

## ESTUDIO DEL MOVIMIENTO DE ARRANCADA EN HALTEROFILIA DURANTE CICLOS DE REPETICIONES DE ALTA INTENSIDAD MEDIANTE ANÁLISIS CINEMÁTICO: ESTUDIO DE CASO

Campos, J.\*; Poletaev, P.\*\*; Cuesta A. \*; Pablos, C.\*; & Tébar, J.\*

\*Universidad de Valencia

\*\*Federación Española de Halterofilia

### RESUMEN

En Halterofilia uno de los objetivos de entrenamiento principales consiste en preparar a los levantadores para generar fuerza máxima a la mayor velocidad posible. En el presente estudio se analiza el patrón de ejecución de una levantadora española de élite durante ciclos de repeticiones de alta intensidad (90% de 1RM) en situación controlada de entrenamiento. Se utiliza la metodología de fotogrametría 3D con dos cámaras de video sincronizadas (50 Hz). Se realiza un estudio correlacional y cálculo de las medidas de tendencia central así como del coeficiente de variación para cada uno de los parámetros considerados. Los resultados muestran la tendencia a una mayor estabilización del modelo en algunos de los parámetros cinemáticos considerados a medida que se incrementa el peso para ajustarlo a la exigencia de aproximadamente el 90% de 1RM. Esta tendencia se hace más patente en las últimas series y repeticiones de cada ciclo. Con todo, se plantea la necesidad de seguir avanzando en el análisis del modelo individual aplicando cargas ajustadas a 3, 4 y 5RM de intensidad para conseguir una mejor adaptación del patrón individual a los requerimientos del movimiento de competición. Se propone también ampliar la muestra a un número mayor de levantadores/as de nivel élite para poder comprobar si se siguen confirmando las tendencias encontradas en este trabajo.

PALABRAS CLAVE: Arrancada, Biomecánica; Halterofilia; Fuerza; Potencia.

### SUMMARY

Power capacity is one of the keys to optimizing athletic performance. In weightlifting, it is necessary to train the athlete to generate the maximum muscular force at the most higher speed. The purpose of this study was to describe the kinematic characteristics of the snatch technique of the individual pattern of an elite Spanish weightlifter during different sets of high intensity repetitions (90% of 1RM). Two synchronized s-VHS cameras operating at 50 fields were used to record the lifts. Correlation analysis and coefficient of variation was used to compare the selected variables. Results revealed that the majority of the variables, except vertical acceleration of the bar and lost of height during drop under the barbell, show a low index of variability (CV: 1 to 6 %). Furthermore, it was observed that stability is bigger in sets with less barbell mass. For the future, it is proposed to apply the same methodology to 3, 4 and 5RM.

KEY WORDS: Snatch; Kinematics; Weightlifting; Strength; Power.

### 1. INTRODUCCIÓN

En las actividades deportivas de carácter acíclico, como es el caso de los movimientos de Halterofilia el nivel de ejecución técnico constituye un elemento determinante de cara a obtener un alto rendimiento deportivo. Tradicionalmente, los deportistas tratan de reproducir un modelo general de técnica que es considerado como óptimo para conseguir rentabilizar al máximo el esfuerzo y obtener así los mejores resultados posibles. Sin embargo, la reproductividad de estos modelos es relativa ya que, con el tiempo, lo que se produce es una adaptación de dicho modelo

a las características personales del propio atleta (fuerza, características antropométricas, neuromotrices, etc.) dando lugar a lo que se ha denominado “estilo” o modelo personal de técnica, con un equilibrio en la utilización de los patrones de eficacia singular y que acaba constituyendo el eje central de desarrollo.

El movimiento de Arrancada es una técnica de levantamiento de máxima potencia en la que la velocidad juega un papel decisivo para la obtención de altos rendimientos. Uno de los objetivos más importantes en la preparación de los levantadores en Halterofilia es la de prepararlos para ser capaces de generar la mayor fuerza posible a la mayor velocidad y cantidad de movimiento posible.

En la literatura internacional existen trabajos en los que se describe las acciones y los movimientos de la barra y del levantador que han servido de referencia para el presente estudio entre los que cabe destacar los desarrollados por Lukashov (1972), Gue (199), Bartonietz (1996), Gourgoulis, et al (2000). Por otro lado, el trabajo con intensidades máximas constituye uno de los modelos de desarrollo más desarrollados para la mejora del rendimiento en Halterofilia, los cuales centran su objeto de investigación, por un lado, en los efectos que sobre el rendimiento tiene la utilización de diferentes magnitudes de carga, Arutyunian (1965); Berger (1967); Palmieri (1987), y por otro lado, en los efectos de la utilización de diferentes configuraciones en la ejecución de las series, Haf, et al, (2003); DeLorme (1945, 1950); M. Jlystov (1976); Agudin (1972) Robinson et al (1995).

En la literatura son escasos los trabajos que centran su objeto de investigación en el análisis del modelo individual del deportista y de cómo se modifica éste en función de las cargas de entrenamiento. El objetivo de este trabajo está centrado en esta perspectiva. Mas concretamente, en el análisis del patrón individual sobre un movimiento de Arrancada para conocer la forma en que dicho patrón se ajusta a las exigencias de una acción de alta intensidad cercana al movimiento de competición y valorar las condiciones en las que se consigue la máxima eficiencia en términos de potencia dinámica.

## 2. MÉTODO

Se analiza a una levantadora española perteneciente al grupo de élite de la Real Federación Española de Halterofilia. El protocolo de intervención está basado en el análisis de una sesión de entrenamiento en la que la levantadora realiza dos tandas de 6 series de 2 repeticiones con, aproximadamente el 90% de 1RM (1 repetición máxima), para lo que se fijaron dos cargas cercanas a dicho nivel. La primera tanda se realizó con una carga de 60 Kg. Y la segunda tanda con una carga de 62,5 kg. Dado que la mejor marca de la levantadora era de 70 Kg, estas cargas

suponían el 85'7% y el 89'3 % del máximo. En suma, se analizaron un total de 12 intentos válidos completos.

La técnica instrumental utilizada fue la Fotogrametría 3D, basada en filmación con 2 cámaras de video (50 Hz). Se utiliza un modelo del cuerpo humano conformado por 22 puntos, de los cuales 20 corresponden al cuerpo del levantador y 2 a la barra. El proceso de digitalización y cálculo de variables se realiza mediante el programa KINESCAN DIGITAL/IBV 1.1. Por medio de la misma aplicación se calcularon las coordenadas 3D con el método de la DLT (Abdel-Aziz y Karara, 1971) se suavizaron estas coordenadas por medio de funciones "Spline" de quinto orden con el método GCV (Woltring, 1986) y se calcularon las variables de interés.

Se realiza un estudio correlacional y como medida de dispersión, se calculan medidas de tendencia central y el Coeficiente de Variación (CV), además de una prueba T. También se calculan los valores de Trabajo y Potencia empleados.

El análisis técnico de los levantadores se ha realizado de acuerdo con los criterios de la Dirección Técnica de la Federación Española de Halterofilia. Así, los instantes de referencia temporal considerados son los siguientes:

- T1: Despegue de la barra.
- T2: Barra a la altura de las rodillas.
- T3: Barra a la altura de las caderas.
- T4: Tirón de brazos.
- T5: Altura máxima de la barra.
- T6: Encaje de la barra.



Figura 1. Posiciones correspondientes a los instantes temporales T1 y T6

#### - Criterios de Eficacia

Los criterios de eficacia que se consideran para analizar el patrón de ejecución de la levantadora en el movimiento de Arrancada son los siguientes:

- Velocidad vertical máxima de la barra durante su fase ascendente.

- Aceleración vertical Máxima de la barra durante su fase ascendente.
- Velocidad de las caderas en las fases ascendente y descendente del movimiento..
- Diferencia de altura de la barra entre las posiciones Máxima y la correspondiente al instante del “Encaje” (T6).
- Índices de Trabajo, Potencia absoluta y Potencia relativa (W/peso corporal).

Los índices de trabajo y potencia se han calculado a partir de las ecuaciones siguientes, cuyos factores expresan los siguientes parámetros:

T: Trabajo

F: Fuerza (carga elevada)

D: distancia recorrida por la barra (m)

(D= g x altura del levantamiento)

P: Potencia

t: tiempo (s)

$$T = FxD$$

$$P = \frac{T}{t}$$

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El movimiento de la barra es el resultado de las fuerzas aplicadas sobre ella por el levantador. Las fases temporales y la velocidad constituyen dos elementos esenciales a la hora de evaluar el nivel técnico del levantador y la relación entre ambas constituye un criterio de eficacia de cara a la obtención del máximo rendimiento (Bauman et al, 1988)

Los tiempos totales para el movimiento de arrancada se han calculado desde el instante del despegue de la barra del suelo hasta el instante del “encaje”. Como puede comprobarse en la tabla 1, los tiempos oscilaron entre 1,08 y 1,18 s., observándose una tendencia a una elevación del tiempo en las segundas series de cada serie, excepto en la última en la que la levantadora reproduce una secuencia temporal idéntica. También es resaltable otra tendencia como es la estabilización del tiempo en la segunda tanda de repeticiones realizada con la mayor carga, que es más acusada en las últimas dos series.

Tabla 1. Tiempos totales (desde inicio hasta encaje)

Serie	Tiempo Total
1ªS1x60	1,08
1ªS2x60	1,18
2ªS1x60	1,10
2ªS2x60	1,12
3ªS1x60	1,08
3ªS2x60	1,14
4ªS1x62,5	1,10
4ªS2x62,5	1,18
5ªS1x62,5	1,14
5ªS2x62,5	1,16
6ªS1x62,5	1,14
6ªS2x62,5	1,14
Media	1,13
SD	0,03
CV	0,03

Si se analizan las medidas de tendencia central se comprueba que el patrón temporal de la levantadora es bastante estable. La media del total de los levantamientos es de 1,13 s., para una desviación estándar de 0,03 s., o que supone un coeficiente de variación del 3%. Al analizar los resultados en función de la carga levantada, comprobamos que las diferencias para las tandas con menor y mayor carga (1,12 y 1,14 respectivamente) son muy bajas y que los coeficientes de variación para uno y otro caso tampoco difieren entre sí (4% y 3% respectivamente).

Con todo, parece demostrarse un elevado grado de estabilidad en el patrón temporal de ejecución que, en sus límites máximos, se ve modificado sólo en 100 ms.

En la tabla 2 se presentan los resultados globales del estudio correspondientes a los parámetros cinemáticos considerados, todos los cuales se analizan en los apartados siguientes:

Tabla 2. Resultados globales para el conjunto de parámetros analizados

Serie	Vz barra	Az barra	Vcad_as	Vcad_de	W	Wr	Zbar_T6	Pérdida Z barra	° cad	° tob	° rod	°_rod T6
1ªS1x60	1,78	4,16	1,55	2,60	710,50	15,07	1,16	0,06	168	99	164	62
1ªS2x60	1,76	4,78	1,40	2,55	684,00	14,51	1,14	0,11	165	94	159	63
2ªS1x60	1,88	6,32	1,74	2,24	719,36	15,26	1,15	0,05	171	101	164	62
2ªS2x60	1,72	3,22	1,51	2,46	698,25	14,81	1,14	0,08	172	105	162	56
3ªS1x60	1,91	5,03	1,43	2,72	731,87	15,53	1,17	0,07	176	101	163	56
3ªS2x60	1,75	4,10	1,81	2,38	704,38	14,94	1,15	0,10	170	99	166	61
4ªS1x62,5	1,80	4,63	1,30	2,36	733,72	15,56	1,15	0,07	170	98	161	65
4ªS2x62,5	1,78	3,38	1,52	2,39	712,50	15,11	1,14	0,10	165	97	163	57
5ªS1x62,5	1,87	5,71	1,36	2,60	712,50	15,11	1,14	0,09	166	100	162	57
5ªS2x62,5	1,76	4,16	1,74	2,58	692,13	14,68	1,13	0,10	171	99	162	54
6ªS1x62,5	1,82	5,22	1,91	2,68	706,25	14,98	1,13	0,08	173	101	165	55
6ªS2x62,5	1,77	4,45	1,54	2,78	712,50	15,11	1,14	0,10	166	99	163	52
Totales												
Media	1,80	4,60	1,57	2,53	709,83	15,06	1,15	0,08	169,43	99,58	162,96	58
SD	0,06	0,90	0,19	0,16	14,54	0,31	0,01	0,02	3,45	2,54	1,84	4,09
CV-Total	0,03	0,20	0,12	0,06	0,02	0,02	0,01	0,22	0,02	0,03	0,01	0,07
Serie con 60 Kg												
Media	1,80	4,60	1,57	2,49	708,06	15,02	1,15	0,08	170,38	100,06	163,16	60
SD	0,08	1,05	0,17	0,17	16,67	0,35	0,01	0,02	3,56	3,48	2,35	3
CV	0,04	0,23	0,11	0,07	0,02	0,02	0,01	0,30	0,02	0,03	0,01	0,05
Serie con 62'5 Kg												
Media	1,80	4,59	1,56	2,57	711,60	15,10	1,14	0,09	168,49	99,11	162,76	57
SD	0,04	0,82	0,23	0,16	13,41	0,28	0,01	0,01	3,37	1,25	1,34	4
CV	0,02	0,18	0,15	0,06	0,02	0,02	0,01	0,14	0,02	0,01	0,01	0,08

- Nomenclatura:

- Vz barra: Velocidad vertical máxima de la barra en fase ascendente.
- Az: Aceleración vertical máxima de la barra en su fase ascendente.
- Vcad\_as: velocidad de las caderas en la fase ascendente.
- Vcad\_de: velocidad de las caderas en la fase descendente.
- W: potencia máxima.
- Wr: potencia relativa
- Zbarra: Altura máxima de la barra.
- Pérdida Z barra: Diferencia entre las alturas alcanzadas por la barra en sus posiciones máximas y de "Encaje".
- ° cad; ° tob; ° rod: ángulos de máxima extensión de las articulaciones de la cadera, tobillo y rodilla.
- ° rod\_T6: Ángulo de flexo-extensión de la rodilla en el instante del Encaje.

### 3.1. Velocidad y Aceleración vertical de la barra

En la tabla 2 se pueden observar los resultados obtenidos en estos dos parámetros cinemáticos. La barra se mueve a una velocidad media de 1,80 m/s,

mientras que la aceleración media conseguida es de  $4,60 \text{ m/s}^2$ . Por otro lado, la figura 3 representa su evolución a lo largo de los diferentes levantamientos realizados en la sesión.

Estos dos parámetros cinemáticos muestran diferentes grados de variabilidad en el conjunto de levantamientos realizados. De hecho, los valores de variabilidad son marcadamente superiores en la aceleración (CV: 20%) que en la velocidad (CV: 3%). Resulta interesante destacar que al analizar la variabilidad en función de la carga empleada, se observa que la variabilidad aumenta de forma significativa en la tanda con carga menor (CV: 23%) y que disminuye con la carga más alta (CV: 18%).

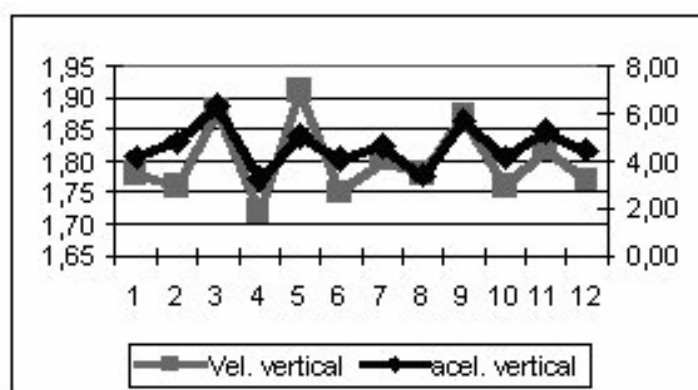


Figura 2. Evolución de la Velocidad y Aceleración vertical de la barra en los levantamientos realizados

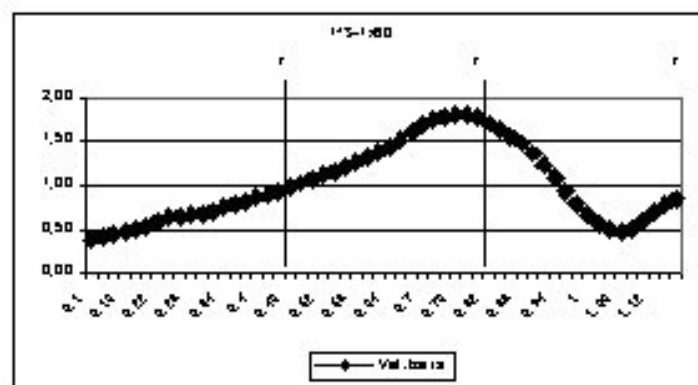


Figura 3. Ejemplo de la trayectoria de la velocidad de la barra durante uno de los levantamientos realizados (1ªS\_1x60)

Como en el caso del tiempo total empleado, en las segundas repeticiones de cada serie se observa una disminución en la velocidad de la barra, que cabría justificarla en el aumento de la fatiga ante la segunda repetición debido a los efectos inmediatos producidos por la primera de ellas.

En el movimiento de arrancada, la velocidad vertical de la barra aumenta de forma continua, lo cual es un indicador de una buena técnica de ejecución. Con ello se demuestra que el levantador está preparado para tirar de la barra de forma suave durante la fase de transición (Bartonietz, 1996). En la figura 3 se observa la evolución de la velocidad de la barra en uno de los levantamientos realizados, demostrándose que la levantadora reproduce de forma eficiente este patrón de ejecución técnico.

### 3.2. Altura de la Barra en sus Posiciones Máxima y de Encaje

La diferencia entre las alturas que alcanza la barra entre su posición máxima y de Encaje constituye uno de los criterios de eficacia más relevantes (Isaka y col, 1996). En el modelo teórico de ejecución se plantea que esta diferencia debe ser mínima. El éxito en el levantamiento consiste en acelerar la barra para que alcance la altura suficiente para permitir que el levantador se sitúe por debajo de la misma hasta conseguir la posición de Encaje. Los resultados, expuestos en la tabla 2, ponen de manifiesto que la levantadora actúa con una gran regularidad en cuanto a la altura en que sitúa a la barra en sus posiciones máxima y de encaje. La barra alcanza una altura que oscila entre 1,13 y 1,17 m. en su posición máxima y entre 1,03 y 1,10 m. en la posición de Encaje, lo que suponen unas diferencias entre ambas que oscilan entre 5 y 12 cm. En sus valores medios, la levantadora eleva la barra hasta una altura de 1'15 m, mientras que la pérdida hasta el encaje alcanza un valor de 8 centímetros. Esto quiere decir que la pérdida de altura hasta el encaje supone sólo el 7% de la altura máxima, lo que en términos comparativos con otros estudios (Gourgulis y col., 2000) supone confirmar que la levantadora posee un alto nivel de eficiencia en este parámetro de rendimiento.

El grado de variabilidad respecto de estos parámetros es alta, llegando al 22% para el total de los levantamientos realizados, lo que supone convertirse en uno de los parámetros más irregulares en el patrón individual de ejecución de la levantadora. En todo caso, resulta interesante constatar que cuando este parámetro se observa respecto de la carga empleada se produce un hecho a tener en consideración como es que con la carga menos elevada (60 kg) la variabilidad aumenta al 30%, mientras que con la carga más elevada (62,5%), la variabilidad disminuye al 14%, demostrándose que el aumento de la carga se convierte en un elemento estabilizador que contribuye a la consecución de un mayor nivel de eficacia mecánica.



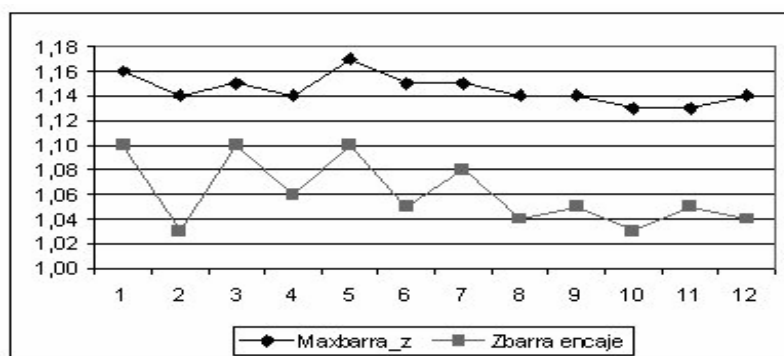


Figura 4. Evolución de la altura alcanzada por la barra en sus posiciones, máxima y la correspondiente al instante de Encaje

### 3.3. Trabajo y Potencia Empleados

El grado de potencia empleado en los movimientos deportivos constituye una de las claves para la mejora del rendimiento deportivo. En Halterofilia uno de los objetivos de entrenamiento principales consiste en preparar a los levantadores para generar fuerza máxima a la mayor velocidad posible. Se trata de que los levantadores generen un alto nivel de potencia muscular durante el levantamiento, así como una efectiva transferencia de dicha potencia a la barra en un tiempo limitado, menor a 1 segundo (Garhammer, 1993).

Siguiendo los pronunciamientos de O'Shea (1999), con relación a que los valores de potencia para deportistas de especialidades de fuerza se expresan mejor en Watios por Kg de peso corporal, comprobamos que los levantamientos más eficaces son el 7º (4ªS\_1x62'5) y el 5º (3ªS\_1x60) en los que se consigue un valor de Potencia por KG. de peso de 15.56 y 15.53 W/Kg respectivamente. En ambos casos, además, coincide que son los intentos en los que se produce menor diferencia entre la altura de la barra en posiciones máxima y de encaje (T6), mientras que la aceleración vertical de la barra alcanza valores intermedios (4.63 y 5.03 m/s<sup>2</sup> respectivamente), lo que quiere decir que la levantadora no estaría lejos de lo establecido para la técnica teórica por Dziedzic (1971), en cuanto a la necesidad de mover la barra de forma dinámica en la primera fase del levantamiento.

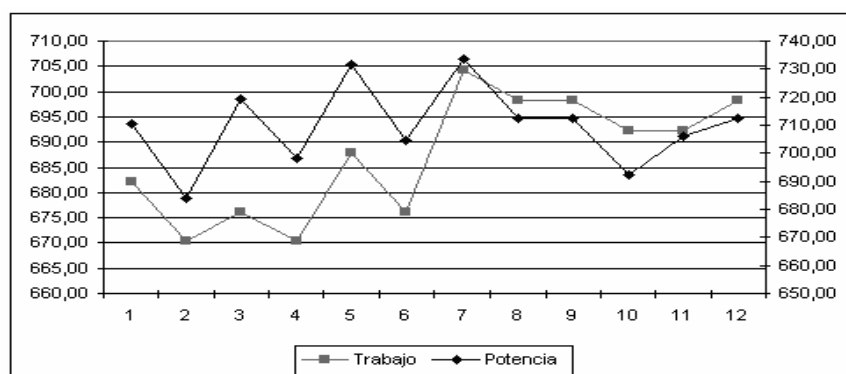


Figura 5. Trabajo y Potencia empleados

Por otro lado, conviene también destacar que en la tanda de levantamientos realizados con la carga más alta (62'5 kg) se produce una alteración de la relación que mantienen Trabajo y Potencia absoluta empleados en la tanda realizada con menor peso. En la figura 5 se puede comprobar que esta alteración supone que el aumento de la carga rompe las tendencias marcadas en la primera tanda. Por un lado en la capacidad para alcanzar una mayor potencia en las primeras repeticiones de cada serie de forma progresiva y, por otro lado, en la ritmicidad que supone la disminución de la potencia en las segundas repeticiones.

#### 3.4. Cadena Cinética

El análisis de la cadena cinética se analiza a partir de la evolución de los ángulos de flexo-extensión de las articulares del tobillo, rodilla y cadera. Como puede comprobarse, mientras que la cadera mantiene una tendencia continua hacia la máxima extensión, los patrones de las articulaciones del tobillo y rodilla muestran la existencia de dos picos, o lo que es lo mismo, dos fases de extensión unidas por una pequeña fase de flexión (denominada de "transición"). Precisamente, esta fase de flexión, antes de la máxima extensión (coincidente con el segundo tirón de la barra) tiene un efecto similar al que se consigue en la acción de contramovimiento (CM) en un salto vertical. En el caso de estudio, la rodilla, en los valores medios de todas las repeticiones realizadas, alcanza un primer grado de extensión de 120'4°, después se flexiona hasta los 113'6°, para alcanzar una extensión final de 162'8°.

En la figura 6 se muestra el patrón del comportamiento de la cadena cinética de la levantadora. Como puede comprobarse, tobillo y rodilla llevan una tendencia paralela en cuanto a la dinámica de extensión. En ambos casos, el pico máximo de la extensión se consigue en coincidencia con el instante T5, esto es, en el instante en que la barra consigue su máxima altura, para a partir de este instante, iniciar la fase

de flexión para permitir el descenso de caderas y la adopción de la posición de “Encaje”.

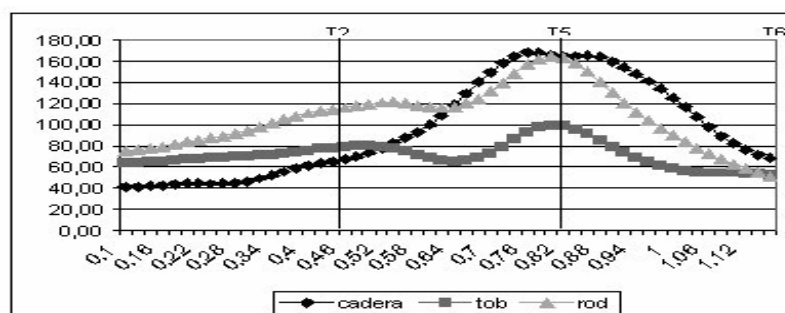


Figura 6. Evolución de las acciones de flexo-extensión de las articulaciones del tobillo, rodilla y cadera en un levantamiento de la serie realizada

En cuanto a los valores, (tabla 2), la levantadora demuestra disponer de un patrón estable de comportamiento. Se alcanzan unos valores medios para la máxima extensión de  $99^{\circ}6'$  en el tobillo,  $163^{\circ}$  en la rodilla, y  $169^{\circ}5'$  en la cadera, con unos coeficientes de variación bajos de 3%, 1% y 2% respectivamente.

### 3.5. Relaciones entre Variables

En la tabla 3 se presenta la matriz de correlación respecto de los criterios de eficacia evaluados. De dichos resultados se pueden extraer las siguientes consecuencias:

- Cuanto mayor es la velocidad vertical máxima de la barra, mayor la aceleración máxima en la fase inicial, y mayor las potencias absoluta y relativa.
- Cuanto mayor es la potencia empleada, más alta llega la barra, y menos pérdida de altura se da hasta el instante del encaje.
- Cuanto mayor es la altura máxima de la barra, más alto se consigue la posición de encaje, y menos pérdida de altura se produce hasta dicho instante.

Tabla 3. Matriz de Correlación

	Vv barra	Av barra	Max. Altura barra	Pérdida t5-t6	Alt. Barra t6	Ang. Rod	Vcad ascenso	Vcad descenso	Potencia Abs.	Potencia Rel.
Vv barra										
Av barra	.795* * .002									
Max. Altura barra	.453 .130	.130 .687								
Pérdida t5-t6	-.520 .077	-.415 .180	-.559* .050							
Alt. Barra t6	.562 .057	.344 .274	.818** .001	-.934 .000						
Ang. Rod	-.256 .422	-.225 .481	-.113 .727	.165 .608	-.163 .612					
Vcad ascenso	-.034 .016	-.043 .893	.102 .753	.000 .979	.038 .907	.711** .010				
Vcad descenso	-.050 .876	.067 .836	-.155 .631	.110 .733	-.143 .657	.732** .007	.761** .004			
Potencia Abs.	.652* .022	.315 .318	.625* .030	-.619* .032	.698* .012	-.119 .713	.115 .723	-.006 .986		
Potencia Rel.	.652* .022	.316 .317	.625* .029	-.623* .030	.702* .011	-.117 .718	.112 .728	-.007 .983	1,000** .000	

En suma, podríamos concluir que la velocidad con la que la levantadora es capaz de mover la barra influye de forma decisiva a la consecución de altos niveles de eficiencia mecánica. Especialmente interesante es la relación existente entre la velocidad y la potencia empleada. Como quiera que tanto en las repeticiones realizadas con menor carga, como en las realizadas con la carga más alta (62'5 kg) se consiguen grados de eficiencia similares, estaríamos ante una sesión de entrenamiento que estaría consiguiendo el aumento el nivel de la fuerza máxima absoluta como objetivo de entrenamiento, tal y como postula Robinson y col (1995), para el caso en que se consiga el aumento de la potencia y de la intensidad máxima de las cargas.

Por último, estos resultados vienen a corroborar que en el alto rendimiento deportivo los límites que separan las acciones eficaces de las que no lo son, son muy reducidos. Existen unas pequeñas diferencias entre grupos y sin embargo las medias de sus valores no suponen mas que el 1,2% para la máxima altura de la barra y el 2,4% para el tiempo en el que la barra alcanza su mayor altura.

#### 4. CONCLUSIONES

La metodología utilizada para el análisis del modelo individual se ha demostrado adecuada y los resultados son comparables con los obtenidos en los estudios previos que han servido de referencia.

Se ha podido comprobar que el patrón de ejecución parece estabilizarse en algunos parámetros cinemáticos en la situación en que la levantadora utiliza una carga más cercana al nivel máximo de exigencia (90% de 1RM). Por tanto, parece razonable concluir que cuando se emplea una carga más cercana al nivel de exigencia física y mecánica del objetivo de entrenamiento (en este caso 90% de 1RM), se consigue una mayor uniformidad y estabilidad en el patrón de ejecución. Como quiera que lo que se trata de conseguir en el entrenamiento es trabajar con el mayor grado de “entrenabilidad” posible, estos hechos plantean que ese objetivo se cumpliría siempre que la levantadora utilizara una carga que se ajustara al límite superior tolerable.

Sin embargo, también se ha constatado que esta tendencia a una mayor estabilización con la carga más elevada no se produce cuando los niveles de eficacia se analizan en función de la potencia máxima empleada por Kg. de peso corporal. Los levantamientos más eficaces se dan tanto con la carga más baja como con la más alta.

A partir de estas premisas, y dado que el estudio de caso que representa este trabajo no supone sino el conocimiento de una realidad aislada, se propone ampliar el estudio a una muestra más amplia de levantadores para comprobar si estas tendencias se confirman de forma general o si por el contrario sólo obedecen a una forma de comportamiento propia de modelos individuales.

#### REFERENCIAS

- ABDEL-AAZIZ, Y.I. y KARARA, H.M. (1971) Direct linear transformation from comparator coordinates into objectspace coordinates in close range photogrammetry. En *ASP Symposium on close range photogrammetry*, (Editado por American society of photogrammetry), ASP, Falls Church, 1-18
- AGUDIN, V.P. (1972) *Influencia de la magnitud de sobrecarga en los índices biomecánicos de la trayectoria de la barra y en el mejoramiento de las marcas de los levantadores*. Tesis de Licenciatura en Ciencias Pedagógicas, Tartu, Estonia
- ARUTYUNIAN, S.M. (1965) *Determinación de la carga óptima de un levantador en base a las características de los parámetros dinámicos de los ejercicios de Arrancad y 2 Tiempos*. Tesis de Licenciatura. Instituto Central Estatal de Cultura Física. Moscú
- BARTONIETZ, K.E. (1996) Biomechanics of the snath: toward a higher training efficiency. *Strength and Conditioning*, 18, 24-31

- BAUMAN, W., GROSS, V., QUADE, K., GALBIERZ, P. and SCHWIRZ, A. (1988) The snatch technique of World class weightlifters at the 1985 World Championships. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 68-89
- BERGER, R.A., (1967) Effect of maximum load for each of ten repetitions. *Research Quarterly*, Vol. 38 (4), 715-718
- DELORME, T.L, WEST, F.E., and SCHREIBER, W.J. (1950) Influence of progressive resistance exercises on knee function following femoral fractures. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, 32-A, (4), 910-924
- DELORME, T.L. (1945) Restoration of muscle power by heavy-resistance exercises. *The Journal of Bone and Joint Surgery*, XXVII, (4), 645-667
- DZIEDZIC, A. (1971) *Entrenamiento del pesista*. FHI, Mexico. (traducción de A. Bugajski)
- GARHAMMER, J.A. (1992) A comparison of propulsive forces for weightlifting and vertical jumping. *Journal of Applied Sport Sciences Research*, 6, 129-134
- GARHAMMER, J.A. (1993) Review of power output studies of Olympic and powerlifting: Methodology, performance, prediction and evaluation test. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 7 (2), 76-89
- GOURGOULIS, V.; AGGELOUSIS, N.; MAVROMATIS, G.; GARAS, A. (2000) Biomechanical analysis of the snatch technique in Greek elite weight lifters. *Exercise and Society Journal of Sport Sciences*, (26), 63-75
- GUE, N. (1991) Tesis de Licenciatura en Ciencias Pedagógicas. Moscú,
- HAFF, G.G., WHITLEY, A; MCCOY, L.B.; O'BRIAN, H.S.; KILGORE, E.; HAFF, K.; PIERCE, K. AND STONE, M.H. (2003) Effects of different set configurations on barbell velocity and displacement during a clean pull. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 17(1), 95-103
- JLYSTOV, M.C. (1976) *Estudio experimental de la influencia de la carga de entrenamiento sobre la técnica de los ejercicios de halterofilia*. Tesis de Licenciatura. Instituto Central Estatal de Cultura Física. Moscú
- LUKASHEV, A.A. (1972) *Análisis de la técnica de ejecución de Arrancada de los levantadores de categoría élite*. Tesis de Licenciatura. Instituto Central Estatal de Cultura Física. Moscú,
- O'SHEA, P. (1999) Toward an understanding of power. *Strength and Conditioning Journal*, 21 (5), 34-35
- PALMIERI, G.. (1987) Weight training and repetition speed. *Journal of Applied Sport Science Research*, Vol. 1 (2), 36-38
- ROBINSON, JM; PEULAND, CM; STONE, MH; JOHNSON, R; WARREN, BJ; and LEWIS, DL, (1995) Effects of different weight training exercise-rest intervals

on strenght, power and intensity endurance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9 (4), 216-221

WOLTRING, H.J. (1986) A fortran package for generalized, cross validatory spline smoothing and differentiation. *Adv. Eng. Software*, 6 (2), pp. 104-113