos de dos de los levantadores de pesas de ambos géneros que realizaron la trayectoria de tipo C se encontró que la eficiencia, tomada como la relación entre el desplazamiento vertical VS el horizontal, durante toda la ejecución del gesto es superior comparada con la de los demás deportistas que describen trayectoria de tipo A y B. (Ver tabla 1).

DEPORTISTA	SEXO	DIVISION	
GENERO		Kg.	
MASCULINO			
SUJETO 1	M	105	
SUJETO 2	M	94	
SUJETO 3	M	69	
SUJETO 4	M	85	
SUJETO 5	M	69	
SUJETO 6	M	105	
PROMEDIO			
DESVIACION			
STANDART			
GENERO			
FEMENINO			
SUJETO 1	F	63	
SUJETO 2	F	53	
SUJETO 3	F	75+	
SUJETO 4	F	75+	
SUJETO 5	F	58	
SUJETO 6	F	63	
SUJETO 7	F	69	
PROMEDIO			
DESVIACION			
STANDART			

Tabla 1. Tipos de trayectorias y eficiencia total del levantamiento

Trayectoria de la barra en mujeres vs. Tipo de despegue

En las trayectorias descritas por las mujeres que realizaron el levantamiento aplicando la técnica estática se encontró que el sujeto 1 realizó el levantamiento de la barra describiendo una trayectoria de tipo B, el sujeto 2 describió una de tipo A y el sujeto 3 describió una de tipo C. Ver figura 2

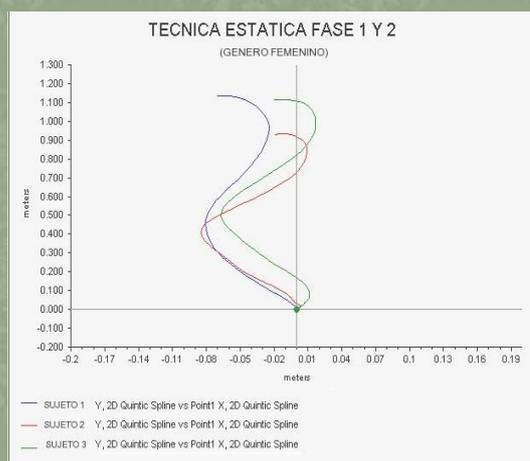


Figura 2. Trayectorias descritas por las mujeres que aplicaron técnica dinámica en el arranque.

En el caso de las mujeres que realizaron el arranque aplicando técnica estática se encontró que los sujetos 4 y 5 realizaron una trayectoria tipo A, el sujeto 6 una de tipo C y el sujeto 7 una de tipo C-B. Ver figura 3.

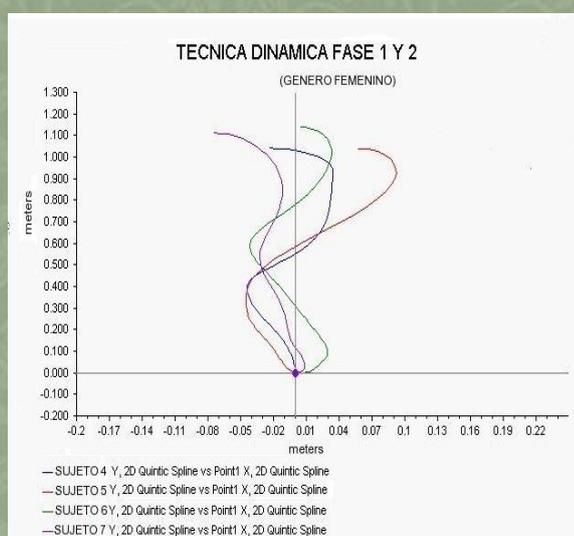


Figura 3. Trayectorias descritas por las mujeres que aplicaron

técnica estática en el arranque.

Trayectorias de la barra en hombres vs. Técnica de despegue

En los sujetos del genero masculino que aplicaron técnica estática en el arranque se encontró que el sujeto 1 realizó una trayectoria de tipo A, el sujeto 2 una de tipo C y el sujeto 3 una de tipo B. Ver figura 4

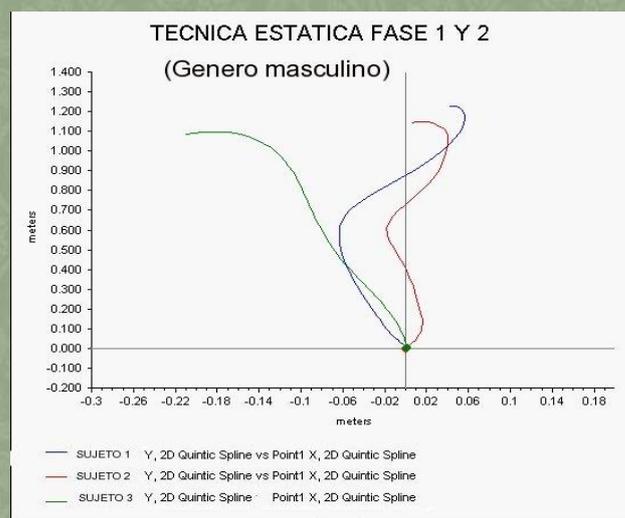


Figura 4. Trayectorias descritas por los hombres que aplicaron técnica estática en el arranque.

En los desplazamientos de las barras descritos por los hombres que aplicaron técnica dinámica se encontró que los sujetos 4 y 5 realizaron trayectorias de tipo A y el sujeto 6 realizó una trayectoria de tipo C. Ver figura 5.

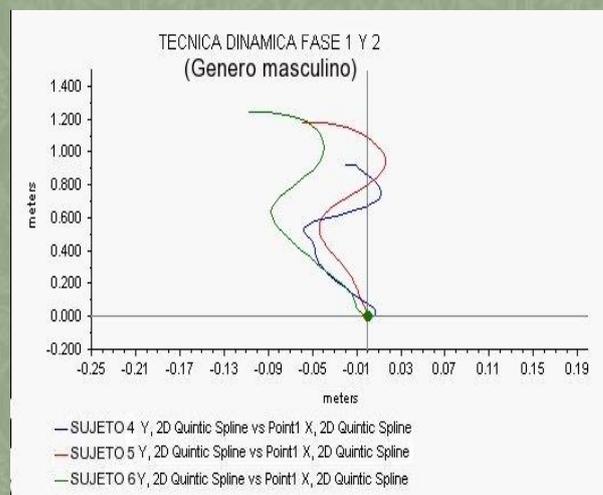


Figura 5. Trayectorias descritas por los hombres que

aplicaron técnica dinámica en el arranque.

VARIABLES CINEMÁTICAS

Para el estudio cinemático se tomaron en cuenta los desplazamientos verticales, las velocidades y las aceleraciones alcanzadas durante las fases 1 y 2 del arranque, en los levantadores de pesas de ambos sexos.

Desplazamiento vertical de la barra

Durante la primera fase, el desplazamiento vertical se incrementa hasta llegar a la altura de las rodillas. La segunda fase comienza cuando la barra ha alcanzado la altura de las rodillas y termina cuando la barra se eleva hasta su máxima altura antes de ser desplazada hacia abajo durante la fase de recepción, cuando finaliza la fase de recepción la barra se eleva hasta llegar a la máxima altura de todo el gesto.

Durante la primera fase la altura alcanzada con la barra en el género masculino se encontró en un rango de (0,33 – 0,41) m y en el género femenino fue de (0,304 – 0,39) m. En la segunda fase las alturas alcanzadas por la barra registradas alcanzaron valores entre (0,925 – 1,299) m en el género masculino y en el género femenino oscilaron entre (0,930 – 1,141). Ver tabla 2.

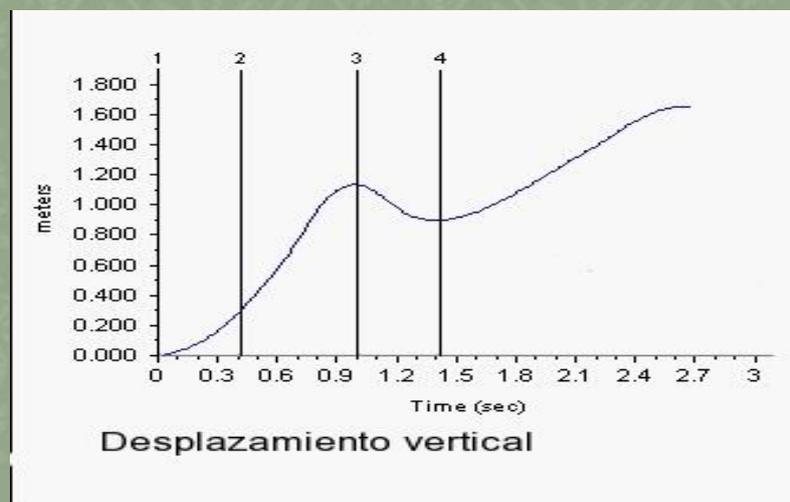


Figura 6. Desplazamiento (La fase 1 se encuentra entre las líneas verticales 1-2, la fase 2 entre las líneas 2-3 y la fase de recepción entre las líneas 3-4)

	Desplazamiento (m) Fase 1	Desplazamiento (m) Fase 2
GENERO MASCULINO		
SUJETO 1	0,3950	1,299
SUJETO 2	0,3640	1,148
SUJETO 3	0,3300	1,091
SUJETO 4	0,3640	0,925
SUJETO 5	0,3550	1,179
SUJETO 6	0,4100	1,246
PROMEDIO	0,3697	1,1480
DESVIACION STANDART	0,029	0,131
GENERO FEMENINO		
SUJETO 1	0,3040	1,134
SUJETO 2	0,3190	0,930
SUJETO 3	0,3900	1,113
SUJETO 4	0,3170	1,040
SUJETO 5	0,3140	1,037
SUJETO 6	0,3770	1,141
SUJETO 7	0,3640	1,111
PROMEDIO	0,3407	1,0723
DESVIACION STANDART	0,035	0,076

Tabla 2. Desplazamiento vertical de la barra durante el arranque

Descripción del comportamiento de la velocidad vertical de la barra.

Durante la primera fase la velocidad se incrementa hasta llegar a un valor máximo, momento en el cual la barra alcanza la altura de las rodillas antes de empezar la segunda fase.

En la segunda fase la velocidad vuelve a aumentar hasta un segundo pico mayor al de la velocidad máxima alcanzada en la primera fase, este pico de velocidad es el máximo durante la ejecución total del gesto de levantamiento de pesas. Posteriormente hacia la finalización de esta fase, la velocidad tiende a cero, justo cuando la barra alcanza su máxima altura

antes de comenzar la fase de recepción.



Figura 7. Velocidad (La fase 1 se encuentra entre las líneas verticales 1-2, la fase 2 entre las líneas 2-3 y la fase de recepción entre las líneas 3-4)

En la fase 1, las velocidades registradas en el género masculino se encontraron en un rango de (1.284 – 1.603) m/s, y en las mujeres el rango de velocidades fue (1.191 – 1.396) m/s, ver grafica 6. En la fase 2, en el género masculino se presentaron velocidades de (1.567– 2.158) m/s y en el género femenino entre (1.758 – 2.158) m/s.

DEPORTISTA	Velocidad (m/s)	Velocidad (m/s)
GENERO MASCULINO	Fase 1	Fase 2
SUJETO 1	1,5470	2,084
SUJETO 2	1,5990	2,000
SUJETO 3	1,3650	1,876
SUJETO 4	1,2840	1,567
SUJETO 5	1,4020	2,158
SUJETO 6	1,6030	2,095
PROMEDIO	1,4667	1,9633
DESVIACION STANDART	0,134	0,217

GENERO FEMENINO		
SUJETO 1	1,3730	2,115
SUJETO 2	1,3250	1,758
SUJETO 3	1,1910	2,158
SUJETO 4	1,2830	1,972
SUJETO 5	1,3960	2,042
SUJETO 6	1,3440	2,059
SUJETO 7	1,3200	2,130
PROMEDIO	1,3189	2,0334
DESVIACION STANDART	0,067	0,136

Tabla 3. Velocidad vertical de la barra durante el arranque

Descripción del comportamiento de la aceleración de la barra

Fase 1: Durante la primera fase se encontraron comportamientos diferentes en la aceleración de cada uno de los levantadores de pesas. Las aceleraciones alcanzadas por los hombres para esta primera fase oscilaron entre (3.251 – 6.424) m/s² y las del sexo femenino entre (2.813 –7.138) m/s². Ver tabla 4.

Fase 2: en la segunda fase la barra alcanza un pico positivo de aceleración y posteriormente desacelera hasta llegar a su máximo pico negativo durante el gesto completo, momento en el cual la barra alcanza su máxima altura antes de empezar a descender para la fase de recepción. las aceleraciones registradas en los hombres estuvieron entre (2.467 – 6.554) m/s² para los

picos positivos y (-9.870 – -13.720) m/s² para los picos negativos. En el caso de las mujeres las aceleraciones registradas en esta fase las aceleraciones alcanzadas se encontraron entre (4.317 – 9.637) m/s² en los picos positivos, y en los picos negativos el rango fue (-9.544 – -12.247) m/s². Ver tabla 4.

DEPORTISTA	Aceleración (m/s ²) Fase 1	Aceleración positiva (m/s ²) Fase 2	Aceleración negativa (m/s ²) Fase 2
GENERO MASCULINO			
SUJETO 1	3,8600	4,681	-12,494
SUJETO 2	4,4290	4,330	-10,007
SUJETO 3	3,2510	2,467	-9,870
SUJETO 4	5,2480	3,819	-13,720
SUJETO 5	5,3850	6,554	-10,766
SUJETO 6	6,4240	3,745	-11,156
PROMEDIO	4,7662	4,2660	-11,3355
DESVIACION STANDART	1,1484	1,3505	1,5031
GENERO FEMENINO			
SUJETO 1	3,5840	5,882	-10,146
SUJETO 2	4,4780	9,637	-10,306
SUJETO 3	2,8130	6,308	-11,528
SUJETO 4	4,6560	6,204	-9,958
SUJETO 5	7,1380	4,317	-10,977
SUJETO 6	4,0230	5,966	-9,564
SUJETO 7	4,3500	4,990	-12,247
PROMEDIO	4,4346	6,1863	-10,6751
DESVIACION STANDART	1,347154514	1,682706225	0,95345065

Tabla 4. Aceleración vertical de la barra durante el arranque

DISCUSIÓN

En el estudio se encontró que en dos de los tres levantadores de pesas que realizaron una trayectoria de tipo C, se presentaron los mayores porcentajes de eficiencia, manteniendo sus desplazamientos más cerca de la línea de movimiento y disminuyendo su desplazamiento horizontal. El resto de levantadores presentaron valores menores de eficiencia, que concuerda con errores observados en la ejecución del gesto.

Una de las trayectorias descritas no se pudo identificar dentro de la clasificación anterior por lo tanto se clasificó como tipo C-B, ya que comienza con un desplazamiento hacia fuera del eje vertical similar a la trayectoria tipo C y posteriormente se desplaza hacia adentro similarmente a la trayectoria de tipo B.

El comportamiento de las velocidades y las trayectorias de la barra coincide con la descripción hallada en las referencias bibliográficas, donde se muestra que la velocidad durante la fase 1 alcanza un máximo pico y posteriormente disminuye por causa de una desaceleración durante el primer jalón de los cuádriceps. Este decremento en la velocidad es pequeño ya que durante la segunda fase se realiza un segundo jalón que incrementa la velocidad hasta su pico máximo y al final de ésta se reduce hasta llegar a casi a cero cuando la barra llega a la máxima altura antes de iniciar la fase de recepción de la barra.

En la aceleración se presenta un comportamiento disímil entre los levantadores de pesas durante la primera fase, sin embargo en la segunda fase se puede hallar un patrón que indica un pico de aceleración positiva y un pico de aceleración negativa.

Se observó que la eficiencia promedio de los hombres durante las fases 1 y 2 fue de 89,35% mientras que en las mujeres fue de 91.7% esto podría indicar que los hombres presentan más desviación sobre el eje horizontal, sin embargo debido a la reducida población estudiada, no es posible concluir esto de forma categórica.

Durante la fase 1 el género masculino presentó una velocidad promedio de 1,4667 m/s, la cual fue mayor al promedio del género femenino de 1,3189 m/s, la aceleración promedio alcanzada por los hombres para esta primera fase fue de 4,76 m/s², superando al promedio logrado por las mujeres de 4,43 m/s².

En la fase 2, los valores de las velocidades promedio de los hombres y mujeres estuvieron más cercanos: en el género masculino fue de 1,96 m/s y en el femenino de 2,03 m/s. La aceleración promedio positiva de los hombres fue de 4,26 m/s² mientras la de las mujeres fue de 6,18 m/s²; la aceleración promedio negativa en los hombres fue de -11,33 m/s² y la de las mujeres de -10,67 m/s².

Con la muestra actual no fue posible encontrar una relación directa entre la técnica durante el arranque, la eficiencia y la velocidad máxima alcanzada durante a primera fase.

CONCLUSIONES

Existen errores técnicos en los deportistas durante el levantamiento de la pesa en el gesto del arranque, con mayor proporción en los hombres, que disminuyen la eficiencia en la ejecución del gesto deportivo (relación entre el desplazamiento vertical vs. el horizontal).

La forma C (Vorobyev) de desplazamiento de la barra, fue la más efectiva con un menor desplazamiento horizontal de la barra.

La velocidad de la barra, adquiere su máximo valor en la fase 2 de la ejecución del arranque.

La velocidad en la primera fase fue mayor en hombres que en mujeres, mientras que en la fase 2 la diferencia disminuyó, siendo ligeramente más rápidas las mujeres que los hombres.

No fue posible establecer una relación entre la técnica de despegue (estática o dinámica) y la velocidad o eficiencia del recorrido de la barra.

REFERENCIAS

1. Rozenek, R, Garhammer J. Male. FEMALE STRENGTH COMPARISONS AND RATE OF STRENGTH DECLINE WITH AGE IN WEIGHTLIFTING AND POWERLIFTING. Conference book, International Conference on weightlifting and Strength Training, Lahti, Finland, 1998.
2. Garhammer J. BIOMECHANICAL PROFILES OF OLYMPIC WEIGHTLIFTERS. International Journal of sport biomechanics, 1985, 1, 122 – 130
3. Hansen D. OLYMPIC WEIGHTLIFTING FOR SPORT AND FITNESS. Junio 2005. Publicado en www.strengthpowerspeed.com.
4. Isaac Leo. ACCELERATION AND DECELERATION PHASES IN THE PULL. Queensland Weightlifting Association. Publicado en: <http://www.qwa.org/articles/apull.asp>. Junio 2005.
5. Garhammer J. BARBELL TRAJECTORY, VELOCITY AND POWER CHANGES: SIX ATTEMPT AND FOUR WORLD RECORDS. Documento de trabajo 2000
6. Toshev Y.E. ON THE APPLIED BIOMECHANICS OF WEIGHTLIFTING. Balgarska Akademia na nautike, Sofija, Bulgaria.
7. Charniga A. COMPONENTES ESENCIALES DE LAS TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO OLÍMPICO. Sportivny press. Biblioteca rusa de levantamiento de pesas. 2001

8. Varillas A. USO DE LA HALTEROFILIA EN LOS DEPORTES. Publicado en: www.efdeportes.com/ Revista digital- Buenos Aires- Año 8 No. 48 –Mayo de 2002
9. Rozenek, R and Garhammer J. Male – FEMALE STRENGTH COMPARISONS AND RATE OF STRENGTH DECLINE WITH AGE IN WEIGHTLIFTING AND POWERLIFTING. Conference book, International Conference on weightlifting and Strength Training, Lahti, Finland, 1998.
10. Garhammer J. BIOMECHANICAL PROFILES OF OLYMPIC WEIGHTLIFTERS. International Journal of sport biomechanics, 1985, 1, 122 – 130
11. Hansen D. OLYMPIC WEIGHTLIFTING FOR SPORT AND FITNESS. Junio 2005. Publicado en www.strengthpowerspeed.com.
12. Isaac Leo. ACCELERATION AND DECELERATION PHASES IN THE PULL. Queensland Weightlifting Association. Publicado en: <http://www.qwa.org/articles/apull.asp>. Junio 2005.
13. Garhammer J. BARBELL TRAJECTORY, VELOCITY AND POWER CHANGES: SIX ATTEMPT AND FOUR WORLD RECORDS. Documento de trabajo 2000
14. Toshev Y.E. ON THE APPLIED BIOMECHANICS OF WEIGHTLIFTING. Balgarska Akademia na nautike, Sofija, Bulgaria.
15. Charniga A. COMPONENTES ESENCIALES DE LAS TÉCNICAS DE LEVANTAMIENTO OLÍMPICO. Sportivny press. Biblioteca rusa de levantamiento de pesas. 2001
16. Varillas A. USO DE LA HALTEROFILIA EN LOS DEPORTES. Publicado en: www.efdeportes.com/ Revista digital- Buenos Aires- Año 8 No. 48 –Mayo de 2002