



universidad
de león

**Máster Universitario en Innovación e Investigación en Ciencias
de la
Actividad Física y el Deporte**

**Trayectoria de la barra en el arranque de levantadoras de pesas mexicanas y su
relación con la categoría y la *performance***

**Barbell trajectory during the snatch of Mexican women weightlifters and their
relationship to the category and performance**

Trabajo de Fin de Máster

Que presenta para acreditar el grado el alumno

Gabriel Núñez Othón

Tutores:

José Antonio de Paz Fernández

Rodrigo Fernández Gonzalo

Julio de 2016 , León, España

Índice de contenido

Resumen.....	4
Abstract	5
INTRODUCCIÓN	6
Estudios con recolección de datos mediante videgrabaciones sagitales	7
La trayectoria de la barra como vía para analizar variables cinemáticas	8
Variables cinemáticas analizadas.....	11
Desplazamiento horizontal de la barra	11
Desplazamiento vertical de la barra	12
OBJETIVOS	14
Objetivo General:	14
Objetivos específicos:.....	14
METODOLOGÍA	15
Tipo de estudio.....	15
Población y muestra.....	15
Procedimiento de grabación	16
Preparación para la obtención de variables	16
Procesamiento de videgrabaciones	17
Tratamiento estadístico	20
RESULTADOS	21
Tipo de trayectoria de la barra en la muestra	30
DISCUSIÓN.....	32
Análisis descriptivo de campeonas mexicanas	32
Variables del primer jalón y transición en campeonas mexicanas	32
Variables del segundo jalón en campeonas mexicanas.....	33
Variables de la primera parte del desliz en campeonas mexicanas	35
Tipo de trayectoria en la muestra de levantadoras de pesas mexicanas.....	36

Resultados estadísticos de post hoc de la muestra	37
CONCLUSIONES	40
BIBLIOGRAFÍA.....	42

Índice de tablas

Tabla 1. Medias de características de la muestra por categoría	15
Tabla 2. Acciones y posición de la barra en las fases del arranque	16
Tabla 3. Variables analizadas y su abreviatura	18
Tabla 4. Medias de variables generales de las levantadoras	21
Tabla 5. Medias de variables en primer jalón + transición	22
Tabla 6. Medias de variables en el segundo jalón	23
Tabla 7. Medias de variables en la primera parte del desliz.....	24
Tabla 8. Medias en variables de la segunda parte del desliz	24
Tabla 9. Medias de variables por total de fases y ejes	25
Tabla 10. Variables generales de las siete campeonas mexicanas	25
Tabla 11. Valores de variables 1 ^{er} jalón + transición de campeonas mexicanas ..	26
Tabla 12. Valores de variables en segundo jalón de campeonas mexicanas	26
Tabla 13. Valores de variables en 1a parte del desliz de campeonas mexicanas..	27
Tabla 14. Valores en variables de 2a parte del desliz de campeonas mexicanas..	27
Tabla 15. Valores de variables por fase y eje en campeonas mexicanas	28
Tabla 16. Valores de las variables de campeonas mundiales juveniles año 2006.28	
Tabla 17. Medias de variables de campeonas mundiales del año 2010.....	28
Tabla 18. Valores y medias de campeonas asiáticas y japonesas año 2008.....	29
Tabla 19. Tipos de trayectorias por categoría en levantadoras mexicanas.....	30

Índice de figuras

Figura 1. Conformación de la trayectoria de la barra en el arranque.	9
Figura 2. Línea vertical de referencia para identificar el tipo de trayectoria	10
Figura 3. Tipos de trayectorias de la barra por Vorobyev (1978)	11
Figura 4. Identificación en la trayectoria de variables y fases	13
Figura 5. Obtención de los valores de posición en videos.....	19
Figura 6. Trayectorias del arranque de las campeonas mundiales juveniles 2006	30
Figura 7. Trayectoria de la barra de las campeonas de arranque mexicanas	31

Resumen

La técnica, junto con la fuerza explosiva y la flexibilidad contribuyen significativamente al rendimiento en el levantamiento de pesas, sin embargo, el concepto de técnica racional evoluciona constantemente por lo cual es necesario establecer mecanismos de control y evaluación permanentes. A través de las características cinemáticas de la trayectoria de la barra es frecuente evaluar el nivel técnico del levantador de pesas pues es posible determinar características espaciales del movimiento. Una de las vías de determinación del nivel técnico es a través de la figura que realiza la trayectoria de la barra visto desde una perspectiva sagital. En el presente trabajo se tomó una muestra de 56 levantamientos de arranque de levantadoras mexicanas, las cuales se contrastaron con las variables cinemáticas tomadas de literatura científica de levantadoras de pesas internacionales. Se analizó estadísticamente el nivel de performance respecto a las categorías de peso corporal, sus variables cinemáticas y características generales de las deportistas. La variable que se encontró asociada con el performance de la presente muestra fue los años de práctica del levantamiento de pesas, otra variable que posiblemente afectó el nivel de performance de la categoría +75 kg es el Índice de Masa Corporal en la cual tuvo una diferencia significativa con las restantes seis categorías ($IMC 37.5 \pm 5.9, p=0.000$). Esta categoría también desarrolló dos variables desfavorables al rendimiento: altura máxima y altura mínima de captura también con diferencias significativas en sus medias con las cinco categorías de menor peso. Se encontró un 55% de levantamientos con trayectorias técnicamente deficientes en el primer jalón

Palabras clave: cinemática, trayectoria de la barra, levantamiento de pesas, arranque.

Abstract

The technique, along with the explosive strength and flexibility contribute significantly to performance in weightlifting, however, the concept of rational technique is constantly evolving so it is necessary to establish permanent mechanisms for monitoring and evaluation. Through the kinematic characteristics of the path of the bar is frequently evaluate the technical level of weightlifter it is possible to determine spatial characteristics of the movement. One way of determining the technical level is through the figure performing the bar path viewed from a sagittal perspective. In this paper a sample of 56 snatch liftings from Mexican women weightlifters, which were compared with the kinematic variables taken from scientific literature of international women weightlifters. The level of performance with respect to the categories of body weight, their kinematic variables and general characteristics of the athletes. The variable that was found associated with the performance of this sample was the years of practice weightlifting, another variable that may affect 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 ($BMI 37.5 \pm 5.9, p = 0.000$). This category also developed two unfavorable performance variables: *maximum height* and *minimum catch height* also with significant difference with the five categories of lower weight. 55% of the liftings was found with technically deficient paths in the first pull.

Key words: kinematic, bar trajectory, weightlifting, snatch.

INTRODUCCIÓN

El levantamiento de pesas consiste en dos modalidades de levantamiento: el arranque y envión, teniendo cada levantador tres oportunidades en cada modalidad para levantar o avanzar incrementando el peso en cada una de ellas, usualmente se premia al campeón de cada modalidad de arranque y envión, así como al que arroje la mejor suma entre ambas o total. Los levantamientos son realizados de forma rápida, con impulso para vencer la fuerza de gravedad ocupando aproximadamente una duración de un segundo.

Gourgoulis, Nickos, Giorgios y Athanasios (2000) en su estudio sobre la cinemática del arranque definen que la técnica, junto con la fuerza explosiva y la flexibilidad contribuyen significativamente al rendimiento en el deporte de levantamiento de pesas. Agregan que la técnica está definida como la coordinación óptima de los movimientos de varios miembros, para levantar el máximo peso de acuerdo a las reglas del evento. Sin embargo el concepto de técnica es temporal, pues está constantemente evolucionando, o bien la técnica en un mismo momento, tener distintas definiciones en diferentes partes del mundo.

Una de las disciplinas que más apoyan el estudio y planificación del entrenamiento en lo referente a la evaluación técnica es la biomecánica, que es la ciencia que estudia el movimiento, causas y manifestaciones del cuerpo del hombre o animales (Donskoi, 1988). Cuando la biomecánica describe los movimientos y los describe espacialmente hablamos de una rama denominada cinemática, con lo cual se puede conocer las características espaciales como coordenadas, desplazamientos, trayectorias, velocidades, ángulos, aceleraciones y tiempos.

El discriminar la muestra de estudio sólo a campeones, es usual en las investigaciones de la biomecánica en el deporte, ya que es fundamental obtener los datos de los deportistas de más alto desempeño. Esto es así dado que los resultados de diversos estudios demuestran que los competidores de mayor calificación deportiva develan secuencias biomecánicas distintas a quienes movilizan pesos menores.

Para la búsqueda de antecedentes del presente trabajo se revisaron artículos científicos de revisión y de investigación, para su localización se realizó una búsqueda bibliográfica en internet en las bases PubMed, Researchgate, y Google académico de artículos para los términos *biomechanical*, *kinematic*, *kinematical* y *snatch* (biomecánica, cinemática y arranque), en conjunto con el término *weightlifting* (levantamiento de pesas).

La búsqueda de información se priorizó para artículos científicos en idioma inglés no publicados antes del año 2005, aunque se incluyeron algunos que por ser originales en sus aportaciones y ser utilizados como referencia continuamente por las publicaciones científicas actuales y que eran anteriores al año indicado, la búsqueda arrojó las publicaciones científicas que se detallan en los apartados posteriores

Estudios con recolección de datos mediante videograbaciones sagitales

Los estudios cinemáticos obtenidos con una sola cámara colocada perpendicular al plano sagital en del levantador son uno de los métodos de recolección de datos más frecuentes de encontrar en la literatura científica sobre las características técnicas del levantamiento (Lester, Lorenzen, Wilson, Saunders y Williams, 2014). 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 antero-posterior del levantador, por su parte el eje y arroja las características del movimiento en sentido vertical hacia arriba o abajo. A continuación haremos una relación de estudios científicos que han utilizado este método.

Schilling et al. (2002) examinaron el desplazamiento antero-posterior del pie y su relación con el desempeño del arranque en levantadores colegiales, grabaron en video desde una perspectiva sagital los levantamientos realizados en el Campeonato Nacional Colegial de Estados Unidos de Norteamérica del año 1998. Utilizaron para recolectar los datos una cámara Panasonic model AG-450 (formato Super VHS) colocada a una altura de 0.76 m del plano del levantador y a una distancia de 2.14 m de la plataforma de levantamiento.

Hoover, Carlson, Christensen y Zebaz (2006) compararon el desempeño biomecánico en el arranque de las levantadoras femeniles con los datos conocidos de levantadores varones. Para ello grabaron los movimientos de arranque de los levantadoras asistentes Campeonato Nacional del año 1999 de Estados Unidos de Norteamérica. Los datos fueron recopilados en formato de video VHS a 60 cuadros por segundo.

Okada, Lijima, Fukunaga, Kikuchi, y Kato (2008) compararon la técnica de arranque de las levantadoras juveniles japonesas con las campeonas juveniles internacionales. Para recolectar los datos grabaron en video los movimientos de arranque del 12º Campeonato Mundial Femenil Juvenil del año 2006, utilizaron una videocámara Sony DCR-PC-300K

(Formato Mini- DVD) en posición sagital a los levantadores, a una distancia de 15 m y una altura de 1.5 m, los archivos de videos tenían una frecuencia de 30 cuadros por segundo.

Musser, Garhammer, Rozenek, Crussemeyer y Vargas (2014) con el objetivo de determinar relaciones entre las características antropométricas de las levantadoras con las trayectoria de la barra grabaron en video los movimientos de arranque de seis categorías femeniles en los Juegos Panamericanos del año 2009. Para la recolección de datos utilizaron una videocámara comercial Panasonic PV-GS200 ubicada a 15.85 metros transversales a la plataforma de levantamiento, y a 0.71 m de altura del plano de la plataforma.

La trayectoria de la barra como vía para analizar variables cinemáticas

En el análisis de la eficiencia técnica de los levantadores el estudio de la trayectoria del levantamiento es una de las vías más utilizadas por entrenadores e investigadores (Akkus, 2012; Lester et al. 2014), la trayectoria se forma con el 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.

La forma que tiene la trayectoria en una técnica racional es de una “S” u “2” alargada (Okada et al. 2008) ya que la barra se acerca y aleja del levantador en determinados momentos de su recorrido, esto es en dependencia de la forma en que se le apliquen los impulsos de fuerza por el levantador, esto puede ser claramente observado en la figura 1.

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 movimiento (Musser et al. 2014).

Desde que Vorobyev en 1978 señaló que la trayectoria como índice importante de la eficiencia técnica, identificó tres tipos principales de trayectorias de la barra, vistas desde una perspectiva lateral del levantador de pesas (Véase figura 3), esta clasificación la realizó en relación a las veces y en qué fase la trayectoria cruza la proyección vertical de su punto de inicio cuando la barra y pesas están en el suelo, para ello imaginariamente se fija una línea vertical, en el extremo de la barra cuando está en el suelo, como se observa en la figura 2, esta línea sirve también como eje de coordenadas verticales (Campos y Rabadé, 2009).

Figura 1. Conformación de la trayectoria de la barra en el arranque.



En la trayectoria tipo 1, la barra al ser levantada en el primer jalón se acerca al pesista alcanzando un máximo acercamiento al final de la fase de transición; en el segundo jalón la barra asciende alejándose del levantador hasta una distancia horizontal mayor que su 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 3).

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 superar a la referencia del punto de inicio, la fase de desliz y captura igualmente se mantienen detrás de esa referencia.

En la trayectoria tipo 3, en el primer jalón la barra asciende haciendo un arco que aleja la barra 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 2 (Campos y Rabadé, 2009).

Actualmente han surgido estudios sobre la cinemática del levantamiento que revelan un predominio de la trayectoria tipo 2 en los levantadores de mayor calificación (Ikeda et al. 2012), en el estudio de Musser et al. (2014) en el campeonato panamericano de 2009; al analizar todos los levantamientos, de las seis categorías que revisó la trayectoria tipo 1 estuvo presente en un 14%, mientras que un 53% correspondieron al tipo 2, y 33% fue con trayectoria tipo 3; pero al revisar sólo los levantamientos que arrojaron medalla Musser et al. encontró que la trayectoria tipo 1 no estuvo presente y que un 72% correspondieron a la trayectoria tipo 2 y 38% a la tipo 3. Al limitarse únicamente a los mejores levantamientos que determinaron la medalla de oro, sólo la trayectoria tipo 2 fue encontrada en los seis levantamientos.

Figura 2. Línea vertical de referencia para identificar el tipo de trayectoria

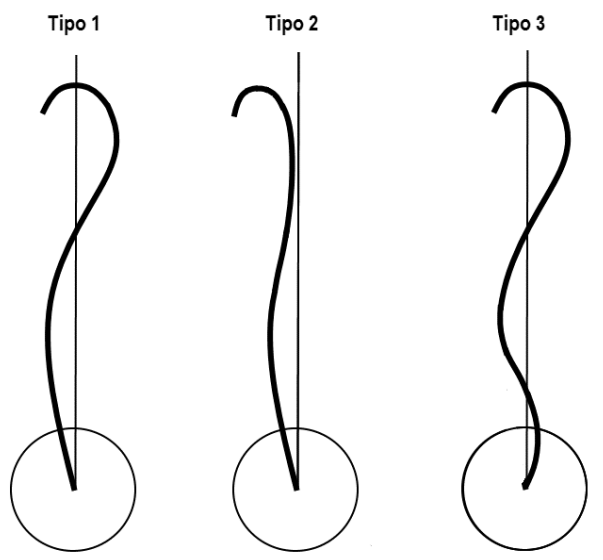


Sin embargo, en deportistas del más alto rendimiento aún es posible encontrar los tipos uno y tres, por ejemplo en el Campeonato Mundial del año 2010 (Akkus, 2012). Las campeonas de las categorías 48, 58, 63 y 75 exhibieron una trayectoria tipo 2, las campeonas de la categoría 53 y 69 kg desarrollaron trayectorias tipo 1, y la de la categoría +75 desplegó una trayectoria tipo 3.

En el Campeonato Mundial Juvenil del año 2006, las siete competidoras japonesas exhibieron en su mejor arranque trayectorias correspondientes a los siguientes tipos: categoría 63 kg levantó con la trayectoria tipo 1, categorías 48 y 69 kg exhibieron trayectorias tipo 2, y las categorías 53,58,75 y +75 kg exhibieron la trayectoria tipo 3. Por otra parte las

trayectorias de las campeonas de esas mismas categorías se muestran en la figura 6 donde se presentaron cinco trayectorias tipo 2 y dos correspondientes al tipo 3.

Figura 3. Tipos de trayectorias de la barra por Vorobyev (1978)



Variables cinemáticas analizadas

Desplazamiento horizontal de la barra

Esta característica arroja variables utilizadas por los entrenadores e investigadores deportivos para valorar el perfeccionamiento técnico del movimiento en este deporte (Akkus, 2012), principalmente sirve para determinar la magnitud de alejamiento y acercamiento del centro de gravedad de la barra con respecto al deportista o de su propia posición de inicial

Campos y Rabadé (2009) determinaron en su estudio que los mejores levantadores en relación al peso levantado respecto a su peso corporal realizan una trayectoria con un recorrido más cercano a la vertical. Esta afirmación es relativa, dado que se ha demostrado que la trayectoria de la barra no es eficiente si se realiza en estricta línea recta ascendente, es necesario cierto movimiento horizontal para aprovechar el potencial del sistema de palancas del cuerpo humano (Hoover, et al., 2006).

El levantador realiza tres desplazamientos principales en el movimiento de arranque que pueden identificarse en la figura que forma la trayectoria, el primero ocurre en las fases de primer jalón y transición al final de la cual alcanza un valor máximo de acercamiento al levantador, el segundo desplazamiento ocurre en el segundo jalón en la cual la barra se aleja y el tercer desplazamiento horizontal ocurre una vez que la barra alcanza la proyección máxima hacia al frente en donde la barra vuelve a acercarse, estos valores pueden identificarse en la figura 4, el primero como desplazamiento negativo en eje x, el segundo como proyección de x en signo + y la última es la suma de los desplazamiento en el eje x tanto de la primera parte del desliz como en la segunda parte del desliz. (Hoover et al. 2006).

El primer desplazamiento horizontal ocurre inmediatamente en el despegue del primer jalón, la literatura refiere que típicamente este movimiento de la barra ocurre en dirección al levantador ocasionado por trasladar el centro de gravedad hacia atrás (Schilling, et al, 2002) al moverse la cadera al seguir el mismo sentido de las rodillas al extenderse (DeWeese, Serrano, Scruggs, y Sams 2012).

En la fase de transición el movimiento continua en la misma dirección hacia el levantador ya que el levantador endereza su tronco para colocar en una misma línea vertical los talones caderas y hombros (DeWeese et. al. 2012). El movimiento horizontal cambia de sentido cuando se ejerce el segundo jalón, ahí la barra tiene un movimiento ascendente a la vez que se aleja del levantador, este cambio de sentido es provocado porque el levantador se yergue en puntas de pies, alcanza un valor máximo horizontal después de que se deja de ejercer el segundo jalón.

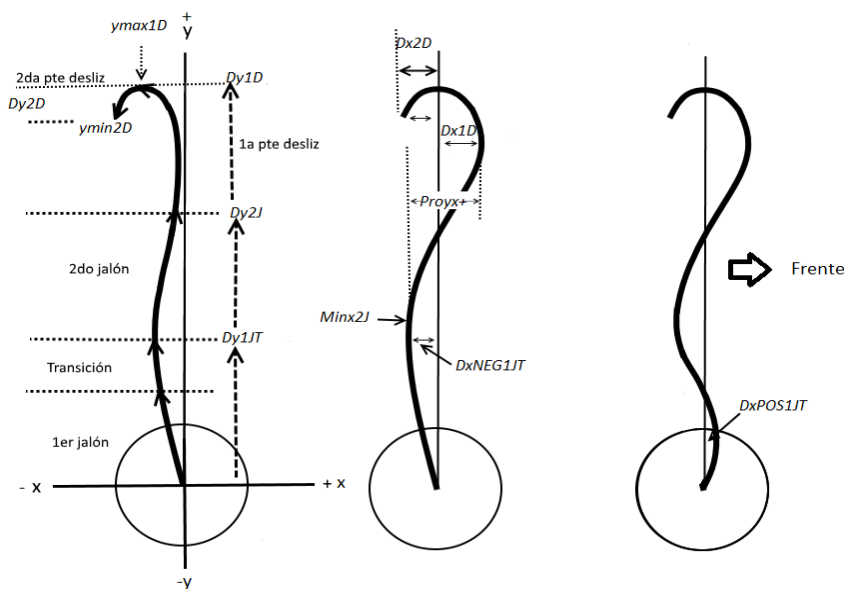
El tercer valor de desplazamiento horizontal ocurre cuando al seguir ascendiendo de forma inercial la dirección de la barra cambia de sentido hacia atrás esto debido a que el levantador jala la barra al contraerse para realizar el desliz. En la figura 4 se ha colocado una división aproximada del recorrido que abarca cada fase del movimiento, además se agregaron las abreviaturas de los principales desplazamientos horizontales y verticales.

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 eficaz para el levantador de pesas (Akkus, 2012).

Figura 4. Identificación en la trayectoria de variables y fases



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 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 (figura 2).

La evolución que ha tenido la trayectoria que se propone como racional genera la inquietud de determinar cuál es el nivel de actualización técnico que desarrollan las levantadoras de pesas mexicanas, comparativamente con la literatura científica en el tema, y en relación con su propio nivel de rendimiento, antigüedad en el deporte y categoría de peso corporal, se realiza en la rama femenil puesto que son quienes han generado las mejores representantes internacionales en este deporte.

OBJETIVOS

Objetivo General:

El trabajo tiene el propósito de analizar las variables cinemáticas del arranque en pesistas universitarias mexicanas

Objetivos específicos:

- 1.- Describir las principales variables cinemáticas de las principales fases del levantamiento de arranque
- 2.- Comparar las variables cinemáticas del levantamiento entre las diferentes categorías de pesistas
- 3.- Evaluar el nivel técnico de las ganadoras del arranque de cada categoría
- 4.- Analizar la relación entre las variables cinemáticas y la *performance* en la prueba
- 5.- Confrontar las variables cinemáticas de las campeonas universitarias mexicanas con las publicadas de las mejores a nivel mundial en las diferentes categorías

METODOLOGÍA

Tipo de estudio

El presente trabajo es una investigación observacional analítico 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, y b) desarrollar todas las fases correspondientes a la técnica que describen el arranque.

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

Tabla 1. Medias de características de la muestra por categoría

Categoría	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	75 kg
Número	4	8	9	11	9	8	7
Estatura	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	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	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	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

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 píxeles 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

Para facilitar el estudio, la trayectoria de la barra se dividió en secciones de acuerdo a su correspondencia con las fases del movimiento realizada por las levantadoras, ello tomando como referencia la estructuración anatómico-funcional que se encuentra en los estudios científicos de este aspecto, y que corresponden a: primer jalón, transición, segundo jalón, y desliz, las acciones motrices de cada fase se describen en la tabla 2.

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

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 Frenado del 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 en Izquierdo, 2008; Akkus, 2012; Ikeda et al. 2012.

^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

Por la perspectiva de grabación, el disco de la pesa impidió observar las acciones motrices de las piernas de las levantadoras resultando 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.

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. Para mayor detalle, las variables del estudio se describen en la tabla 2.

Procesamiento de videograbaciones

Se procesó cada una de las videograbaciones mediante el programa computacional Dartifsh ProSuite 8, el cual tiene la capacidad de interpretar a escala las referencias de medida que se le indiquen, además tiene la opción de que se le superponga un eje de coordenadas bidimensional, en el cual se hizo un seguimiento del movimiento de grupos de píxeles que se seleccionen, dejando una huella visible de las posiciones que en el video ha tenido el grupo de píxeles, por lo que quedó marcada la trayectoria en dos dimensiones.

La referencia temporal la obtuvo el programa automáticamente del archivo de video con la relación de cuadros por segundo con que se codifica, en este caso 30 cuadros por segundo. Se delimitó el inicio del análisis al último fotograma donde los discos se encuentren en contacto con la plataforma, el final del análisis se determinó como el momento en que la barra es capturada sobre los brazos del pesista y alcanza la altura mínima de captura. 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

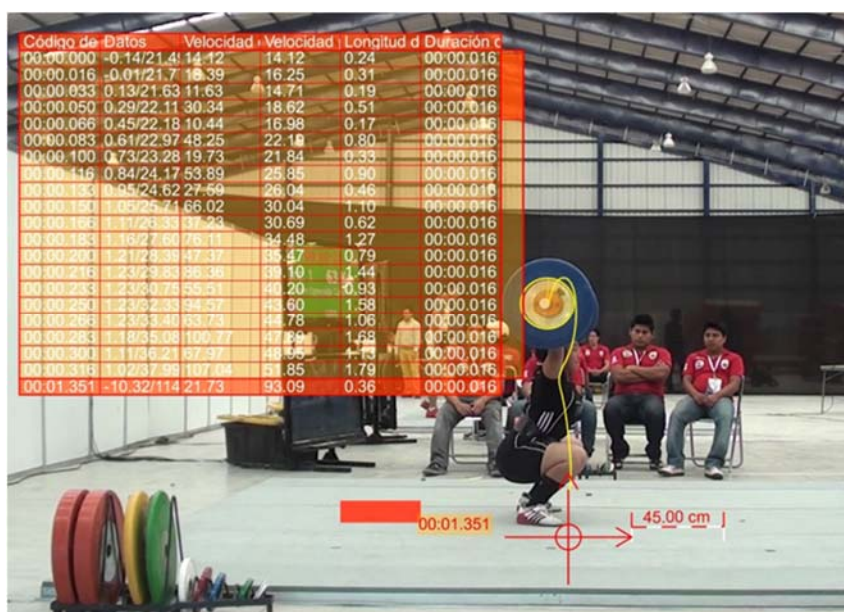
Tabla 3. Variables analizadas y su abreviatura

Datos generales	Siglas	Primer jalón + transición
Estatura	<i>Est</i>	Desplazamientos en x sentido+ <i>DxPOS1JT</i>
Antigüedad	<i>Ant</i>	Desplazamientos en x sentido - <i>DxNEG1JT</i>
Peso Corporal	<i>PC</i>	Suma desplazamientos en eje x <i>Dx1JT</i>
Arranque	<i>Arr</i>	Desplazamiento en y <i>Dy1JT</i>
Arranque/PC	<i>Arr/PC</i>	Duración <i>t1JT</i>
Índice de Masa Corporal	<i>IMC</i>	Máxima velocidad en x <i>Vy1JT</i>
		Máxima velocidad en y <i>Vx1JT</i>
		Máxima velocidad <i>V1JT</i>
Segundo jalón		Primera parte del deslíz
Valor mínimo de x	<i>Minx2J</i>	Desplazamientos en x sentido+ <i>DxPOS1D</i>
Desplazamientos en x sentido+	<i>DxPOS2J</i>	Desplazamientos en x sentido - <i>DxNEG1D</i>
Desplazamientos en x sentido -	<i>DxNEG2J</i>	Suma desplazamientos en eje x <i>Dx1D</i>
Suma desplazamientos en eje x	<i>Dx2J</i>	Proyección de x a signo + <i>Proyx+</i>
Desplazamiento en y	<i>Dy2J</i>	Desplazamiento en y <i>Dy1D</i>
Duración	<i>t2J</i>	Duración <i>t1D</i>
Máxima velocidad en x	<i>Vy2J</i>	Altura máxima <i>y_{max1D}</i>
Máxima velocidad en y	<i>Vx2J</i>	Máxima velocidad en x <i>Vy1D</i>
Máxima velocidad	<i>V2J</i>	Máxima velocidad en y <i>Vx1D</i>
		Máxima velocidad <i>V1D</i>
Segunda parte del deslíz		Totales
Desplazamiento de x	<i>Dx2D</i>	Duración total del levantamiento <i>ttotal</i>
Desplazamiento en eje y	<i>Dy2D</i>	Duración total de jalones y transición <i>ttotalJ</i>
Duración	<i>t2D</i>	Duración total de deslíz <i>ttotalD</i>
Altura mínima de captura	<i>y_{min2D}</i>	Desplazamientos totales en eje x <i>Dx</i>
Máxima velocidad en x	<i>Vy2D</i>	Desplazamientos totales en eje y <i>Dy</i>
Máxima velocidad en y	<i>Vx2D</i>	
Máxima velocidad	<i>V2D</i>	

se observa en la figura 5. Esta configuración de las coordenadas arroja que los movimientos de la barra en el eje x; cuando se alejan del cuerpo del pesista aumenten su magnitud positiva, en el eje y cuando la barra se separa del suelo incrementa su valor, aunque esta configuración se ajusta al uso del investigador.

Posteriormente se selecciona el mismo extremo visible de la barra para que sean los pixeles de seguimiento con la función de seguimiento de trayectoria, y se abre un cuadro de datos para que las sucesivas posiciones x e y que vayan detectándose queden definidas. Al finalizar el programa tiene una función de exportar dichos valores espaciales y temporales en formato CVS, compatible para el programa Excel. En la figura 5 se observan la trayectoria sagital derecha de la barra, el punto de origen del plano cartesiano, la referencia de medida y el cuadro de valores de las posiciones de la barra.

Figura 5. Obtención de los valores de posición en videos



La base de datos exportada constó de una lista cronológica de posiciones con valores en x e y de la trayectoria, como el programa los arroja en escala 1:1 de los valores reales, ya que las medidas a escala fueron interpretados, con el programa Excel se realizaron operaciones trigonométricas teniendo en cuenta las acciones motrices en el video, con lo que se obtuvieron distancias y velocidades entre distintas posiciones de interés.

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.

Cuando la muestra se redujo a dos subpoblaciones (primeras posiciones contra últimas de cada categoría), la comparación de las medias se realizó con la prueba T de Student para muestras independientes.

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

Los resultados de comparaciones entre las medias de las variables de las siete categorías se ilustran en las tablas 3 a la 8, a través de los identificadores en letra de las categorías, se indica para cada variable en forma de superíndice las diferencias de medias con valor significativo. La tabla 4 señala las medias de características generales de las levantadoras, en lo que respecta a la variable *estatura* la media menor es la de la categoría 53 kg, la cual alcanza a tener una diferencia significativa con las dos categorías mayores: 75 y +75. La disparidad entre la media más baja y la más alta es de 12.5 cm.

Mientras que la categoría 48 kg que es la segunda de menor media en estatura, tiene una diferencia significativa con la categoría 75 kg que es la que alcanza la media más alta. Respecto a la variable *antigüedad* existe diferencia significativa de medias entre la categoría 48 kg que tiene el valor menor y la 53 kg que es la que tiene la mayor, entre ambas hay una divergencia de 5.8 años.

En la variable peso corporal todas las categorías tienen medias significativamente diferentes entre sí, por lo que para evitar la saturación de la tabla 4 en esta variables se omitió colocar los indicadores de subíndice respectivos.

Tabla 4. Medias de variables generales de las levantadoras

Variable \ Categoría	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Estatura	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	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	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	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	50.3 ± 4.7	67.6 ± 5.3	60.9 ± 6.2 ^g	66.7 ± 11.0	74.0 ± 13.0 ^a	73.3 ± 10.6 ^a	82.4 ± 19.2 ^a	0.001
Arranque/PC	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

* existen diferencias significativas entre todas las categorías

En la variable *IMC* destaca la categoría +75 kg que alcanza valores significativos de diferencia con las seis categorías restantes pues su media sobrepasa en 17.7 kg/m² a la

categoría 48 kg, y supera con 15.3, 14.9, 12.6, 11.2 y 11 kg/m² respectivamente al resto de las categorías. La categoría de peso corporal 45 kg tiene diferencias significativas en la variable *IMC* respecto a las categorías 63, 69 y 75 kg.

En el variable *arranque*, la categoría 48 kg tiene medias distintas a las de las categorías 69, 75 y +75 kg, de la misma forma la categoría +75 tiene una media con diferencia significativa a la de la categoría 53 kg. En la variable *arranque/peso corporal* la categoría +75 kg tiene diferencia significativa en la media con las categorías 53, 58, 63 y 69 kg pues la primera tiene una relación de fuerza relativa menor. Así mismo hay diferencia de medias entre las categorías 53 y 75 kg.

En la tabla 5 se aprecian características cinemáticas de las fases de primer jalón y transición, únicamente se encontró diferencia significativa de medias en las variables *desplazamiento en y* así como de *suma de desplazamientos en eje x*. En *desplazamiento en y*, la categoría 48 kg diferencia su media con las categorías 75 y +75 kg y en la variable *suma de desplazamientos en eje x* la categoría 63 kg tuvo la media menor y la categoría +75 kg la más alta, siendo esta diferencia significativa.

Tabla 5. Medias de variables en primer jalón + transición

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Desplazamientos en x sentido+	1.1 ± 0.6	0.3 ± 0.2	1.8 ± 1.5	0.5 ± 0.7	0.8 ± 0.7	1.6 ± 1.5	1.4 ± 1.8	0.057
Desplazamientos en x sentido -	6.6 ± 2.8	6.5 ± 2.4	7.9 ± 3.5	4.1 ± 3.0	7.3 ± 3.0	6.5 ± 3.7	8.1 ± 3.52	0.143
Suma desplazamientos en eje x	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	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
Duración	0.59 ± 0.08	0.61 ± 0.05	0.68 ± 0.10	0.61 ± 0.10	0.64 ± 0.10	0.68 ± 0.10	0.65 ± 0.10	0.186
Máxima velocidad en x	26.9 ± 9.1	17.6 ± 19.5	29.9 ± 11.5	18.7 ± 11.9	24.6 ± 13.9	24.6 ± 9.5	35.0 ± 10.9	0.123
Máxima velocidad en y	128.5 ± 6.0	129.5 ± 13.1	119.0 ± 23.9	126.8 ± 16.7	129.0 ± 14.7	126.3 ± 21.9	135.0 ± 14.3	0.722
Máxima velocidad	131.0 ± 7.0	131.6 ± 12.6	122.3 ± 22.1	129.1 ± 15.4	131.1 ± 14.8	127.7 ± 20.0	137.8 ± 13.5	0.694

Respecto a las medias de las variables del segundo jalón estas se describen en la tabla 6, únicamente se encontraron diferencias significativas en la variable *máxima velocidad* de la fase entre la categoría +75 que obtuvo la media más alta con 218 cm/s y las categorías 53 y

59 kg que obtuvieron las medias de velocidades más bajas. Si bien en las variables *máxima velocidad en x* y *máxima velocidad en y* el nivel de significación indicado es menor al 0.05, el análisis Post Hoc no arrojó datos diferencias de medias entre las categorías de estas variables.

Tabla 6. Medias de variables en el segundo jalón

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Valor mínimo de x	-5.5 ± 2.7	-6.1 ± 2.5	-5.9 ± 3.9	-4.0 ± 3.1	-6.1 ± 3.2	-4.9 ± 4.7	-4.9 ± 2.5	0.807
Desplazamientos en x sentido+	8.1 ± 2.9	5.7 ± 1.7	9.1 ± 4.1	8.8 ± 2.7	6.6 ± 2.5.3	9.3 ± 2.0	10.5 ± 6.0	0.088
Desplazamientos en x sentido -	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.3	0.2 ± 0.5	0.0 ± 0.0	0.2 ± 0.7	0.0 ± 0.0	0.0 ± 0.0	0.615
Suma desplazamientos en eje x	8.1 ± 2.9	5.8 ± 1.6	9.3 ± 4.0	8.8 ± 2.7	6.9 ± 2.1	9.3 ± 2.0	10.5 ± 6.0	0.103
Desplazamiento en y	23.6 ± 1.6	21.3 ± 2.7	26.0 ± 3.8	26.9 ± 3.8	23.9 ± 2.1	25.7 ± 5.0	26.3 ± 6.4	0.076
Duración	0.14 ± 0.02	0.13 ± 0.01	0.16 ± 0.03	0.16 ± 0.03	0.15 ± 0.02	0.15 ± 0.03	0.15 ± 0.04	0.188
Máxima velocidad en x	85.5 ± 22.9	66.4 ± 13.9	83.4 ± 18.8	83.2 ± 17.1	66.5 ± 20.8	90.8 ± 16.9	96.9 ± 27.4	0.021
Máxima velocidad en y	195.1 ± 10.4	187.3 ± 13.6	192.4 ± 13.4	195.3 ± 15.9	190.8 ± 7.8	203.3 ± 11.5	208.0 ± 12.6	0.037
Máxima velocidad	202.5 ± 9.4	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

La *altura máxima* alcanzada en todo el levantamiento se describe en la tabla 7, la media de esta variable para la categoría +75 kg es el valor más alto, la cual se diferencia significativamente con cuatro categorías: 48 kg a la que supera por 17 cm, y con las categorías 53 63 y 69 kg, también existen diferencia entre las medias de la altura máxima lograda en el levantamiento entre las categorías 53 y 75 kg.

En la tabla 8 se describen variables de la segunda parte del desliz, de entre las cuales únicamente la variable *altura mínima de captura* arrojó valores de diferencia de medias, la categoría +75 kg obtuvo la media más alta, y se distingue por estar su media distante de las cinco categorías más ligeras, excepto con la categoría 75 kg. La categoría 53 kg obtuvo la media más baja. Entre la media más alta obtenida por la categoría +75 y la menor, de la categoría 53 kg, existen una diferencia de 20.8 centímetros.

Tabla 7. Medias de variables en la primera parte del desliz

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Desplazamientos en x sentido+	2.4 ± 1.1	1.4 ± 0.7	2.0 ± 2.0	2.6 ± 2.0	1.5 ± 1.8	2.3 ± 2.0	1.8 ± 1.1	0.667
Desplazamientos en x sentido -	4.0 ± 1.2	4.2 ± 1.8	3.9 ± 1.8	2.8 ± 1.7	5.5 ± 2.0	4.3 ± 2.5	4.4 ± 2.6	0.160
Suma desplazamientos en eje x	6.4 ± 0.6	5.6 ± 1.3	6.0 ± 1.6	5.4 ± 0.9	7.0 ± 1.7	6.6 ± 1.6	6.2 ± 2.6	0.328
Proyección de x a signo +	5.0 ± 3.8	1.0 ± 4.5	5.2 ± 5.5	7.4 ± 4.6	2.1 ± 5.6	6.7 ± 5.1	7.5 ± 6.2	0.068
Desplazamiento en y	27.8 ± 3.4	27.0 ± 2.4	28.4 ± 3.7	28.6 ± 3.0	28.2 ± 4.0	29.5 ± 3.8	32.7 ± 4.6	0.104
Duración	0.25 ± 0.02	0.25 ± 0.02	0.26 ± 0.01	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.02	0.26 ± 0.03	0.28 ± 0.05	0.094
Altura máxima	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
Máxima velocidad en x	42.8 ± 10.1	41.0 ± 13.9	37.4 ± 10.7	27.8 ± 13.7	46.7 ± 10.7	34.3 ± 15.6	34.1 ± 21.5	0.121
Máxima velocidad en y	186.8 ± 11.6	183.3 ± 9.6	186.9 ± 12.8	187.9 ± 11.7	185.3 ± 10.6	192.8 ± 10.4	199.3 ± 10.6	0.127
Máxima velocidad	190.3 ± 11.6	174.1 ± 33.8	190.1 ± 14.7	191.9 ± 12.4	187.8 ± 13.2	196.1 ± 10.2	202.1 ± 10.3	0.092

Tabla 8. Medias en variables de la segunda parte del desliz

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Desplazamiento en eje x	6.6 ± 3.2	7.6 ± 4.6	6.7 ± 3.6	4.5 ± 3.4	7.9 ± 4.3	4.5 ± 3.6	3.6 ± 3.8	0.175
Desplazamiento en eje y	13.2 ± 2.3	19.3 ± 3.7	17.7 ± 4.2	18.4 ± 5.3	17.8 ± 5.6	19.9 ± 6.4	15.2 ± 7.2	0.370
Duración	0.30 ± 0.05	0.39 ± 0.07	0.37 ± 0.19	0.38 ± 0.08	0.40 ± 0.10	0.44 ± 0.14	0.36 ± 0.12	0.625
Altura mínima de captura	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
Máxima velocidad en x	43.7 ± 11.4	43.7 ± 14.0	39.2 ± 9.8	27.3 ± 19.0	47.7 ± 11.1	37.6 ± 10.5	31.6 ± 27.0	0.108
Máxima velocidad en y	76.0 ± 9.8	87.1 ± 10.0	83.3 ± 17.8	89.0 ± 14.9	94.0 ± 25.8	88.1 ± 16.3	71.4 ± 11.6	0.760
Máxima velocidad	81.5 ± 9.4	91.4 ± 12.4	86.5 ± 18.2	90.3 ± 15.5	100.1 ± 24.8	90.0 ± 16.2	76.5 ± 12.2	0.102

Por otra parte, en la tabla 9 se señalan los valores acumulados de las medias de las siguientes variables del levantamiento: en la primera fila se indica las medias del tiempo total del levantamiento, y en la segunda fila aparece la media de la sumatoria de los tiempos de primer jalón, transición y segundo jalón, en la tercer fila se indican las medias y de la sumatoria del tiempo de la primera y segunda parte del desliz.

Tabla 9. Medias de variables por total de fases y ejes

Categoría Variable	48 kg (a)	53 kg (b)	58 kg (c)	63 kg (d)	69 kg (e)	75 kg (f)	+75 kg (g)	p
Duración total del levantamiento	1.28 ± 0.10	1.38 ± 0.08	1.47 ± 0.20	1.41 ± 0.14	1.44 ± 0.22	1.53 ± 0.18	1.43 ± 0.21	0.326
Duración total de jalones y transición	0.73 ± 0.07	0.74 ± 0.05	0.84 ± 0.10	0.77 ± 0.07	0.79 ± 0.07	0.83 ± 0.08	0.80 ± 0.10	0.096
Duración total de desliz	0.55 ± 0.06	0.64 ± 0.07	0.63 ± 0.11	0.64 ± 0.08	0.66 ± 0.20	0.70 ± 0.13	0.64 ± 0.13	0.607
Desplazamientos totales en eje x	28.7 ± 5.8	26.0 ± 5.1	31.7 ± 8.9	23.8 ± 6.0	30.7 ± 5.6	28.6 ± 7.5	31.6 ± 11.5	0.201
Desplazamientos totales en eje y	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

En las últimas dos filas de la tabla 9 se señalan las medias de las sumatorias totales de los desplazamientos que ocurrieron en cada eje. En el análisis se encontró únicamente que en la variable *desplazamientos totales en el eje y* de la categoría 48 kg su media es significativamente distinta con las medias de las categorías +75 y 75 kg. La media mayor de todas las categorías corresponde a la 75 kg por un mínimo margen al dar un valor de 129.5 cm, pero se encuentra distante por 19.3 cm de la media de la categoría 48 kg. En las tablas 10 a la 15 se describen los valores que obtuvieron en las distintas variables las siete campeonas en arranque del presente estudio por categoría.

Tabla 10. Variables generales de las siete campeonas mexicanas

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

Tabla 11. Valores de variables 1^{er} jalón + transición de campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Desplazamientos en x sentido+	0.8	0.5	3.7	0.3	1.0	1.1	0.0	1.1 ± 1.2
Desplazamientos en x sentido -	3.8	7.0	5.3	2.1	0.9	5.5	7.4	4.6 ± 2.4
Suma desplazamientos en eje x	4.6	7.6	9.0	2.4	3.1	6.6	7.5	5.8 ± 2.5
Desplazamiento en y	41.8	56.8	44.3	51.4	56.5	51.1	65.3	52.5 ± 8.0
Duración	0.53	0.63	0.57	0.63	0.67	0.63	0.63	0.61 ± 0.05
Máxima velocidad en x	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	120.7	142.8	124.1	138.0	133.1	126.2	155.4	134.3 ± 12.2
Máxima velocidad	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 12. Valores de variables en segundo jalón de campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Valor mínimo de x	-2.98	-6.94	1.57	-1.85	1.26	-4.43	-7.41	-3.0 ± 3.6
Desplazamientos en x sentido+	5.33	2.70	7.85	5.96	6.55	8.71	5.00	6.0 ± 2.0
Desplazamientos en x sentido -	0.00	0.45	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.1 ± 0.2
Suma desplazamientos en eje x	5.33	3.15	7.85	5.96	6.55	8.71	5.00	6.1 ± 1.9
Desplazamiento en y	22.34	16.63	28.29	23.16	22.48	28.33	19.41	22.9 ± 4.3
Duración	0.13	0.10	0.17	0.13	0.13	0.17	0.10	0.13 ± 0.03
Máxima velocidad en x	55.47	47.95	79.97	76.68	84.70	77.43	79.05	71.6 ± 14.0
Máxima velocidad en y	189.73	181.34	190.70	198.03	198.65	203.25	205.46	195.3 ± 8.5
Máxima velocidad	193.35	187.57	197.81	208.54	215.95	209.01	220.14	204.6 ± 12.0

En las tablas 16, 17 y 18 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.

Tabla 13. Valores de variables en 1a parte del desliz de campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Desplazamientos en x sentido+	2.12	1.17	0.84	2.29	3.70	1.83	1.43	1.9 ± 0.9
Desplazamientos en x sentido -	4.83	6.47	3.95	2.87	2.27	3.56	9.69	4.8 ± 2.6
Suma desplazamientos en eje x	6.95	7.64	4.79	5.16	5.97	5.39	11.12	6.7 ± 2.2
Proyección de x a signo +	4.47	-3.06	10.26	6.41	11.51	6.10	-0.98	5.0 ± 5.4
Desplazamiento en y	28.61	28.06	23.74	28.47	31.93	28.26	31.79	28.7 ± 2.7
Duración	0.27	0.27	0.23	0.27	0.27	0.27	0.27	0.26 ± 0.01
Altura máxima	92.73	101.44	96.37	103.05	110.90	107.71	116.47	104.1 ± 8.3
Máxima velocidad en x	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	183.65	181.34	176.35	191.03	193.60	192.24	195.23	187.6 ± 7.2
Máxima velocidad	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 14. Valores en variables de 2a parte del desliz de campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Desplazamiento de x	6.18	12.51	5.98	1.62	3.32	1.65	11.94	6.2 ± 4.5
Desplazamiento en eje y	13.85	17.17	11.77	15.18	18.20	12.56	9.58	14.0 ± 3.0
Duración	0.33	0.30	0.27	0.37	0.90	0.37	0.23	0.40 ± 0.23
Altura mínima de captura	78.88	84.27	84.60	87.87	92.69	95.15	106.89	90.1 ± 9.2
Máxima velocidad en x	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
Máxima velocidad en y	68.99	95.23	74.85	81.01	78.65	61.08	66.44	75.2 ± 11.3
Máxima velocidad	73.63	106.32	78.58	81.48	79.00	62.66	87.26	81.3 ± 13.4

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

Tabla 15. Valores de variables por fase y eje en campeonas mexicanas

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Duración total del levantamiento	1.27	1.30	1.23	1.40	1.97	1.43	1.23	1.41 ± 0.26
Duración total de jalones y transición	0.67	0.73	0.73	0.77	0.80	0.80	0.73	0.75 ± 0.05
Duración total de desliz	0.60	0.57	0.50	0.63	1.17	0.63	0.50	0.66 ± 0.23
Desplazamientos totales en eje x	23.11	30.87	27.62	15.17	18.98	22.36	35.52	24.8 ± 7.0
Desplazamientos totales en eje y	106.57	118.61	108.14	118.24	129.10	120.27	126.06	118.1 ± 8.4

Tabla 16. Valores de las variables de campeonas mundiales juveniles año 2006

Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Peso Corporal	47.8	52.7	57.6	58.1	68.8	75.0	95.7	65.1 ± 16.4
Arranque	80	93	106	98	117	128	117	106 ± 16.5
Valor mínimo de x en 2º jalón	-8	-6	-8	-8	-1	-9	-5	-7 ± 3
Máxima velocidad en y en 2º jalón	187	173	166	213	198	209	211	194 ± 19
Proyección de x a signo +	-5	-3	-4	-6	6	-5	4	-2±5
Altura máxima	89	90	89	113	103	111	122	103 ± 14
Altura mínima de captura	79	73	68	91	91	93	94	84 ± 11
Desplazamiento en eje y 2ª parte del desliz	9	17	21	22	12	19	28	18 ± 6

Nota. Fuente de los datos: Okada et al. 2008; los valores son en cm, la ausencia de precisión en decimales procede de la fuente.

Tabla 17. Medias de variables de campeonas mundiales del año 2010

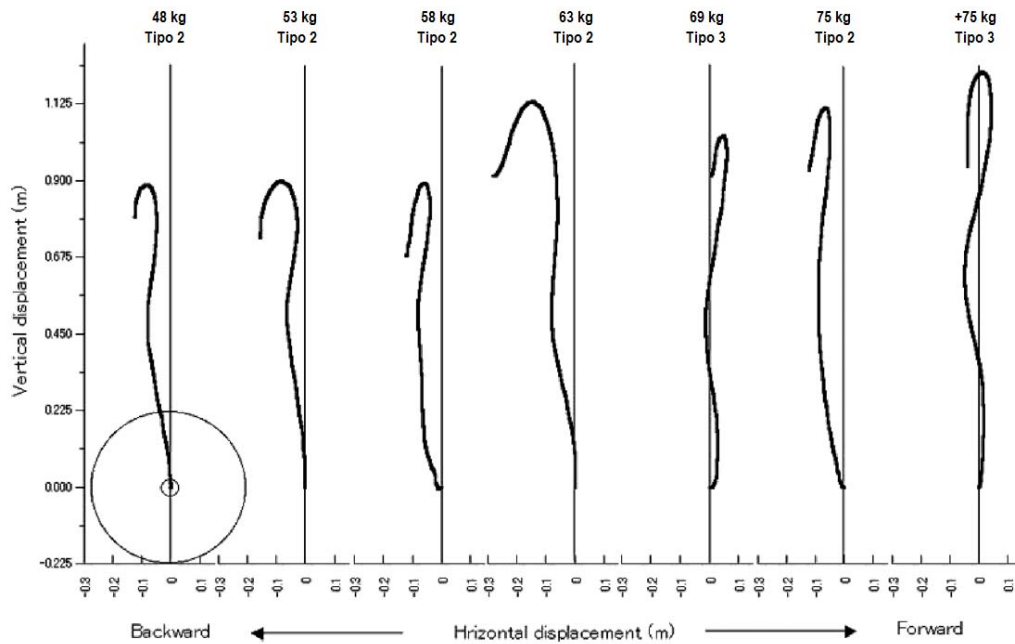
Estatura	Peso corporal	Arranque	Velocidad máx. en y 1er jalón	Velocidad máx. en y 2o jalón	Valor mínimo de x 2o jalón	Desplazamiento en x sentido + 2o jalón	Altura máxima	Desplazamiento en y 2ª parte desliz
164.71 ± 9.79	65.8 ± 16.4	114 ± 18.81	99 ± 19	168 ± 14	-5.92 ± 3.11	1.83 ± 4.62	95.5 ± 19	13.72 ± 2.94 cm

Nota. Fuente de los datos en: Akkus, 2012.

Tabla 18. Valores y medias de campeonas asiáticas y japonesas año 2008

campeonas Japonesas								
Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Estatura	153	151	-	150	164	165	-	156.6 ± 6.5
Arranque	78	70	-	91	91	93	-	84.6 ± 9.0
Edad	23	29	-	22	24	25	-	24.6 ± 2.4
Desplazamiento en y 1er jalón y transición	56	45.5	-	44.6	57.1	50.5	-	50.7 ± 6
Valor mínimo de x 2o jalón	-5.3	-11.8	-	-4	-1.5	-2.5	-	-5.0 ± 4.0
Altura maxima	97	101.6	-	91.6	107	105.1	-	100.5 ± 6
Altura mínima	78.9	77.8	-	78.4	86.9	86.3	-	81.7 ± 5
desplazamiento y en 2a parte de deslíz	18.1	23.8	-	13.2	20.1	18.8	-	18.8 ± 4
campeonas asiáticas								
Categoría Variable	48 kg	53 kg	58 kg	63 kg	69 kg	75 kg	+75 kg	\bar{X}
Estatura	150	153	-	160	165	168	-	159.2 ± 6.8
Arranque	87	93	-	104	117	121	-	104.4 ± 13.8
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 mínima	74.8	79.6	-	79.2	85.2	85.6	-	80.9 ± 5
desplazamiento y en 2a parte de deslíz	13.4	14.8	-	11.9	19.5	15.5	-	15.0 ± 3
Nota. Fuente de los datos: Ikeda et al. 2012. Los valores son en cm, la ausencia de precisión en decimales procede de la fuente.								

Figura 6. Trayectorias del arranque de las campeonas mundiales juveniles 2006



Tipo de trayectoria de la barra en la muestra

Los tipos de trayectoria encontrados en el presente estudio, según la clasificación realizada por Vorobyev (1978) se describen en la tabla 19. Se destaca que de 56 levantamientos analizados, únicamente en 25 de estos la barra se desplaza horizontalmente acercándose 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.

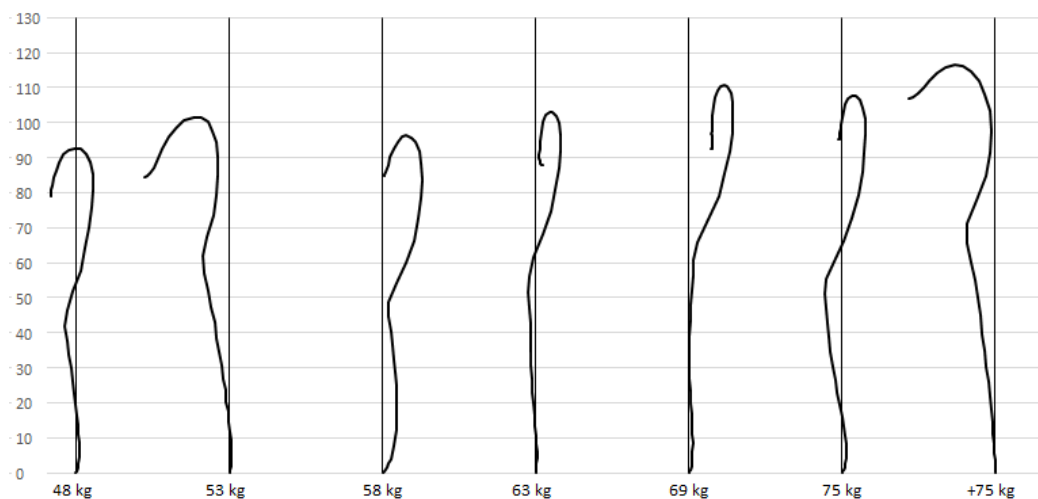
Tabla 19. Tipos de trayectorias por categoría en levantadoras mexicanas

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

Para diferenciar entre las trayectorias 1 y 2 se atiende el comportamiento de la barra en la proyección que realiza al frente en el segundo jalón, en la trayectoria tipo 1, la barra alcanza a cruzar al frente de la línea vertical que surge del punto de origen, mientras que la trayectoria tipo 2 no cruza al frente.

En la figura 7 se ilustran 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 del arco del desliz cuando se alcanza la mínima altura al ser capturada sobre los brazos.

Figura 7. Trayectoria de la barra de las campeonas de arranque mexicanas



DISCUSIÓN

Análisis descriptivo de campeonas 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 a 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.

Las campeonas mundiales juveniles del año 2006 (tabla 16) promedian 106 ± 16.5 kg, y las campeonas mundiales del año 2010 tienen una media de 114 ± 18.8 kg. Por otra parte, las campeonas Asiáticas del año 2008 promediaron 104.4 ± 13.8 , mientras que las representantes japonesas del año 2008 tienen una media de 84.6 ± 9.0 kg, cifra muy parecida a la arrojada en nuestra muestra de campeonas, aunque la muestra de este grupo de campeonas asiáticas no contiene a representantes de categorías 58 y +75 kg.

La categoría 53 kg fue la que concentró a las deportistas de mayor antigüedad, y la que mejor relación peso de arranque por peso corporal arrojó. Para efectos competitivos si por estrategia la peor competidora de la categoría 53 kg hubiera competido en la categoría 48 kg, obtiene en esta el primer lugar, guardando consideraciones de que la pérdida de masa corporal tiene efectos negativos en el rendimiento, pero de igual forma si esta misma peor competidora hubiera competido en la 58 hubiera obtenido mejor posición que en la categoría original.

Variables del primer jalón y transición en campeonas mexicanas

Las características cinemáticas de la trayectoria de la barra es un elemento ampliamente estudiado en el campo del rendimiento deportivo, actualmente existe el consenso sobre las características que esta 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 levantador (Chiu, Wang, y Cheng, 2010; Akkus, 2012).

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 transición (DeWesse, 2012), Como se observa en la figura 1 de las siete trayectorias del mejor arranque realizado en cada categoría, únicamente en la categoría +75 kg se cumplió esta característica de que la barra se acerque al deportista en el despegue.

En contraste, trayectorias con recorrido de la barra hacia el levantador en el primer jalón y transición se encontraron en mayor número reportados en el estudio de Ikeda et al. (2012) en campeonas mundiales juveniles del año 2006 y el trabajo de Akkus (2012) 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 la trayectoria de las categorías 69 y 75 kg. En un estudio realizado por Musser et al. (2014) todas las campeonas del Panamericano del año 2009 acercaron la barra en la fase de primer jalón y transición.

Baumman, Gross, Quade, Galbierz, y Schwirtz (1988,) 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.

En el presente estudio el grupo de siete campeonas arrojó una media de 134.3 ± 12.2 cm/s de velocidad vertical en el primer jalón y transición, véase tabla 11. 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 17, observando una clara discrepancia en este aspecto por el grupo de campeonas de este trabajo, pues las levantadoras mexicanas superan ampliamente al 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, DeWesse (2012) señala que al inicio del segundo jalón se colocan de forma ventajosa los músculos más potentes del 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, las campeonas asiáticas del año 2008 promediaron 5.0 ± 4.0 cm de acercamiento, las campeonas mundiales juveniles del año 2006 tuvieron una barra en posición 7.0 ± 3.0 más cerca que la línea vertical de inicio y las campeonas mundiales del año 2010 acercaron la barra 5.9 ± 3.1 cm al inicio del segundo jalón.

Se observa en la tabla 12 que las campeonas 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 el movimiento de preparación 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 Bartonletz (1996) 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 la tabla 12, 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 17. 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. (2000) 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 competidoras internacionales, esto no necesariamente es adecuado, puede 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, posiblemente no realicen una velocidad adecuada de descenso del cuerpo para colocarse debajo de la barra, se requiere hacer estudios precisos en este aspecto.

Una 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. 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, prácticamente menos de una tercera parte de lo desplazado por las competidoras mexicanas

VARIABLES DE LA PRIMERA PARTE DEL DESLIZ EN CAMPEONAS MEXICANAS

El desliz ocurre por efecto del impulso logrado en el segundo jalón, en esta fase la barra asciende en inercia haciendo una proyección hacia el frente alejándose alcanzando una proyección máxima hacia el frente y luego, por la acción del movimiento de los brazos y descenso del levantador la barra cambia su dirección horizontal, aunque sigue ascendiendo y vuelve a acercarse al levantador alcanzando en ese momento la altura máxima de todo el levantamiento.

Analizando la tabla 13, se aprecia que el desplazamiento en eje y 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 lo que significa que es poca la variabilidad entre las campeonas de esta característica. Por deducción entre la altura máxima de levantamiento y la altura del final del segundo jalón en el estudio de Akkus (2012) se encuentra una magnitud media de 25.4 cm de ascenso vertical de la barra (Tabla 17), tan sólo un 13 % menor en las campeonas mundiales con respecto al ascenso que realizan las 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, 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, de que la mayoría de los mejores levantadores tienen una trayectoria que en el desliz no cruza al frente la línea vertical definida del origen del levantamiento (Musser et al. 2014).

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 es decir que en promedio la trayectoria no cruzó al frente la línea vertical.

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 dinámicas de los levantadores, de tal manera que la técnica moderna consiste en lograr alturas máximas más bajas, lo que posibilita movilizar mayores pesos, y por otra parte se requiere desarrollar la habilidad tanto en flexibilidad como en rapidez para colocarse bajo la barra (Isaka, Okada y Funato ,1996; Okada et al. 2008)

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 campeonas mundiales2010, 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.

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 mundiales2010, mientras que las campeonas mundiales juveniles del año 2006 arrojaron una media de 18.0 ± 6.0 cm. Respecto a la altura mínima de captura, 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

Tipo de trayectoria en la muestra de levantadoras de pesas mexicanas

Con respecto al nivel de actualización técnico por asociación 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.

Resultados estadísticos de post hoc de la muestra

El factor utilizado en el análisis fue la distribución por categorías de peso corporal, se corroboró que esta colocación arroja que cada una de las categorías tenga diferencia significativa de su media de peso corporal contra las demás. La categoría +75 kg duplica en su media de peso corporal a la de 48 kg.

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 que en la categoría 53 kilogramos, con una media de 8.1 ± 2.6 años, se agrupan las siguientes levantadoras: 2 con 11 años, 2 con 9 años, y tres más de 7, 6 y 4 años de antigüedad, más otra que no tenemos información y se sustituyó con el promedio del resto de levantadora de la categoría. 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 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 alta (Taylor, 2010).

En 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.

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. 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 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 debería existir una causa diferente a la estatura para que esta relación de diferenciación entre medias 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 de +75 kg que tiene la media más alta. Analizando el resto de variables del segundo jalón, las categorías 53 y 69 kg tuvieron más acercamiento de la barra al deportista ya que el *valor mínimo de x* en ambas son los de mayores medias negativas, así mismo tuvieron menores medias de *suma de desplazamiento en eje x*, *desplazamiento en y*, y de *máxima velocidad en x* con respecto al resto de categorías.

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 48,53,63y 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 48,53,63y 69 kg son de valores de medias distintas a las categorías 58, 75 y +75.

Respecto a la variable *Altura mínima de captura* 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 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.

CONCLUSIONES

El estudio fue capaz de proporcionar variables cinemáticas de desplazamiento en ejes x e y , velocidades y duración de las fases de segundo jalón y desliz. Por las limitaciones del punto de observación en el formato de grabación pues el disco de la barra obstruye visibilidad, las fases de primer jalón y transición se analizaron como una sola.

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 *performance* 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 *performance* de la categoría +75 kg, la cual tuvo una diferencia significativa con las restantes seis categorías ($IMC = 37.5 \pm 5.9$ kg/m², $p=0.000$), 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.

El nivel técnico de las campeonas de arranque a partir del tipo de trayectoria de la barra también arrojó una evaluación deficiente ya que 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 (Musser et al. 2014).

Es necesario intervenir en las escuelas de enseñanza de levantamiento de pesas mexicanas en sus métodos de enseñanza y control de la técnica 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 como una trayectoria deficiente.

No se logró identificar alguna variable cinemática asociada al nivel de desempeño. Pero se identificaron valores diferentes en algunas variables que se señalan importantes entre las campeonas mexicanas con respecto a sus símiles internacionales. Se requiere estudiar el comportamiento de la velocidad en la fase de transición para verificar frenados pues el grupo

de siete campeonas mexicanas arrojó una media de velocidad vertical de 134.3 ± 12.2 cm/s en el 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/s.

La performance del grupo de mejores levantadoras mexicanas universitarias por categoría de peso corporal en el 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 la poca performance en la categoría 48 kg.

Por la dificultad que existe de comparar la *performance* de personas de diferentes dimensiones en peso corporal, debido a que la fuerza muscular se relaciona con distintas características musculares entre ellas el área de sección transversal y no directamente al peso del músculo, se requiere la creación de coeficientes matemáticos que permitan comparar el grado de *performance* para la prueba de arranque entre distintas categorías, tal y como lo existen para la suma total de levantamientos.

BIBLIOGRAFÍA.

Akkus, H. (2012). Kinematic analysis of the snatch lift with elite female weightlifters during the 2010 world weightlifting championship. [Análisis cinemático del levantamiento de arranque de levantadoras élite durante el campeonato mundial de levantamiento de pesas 2010]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26 (4), 897-905.

Bartonlett, K.E. (1996). Biomechanics of the snatch: Toward a Higher Training Efficiency. [Biomecánica del arranque: hacia una eficiencia superior de entrenamiento]. *Strength and Conditioning Journal*, 18 (3), 24-31.

Baumman, W., Gross, V., Quade, K., Galbierz, P. y Schwirtz, A. (1988). The snatch technique of world class weightlifters at the 1985 world championships.[La técnica de arranque de los levantadores de pesas de categoría mundial en el campeonato mundial de 1985]. *International Journal of Sport Biomechanics*, 4, 68-89

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

Chiu, Wang, y Cheng. (2010). The three-dimensional kinematics of a barbell during the snatch of Taiwanese weightlifters. [La cinemática tridimensional de la barra durante el arranque de levantadores de pesas Taiwaneses]. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 24 (6), 1520-1526

DeWeese, B.H., Serrano, A.J., Scruggs, S.K., y Sams, M.L. (2012). The clean pull and snatch pull: proper technique for weightlifting movement derivatives. [El jalón de clin y el jalón de arranque: tecnica adecuada para los movimientos derivados del levantamiento de pesas]. *Strength and Conditional Journal*. 34(6), 82-86.

Donskoi, D. (1988). *Biomecánica con fundamentos de la técnica deportiva*. La Habana Cuba. Editorial: Pueblo y Educación.

Gourgoulis, V., Nickos A., Giorgios M., & Athanasios G. (2000). Three-dimensional kinematic analysis of the snatch of greek weightlifters. [Análisis tridimensional de la cinemática del arranque en levantadores de pesas griegos]. *Journal of Sports Sciences*, 18, 643-652.

Hoover, D.L., Carlson, K.M., Christensen, B.K. y Zebaz, C.J. (2006) Biomechanical analysis of women weightlifters during snatch. [Análisis biomecánico de levantadoras de pesas femeniles durante el arranque]. *Journal of Strengh and Conditioning Research*. 20 (3), 627-633.

Ikeda, Y., Jinji, T., Matsubayashi, T., Matsuo, A., Inagaki, E., Takemata, T., y Kikuta, M. (2012). Comparison of the snatch technique for female weightlifters at the 2008 Asian Championships. [Comparativo de la técnica de arranque en levantadoras de pesas en el Campeonato Asiático 2008]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 26(5), 1281-1295

Isaka, T., Okada, J., & Funato, K. (1996). Kinematic analysis of the barbell during the snatch movement of elite Asian weight lifters. [Análisis cinemático de la barra durante el movimiento de arranque en levantadores de pesas de élite Asiáticos] *Journal of Applied Biomechanics*, 12(4), 508-516.

Izquierdo, M. (2008) *Biomecánica y bases neuromusculares de la actividad física y el deporte*. Editorial. Médica Panamericana. España.

Lester, K.W., Lorenzen, C., Wilson, C.J., Saunders, J.E., y Williams, M.D. (2014). Reviewing current knowledge in snatch performance and technique: the need for future directions in applied research. [Revisando el conocimiento actual en el desempeño y técnica del arranque]. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 28(4), 574-586.

Musser, L. J., Garhammer, J., Rozenek, R., Crussemeyer, J. A., y Vargas, E. M. (2014). Anthropometry and barbell trajectory in the snatch lift for elite women weightlifters. [Antropometría y trayectoria de la barra en el levantamiento de arranque de levantadoras de pesas élite]. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1636-1648.

Okada, J., Lijima, K., Fukunaga, T., Kikuchi, T., y Kato, K. (2008) Kinematic analysis of the snatch technique used by Japanese and international female weightlifters at the 2006 Junior World Championship. [Análisis cinemático de la tecnica de arranque utilizada por levantadoras Japonesas e internacionales en el campeonato mundial juvenil 2006]. *International Journal of Sport and Health Science*, 6, 194-202.

Schilling, B.K., Stone, M.H., O'Bryant, H.S., Fry, A.C., Coglianesi, R.H., y Pierce K.C., (2002). Snatch Technique of Collegiate National Level Weightlifters. [Técnica de arranque de levantadores de pesas de nivel colegial nacional]. *The Journal of Strength and Conditioning Research*, 16(4), 551-555.

Taylor, R. S. (2010). Letter to the Editor.[Carta al editor]. *Paediatrics & Child Health*, 15(5), 258.

Vorobyev, A. 1978. *A Textbook on Weightlifting*. [Un libro de texto sobre levantamiento de pesas] (Brice W.J. Trad.). Budapest: International Weightlifting Federation.