

Volumen 4 - Número 4 - Julio/Agosto 2018



REVISTA OBSERVATORIO DEL DEPORTE

REVISTA DE HUMANIDADES Y CIENCIAS SOCIALES

ISSN 0719-5729

Portada: Felipe Maximiliano Estay Guerrero

orandum est ut sit mens sana in corpore sano

EDITORIAL CUADERNOS DE SOFÍA

CUERPO DIRECTIVO

Director

Juan Luis Carter Beltrán
Universidad de Los Lagos, Chile

Editor

Juan Guillermo Estay Sepúlveda
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Cuerpo Asistente

Traductora: Inglés

Pauline Corthorn Escudero
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Traductora: Portugués

Elaine Cristina Pereira Menegón
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Diagramación / Documentación

Carolina Cabezas Cáceres
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

Portada

Felipe Maximiliano Estay Guerrero
Editorial Cuadernos de Sofía, Chile

**CUADERNOS DE SOFÍA
EDITORIAL**

COMITÉ EDITORIAL

Mg. Adriana Angarita Fonseca
Universidad de Santander, Colombia

Lic. Marcelo Bittencourt Jardim
CENSUPEG y CMRPD, Brasil

Dra. Rosario Castro López
Universidad de Córdoba, España

Mg. Yamiléth Chacón Araya
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Dr. Óscar Chiva Bartoll
Universidad Jaume I de Castellón, España

Dr. Miguel Ángel Delgado Noguera
Universidad de Granada, España

Dr. Jesús Gil Gómez
Universidad Jaume I de Castellón, España

Ph. D. José Moncada Jiménez
Universidad de Costa Rica, Costa Rica

Dra. Maribel Parra Saldías
*Pontificia Universidad Católica de Valparaíso,
Chile*

Mg. Aysel Rivera Villafuerte
Secretaría de Educación Pública SEP, México

Mg. Jorge Saravi
Universidad Nacional La Plata, Argentina

Comité Científico Internacional

Ph. D. Víctor Arufe Giraldez
Universidad de La Coruña, España

Ph. D. Juan Ramón Barbany Cairo
Universidad de Barcelona, España

Ph. D. Daniel Berdejo-Del-Fresno
*England Futsal National Team, Reino Unido
The International Futsal Academy, Reino Unido*

Dr. Antonio Bettine de Almeida
Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Oswaldo Ceballos Gurrola
Universidad Autónoma de Nuevo León, México

Ph. D. Paulo Coêlho
Universidad de Coimbra, Portugal

Dr. Paul De Knop
Rector Vrije Universiteit Brussel, Bélgica

Dr. Eric de Léséleuc
INS HEA, Francia

Mg. Pablo Del Val Martín
*Pontificia Universidad Católica del Ecuador,
Ecuador*

Dr. Christopher Gaffney
Universität Zürich, Suiza

Dr. Marcos García Neira
Universidad de Sao Paulo, Brasil

Dr. Misael González Rodríguez
Universidad de Ciencias Informáticas, Cuba

Dra. Carmen González y González de Mesa
Universidad de Oviedo, España

Dr. Rogério de Melo Grillo
Universidade Estadual de Campinas, Brasil

Dra. Ana Rosa Jaqueira
Universidad de Coimbra, Portugal

Mg. Nelson Kautzner Marques Junior
Universidad de Rio de Janeiro, Brasil

Ph. D. Marjeta Kovač
University of Ljubljana, Slovenia

Dr. Amador Lara Sánchez
Universidad de Jaén, España

Dr. Ramón Llopis-Goic
Universidad de Valencia, España

Dr. Osvaldo Javier Martín Agüero
Universidad de Camagüey, Cuba

Mg. Leonardo Panucia Villafañe
Universidad de Oriente, Cuba
Editor Revista Arranca

Ph. D. Sakis Pappous
Universidad de Kent, Reino Unido

Dr. Nicola Porro
*Universidad de Cassino e del Lazio
Meridionale, Italia*

Ph. D. Prof. Emeritus Darwin M. Semotiuk
Western University Canada, Canadá

Dr. Juan Torres Guerrero
Universidad de Nueva Granada, España

Dra. Verónica Tutte
Universidad Católica del Uruguay, Uruguay

Dr. Carlos Velázquez Callado
Universidad de Valladolid, España

Dra. Tânia Mara Vieira Sampaio
Universidad Católica de Brasilia, Brasil
*Editora da Revista Brasileira de Ciência e
Movimento – RBCM*

Dra. María Luisa Zagalaz Sánchez
Universidad de Jaén, España

Dr. Rolando Zamora Castro
Universidad de Oriente, Cuba
Director Revista Arrancada

Asesoría Ciencia Aplicada y Tecnológica:
EDITORIAL CUADERNOS DE SOFÍA

Representante Legal
Juan Guillermo Estay Sepúlveda Editorial
Santiago – Chile

Indización

Revista ODEP, indizada en:



**TRAYECTORIA DE LA BARRA EN EL ARRANQUE DE LEVANTADORAS DE PESAS
MEXICANAS Y SU RELACIÓN CON LA CATEGORÍA Y RENDIMIENTO¹**

**BARBELL TRAJECTORY DURING THE SNATCH OF MEXICAN WOMEN WEIGHTLIFTERS
AND THEIR RELATIONSHIP TO THE CATEGORY AND PERFORMANCE**

Mg. Gabriel Núñez Othón

Universidad de Sonora, México

gabriel@guaymas.uson.mx

Dr. José Antonio de Paz Fernández

Universidad de León, España

japaz@unileon.es

Fecha de Recepción: 21 de mayo de 2018 – **Fecha de Aceptación:** 21 de junio de 2018

Resumen

En la investigación se tomó grabación en video de los 56 mejores levantamientos de arranque realizados de las levantadoras de pesas mexicanas en el Campeonato Nacional Universitario, con la finalidad de evaluar el nivel técnico de las levantadoras mexicanas en relación a la ejecución según la técnica actualmente recomendada, analizar la relación entre las variables cinemáticas y generales con el nivel de rendimiento y para confrontar las variables cinemáticas de las campeonas universitarias mexicanas con datos publicados en revistas científicas sobre levantadoras de pesas internacionales. Los resultados de la evaluación del nivel técnico por el tipo de trayectoria de la barra presentaron una alta relación con el desarrollo de técnicamente deficientes tanto en el total de competidoras como en el grupo de campeonas de cada categoría. La variable que se encontró asociada con el desempeño de las levantadoras universitarias mexicanas fue la antigüedad en la práctica de este deporte, otra variable que posiblemente afectó el nivel de desempeño de la categoría +75 kg es el Índice de Masa Corporal en la cual tuvo una diferencia significativa con las restantes seis categorías. En los valores de velocidad vertical en las fases de primer jalón, transición y segundo jalón, la velocidad promedio desarrollada por el grupo de campeonas supera los resultados encontrados en competidoras internacionales. Estos altos valores posiblemente se deban a otras deficiencias técnicas de las levantadoras, que lo hace compensar con altas velocidades en el segundo jalón, como la poca habilidad para realizar la fase de deslíz.

Palabras Claves

Biomecánica – Técnica deportiva – Halterofilia

Abstract

In the research was taken video recording of the 56 best snatch liftings made by Mexican female weightlifters in the National University Championship, with the aim of evaluating the technical level of Mexican female lifters

¹ La investigación de la cual procede la información del artículo se denomina: ANALISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS CINEMÁTICAS DEL LEVANTAMIENTO DE PESAS QUE REALIZAN LOS SELECCIONADOS NACIONALES, con número de registro USO313002315, se realizó con recursos propios de los investigadores y de la Universidad de Sonora

in relation to the execution according to the currently recommended technique, analyze the relation between the kinematic and general variables with the level of performance and to confront the kinematic variables of the Mexican female university champions with data published in magazines Scientific on international weightlifters. The results of the evaluation of the technical level by the type of trajectory of the bar presented a high relation with the development of deficient technique both in the total of competitors and in the group of female Champions of each category. The variable that was found associated with the performance of the Mexican University lifters was the antiquity in the practice of this sport, another variable that possibly affected the level of performance of the category +75 kg is the body mass index in which it had a significant difference with the remaining six categories. In the vertical velocity values in the first pull, transition and second pull phases, the average speed developed by the champion group exceeds the results found in international competitors. These high values are possibly due to other technical deficiencies of the lifters, which makes it compensate with high speeds in the second milestone, as the little ability to perform the slip phase.

Keywords

Biomechanics – Sport technique – Weightlifting

Introdução

El deporte de levantamiento de pesas, también conocido como halterofilia consiste en dos modalidades: el arranque y envión, teniendo cada levantador tres oportunidades en cada para ir incrementando la marca. El campeón es quien logre el mayor valor de la suma de ambas modalidades. Los levantamientos son realizados de forma rápida, con impulso para vencer la fuerza de gravedad ocupando sus movimientos tan solo décimos de segundo.

La técnica, junto con la fuerza explosiva y la flexibilidad contribuyen significativamente al rendimiento en el deporte de levantamiento de pesas². La técnica está definida como la coordinación óptima de los movimientos de los diferentes segmentos corporales, para levantar el máximo peso. Sin embargo, la técnica ideal va cambiando conforme se van obteniendo nuevos datos de la observación o la investigación en este deporte.

Los análisis de la técnica deportivas utilizan la biomecánica, en el presente estudio utilizaremos la cinemática, con lo cual se puede conocer las características espaciales como coordenadas, desplazamientos, trayectorias, velocidades, ángulos, aceleraciones y tiempos.

El restringir la muestra de estudio sólo a campeones, es un procedimiento habitual en las investigaciones de la biomecánica en el deporte, ya que es fundamental obtener los datos de los deportistas de más alto desempeño. Las investigaciones en este campo muestran que los competidores de mayor cualificación deportiva realizan secuencias biomecánicas distintas a quienes tienen menor desempeño.

Los estudios cinemáticos obtenidos con una sola cámara perpendicular al plano sagital del levantador, es uno de los métodos de recolección de datos biomecánicos más frecuentes en la literatura científica sobre las características técnicas del levantamiento³. Esta posición es ventajosa para obtener datos respecto a las características técnicas del movimiento pues permite observar los movimientos, principalmente de la barra desde la perspectiva bidimensional. Desde este punto de observación, el eje x u horizontal registra los desplazamientos en el eje anteroposterior del levantador, por su parte el eje y arroja las características del movimiento en sentido vertical hacia arriba o abajo.

En el análisis de la técnica de los levantadores el estudio de la trayectoria del levantamiento es una de las vías más utilizadas por entrenadores e investigadores⁴, se denomina trayectoria, al trazo imaginario de la sucesión de posiciones que tiene el extremo visible de la barra en su ascenso, desde una perspectiva lateral al levantador, esto puede verse de forma clara en la figura 1.

² Vassilios Gourgoulis, et al., "Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of elite Greek weightlifter", *Journal of Sports Sciences* 18: 8 (2000): 643

³ K. W. Ho Lester, et al. "Reviewing Current Knowledge in Snatch Performance and Technique: The Need for Future Directions in Applied Research." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28: 2 (2014): 579

⁴ Hasan Akkus, "Kinematic Analysis of the Snatch Lift with Elite Female Weightlifters During the 2010 World Weightlifting Championship." *Journal of Strength and Conditioning Research* 26: 4 (2012): 903.

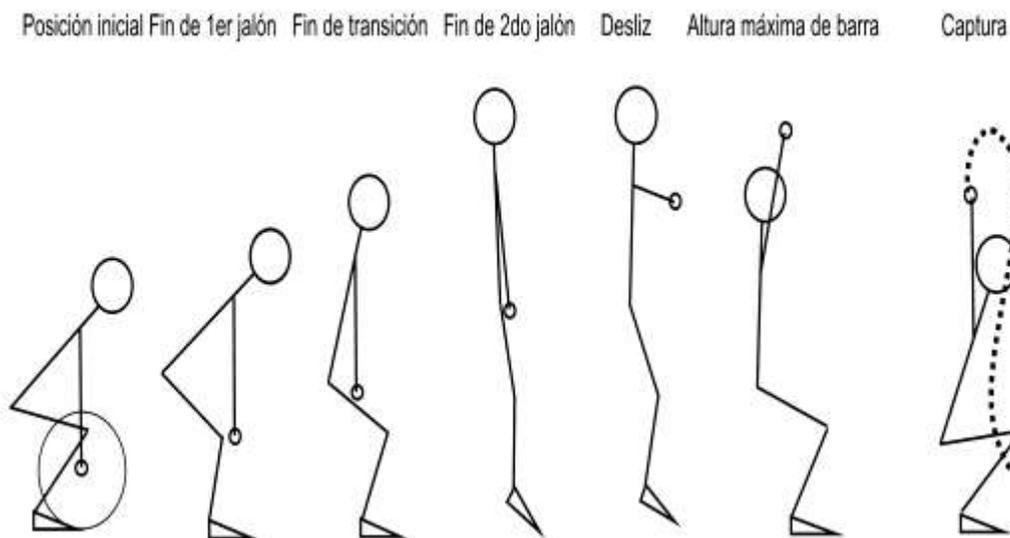


Figura 1
Esquema de fases y trayectoria

La forma que adquiere la trayectoria de la barra en una técnica racional es de una “S” o “2” alargado ya que la barra se acerca y aleja del levantador en determinados momentos de su recorrido, en dependencia de la forma en que se le apliquen los impulsos de fuerza por el levantador. Es importante la determinación de la trayectoria, ya que a partir de ella se pueden identificar las magnitudes de los desplazamientos tanto en el eje vertical como horizontal en las diferentes fases del movimiento⁵.

Vorobyev⁶ en 1978 señaló la trayectoria de la barra como un indicador importante de una buena técnica, identificó tres tipos principales de trayectorias (véase figura 2), esta clasificación la realizó en relación a las veces y en qué fase la trayectoria cruza la proyección vertical de su punto de inicio, para ello imaginariamente se dibuja una línea vertical, en el extremo visible de la barra cuando está en el suelo, como se observa en la primera imagen de la figura 3, esta línea sirve también como el punto de origen para el eje de coordenadas⁷.

En la trayectoria tipo 1, la barra al ser levantada se acerca al pesista alcanzando un máximo acercamiento al final de la fase de transición; en el segundo jalón la barra asciende alejándose, cruzando al frente de la línea vertical del punto de inicio; en el desliz la barra vuelve a acercarse al levantador en forma de un arco donde la barra alcanza su altura máxima y cruza la referencia del punto de inicio hasta ser capturada sobre los brazos del levantador (véase la figura 2).

⁵ Leslie J. Musser, et al., "Anthropometry and Barbell Trajectory in the Snatch Lift for Elite Women Weightlifters." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28: 6 (2014): 1636-48.

⁶ Arkady A. Vorobyev, *A Textbook on Weightlifting* (Budapest, International Weightlifting Federation, 1978), 92.

⁷ José Campos y Juan José Rabadé, "Análisis cinemático de la trayectoria de la barra en la arrancada y su relación con el rendimiento". *Apunts, educación física y deportes* 2:96 (2009): 62.

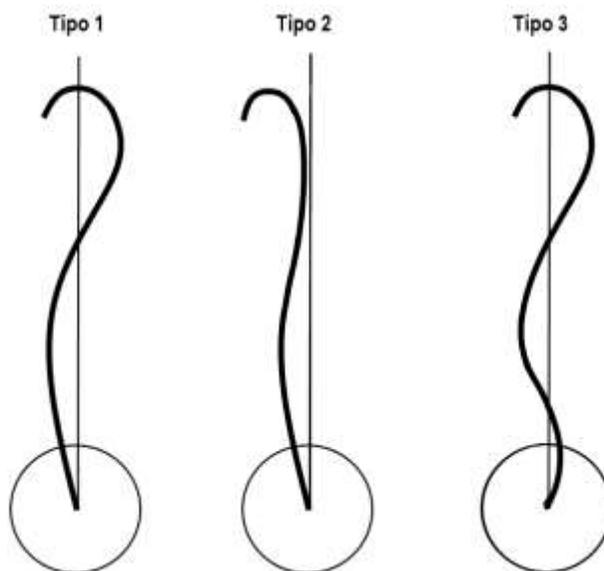


Figura 2
Tipos de trayectorias de la barra por Vorobyev

En la trayectoria tipo 2, la barra asciende acercándose al levantador en las fases de primer jalón y transición, en segundo jalón la barra se aleja sin cruzar a la línea vertical de referencia del punto de inicio, la fase de desliz y captura igualmente se mantienen detrás de esa referencia.

La trayectoria tipo 3 se caracteriza porque en el primer jalón la barra asciende alejándose del levantador, para luego en esa misma fase invertir el movimiento horizontal y acercarse al levantador hasta cruzar la línea vertical de referencia, en el segundo jalón la barra asciende alejándose hasta una distancia horizontal mayor que la línea de referencia, en el desliz, la trayectoria forma un arco donde la barra alcanza su altura y cruza para atrás su referencia máxima hasta ser capturada sobre los brazos del levantador.

Aunque inicialmente Vorobyev ubicó la trayectoria tipo 1 como la que más aprovecha el potencial del levantador, estudios recientes muestran que una gran proporción de los levantadores de élite realizan sus levantamientos con trayectorias donde se disminuyen los desplazamientos horizontales y que corresponden a la trayectoria tipo 2⁸⁹.

Desplazamiento horizontal de la barra

El análisis del desplazamiento horizontal de la barra, desde una perspectiva sagital corresponde a movimientos que sirven para determinar la magnitud de alejamiento y acercamiento del centro de gravedad de la barra con respecto al deportista o de su propia

⁸ José Campos y Juan José Rabadé, "Análisis cinemático de la ... 64.

⁹ Yusue Ikeda, et al., "Comparison of the Snatch Technique for Female Weightlifters at the 2008 Asian Championships." *Journal of Strength and Conditioning Research* 26:5 (2012): 1293.

posición de inicial, pues desde la perspectiva del levantador corresponden a movimientos que se realizan hacia el frente o atrás, acercando o alejando la barra.

Los mejores levantadores minimizan los movimientos horizontales. Esta afirmación es relativa, dado que se ha demostrado que la trayectoria de la barra no es apropiada si se realiza en estricta línea recta ascendente, ya que es necesario cierta cantidad de movimiento horizontal para aprovechar el potencial de palancas de fuerza del cuerpo humano. En la figura 3 se ha colocado una división aproximada del recorrido que abarca cada fase del movimiento, además se agregaron las abreviaturas de los principales desplazamientos horizontales y verticales.

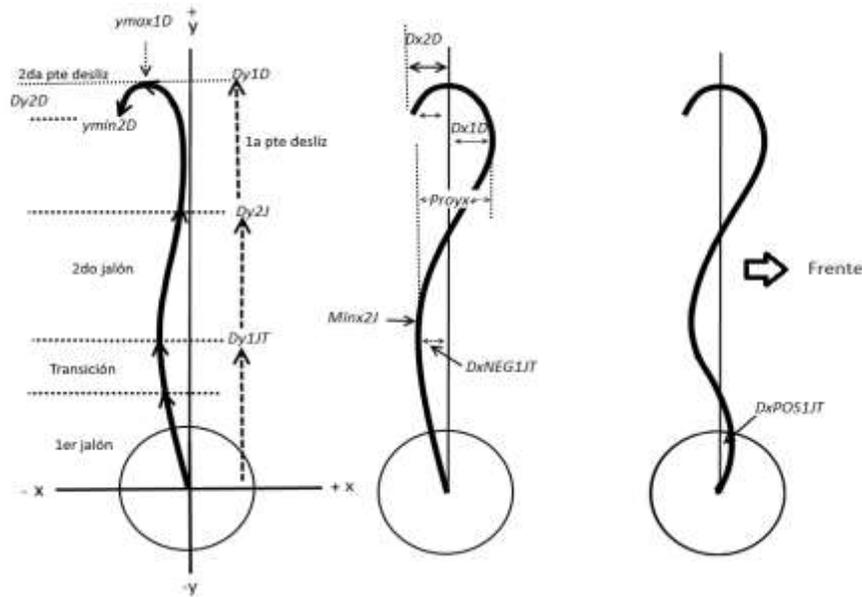


Figura 3
Identificación en la trayectoria de variables y fases

Desplazamiento vertical de la barra

Como el fin intrínseco de este deporte es levantar el mayor peso, a mayor masa colocada en la barra existe mayor dificultad de alzarla contra la fuerza de gravedad, es por ello que la estrategia consiste en lograr una altura que asegure al levantador colocarse rápidamente debajo de la barra. Una altura máxima más baja y un desplazamiento menor de caída de la barra después de alcanzada dicha altura máxima son algunos de los indicadores más importantes de una técnica apropiada para el levantador de pesas¹⁰.

Según el diseño de la investigación las publicaciones se centran en uno u otra fase específica del movimiento de arranque, pero los principales valores de desplazamientos vertical son: la altura de la barra al final del primer jalón, altura de la barra al final de la

¹⁰ Hasan Akkus, "Kinematic Analysis of the Snatch... 903.

transición (o inicio del segundo jalón), altura de la barra al final del segundo jalón, altura máxima de la barra, altura mínima de la barra en la captura y la caída de la barra, que corresponde a la diferencia entre la altura máxima y la altura de captura.

La evolución que ha tenido la técnica nos conduce al planteamiento de la siguiente pregunta: ¿cuál es la actualización de la técnica que desarrollan las levantadoras de pesas mexicanas comparativamente con los datos encontrados en investigaciones recientes sobre el tema?, ¿Qué variables se identifican como asociadas al nivel de rendimiento en la competencia?

Objetivos

El trabajo tiene el propósito de analizar las variables cinemáticas del arranque en levantadoras de pesas universitarias mexicanas. Como objetivos específicos se plantea: 1. Evaluar el nivel técnico de las levantadoras mexicanas con respecto a la descripción actual de la técnica apropiada; 2. Analizar la relación entre las variables cinemáticas y las características generales con el nivel de rendimiento desempeñado y; 3. Confrontar las variables cinemáticas de las campeonas universitarias mexicanas con datos publicados en revistas científicas sobre levantadoras de pesas internacionales de mejor desempeño.

Metodología

Tipo de estudio

El presente trabajo es una investigación observacional analítica de corte transversal en el que se analizan correlaciones entre características generales de las deportistas y variables de desplazamiento de la trayectoria sagital derecha del extremo visible de la barra.

Población y muestra

La población corresponde a 63 levantadoras mexicanas que participaron en el campeonato nacional universitario, de las cuales se obtuvo la muestra de 56 participantes que cumplieron con los siguientes criterios de inclusión: a) haber realizado al menos un levantamiento de arranque determinado como válido por los jueces, del cual se tomó el levantamiento con mejor resultado, y b) desarrollar todas las fases que corresponden a la técnica típica del arranque.

En la tabla 1 se describen las características de las levantadoras de la muestra en las categorías de peso corporal.

Categoría	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	75 kg
Competidoras	4	8	9	11	9	8	7
Estatura (cm)	153.8 ± 4.8	153.1 ± 3.8	159.6 ± 4.6	157.5 ± 5.1	159.3 ± 5.8	165.6 ± 4.8	164.7 ± 9.4
Antigüedad (años)	2.3 ± 0.5	8.1 ± 2.6	4.9 ± 2.9	5.2 ± 2.5	4.8 ± 2.6	6.4 ± 2.7	5.5 ± 3.4
Peso corporal (kg)	46.7 ± 0.4	52.0 ± 1.2	57.1 ± 1.2	61.6 ± 1.0	66.6 ± 1.7	72.5 ± 2.1	100.6 ± 8.1
Arranque (kg)	50.3 ± 4.7	67.6 ± 5.3	60.9 ± 6.2	66.7 ± 11.0	74.0 ± 13.0	73.3 ± 10.6	82.4 ± 19.2

Tabla 1

Medias de características de la muestra por categoría

Nota: valores son en media y desviación estándar

Procedimiento de grabación

Para la recolección de las imágenes se utilizó una videocámara Sony HDR-XR150, en un formato de grabación de alta definición tipo AVCHD de 30 fotogramas por segundo, cada fotograma con medidas de 1080 pixeles de altura y 1440 de ancho. Los levantamientos de arranque fueron grabados en su perspectiva sagital derecha, colocando el lente de la cámara digital a una distancia de 5.85 m del extremo derecho de la barra de levantamiento de pesas y a una altura con respecto al plano de sustentación de la barra de 0.85 m.

Preparación para la obtención de variables

La trayectoria de la barra se dividió en secciones de acuerdo con su correspondencia con las fases del movimiento realizada por las levantadoras, ello tomando como referencia la estructura funcional de las fases¹¹ y en correspondencia a las publicaciones científicas de estudios de este aspecto y que corresponden a: primer jalón, transición, segundo jalón, y desliz. Con detalle las acciones motrices que se realizan en cada fase se describen en la tabla 2.

Por la perspectiva de grabación, el disco de la pesa más próximo oculta la grabación de los movimientos realizados por las piernas de las levantadoras en el momento de despegue, por lo que resultó imposible determinar el momento de división entre primer jalón y transición, por lo que se ajustó analizándose de forma conjunta.

Por otra parte, la fase de desliz se dividió en dos secciones o partes; la primera desde el fin del segundo jalón hasta que la barra alcanza la máxima altura, y la segunda desde la máxima altura hasta el momento en que se dejó de descender por ser capturada.

¹¹ Mikel Izquierdo, Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte (Madrid: Médica Panamericana, 2008), 117.

Fase	Acciones motrices	Posición de la barra
Primer jalón ^a	Primera extensión de rodillas Espalda permanece en un mismo ángulo	Alcanza o supera la altura de la rodilla
Transición ^a	Flexión de rodillas Espalda se coloca vertical Rodillas se adelantan por debajo de la barra	Asciende hasta la parte superior del muslo o pubis
Segundo jalón	Segunda extensión de rodillas Extensión de pies y cadera Jalón con hombros	Asciende a nivel de la cintura u ombligo
Desliz ^b	Flexión de codos y piernas Descenso en sentadilla Captura de barra en los brazos frenando el descenso de la barra	Asciende en arco hacia atrás del levantador hasta la máxima altura y luego desciende hasta la captura sobre los brazos*
Nota: Fases tomadas de: Akkus, 2012 ¹² e Ikeda et al. 2012 ¹³ . ^a Las fases de primer jalón y transición se estudiaron como una sola. ^b La fase de desliz se dividió en dos partes a partir del punto donde la barra alcanza la altura máxima		

Tabla 2
Acciones y posición de la barra en las fases del arranque

Los datos personales de estatura y antigüedad se recopilaron con formulario mediante entrevista con las levantadoras; los valores de peso corporal y pesos levantados en la competencia fueron proporcionados por la Comisión Técnica de Levantamiento de Pesas y el comité organizador del evento a través de las hojas oficiales de competencia.

A partir de la ubicación de las posiciones de la barra en el plano cartesiano de la perspectiva sagital derecha, y con el tiempo determinados, mediante el cálculo trigonométrico los desplazamientos y velocidades en los ejes x e y, su velocidad absoluta y el tiempo de duración para cada fase.

Procesamiento de videgrabaciones

Se procesó cada una de las videgrabaciones mediante el software Dartifsh ProSuite 8, en el cual se hizo un seguimiento del movimiento del extremo visible de la barra, por lo que quedó marcada la trayectoria en dos dimensiones.

Como la grabación es perpendicular a los discos de pesas más próximos, se determinó su diámetro de 45 cm como referencia de medida. Posteriormente se ubica el punto de origen de plano cartesiano, en este caso el extremo visible de la barra, para que coincida el punto de partida de la trayectoria con el punto de origen 0,0 con los valores positivos de y hacia arriba y en el eje de los x hacia la derecha como puede observarse en la primera imagen de la figura 3.

¹² Hasan Akkus, "Kinematic Analysis of the Snatch... 899.

¹³ Yusue Ikeda, et al., "Comparison of the Snatch Technique for... 1284.

Tratamiento estadístico

La estadística descriptiva se muestra como media y desviación estándar. Tras comprobarse la normalidad de la distribución de las variables cuantitativas mediante la prueba de Kolmogórov-Smirnov, se realizó la comparación de los valores entre las diferentes categorías, mediante la prueba ANOVA y cuando fue pertinente se realizó la prueba post hoc de Bonferroni.

Con la finalidad de determinar el nivel de influencia de alguna de las variables en el desempeño, en cada categoría se eligieron las posiciones 1 y 2 y la 6 y 7, con lo que quedaron formadas dos muestras a las que se les aplicó la prueba t de Student para muestras independientes. La categoría 48 kg se excluyó del estudio por tener pocas participantes

El análisis de la correlación de variables se hizo con la prueba de Pearson, se estableció la significación estadística para un valor de $p < 0.05$. El procesamiento estadístico se realizó con el software SPSS v21.

Resultados

La tabla 3 señala las medias de características generales de las levantadoras, se indica para cada variable en forma de superíndice con cual otra categoría tiene diferencias de medias que alcanzan a tener valor significativo. Destaca el valor medio de la variable *IMC* para la categoría +75 kg, pues tiene diferencia significativa con las seis categorías restantes, sobrepasa en 17.7 kg/m² a la media de *IMC* de la categoría 48 kg, y supera con 15.3, 14.9, 12.6, 11.2 y 11 kg/m² respectivamente las medias del resto de las categorías. La categoría de peso corporal 48 kg tiene diferencias significativas en la variable *IMC* respecto a las categorías 63, 69 y 75 kg.

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Estatura (cm)	153.8 ± 4.8 ^f	153.1 ± 3.8	159.6 ± 4.6	157.5 ± 5.1	159.3 ± 5.8	165.6 ± 4.8 ^b	164.7 ± 9.4 ^b	0.001
Antigüedad (años)	2.3 ± 0.5	8.1 ± 2.6 ^a	4.9 ± 2.9	5.2 ± 2.5	4.8 ± 2.6	6.4 ± 2.7	5.5 ± 3.4	0.039
Peso Corporal (kg)	46.7 ± 0.4 [*]	52.0 ± 1.2 [*]	57.1 ± 1.2 [*]	61.6 ± 1.0 [*]	66.6 ± 1.7 [*]	72.5 ± 2.1 [*]	100.6 ± 8.1 [*]	0.000
IMC (kg/m ²)	19.8 ± 1.1 ^g	22.2 ± 0.9 ^g	22.6 ± 1.4 ^g	24.9 ± 1.9 ^{ag}	26.3 ± 2.2 ^{ag}	26.5 ± 1.6 ^{ag}	37.5 ± 5.9	0.000
Arranque (kg)	50.3 ± 4.7	67.6 ± 5.3	60.9 ± 6.2 ^g	66.7 ± 11.0	74.0 ± 13 ^a	73.3 ± 10.6 ^a	82.4 ± 19.2 ^a	0.001
Arranque/P C (kg/kg)	1.1 ± 0.1	1.3 ± 0.1 ^g	1.1 ± 0.1 ^g	1.1 ± 0.2 ^g	1.1 ± 0.2 ^g	1.0 ± 0.1 ^b	0.8 ± 0.2	0.000

Nota: Todas las variables se exponen en media ± desviación estándar. * en la variable peso corporal existen diferencias significativas entre todas las categorías.

Tabla 3
Medias de variables generales de todas las levantadoras

De la tabla 3 se observa que en la variable estatura la categoría 53 kg señalada con inciso b, tiene un valor medio en esta variable con diferencia significativa con las categorías 75 y +75 kg, mientras que la categoría 48 kg tiene una media de estatura con diferencia significativa con la categoría 75 kg, que es la categoría con la media más alta. En la variable del arranque, la categoría 48 kg tuvo un valor promedio con diferencia significativa con las categorías 69, 75 y +75 kg, mientras que la categoría 68 kg la tuvo con la categoría +75. En lo que respecta a la variable arranque/PC, que corresponde a la relación de peso levantado por peso corporal, la media con mejor relación la obtuvo la categoría 63 kg que tiene diferencia significativa con media de la categoría 75 kg, mientras que la categoría +75 kg tuvo una media con diferencias significativas con las categorías 53, 58, 63, y 69 kg.

En la tabla 4 se describe el significado de las variables cinemáticas en las que el análisis de las medias arrojó que al menos una de las categorías tuvo diferencia significativa con otra, mientras que en la tabla 5 se detallan los valores agregando con superíndices entre cuales categorías se detectan las diferencias significativas.

Fase	Abreviatura	descripción de la variable
Primer jalón + transición		
Suma desplazamientos en eje x (cm)	Dx1JT	Suma de desplazamientos horizontales
Desplazamiento en y (cm)	Dy1JT*	Ascenso vertical de la barra durante la fase
Segundo jalón		
Máxima velocidad (m/s)		Máxima velocidad de la barra en el segundo jalón
Primera parte del desliz		
Altura máxima (cm)	y _{max1D} *	Máxima altura vertical alcanzada
Segunda parte del desliz		
Altura mínima (cm)	y _{min2D} *	Mínima altura vertical
Valores totales por eje		
Desplazamientos totales en eje y (cm)		
Nota: Las abreviaturas de las variables pueden ser observadas en su posición aproximada en la figura 3.		

Tabla 4
Variables cinemáticas con diferencias significativas y su descripción

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Suma de desplazamientos en eje x (cm)	7.6 ± 3.0	7.0 ± 2.5	9.7 ± 4.4	5.0 ± 2.5 ^g	8.8 ± 3.1	8.2 ± 3.1	11.2 ± 6.5	0.038
Desplazamiento en y (cm)	45.6 ± 5.0	49.1 ± 5.0	50.1 ± 6.8	48.2 ± 6.5	51.3 ± 4.3	54.5 ± 4.2 ^a	55.2 ± 5.8 ^a	0.036
Máxima velocidad (m/s)	202.5 ± 9.4	193.6 ± 12.9 ^g	199.5 ± 15.1	204.3 ± 14.0	196.9 ± 12.2 ^g	210.3 ± 10.1	218.0 ± 10.7	0.008
Altura máxima (cm)	97.0 ± 5.0 ^g	97.4 ± 6.6 ^g	104.5 ± 8.3	103.7 ± 6.5 ^g	103.3 ± 5.2 ^g	109.7 ± 4.6 ^b	114.1 ± 8.8	0.000

Altura mínima (cm)	83.7 ± 3.8 ^g	78.1 ± 6.3 ^g	86.8 ± 6.4 ^g	85.3 ± 7.7 ^g	85.5 ± 6.7 ^g	89.8 ± 7.2	98.9 ± 11.1	0.000
Desplazamientos totales en eje y (cm)	110.2 ± 6.8	116.7 ± 8.7	122.2 ± 11.4	122.1 ± 9.0	121.1 ± 8.6	129.5 ± 8.5 ^a	129.4 ± 11.6 ^a	0.015

Nota: Todos los valores son en media ± desviación estándar. Las abreviaturas de las variables pueden ser observadas en su posición aproximada en la figura 3.

Tabla 5
Medias y desviación estándar de variables cinemáticas por categorías

En la tabla 5 se observa que en la variable *suma de desplazamientos en el eje x* existe diferencia significativa entre las medias de las categorías 63 y +75 kg, además la media de la variable *desplazamiento en y* de la fase de primer jalón más transición la categoría 48 kg tiene diferencia significativa con las categorías 75 y +75 kg, mientras que en la variable *máxima velocidad* de la fase de segundo jalón las categorías 53 y 69 kg obtuvieron una diferencia significativa con la media de la categoría +75 kg. Por lo que respecta a la variable *altura máxima* de la fase primera parte del desliz las categorías 48, 53, 63 y 69 kg tuvieron una media que obtuvo diferencia significativa con el valor promedio obtenido en la categoría +75 kg, mientras que en esta misma variable las categorías 53 y 75 kg tuvieron valores medios con diferencia significativa.

En la variable *altura mínima* de la fase segunda parte del desliz, que significa la altura en que se capturó la barra; las categorías 48, 53, 58, 63 y 69 kg tienen medias con diferencia significativa con la categoría +75 kg. Observando la variable *desplazamientos totales en el eje y*, la cual corresponde a la suma de todos los desplazamientos realizados en el eje vertical, se observa que la media obtenida por la categoría 48 kg tiene diferencia significativa con las medias obtenidas de las categorías 75 y + 75 kg.

En las tablas 6 a la 11 se describen los valores que obtuvieron en las variables generales cada una de las siete campeonas en arranque del presente estudio por categoría.

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Estatura (cm)	150	158	153	156	165	165	172	159.9 ± 7.8
Antigüedad (años)	2	11	10	6	6	6	10	7.3 ± 3.2
Peso Corporal (kg)	46.4	53.0	58.0	61.4	68.1	73.3	110.0	67.2 ± 20.9
IMC (kg/m ²)	20.6	21.2	24.8	25.2	25.0	26.9	37.2	25.9 ± 5.5
Arranque (kg)	57	79	72	93	91	88	110	84.3 ± 16.9
Arranque/PC (kg)	1.2	1.5	1.2	1.5	1.3	1.2	1.0	1.3 ± 0.2

Tabla 6
Valores de variables generales de las siete campeonas mexicanas

Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su relación con la categoría y rendimiento pág. 29

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Desplazamientos en x sentido+ (cm)	0.8	0.5	3.7	0.3	1.0	1.1	0.0	1.1 ± 1.2
Desplazamientos en x sentido - (cm)	3.8	7.0	5.3	2.1	0.9	5.5	7.4	4.6 ± 2.4
Suma desplazamientos en eje x (cm)	4.6	7.6	9.0	2.4	3.1	6.6	7.5	5.8 ± 2.5
Desplazamiento en y (cm)	41.8	56.8	44.3	51.4	56.5	51.1	65.3	52.5 ± 8.0
Duración (s)	0.53	0.63	0.57	0.63	0.67	0.63	0.63	0.61 ± 0.05
Máxima velocidad en x (m/s)	20.3 ⁿ	28.4 ⁿ	15.7 ⁿ	8.0 ⁿ	10.1	18.7 ⁿ	32.7 ⁿ	16.2 ± 14.2
Máxima velocidad en y (m/s)	120.7	142.8	124.1	138.0	133.1	126.2	155.4	134.3 ± 12.2
Máxima velocidad (m/s)	121.7	145.6	125.1	138.3	133.2	126.6	156.8	135.3 ± 12.6

Nota: n= velocidad en dirección x negativa al acercarse la barra al levantador

Tabla 7
Valores cinemáticos de 1^{er} jalón + transición de campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Valor mínimo de x (cm)	-2.98	-6.94	1.57	-1.85	1.26	-4.43	-7.41	-3.0 ± 3.6
Desplazamientos en x sentido+(cm)	5.33	2.70	7.85	5.96	6.55	8.71	5.00	6.0 ± 2.0
Desplazamientos en x sentido - (cm)	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1 ± 0.2
Suma desplazamientos en eje x (cm)	5.33	3.15	7.85	5.96	6.55	8.71	5.00	6.1 ± 1.9
Desplazamiento en y (cm)	22.34	16.63	28.29	23.16	22.48	28.33	19.41	22.9 ± 4.3
Duración (s)	0.13	0.10	0.17	0.13	0.13	0.17	0.10	0.13 ± 0.03
Máxima velocidad en x (m/s)	55.47	47.95	79.97	76.68	84.70	77.43	79.05	71.6 ± 14.0
Máxima velocidad en y (m/s)	189.7 3	181.3 4	190.7 0	198.0 3	198.6 5	203.2 5	205.46	195.3 ± 8.5
Máxima velocidad (m/s)	193.3 5	187.5 7	197.8 1	208.5 4	215.9 5	209.0 1	220.14	204.6 ± 12.0

Tabla 8
Valores de variables cinemáticas en 2^o jalón de campeonas mexicanas

Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su relación con la categoría y rendimiento pág. 30

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Desplazamientos en x sentido+ (cm)	2.12	1.17	0.84	2.29	3.70	1.83	1.43	1.9 ± 0.9
Desplazamientos en x sentido - (cm)	4.83	6.47	3.95	2.87	2.27	3.56	9.69	4.8 ± 2.6
Suma desplazamientos en eje x (cm)	6.95	7.64	4.79	5.16	5.97	5.39	11.12	6.7 ± 2.2
Proyección de x a signo + (cm)	4.47	-3.06	10.26	6.41	11.51	6.10	-0.98	5.0 ± 5.4
Desplazamiento en y (cm)	28.61	28.06	23.74	28.47	31.93	28.26	31.79	28.7 ± 2.7
Duración (s)	0.27	0.27	0.23	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26 ± 0.01
Altura máxima (cm)	92.73	101.44	96.37	103.05	110.90	107.71	116.47	104.1 ± 8.3
Máxima velocidad en x (m/s)	43.97 ⁿ	63.48 ⁿ	36.91 ⁿ	27.34 ⁿ	27.56 ⁿ	30.70 ⁿ	69.51 ⁿ	42.8 ± 17.3
Máxima velocidad en y (m/s)	183.65	181.34	176.35	191.03	193.60	192.24	195.23	187.6 ± 7.2
Máxima velocidad (m/s)	186.15	182.78	177.39	194.04	198.93	194.47	198.55	190.3 ± 8.3
Nota: n= velocidad en dirección x negativa al acercarse la barra al levantador								

Tabla 9
Variables cinemáticas en 1ª parte del desliz en campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Desplazamiento de x (cm)	6.18	12.51	5.98	1.62	3.32	1.65	11.94	6.2 ± 4.5
Desplazamiento en eje y (cm)	13.85	17.17	11.77	15.18	18.20	12.56	9.58	14.0 ± 3.0
Duración (s)	0.33	0.30	0.27	0.37	0.90	0.37	0.23	0.40 ± 0.23
Altura mínima (cm)	78.88	84.27	84.60	87.87	92.69	95.15	106.89	90.1 ± 9.2
Máxima velocidad en x (m/s)	44.64 ⁿ	66.19 ⁿ	36.23 ⁿ	26.00 ⁿ	27.56 ⁿ	28.03 ⁿ	70.19 ⁿ	42.7 ± 18.6

Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su relación con la categoría y rendimiento pág. 31

Máxima velocidad en y (m/s)	68.99	95.23	74.85	81.01	78.65	61.08	66.44	75.211.3	±
Máxima velocidad (m/s)	73.63	106.32	78.58	81.48	79.00	62.66	87.26	81.313.4	±
Nota: n= velocidad en dirección x negativa al acercarse la barra al levantador									

Tabla 10
Variables cinemáticas de 2ª parte del desliz de campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS	
Duración total del levantamiento (s)	1.27	1.30	1.23	1.40	1.97	1.43	1.23	1.41 ± 0.26	
Duración total de jalones y transición (s)	0.67	0.73	0.73	0.77	0.80	0.80	0.73	0.75 ± 0.05	
Duración total de desliz (s)	0.60	0.57	0.50	0.63	1.17	0.63	0.50	0.66 ± 0.23	
Desplazamientos totales en eje x (cm)	23.11	30.87	27.62	15.17	18.98	22.36	35.52	24.8 ± 7.0	
Desplazamientos totales en eje (cm)	106.57	118.61	108.14	118.24	129.10	120.27	126.06	118.1 ± 8.4	
Nota: Valores de medida son en cm y de tiempo en segundos									

Tabla 11
Variables cinemáticas totales por eje y fases en campeonas mexicanas

En las tablas 12, 13 y 14 se encuentran valores y medias de algunas variables de las precisadas en este trabajo, las cuales fueron publicadas en revistas científicas y corresponden a datos de la cinemática de la barra de las campeonas de arranque durante eventos internacionales femeniles celebrados en los años 2006, 2008 y 2010, al pie de nota de cada tabla se detalla la fuente.

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Peso Corporal (kg)	47.8	52.7	57.6	58.1	68.8	75.0	95.7	65.1 ± 16.4
Arranque (kg)	80	93	106	98	117	128	117	106 ± 16.5
Valor mínimo de x en 2º jalón (cm)	-8	-6	-8	-8	-1	-9	-5	-7 ± 3

Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su relación con la categoría y rendimiento pág. 32

Máxima velocidad en y en 2º jalón (m/s)	187	173	166	213	198	209	211	194 ± 19
Proyección de x a signo + (cm)	-5	-3	-4	-6	6	-5	4	-2 ± 5
Altura máxima (cm)	89	90	89	113	103	111	122	103 ± 14
Altura mínima (cm)	79	73	68	91	91	93	94	84 ± 11
Desplazamiento en eje y en 2a parte del desliz (cm)	9	17	21	22	12	19	28	18 ± 6

Nota. Fuente: Okada¹⁴ et al. 2008; los valores de medida son en cm, velocidad es en cm/s, peso es en kg. La ausencia en decimales procede de la fuente.

Tabla 12
Variables cinemáticas de campeonas mundiales juveniles año 2006

Campeonas japonesas 2008								
Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Estatura (cm)	153	151	-	150	164	165	-	156.6 ± 6.5
Arranque (kg)	78	70	-	91	91	93	-	84.6 ± 9.0
Edad (años)	23	29	-	22	24	25	-	24.6 ± 2.4
Desplazamiento en y 1er jalón y transición (cm)	56	45.5	-	44.6	57.1	50.5	-	50.7 ± 6
Valor mínimo de x 2o jalón (cm)	-5.3	-11.8	-	-4	-1.5	-2.5	-	-5.0 ± 4.0
Altura máxima (cm)	97	101.6	-	91.6	107	105.1	-	100.5 ± 6
Altura mínima (cm)	78.9	77.8	-	78.4	86.9	86.3	-	81.7 ± 5
Desplazamiento y en 2a parte de desliz (cm)	18.1	23.8	-	13.2	20.1	18.8	-	18.8 ± 4
Campeonas asiáticas 2008								
Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	□ ± DS
Estatura	150	153	-	160	165	168	-	159.2 ± 6.8
Arranque	87	93	-	104	117	121	-	104.4 ± 13.8

¹⁴ Junichi Okada, et al., "Kinematic analysis of the snatch technique used by Japanese and international female weightlifters at the 2006 Junior World Championship". International Journal of Sport and Health Science 6 (2008):196 y 197.

Edad	22	20	-	27	23	24	-	23.2 ± 2.3
Desplazamiento en y 1er jalón y transición	43.1	39.2	-	45.5	57.9	55.7	-	48.3 ± 8
Valor mínimo de x 2o jalón	-5.6	-4.5	-	-4.4	-6.2	-9.6	-	-6.1 ± 2.0
Altura maxima	88.2	94.4	-	91.1	104.7	101.1	-	95.9 ± 7
Altura minima	74.8	79.6	-	79.2	85.2	85.6	-	80.9 ± 5
desplazamiento y en 2a parte de desliz	13.4	14.8	-	11.9	19.5	15.5	-	15.0 ± 3
Nota. Fuente Ikeda et al. 2012 ¹⁵ . valores de medida son en cm, velocidad es en cm/s, peso es en kg, edad es en años. La ausencia de precisión en decimales procede de la fuente.								

Tabla 13
Valores y medias de campeonas asiáticas y japonesas del año 2008

Estatura (cm)	Peso corporal (kg)	Arranque (kg)	Velocidad máx. en y 1er jalón (m/s)	Velocidad máx. en y 2º jalón (m/s)	Valor mínimo de x 2º jalón (cm)	Desplazamiento en x sentido + 2º jalón (cm)	Altura máxima (cm)	Desplazamiento en y en 2ª parte del desliz (cm)
164.71 ± 9.7	65.8 ± 16.4	114 ± 18.81	99 ± 19	168 ± 14	-5.92 ± 3.11	1.83 ± 4.62	95.5 ± 19	13.72 ± 2.94
Nota. Fuente de los datos en: Akkus, 2012.								

Tabla 14
Medias de variables de campeonas mundiales del año 2010

Tipos de trayectorias encontradas en la muestra

Al analizar todos los levantamientos de la muestra, los tipos de trayectoria identificados según la clasificación de Vorobyev (1978) se describen en la tabla 15. Se destaca que, de 56 levantamientos analizados, únicamente en 25 de estos la barra se desplazan horizontalmente hacia al levantador en la fase de primer jalón, lo que es característico de las trayectorias tipo 1 y tipo 2, mientras que en 31 levantamientos la barra se aleja.

¹⁵ Yusue Ikeda, et al., "Comparison of the Snatch Technique ... 1285.

Categoría Tipo	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	Σ
Tipo 1	1	2	2	7	2	1	2	17
Tipo 2	0	3	0	1	3	0	1	8
Tipo 3	3	3	7	3	4	7	4	31
Total	4	8	9	11	9	8	7	56

Tabla 15
Tipos de trayectorias por categoría en levantadoras mexicanas

En la figura 4 se muestran las trayectorias desde una perspectiva derecha del mejor levantamiento de arranque en cada categoría de peso corporal de las campeonas mexicanas, la trayectoria esta ilustrada en forma de la curvilínea, inicia desde el despegue de las pesas de la plataforma y culmina al bajar con forma de arco en el desliz cuando la barra alcanza la altura mínima al ser capturada sobre los brazos.

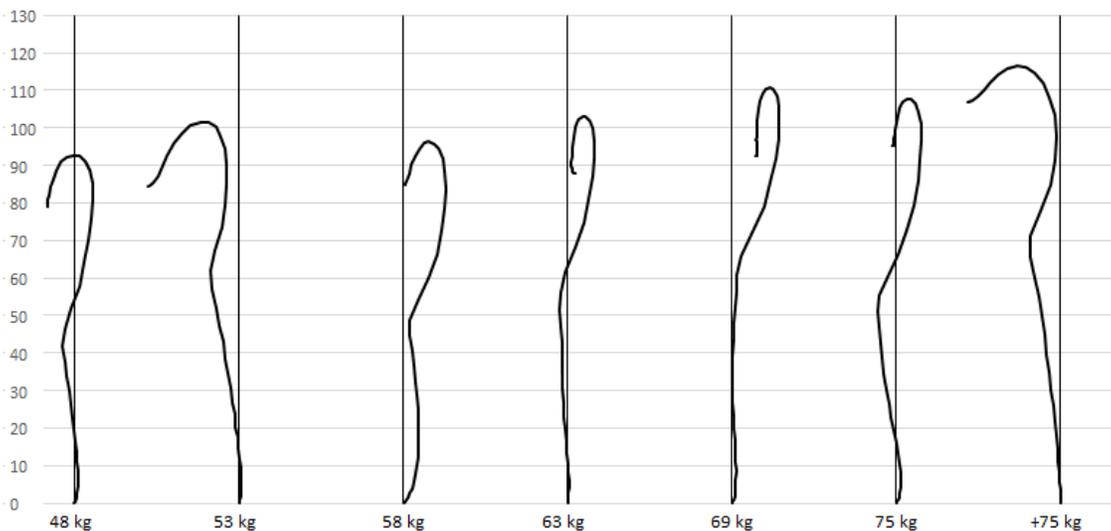


Figura 4
Trayectoria de la barra de las campeonas de arranque mexicanas

Discusión

Evaluación del nivel técnico de levantadoras de pesas mexicanas

Con respecto al nivel técnico analizado en relación con el tipo de trayectoria de la barra en todos los levantamientos analizados, un 30 % de los arranques se realizó de acuerdo a la trayectoria tipo 1, únicamente 14 % se ajustaron a la trayectoria tipo 2 que la literatura refiere como una tendencia a encontrar en los levantadores más calificados, y 55% realizó la trayectoria tipo 3, cuya principal característica es el alejamiento de la barra en el despegue y por lo cual la literatura científica coincide en señalarla como una trayectoria deficiente.

Análisis de relación entre variables generales y cinemáticas con el nivel de rendimiento

Algunas variables cinemáticas pueden tener influencia por la *estatura* del levantador sin embargo en esta variable no existe diferencia significativa entre las medias de los distintos grupos excepto entre las dos categorías con medias de estaturas más bajas: 48 y 53 kg, con la categoría 75 kg; que tiene la media de estatura más alta.

En la variable *antigüedad* destaca la categoría 53 kilogramos, con una media de 8.1 ± 2.6 años, La categoría 53 kg tiene diferencia significativa en su media en la variable *antigüedad* con su categoría próxima inferior de 48 kg que tiene media de solo 2.3 ± 0.5 años.

La variable *IMC* tiene un comportamiento de diferencia entre medias, donde el índice de masa corporal de la categoría +75 se diferencia significativamente con el resto de las categorías. Su *IMC* casi alcanza a duplicar al de la categoría 48 kg. Por otra parte, la categoría 48 kg muestra un índice tan bajo que la coloca cerca de los límites inferiores para una mujer normal sana, tuvo esta categoría en esta variable *IMC* diferencia de media a tres categorías, pero esta valoración se ve afectada por las propias limitaciones de la fórmula que perjudica de una forma a las personas de talla baja y a las de talla alta¹⁶.

El indicador de rendimiento de kilogramos levantados por cada kilogramo corporal siempre favorece a las categorías de menor peso, ya que el músculo no incrementa exponencialmente su fuerza a medida que incrementa el tamaño, por ello hay que detallar el análisis de la variable *Arranque/PC*. Las categorías 53, 58, 63, y 69 kg tienen medias significativamente diferentes a las de la categoría +75 kg, así como entre las categorías 53 y 75 kg, mientras que la categoría 48 kg no tiene diferencia de medias con ninguna. La categoría 48 kg con una media de 2.3 años de entrenamiento alcanzó a tener niveles de rendimiento similares en fuerza relativa con las categorías 58, 63 y 69 kg que invirtieron una media de 4.9, 5.2 y 4.8 años de entrenamiento. Mientras que la categoría 53 kg para tener una relación de *Arranque/PC* de 1.3 hubo de invertir 8.1 años.

Con respecto a las variables cinemáticas, en la fase de primer jalón y transición, la variable *suma de desplazamientos en el eje x* representa la sumatoria de todos los desplazamientos horizontales en dicha fase, esta variable tiene diferencia significativa entre las medias de las categorías 63 y +75 kg (véase la tabla 5). La primera categoría tuvo la media más pequeña de todas las categorías, de menos de la mitad de la media de la categoría +75 kg, posiblemente influido de que en la variable *desplazamiento en x sentido* – esta misma categoría de 63 kg fue la que arroja una media menor de acercamiento de la barra al levantador, mientras que de nueva cuenta en esta variable la categoría +75 tiene una media mayor.

La variable *desplazamiento en y* de la fase de primer jalón y transición es la altura que alcanza la barra desde el inicio (posición en el suelo) hasta el inicio del segundo jalón, por lo que esta variable debiera aparecer relacionada con la estatura de las levantadoras, sin embargo, en el presente estudio la diferencia significativa se da entre la segunda categoría con media de estatura más baja, 48 kg, con las medias de las dos categorías con media de estatura más altas; 75 y +75 kg, por lo que debe existir otro factor que

¹⁶ Richard S. Taylor, Letter to the Editor. Paediatrics & Child Health 15:5 (2010): 258

diferente a la estatura para que afecte esta relación de diferenciación entre medias de la variable *desplazamiento en y* sea significativa.

En la fase de segundo jalón existe diferencia significativa entre las medias de la variable *máxima velocidad* de las categorías 53 y 69 kg, con valores más bajos, con la media de la categoría +75 kg que tiene el valor de media más alta.

En la variable *altura máxima*, perteneciente a la fase de primera parte del desliz, la media de la categoría +75 kg es la mayor con 114.1 ± 8.8 cm, y tiene diferencias significativas con las medias de las categorías 48, 53, 63 y 69 kg, analizando el resto de variables pareciera que esta diferencia es influida por diferencias no significativas en variables de *máxima velocidad en y del 2º jalón*, *desplazamiento en y del 2º jalón* y la *estatura* pues es en general en estas variables donde las categorías 48, 53, 63 y 69 kg son de valores de medias distintas a las categorías 58, 75 y +75.

Respecto a la variable *altura mínima* existen diferencias significativas entre las medias de las categorías 48, 53, 58, 63 y 69 kg, que tienen las medias menores de altura con respecto a la media de la categoría +75 kg que tiene la media mayor de *altura mínima de captura*, la media superior de esta última categoría no se explica de forma directa por la *estatura*, pues la media de altura mayor corresponde a la categoría 75 kg; otros factores que pueden estar influyendo son la dificultad de movilizar eficientemente el cuerpo debajo de la barra ya sea debido a la gran masa, a la incapacidad de flexionar sus miembros por su grandes circunferencias de miembros. En la variable *desplazamientos totales en eje* y existen diferencias significativas entre la media de la categoría 48 kg, que tiene el valor menor con las categorías 75 y +75 kg que tiene los mayores desplazamientos, lo que tampoco se relaciona directamente con la estatura pues la categoría con media de estatura menor es la 53 kg.

Análisis del arranque de campeonas universitarias mexicanas

Uno de los propósitos del trabajo es confrontar las variables cinemáticas de las mejores levantadoras de nuestra muestra con publicaciones científicas realizadas sobre este aspecto. Una variable importante que considerar es la masa del implemento pues proporciona el principal elemento que influye negativamente en la ejecución del levantamiento. En el caso de nuestra muestra, las siete campeonas arrojan una media de 84.3 ± 16.9 kg en el levantamiento de arranque (tabla 6).

Por su parte, la media de peso levantado en arranque por las siete campeonas mundiales juveniles del año 2006 (tabla 12) es de 106 ± 16.5 kg, mientras que las campeonas mundiales del año 2010 tienen una media de 114 ± 18.8 kg (tabla 14), y en este mismo indicador las campeonas asiáticas del año 2008 promediaron 104.4 ± 13.8 kg, mientras que las representantes japonesas del año 2008 tienen una media de 84.6 ± 9.0 kg (tabla 13), cifra que aunque muy parecida a la arrojada en nuestra muestra de campeonas mexicanas no se puede hacer comparación ya que en el estudio de campeonas asiáticas no se incluyó a levantadoras de las categorías 58 y +75 kg.

Variables del primer jalón y transición en campeonas mexicanas

En la actualidad existe el consenso sobre las características que la trayectoria de la barra debe presentar para ser considerada que cumple como una técnica racional,

dentro de esto se ha considerado como una trayectoria óptima el que en el momento del despegue la barra se acerque al levantador¹⁷. Este acercamiento posibilita se realice uno de los elementos característicos de la técnica moderna, que es la doble acción de rodilla también denominada doble flexión de rodilla, en la cual se requiere precisamente que la barra se acerque al pesista en el primer jalón y un poco más aún en la fase de transición¹⁸, Como se observa en la figura 7, de las siete trayectorias del mejor arranque realizado en cada categoría por las levantadoras mexicanas, únicamente en la categoría +75 kg se cumplió la característica de que la barra se acerque al deportista en el despegue.

Verificando el arranque de deportistas de talla internacional se encontraron este tipo de trayectorias con recorrido de la barra hacia el levantador en las fases de primer jalón y transición en el estudio de Ikeda¹⁹ en campeonas mundiales juveniles del año 2006 así como en el trabajo de Akkus²⁰ sobre las campeonas mundiales del año 2010. En el caso del campeonato mundial juvenil únicamente las trayectorias de las categorías 69 y +75 kg se alejan, mientras que en el campeonato mundial 2010 de igual forma la barra se aleja del levantador en las trayectorias de las categorías 69 y 75 kg. En un estudio realizado en las levantadoras de pesas del Campeonato Panamericano del año 2009²¹ todas las campeonas acercaron la barra en la fase de primer jalón y transición. Bauman, Gross, Quade, Galbierz, y Schwirtz²² indicaron en su trabajo, que la relación tiempo velocidad del levantamiento es de suma importancia, particularmente el valor máximo de velocidad en el eje vertical, y señalaron que los mejores levantadores muestran un constante incremento en la velocidad hasta alcanzar un único valor máximo, señalando con esto que al pasar del primer al segundo jalón la velocidad de la barra no debe disminuir. Con respecto a la máxima velocidad vertical en la fase de primer jalón y transición, la media para el grupo de siete campeonas arrojó 134.3 ± 12.2 cm/s, véase tabla 7. Por su parte el grupo de campeonas mundiales del año 2010 promedió una velocidad máxima en el primer jalón de 99.0 ± 19.0 cm/s (véase tabla 14), observando una clara discrepancia en este aspecto por el grupo de campeonas de este trabajo, pues las levantadoras mexicanas superan el valor encontrado en las campeonas mundiales del año 2010.

Variables del segundo jalón en campeonas mexicanas

Las acciones llevadas a cabo en el primer jalón influyen en el éxito de la fase de segundo jalón, que es la fase fundamental del levantamiento, DeWesse²³ señala que al inicio del segundo jalón se colocan de forma ventajosa los músculos más potentes del

¹⁷ Hung Ta Chiu; Chih-Hung Wang y Kuangyou B. Cheng, "The Three-Dimensional Kinematics of a Barbell During the Snatch of Taiwanese Weightlifters." *Journal of Strength and Conditioning Research* 24: 6 (2010): 1520.

¹⁸ Brad H. DeWeese, et al., "The Clean Pull and Snatch Pull: Proper Technique for Weightlifting Movement Derivatives." *Strength and Conditioning Journal* 34: 6 (2012): 84

¹⁹ Yusue Ikeda, et al., "Comparison of the Snatch Technique... 1293

²⁰ Hasan Akkus, "Kinematic Analysis of the Snatch... 900

²¹ Leslie J. Musser, et al., "Anthropometry and Barbell Trajectory in the Snatch Lift for Elite Women Weightlifters." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28: 6 (2014): 1642.

²² Wolfgang Baumann, et al., "The Snatch Technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships." *International Journal of Sport Biomechanics* 4: 1 (1988): 73.

²³ Brad DeWeese; H., Ambrose J. Serrano, Steven K. Scruggs y Matt L. Sams, "The Clean Pull and Snatch Pull: Proper Technique for Weightlifting Movement Derivatives." *Strength and Conditioning Journal* 34: 6 (2012): 82-86.

cuerpo. La posición de la barra en el inicio del segundo jalón debe estar más cerca al levantador para lo cual sirve de referencia la línea vertical imaginaria de la posición de inicio, las siete campeonas de este estudio promediaron 4.9 ± 2.5 cm de acercamiento de la barra hacia su cuerpo (véase *valor mínimo de x* en tabla 8).

En esta misma variable, las campeonas asiáticas del año 2008 promediaron 5.0 ± 4.0 cm de acercamiento (tabla 13), las campeonas mundiales juveniles del año 2006 tuvieron una barra en posición 7.0 ± 3.0 cm más cerca que la línea vertical de inicio (tabla 12) y las campeonas mundiales del año 2010 acercaron la barra 5.9 ± 3.1 cm al inicio del segundo jalón (tabla 14).

Como se identifica en la tabla 8, las campeonas universitarias mexicanas de las categorías 58 y 69 kg tienen la posición de inicio del segundo jalón con la barra recorrida al frente de la línea vertical de referencia, pues los valores de la variable de *valor mínimo de x* en 2º jalón tienen signo positivo, lo que significa en que los movimientos de las fases de primer jalón y transición en lugar de proporcionar una base adecuada para el segundo jalón, a lo contrario lo han perjudicado, biomecánicamente se interpreta que se incrementó la distancia de la palanca entre el punto de apoyo y la resistencia.

La importancia de la velocidad vertical del segundo jalón la explicó Bartonietz²⁴ quien señaló que cuando la barra deja de ser acelerada en el segundo jalón esta aún asciende unos centímetros antes de comenzar a caer; lo que es aprovechado por el pesista para colocarse debajo. Los centímetros de ascenso se determinan por la fórmula $V^2_{max}/2g=S$, donde V es la velocidad vertical, g es la constante de aceleración de la fuerza de gravedad de 9.81 m/s^2 , y S es la distancia en el eje vertical que asciende la barra por inercia.

En el presente estudio el grupo de siete campeonas arrojó una media de velocidad vertical máxima en el segundo jalón de 204.6 ± 12.0 cm/s (véase *Máxima velocidad en y* en la tabla 8) mientras que se tiene la referencia de que el grupo de campeonas mundiales del año 2010 promedió una velocidad vertical máxima en el segundo jalón de 168.0 ± 14.0 cm/s, véase tabla 14. De las campeonas mundiales juveniles del año 2006 se obtuvieron valores de una media de la velocidad vertical máxima del segundo jalón de 194.0 ± 19.0 cm/s.

Gourgoulis et al.²⁵ al analizar el arranque de 12 integrantes del equipo varonil de Grecia encontraron una media de velocidad vertical máxima en el arranque de 1.67 ± 0.10 m/s alcanzada aproximadamente 30 milisegundos antes del final del segundo jalón, con esto observamos que la media de velocidad alcanzadas por el grupo de campeonas de este trabajo supera a las encontradas en otros grupos de competidores internacionales. Otra variable importante en la fase de segundo jalón es la magnitud de desplazamiento vertical puesto que la fuerza aplicada debe concentrarse en este eje para oponerse lo más posible de forma directa a la gravedad. Por ello la importancia de disminuir el desplazamiento horizontal en el segundo jalón, especialmente porque este desplazamiento horizontal siempre ocurre alejándose del levantador.

²⁴ Klaus E. Bartonietz, "Biomechanics of the snatch: Toward a Higher Training Efficiency". *Strength and Conditioning Journal* 18: 3 (1996): 24-31.

²⁵ Vassilios Gourgoulis; Nickos Aggelousis; Giorgos Mavromatis y Athanasios Garas, "Three-Dimensional Kinematic Analysis of the Snatch of Elite Greek Weightlifters." *Journal of Sports Sciences* 18: 8 (2000): 643-652.

El desplazamiento horizontal en el segundo jalón del grupo de campeonas del presente estudio arrojó una media de 6.0 ± 2.0 cm. Por su parte las campeonas mundiales del año 2010 únicamente desplazaron la barra horizontalmente en promedio 1.83 ± 4.6 cm (véase: *desplazamiento en x sentido + 2º jalón* en la tabla 14), prácticamente menos de una tercera parte de la distancia recorrida por las competidoras mexicanas.

Variables de la primera parte del desliz en campeonas mexicanas

En el desliz el levantador ya no imprime fuerza para levantar a la barra, sino que esta asciende verticalmente por inercia a la vez que se mueve alejándose hasta alcanzar una proyección máxima hacia el frente y luego, por la acción del movimiento de los brazos y descenso del levantador la barra cambia el sentido de su movimiento, aunque sigue ascendiendo, y vuelve a acercarse al levantador alcanzando en un determinado momento la altura máxima de todo el levantamiento.

Analizando la tabla 9 se aprecia que el *desplazamiento en y* (eje vertical) que es el ascenso de la barra por inercia en las campeonas mexicanas muestra una media de 28.7 ± 2.7 cm, y una duración de $.26 \pm 0.01$ s, mientras que en el estudio sobre la trayectoria de las campeonas mundiales del año 2010 la magnitud media de esta variable es de 25.4 cm (Tabla 14), 13 % menor al valor de las campeonas mexicanas.

La proyección al frente y la altura máxima alcanzadas son importantes variables de esta fase. La proyección horizontal hacia el frente puede o no cruzar la línea vertical de referencia, pero debe tomarse en cuenta que es una recomendación actual la disminución de los desplazamientos horizontales. Las publicaciones científicas suministran datos numéricos, sin que se consideren de valor estadístico, y coinciden en recomendar de que la mayoría de los levantadores de más alto desempeño tienen una trayectoria que no cruza al frente la línea vertical definida del origen del levantamiento.

En el presente estudio los valores de proyección de la barra hacia el frente de las campeonas mexicanas en cinco casos cruzaron al frente de la vertical, los valores más grandes corresponden a las competidoras 58 y 69 kg, con valores de 10.26 y 11.51 cm y en general el promedio de todo el grupo es de 5.0 ± 5.4 cm siendo únicamente las competidoras de 53 y +75 kg las que mantuvieron la proyección de la barra por detrás de la línea vertical. Las campeonas mundiales juveniles del año 2006 dieron una media de -2.0 ± 5.0 cm es decir que en promedio la trayectoria no cruzó al frente la línea vertical (véase *proyección de x a signo +* en las tablas 9 y 12).

Si la barra alcanza una mayor *altura máxima* facilita al levantador tanto en tiempo disponible como en comodidad su colocación bajo ella; sin embargo, lograr mayor altura con grandes pesos exige la aplicación de mayor potencia lo que se encuentra limitado por las posibilidades de los levantadores, de tal manera que la técnica moderna consiste en lograr alturas máximas más bajas y desarrollar la flexibilidad como la rapidez para colocarse bajo la barra, lo que posibilita movilizar mayores pesos²⁶.

La media de *altura máxima* de la barra en el grupo de las campeonas mexicanas alcanzó 104.1 ± 8.3 cm que resulta superior por un 9% a la media de 95.5 ± 19 cm de las

²⁶ Tadao Isaka; Junichi Okada y Kazuo Funato, "Kinematic Analysis of the Barbell... During the Snatch Movement of Elite Asian Weight Lifters." *Journal of Applied Biomechanics* 12: 4 (1996): 510.

campeonas mundiales 2010, pero muy cercana a la media de 103 ± 14 cm de las campeonas juveniles 2006, aunque las últimas con mucha desviación estándar y como se ha dicho un promedio de peso levantado mucho mayor (véase *altura máxima* en tablas 9, 12, 13 y 14). En la segunda parte del desliz dos variables son importantes por una parte el desplazamiento vertical de la barra en caída desde la altura máxima (*desplazamiento en eje* y en la 2ª parte del desliz) y la *altura mínima*, que es donde se logra la captura. En el grupo de campeonas mexicanas la media del *desplazamiento en eje* y es de 14.0 ± 3.0 cm, valor cercano a la media de 13.7 ± 2.9 cm de las campeonas mundiales 2010, mientras que las campeonas mundiales juveniles del año 2006 arrojaron una media de 18.0 ± 6.0 cm. Respecto a la *altura mínima*, el grupo de campeonas mexicanas tiene una media de 90.1 ± 9.2 cm superior a la media de 84.0 ± 11.0 cm de las campeonas mundiales juveniles 2006 (véase *altura mínima* en tablas 10, 12 y 13).

Conclusiones

El análisis del nivel de actualización técnico de las levantadoras universitarias mexicanas a partir del tipo de figura que dibuja la trayectoria de la barra expuso que en términos generales tan sólo un 14% del total de la muestra realizó la trayectoria que actualmente es reconocida como ideal y que corresponde al tipo 2 de las citadas por Vorobyev²⁷.

Al considerar en este aspecto únicamente a las campeonas de cada categoría se encontró que las exponentes de las categorías 48, 53, 58, 63, 69 y 75 kg adelantaron la barra al momento del despegue, lo que incrementa la dificultad del levantamiento al alejar el peso. Únicamente la trayectoria realizada por la campeona de la categoría + 75 kg se ajustó a la trayectoria tipo 2, la cual la literatura científica la reporta como realizada por levantadores de élite.

Al comparar las variables cinemáticas de las distintas fases del arranque entre las distintas categorías, la categoría +75 es la que tuvo más número de variables con medias que arrojan diferencia significativa con el resto, principalmente con la categoría 48 kg. La variable que se encontró asociada con el *desempeño* de la presente muestra es la antigüedad en el deporte, siendo la categoría 53 kg la que concentró a las deportistas de mayor antigüedad, y la que mejor relación peso de arranque por peso corporal arrojó.

Se considera que la variable IMC afectó el nivel de desempeño de la categoría +75 kg, la cual tuvo una diferencia significativa con las restantes seis categorías ($IMC = 37.5 \pm 5.9 \text{ kg/m}^2$, $p=0.000$) en la tabla 4, como se describe en la tabla 5 esta categoría también desarrolló dos variables desfavorables al rendimiento: *altura máxima* y *altura mínima* de captura, también con diferencia significativa con las cinco categorías de menor peso. No se logró identificar alguna variable cinemática asociada al nivel de desempeño. El desempeño del grupo de mejores levantadoras mexicanas universitarias por categoría de peso corporal en la competición universitaria analizada levantó un promedio de 25% menos peso que la media del peso de arranque que las campeonas juveniles del año 2006 y un 35% menos que la media de arranque de las campeonas mundiales del año 2010, aunque el promedio de las representantes mexicanas se afecta por el poco nivel de desempeño en la categoría 48 kg. Al confrontar los valores cinemáticos entre el grupo de campeonas mexicanas con respecto a sus símiles en competencias internacionales se encontraron diferencias en algunas variables que la literatura científica considera

²⁷ A. Arkady y A. Vorobyev, Textbook on... 92.

importantes. El grupo de siete campeonas mexicanas arrojó una media de velocidad vertical de 134.3 ± 12.2 cm/s en las fases de primer jalón y transición mientras que el grupo de campeonas mundiales del año 2010 promedió la velocidad máxima en el primer jalón con 99.0 ± 19.0 cm.

En los valores de velocidad vertical en la fase de segundo jalón, de nueva cuenta el promedio de las campeonas mexicanas supera los resultados encontrados en competidoras internacionales. Estos altos valores pueden significar que no se esté aprovechando el potencial real posiblemente por otra deficiencia técnica del levantador, que lo hace compensar con altas velocidades en el segundo jalón, por ejemplo, posiblemente no poseen la capacidad de impulsar a una velocidad adecuada el descenso del cuerpo en el desliz para colocarse debajo de la barra, por lo que la campeona mexicana busca provocar la mayor altura posible. Se requiere hacer estudios precisos en este aspecto. La altura máxima del levantamiento y la altura mínima es una característica relacionada al nivel de desempeño y en las cuales las campeonas mexicanas mostraron valores medios en desventaja con los valores arrojados por campeonas internacionales.

Para actualizar el nivel técnico, se considera necesario intervenir en las escuelas de enseñanza de levantamiento de pesas mexicanas en sus métodos de enseñanza y control técnicos por la alta frecuencia de aparición de la trayectoria tipo 3, cuya principal característica es el alejamiento de la barra en el despegue y por lo cual se le califica en la literatura científica y metodológica de este deporte como una trayectoria deficiente.

Bibliografía

Akkus, Hasan. "Kinematic Analysis of the Snatch Lift with Elite Female Weightlifters During the 2010 World Weightlifting Championship." *Journal of Strength and Conditioning Research* 26: 4 (2012): 897-905.

Bartonietz, Klaus E. "Biomechanics of the snatch: Toward a Higher Training Efficiency". *Strength and Conditioning Journal* 18: 3 (1996): 24-31.

Baumann, Wolfgang, Volker Gross, Karl Quade, Peter Galbierz y Ansgar Schwirtz. "The Snatch Technique of World Class Weightlifters at the 1985 World Championships." *International Journal of Sport Biomechanics* 4: 1 (1988): 68-89.

Campos, José, Juan José Rabadé. "Análisis cinemático de la trayectoria de la barra en la arrancada y su relación con el rendimiento". *Apunts, educación física y deportes* 2:96 (2009): 59-65.

Chiu, Hung Ta, Chih-Hung Wang y Kuangyou B. Cheng. "The Three-Dimensional Kinematics of a Barbell During the Snatch of Taiwanese Weightlifters." *Journal of Strength and Conditioning Research* 24: 6 (2010): 1520-26.

DeWeese, Brad H., Ambrose J. Serrano, Steven K. Scruggs y Matt L. Sams. "The Clean Pull and Snatch Pull: Proper Technique for Weightlifting Movement Derivatives." *Strength and Conditioning Journal* 34: 6 (2012): 82-86.

Gourgoulis, Vassilios, Nickos Aggelousis, Giorgos Mavromatis y Athanasios Garas. "Three-Dimensional Kinematic Analysis of the Snatch of Elite Greek Weightlifters." *Journal of Sports Sciences* 18: 8 (2000): 643-652.

Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su relación con la categoría y rendimiento pág. 42

Ho, K. W. Lester, Christian Lorenzen, Cameron J. Wilson, John E. Saunders y Morgan D. Williams. "Reviewing Current Knowledge in Snatch Performance and Technique: The Need for Future Directions in Applied Research." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28: 2 (2014): 574-86.

Ikeda, Yusuke, Tsutomu Jinji, Takeo Matsubayashi, Akifumi Matsuo, Eiichi Inagaki, Toshiro Takemata y Miyoji Kikuta. "Comparison of the Snatch Technique for Female Weightlifters at the 2008 Asian Championships." *Journal of Strength and Conditioning Research* 26:5 (2012): 1281-95.

Isaka, Tadao, Junichi Okada y Kazuo Funato. "Kinematic Analysis of the Barbell During the Snatch Movement of Elite Asian Weight Lifters." *Journal of Applied Biomechanics* 12: 4 (1996): 508-516.

Izquierdo, Mikel. *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Madrid, Médica Panamericana, 2008.

Musser, Leslie J., John Garhammer, Ralph Rozenek, Jill A. Crussemeyer, and Emmy M. Vargas. "Anthropometry and Barbell Trajectory in the Snatch Lift for Elite Women Weightlifters." *Journal of Strength and Conditioning Research* 28: 6 (2014): 1636-48.

Okada, Junichi., Kohei Kijima, Tetsuo Fukunaga, Toshimi Kikuchi y Kiyotada Kato. Kinematic analysis of the snatch technique used by Japanese and international female weightlifters at the 2006 Junior World Championship. *International Journal of Sport and Health Science* 6 (2008):194-202.

Taylor, Richard S. Letter to the Editor. *Paediatrics & Child Health* 15:5 (2010): 258

Vorobyev, Arkady A. *A Textbook on Weightlifting*. Budapest, International Weightlifting Federation, 1978.

Para Citar este Artículo:

Núñez Othón, Gabriel y De Paz Fernández, José Antonio. Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su relación con la categoría y el rendimiento. *Rev. ODEP*. Vol. 4. Num. 4. Julio-Agosto (2018), ISSN 0719-5729, pp. 17-42.

CUADERNOS DE SOFÍA EDITORIAL

Las opiniones, análisis y conclusiones del autor son de su responsabilidad y no necesariamente reflejan el pensamiento de la **Revista Observatorio del Deporte ODEP**.

La reproducción parcial y/o total de este artículo debe hacerse con permiso de **Revista Observatorio del Deporte ODEP**.