



*Variabilidad biomecánica en la ejecución de la arrancada olímpica en atletas súper pesadas de elite del Ecuador*

*Biomechanical variability in the execution of the Olympic snatch in elite súper heavy athletes from Ecuador*

*Variabilidade biomecânica na execução do arrebatamento olímpico em atletas superpesados de elite do Equador*

Oliba Seledina Nieve-Arroyo <sup>I</sup>

[selenieve25@hotmail.com](mailto:selenieve25@hotmail.com)

<https://orcid.org/0000-0001-7639-0541>

Lenin Esteban Loaiza-Dávila <sup>II</sup>

[e.loaiza@uta.edu.ec](mailto:e.loaiza@uta.edu.ec)

<https://orcid.org/0000-0002-5769-2795>

**Correspondencia:** [selenieve25@hotmail.com](mailto:selenieve25@hotmail.com)

Ciencias Sociales y políticas

Artículo de revisión

\***Recibido:** 14 de abril de 2021 \***Aceptado:** 15 de mayo de 2021 \* **Publicado:** 09 de junio de 2021

- I. Licenciado en Cultura Física, maestrante del programa de Maestría en Entrenamiento Deportivo de la Universidad Estatal de Milagro, Milagro, Ecuador.
- II. Doctor PhD en Ciencias de la Educación Física, Especialista en Cultura Física y Deporte, Docente invitado de Postgrado de la Universidad Estatal de Milagro, Docente Investigador de la Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.



## Resumen

Esta investigación tiene como objetivo principal, determinar la variabilidad biomecánica intra e inter sujetos, en la ejecución de la arrancada olímpica en atletas súper pesadas de elite del Ecuador, a través de un diseño de enfoque cuantitativo, de tipo de investigación comparativo-correlacional de corte longitudinal. Como instrumentos de investigación se aplicaron el análisis antropométricos de los diferentes segmentos corporales de miembros superiores e inferiores y un análisis biomecánico de carácter cinético y cinemático de los parámetros de la altura máxima de la barra, velocidad máxima de ejecución general del movimiento y velocidades máximas en diferentes fases del movimiento, así como la temporalidad en cada fase, adicional se analizó el ángulo formado por la articulación del hombro y la posición central del agarre de la mano en la barra olímpica, aplicando el software KINOVEA. El análisis se realizó bajo la aplicación de cargas entre el 40 y 100% del RPM de cada atleta. Los resultados obtenidos se verificaron estadísticamente a través de la prueba estadística T-Student para una muestra, que permitió determinar diferencias significativas intra sujeto, entre todos los parámetros biomecánicos analizados en un nivel de  $P \leq 0,05$  y a través de la aplicación de una prueba ANOVA de un factor, que determino la existencia de diferencias significativas inter sujetos, entre los parámetros biomecánicos establecidos a excepción de la altura máxima de alcance de la barra en las 3 atletas. En relación a incidencia del perfil antropométrico a través de los ángulos estudiados se determinó que a mayor ángulo menos temporalidad por fases de la ejecución técnica. Análisis global que permitió determinar la variabilidad biomecánica intra e inter sujetos de la ejecución de la técnica estudiada.

**Palabras clave:** Variabilidad; arrancada olímpica; velocidad de ejecución; temporalidad.

## Abstract

The main objective of this research is to determine the intra and inter-subject biomechanical variability in the execution of the Olympic pull-up in elite súper heavy athletes from Ecuador, through a quantitative approach design, of a comparative-correlational longitudinal research type. The research instruments used were anthropometric analysis of the different body segments of the upper and lower limbs and a biomechanical analysis of a kinetic and kinematic nature of the parameters of the maximum height of the bar, maximum speed of general execution of the movement and maximum speeds in different phases of the movement, as well as the temporality

in each phase. In addition, the angle formed by the shoulder joint and the central position of the hand grip on the Olympic bar were analysed, using the KINOVEA software. The analysis was performed under the application of loads between 40 and 100% of the RPM of each athlete. The results obtained were statistically verified through the statistical T-Student test for one sample, which allowed us to determine significant intra-subject differences between all the biomechanical parameters analysed at a level of  $P \leq 0.05$  and through the application of a one-factor ANOVA test, which determined the existence of significant inter-subject differences between the biomechanical parameters established with the exception of the maximum barbell reach height in the 3 athletes. In relation to the incidence of the anthropometric profile through the angles studied, it was determined that the greater the angle, the less time spent per phase of the technical execution. Global analysis that allowed us to determine the intra and inter-subject biomechanical variability of the execution of the technique studied.

**Keywords:** Variability; Olympic pull-up; execution speed; temporality.

### Resumo

O objetivo principal desta pesquisa é determinar a variabilidade biomecânica intra e intersujeitos na execução do snatch olímpico em atletas de elite superpesados do Equador, por meio de um desenho de abordagem quantitativa, de um tipo de pesquisa de corte comparativo-correlacional. Como instrumentos de pesquisa, a análise antropométrica dos diferentes segmentos corporais de membros superiores e inferiores e uma análise biomecânica de natureza cinética e cinemática dos parâmetros da altura máxima da barra, velocidade máxima de execução geral do movimento e velocidades máximas em Foram analisadas as diferentes fases do movimento, bem como a temporalidade em cada fase, além do ângulo formado pela articulação do ombro e a posição central da empunhadura na barra olímpica, aplicando-se o software KINOVEA. A análise foi realizada sob a aplicação de cargas entre 40 e 100% da RPM de cada atleta. Os resultados obtidos foram verificados estatisticamente através do teste estatístico T-Student para uma amostra, que permitiu determinar diferenças significativas intra-sujeitos entre todos os parâmetros biomecânicos analisados a um nível de  $P \leq 0,05$  e através da aplicação de um teste ANOVA de um fator, que determinou a existência de diferenças interindividuais significativas entre os parâmetros biomecânicos estabelecidos, com exceção da altura máxima de alcance da barra nos 3 atletas. Em

relação à incidência do perfil antropométrico através dos ângulos estudados, determinou-se que quanto maior o ângulo, menor a temporalidade por fases da execução técnica. Análise global que permitiu determinar a variabilidade biomecânica dentro e entre os sujeitos da execução da técnica estudada.

**Palavras-chave:** Variabilidade; Arrebatamento olímpico; velocidade de execução; temporalidade.

## Introducción

La teoría de Bernstein (Čoh y Kugovnik, 2011), define la técnica deportiva como un proceso gestionado con características compensatorias y autorreguladoras, determinando que un atleta no puede controlar todas las fases del proceso motor, aunque el patrón motor está estandarizado y automatizado, para que el patrón motor sea correcto y racional, sus elementos individuales deben estar coordinados de tal manera, que algunos sigan el principio de ejecución paralela y otros el principio de ejecución consecuente, que solo se pueden analizar a través de la aplicación de la biomecánica deportiva (Warmenhoven et al., 2019).

La biomecánica deportiva como principal objetivo, determina la mejora del rendimiento y la reducción del riesgo de lesiones, procesos que se realizan con la aplicación de un análisis cualitativo y cuantitativo, sin embargo, debido a la cantidad de variabilidad del movimiento en las técnicas de los atletas que operan incluso al más alto nivel de rendimiento deportivo, la tarea de distinguir estos errores y sus adaptaciones funcionales no es sencillo (Glazier y Mehdizadeh, 2019).

La variabilidad en el movimiento humano puede ser conceptualizada como las variaciones normales que ocurren en la ejecución motora a través de múltiples repeticiones de un gesto (Caballero et al., 2014), evidenciando que este fenómeno es inherente en todos los sistemas biológicos, en espacio y tiempo, en relación a las características intrínsecas de la acción y consecuencia, se ha clasificado como una propiedad normal y funcional del sistema neuromotor .

La biomecánica a determinado que el rendimiento deportivo está caracterizado por un bajo nivel de variabilidad entre cada ejecución de un determinado movimiento y que la repetición de los movimientos deportivos tiende a ser idénticas (Rodríguez-Zárate et al., 2018;). No obstante es de suma importancia analizar que la variabilidad del movimiento puede estar asociado a la fatiga

muscular, el dolor, las condiciones de trabajo externas y sobre todo las características individuales de cada atleta (Qin et al., 2014).

En el contexto de la variabilidad se puede determinar a nivel intra e inter sujeto, la primera determina las variaciones de ejecución entre uno y otro movimiento o gesto deportivo realizados por un mismo atleta, mientras que la segunda es un concepto de comparación de las variaciones del movimiento entre diferentes atletas siempre y cuando estos se encuentren en un mismo nivel técnico y de desarrollo de capacidades físicas (Velandia et al., 2009).

Las diferentes variaciones dentro de atletas de una misma categoría de peso corporal a pesar de tener los parámetros establecidos pueden variar en relación a sus características de carácter antropométrico, ya que la aplicación de la fuerza necesaria para cualquier actividad deportiva depende de las dimensiones de las palancas, que en el sistema humano son los segmentos óseos corporales que cada atleta tiene y los cuales difieren en la aplicación de la técnica, según el nivel de su habilidad motora y competitiva (Wagner et al., 2012).

Según Dyachenco y Loaiza-Dávila (2012) “En el levantamiento de pesas, la modalidad de competencia denominada arrancada olímpica se caracteriza por ser un movimiento funcional de carácter multiarticular y de alto nivel de desarrollo técnico y coordinativo” (pág. 54). Movimiento que para ser analizado a nivel biomecánico presenta un conjunto de parámetros de carácter cinético y cinemático, siendo los más efectivos para caracterizar al movimiento según diferentes autores a: 1) Trayectoria de ejecución de la barra en el sistema atleta instrumento sin importar sus tipos (Campos-Granell y Rabadé-Espinosa, 2009), específicamente su distanciamiento de la vertical, 2) Altura máxima de desplazamiento vertical de la barra (Andújar-Gutiérrez et al., 2014), 3) Velocidad de ejecución de la barra en las diferentes fases del movimiento; y 4) Temporalidad de ejecución en cada fase de movimiento (Kipp, 2020).

Para poder comprender la técnica de la arrancada olímpica es importante describir su modelo técnico estructural por fases planteado por Loaiza (2012), que permite comprender de una manera integral todos los componentes que este lo componen (tabla 1).

**Tabla 1:** Modelo técnico estructural por fases de la arrancada olímpica

Componente	Preparatorio				Principal				Finalización	
Periodos	①		②		③		④		⑤	
	Arranque		Halón		Aceleración		Desliz		Recuperación y fijación	
Fases	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨	⑩
		Acercamiento hacia la barra	Posición de salida	Interacción del atleta con la barra	Impulso preliminar de la barra	Amortiguación (recogimiento de las rodillas)	Impulso final	Cuncilla sin apoyo	Cuncilla con apoyo	Estiramiento de las piernas y el tronco

El análisis de cada uno de estos parámetros biomecánicos en la ejecución de este gesto técnico en sus diferentes fases incluyendo la fase aérea (Andújar Gutiérrez et al., 2014) y de manera general, permite determinar esa variabilidad intra e inter sujeto, la cual puede variar en relación a la carga aplicada para la ejecución de cada movimiento (Barrero-Malagón y Suárez-Collazos, 2019), determinando que estas variaciones además de incidir biomecánicamente pueden variar en los niveles de capacidades físicas como la fuerza explosiva y potencia muscular (Cuevas et al., 2018). Todos los parámetros tanto de carácter biomecánico en primer lugar deben ser comparados con patrones ideales específicos que a lo largo del tiempo en muchas investigaciones se han determinado y en segundo lugar en comparación entre los diferentes atletas, tomando en cuenta sus características antropométricas (Antoniuk et al., 2017)

Por tal razón el objetivo general planteado para este estudio es determinar la variabilidad biomecánica de ejecución de la arrancada olímpica en atletas súper pesadas de elite de Ecuador, a través del análisis y comparación de los parámetros biomecánicos tomando en cuenta, la categoría del atleta y sus características antropométricas, evaluado y estadísticamente analizado a nivel intra e inter sujeto.

## Metodología

**Diseño de investigación.-** El estudio se fundamenta en un enfoque basado en el paradigma cuantitativo, aplicando un tipo de investigación no experimental, por alcance comparativo-correlacional, con un corte longitudinal, basado en el método analítico-sintético para la

construcción del fundamento teórico-científico del estudio, tratando de integrar los componentes dispersos del objeto de estudio, en este caso los parámetros biomecánicos de la técnica de la arranca olímpica para estudiarlos en su totalidad y determinar la variabilidad de la técnica. Para el desarrollo de la investigación en su componente práctico y la consecución resultados se aplicará el método deductivo que permita a posterior generalizar los resultados encontrados.

**Muestra de estudio.**– Está representada por tres deportistas de género femenino de diferentes categorías de edad: (1) Pre juvenil, (1) juvenil y (1) senior, pertenecientes a la categoría de peso corporal superpesadas en cada una de ellas, las cuales ejecutaron diez levantamientos en la modalidad de la arrancada con cargas desde el 40 al 100%, en relación a los mejores resultados deportivos de cada atleta evaluada considerada su RPM.

**Técnicas e instrumentos de investigación.**– Para la recolección de datos antropométricos se aplicó la técnica de la encuesta y como instrumento los test antropométricos, basados en la metodología de antropometría biomecánica planteada por Acero (2015), utilizando una balanza calibrada marca Tanita, un antropómetro de pared marca Seca, un antropómetro de brazos mediano (10 cm) marca Cercorf y una cinta antropométrica marca Seca, todos los instrumentos calibrados y validados para investigaciones.

Para el análisis de la ejecución técnica de la arrancada olímpica, se aplicó la técnica de la observación y como instrumento el análisis biomecánico de carácter cinético y cinemático, de diferentes parámetros que caracterizan la técnica deportiva:

- 1) Trayectoria de ejecución de la barra y su distanciamiento de la vertical en el sistema atleta-instrumento;
- 2) Velocidad de ejecución del movimiento en sus diferentes fases;
- 3) Altura máxima de la barra en la fase de vuelo sin apoyo pedal del atleta, y
- 4) Temporalidad de la ejecución de cada fase de movimiento.

**Procedimiento.**– Se aplicó la metodología de antropometría biomecánica ANTROPOBIO-16SC (Acero, 2017), para lo cual se midió 7 de parámetros protocolizados: peso corporal, estatura, longitud del brazo (Acromial a la línea intra articular humero-radial), longitud del antebrazo (mitad lateral de línea intrarticular humero-radial a la mitad lateral de la línea bi-iestiloidea (M), longitud de la mano (a línea bi-iestiloidea a la mitad de la falange distal del tercer dedo), longitud muslo (trocanterion lateral al cóndilo lateral de la tibia, siguiendo la línea intra articular de la rodilla en su visión sagital) y la longitud de la pierna (cóndilo lateral de la tibia, siguiendo la línea intra



articular de la rodilla al borde inferior del maléolo lateral). Adicional a esto se midió la longitud del agarre en la barra para la ejecución de la técnica de la arrancada olímpica).

Para el análisis biomecánico de la ejecución técnica de la arrancada olímpica, se realizó una captura videográfica, durante una sesión de entrenamiento planificada para la ejecución de la modalidad de arranque hasta el 100% del resultado máximo de cada atleta.

Se colocaron 2 cámaras de marca Sony A7S III, con una capacidad de captura de video de hasta 4K a 120 FPS y 10 bits 4:2:2 a una distancia de 5 metros para el plano frontal y 4 metros para el plano sagital, colocadas en trípodes a una altura de 0,90 metros. Antes del proceso de captura se realizaron marcaciones específicas tanto en la barra olímpica como en los puntos anatómicos de las articulaciones del hombro (Acromial), codo (Humero-radial), muñeca (Biestiloidea), cadera (Trocanterion lateral), rodilla (Cóndilo lateral de la tibia), tobillo (Maléolo lateral) y punta del pie (Acropodión del dígito más largo).

Una vez realizado las video-grabaciones se desarrolló el análisis biomecánico en el software libre KINOVEA 8.27 para Windows, realizando los cálculos respectivos de los parámetros determinados en la metodología de investigación para el estudio.

**Análisis estadístico de los resultados.**– El tratamiento estadístico de los resultados alcanzados en la investigación se analizaron con la aplicación del paquete estadístico SPSS 0.27 IBM, a través de una matriz específica de Excel con todos los datos del análisis antropométrico y de los parámetros biomecánicos en estudio. Para el proceso de caracterización de la muestra de estudio, en primer lugar, se realizó un análisis descriptivo de las variables cuantitativas que permitieron obtener valores mínimos, medios, máximos y sus respectivas desviaciones estándares. Para la comprobación general de diferencias significativas entre los resultados evaluados, se inició con la aplicación de una prueba de normalidad de los datos (Shapiro-wilk) que determino la aplicación de pruebas paramétricas T-Student para una muestra para determinar la variabilidad intra sujetos y la prueba ANOVA de 1 factor para muestras independientes, todos los valores se analizaron a un nivel de significación de  $P \leq 0.05$  (95%).

## Resultados

### Caracterización de la muestra de estudio

El proceso de caracterización se realizó de manera general (tabla 2).

**Tabla 2:** Caracterización general de la muestra de estudio

Variables de caracterización	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar
Edad		15,0	20,0	17.67	2.52
Edad Deportiva		2.0	8.0	5.00	3.00
Peso Corporal	3	93.6	111.5	103.2	19.70
Estatura		160.4	172.5	168.5	6.93
RPM Arrancada		78.0	102.0	91.67	12.34

De igual manera se realizó una caracterización individual por cada atleta como parte del proceso comparativo (tabla 3).

Adicional a estos datos se pueden describir los resultados atléticos que las atletas presentan:

- Atleta categoría Pre-juvenil: Campeona Sudamericana pre-juvenil.
- Atleta Juvenil: Campeona mundial juvenil.
- Atleta senior: Campeona Panamericana juvenil y medallista sudamericana senior.

**Tabla 3:** Caracterización individual por categorías de la muestra de estudio.

Parámetro	Categoría		
	Pre-juvenil	Juvenil	Senior
Edad (años)	15	18	21
Edad deportiva (año)	2.00	5.00	8.00
Peso corporal (kg)	111.5	93.6	101.8
Estatura (cm)	172.5	160.4	172.5
RPM Arrancada (kg)	78.00	95.00	102.00

### Características antropométricas

Siguiendo el protocolo ANTROPOBIO-16SC se obtuvieron los siguientes resultados (tabla 4).

**Tabla 4:** Resultados antropométricos por categoría analizada.

Parámetro (cm)	Categoría			Media	Desviación estándar
	Pre-juvenil	Juvenil	Senior		
Longitud brazo (I)	35.00	35.00	39.90	36.63	± 2.82
Longitud brazo (D)	35.50	35.00	39.50	36.66	± 2.46
Longitud antebrazo (I)	32.00	28.00	32.00	30.66	± 2.30

Longitud antebrazo (D)	31.50	28.00	32.00	30.50	± 2.17
Longitud mano (I)	19.00	19.00	21.00	19.66	± 1.15
Longitud mano (D)	20.00	19.00	21.00	20.00	± 1.00
Longitud muslo (I)	54.00	52.00	57.00	54.33	± 2.51
Longitud muslo (D)	54.00	53.00	57.00	54.66	± 2.08
Longitud pierna (I)	43.00	41.00	41.00	41.66	± 1.15
Longitud pierna (D)	43.00	41.00	41.00	41.66	± 1.15
Longitud agarre	97.00	86.00	99.00	94.00	± 7.00

**Nota:** las longitudes se tomaron en ambas extremidades tanto izquierda (I), como derecha (D).

Las longitudes antropométricas segmentales permitieron determinar las longitudes generales de las extremidades tanto superiores (Longitud brazo + longitud antebrazo + longitud mano), así como inferiores (longitud muslo + longitud pierna), especificados en la tabla 5.

**Tabla 5:** Longitudes de extremidades por categoría

Longitud (cm)	Categoría			Media	Desviación estándar
	Pre-juvenil	Juvenil	Senior		
Longitud extremidad superior (I)	86.00	82.00	92.90	86.96	± 5.51
Longitud extremidad superior (D)	87.00	82.00	92.50	87.16	± 5.25
Longitud extremidad inferior (I)	97.00	93.00	98.00	96.00	± 2.64
Longitud extremidad inferior (D)	97.00	94.00	98.00	96.33	± 2.08

**Nota:** las longitudes se tomaron en ambas extremidades tanto izquierda (I), como derecha (D).

Estas longitudes permiten realizar un análisis biomecánico para determinar el ángulo formado entre la articulación del hombro y la posición central del agarre de la mano en la barra olímpica (Rogers, 2016) y de esta manera a posterior relacionarlos con los diferentes parámetros biomecánicos en estudio (tabla 6).

**Tabla 6:** Relación entre las longitudes de las extremidades y la longitud del agarre de la barra olímpica.

Parámetro	Categoría		
	Pre-juvenil	Juvenil	Senior
Ángulo hombro-posición centro de agarre	22	25	21
Longitud de agarre (cm)	97.00	86.00	99.00

La atleta juvenil a pesar de poseer la menos longitud del agarre y de extremidades inferiores y superiores, presenta el mayor ángulo en esta posición.

### Análisis intra sujetos de los parámetros biomecánicos de estudio

El análisis biomecánico de cada levantamiento en base a la carga ejecutada y según los parámetros establecidos en la metodología permitieron realizar un análisis individual por atleta de cada categoría estudiada. En la categoría pre-juvenil se observaron los siguientes resultados (tabla 7)

**Tabla 7:** Análisis biomecánico intra sujeto de la ejecución de la arrancada olímpica entre el 40 y 100% del RPM en la categoría pre-juvenil.

Parámetro	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	P
Porcentaje del RPM (%)	10	40.0	100.0	74.50	± 19.64	0.00*
Peso ejecutado (kg)	10	35.0	78.0	58.60	± 14.37	0.00*
V Max (m/s)	10	2.08	2.25	2.15	± 0.05	0.00*
H Max (m)	10	1.58	1.75	1.66	± 0.05	0.00*
Distancia de alejamiento de la vertical en la F6 (m)	10	0.13	0.19	0.15	± 0.02	0.00*
Temporalidad de ejecución (s)	10	1.27	1.38	1.32	± 0.03	0.00*
V Max fase 5 (m/s)	10	1.76	1.96	1.85	± 0.06	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 5 (s)	10	0.50	0.81	0.64	± 0.10	0.00*
V Max fase 6 (m/s)	10	2.00	2.17	2.08	± 0.05	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 6 (s)	10	0.81	0.97	0.89	± 0.05	0.00*
V Max fase 7 (m/s)	10	0.50	0.63	0.54	± 0.04	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 7 (s)	10	0.38	0.47	0.42	± 0.02	0.00*

Nota: (\*)  $P \leq 0.05$

Estadísticamente se determinó que existen diferencias significativas en un nivel de  $P \leq 0.05$ , entre todos los levantamientos realizados, y en relación a todos los parámetros biomecánicos observados, identificando que el concepto de variabilidad del movimiento se cumple, de igual manera se analizó con la categoría juvenil (tabla 8).

**Tabla 8:** Análisis biomecánico intra sujeto de la ejecución de la arrancada olímpica entre el 40 y 100% del RPM en la categoría juvenil.

Parámetro	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	P
Porcentaje del RPM (%)	10	40.0	100.0	74.50	± 19.64	0.00*
Peso ejecutado (kg)	10	40.0	95.0	71.10	± 18.22	0.00*
V Max (m/s)	10	2.67	2.95	2.78	± 0.09	0.00*
H Max (m)	10	1.40	1.55	1.47	± 0.05	0.00*
Distancia de alejamiento de la vertical en la F6 (m)	10	0.04	0.70	0.19	± 0.24	0.03*
Temporalidad de ejecución (s)	10	1.26	1.38	1.30	± 0.03	0.00*

V Max fase 5 (m/s)	10	1.88	2.03	1.94	± 0.05	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 5 (s)	10	0.38	0.43	0.40	± 0.02	0.00*
V Max fase 6 (m/s)	10	2.57	2.69	2.63	± 0.04	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 6 (s)	10	0.10	0.99	0.29	± 0.36	0.03*
V Max fase 7 (m/s)	10	0.63	0.71	0.67	± 0.03	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 7 (s)	10	0.31	0.36	0.33	± 0.02	0.00*

Nota: (\*)  $P \leq 0.05$

Al igual que en la categoría pre-juvenil se evidencia la existencia de diferencias significativas en un nivel de  $P \leq 0.05$ , determinando la variabilidad intra sujeto. Con la misma metodología se observó en la categoría senior los siguientes resultados (tabla 9).

**Tabla 9:** Análisis biomecánico intra sujeto de la ejecución de la arrancada olímpica entre el 40 y 100% del RPM en la categoría senior.

Parámetro	n	Mínimo	Máximo	Media	Desviación estándar	P
Porcentaje del RPM (%)	10	40.0	100.0	74.50	± 19.64	0.00*
Peso ejecutado (kg)	10	40.0	102.0	76.00	± 20.28	0.00*
V Max (m/s)	10	3.12	3.40	3.23	± 0.09	0.00*
H Max (m)	10	1.70	171.00	18.67	± 53.52	0.29**
Distancia de alejamiento de la vertical en la F6 (m)	10	0.07	0.18	0.12	± 0.04	0.00*
Temporalidad de ejecución (s)	10	1.39	1.52	1.44	± 0.05	0.00*
V Max fase 5 (m/s)	10	2.12	2.26	2.17	± 0.04	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 5 (s)	10	0.47	0.54	0.50	± 0.02	0.00*
V Max fase 6 (m/s)	10	2.64	2.79	2.71	± 0.06	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 6 (s)	10	0.47	0.65	0.56	± 0.08	0.00*
V Max fase 7 (m/s)	10	0.56	0.68	0.61	± 0.04	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 7 (s)	10	0.31	0.38	0.35	± 0.02	0.00*

Nota: (\*)  $P \leq 0.05$ ; (\*\*)  $P \geq 0.05$ .

En esta categoría se evidencia que a excepción del parámetro de altura máxima de la barra (Max), que no presenta diferencias significativas con un nivel de  $P \geq 0.05$ , todos los demás parámetros al igual que en la categoría pre-juvenil y juvenil, presenta diferencias significativas en un nivel de  $P \leq 0.05$ , determinando la existencia de variabilidad en la ejecución del movimiento con el aumento de la carga levantada.

### Análisis inter sujetos de los parámetros biomecánicos de estudio

El análisis inter sujetos permitió observar los siguientes resultados (tabla 10).

**Tabla 10:** Análisis inter sujetos de los parámetros biomecánicos de la ejecución de la arrancada olímpica

Parámetros	gl	Media	Desviación estándar	Sig.
V Max (m/s)	2	27.25	± 5.43	0.00*
H Max (m)	2	72.71	± 98.74	0.37**
Distancia de alejamiento de la vertical en la F6 (m)	2	0.16	± 0.04	0.52**
Temporalidad de ejecución (s)	2	13.58	± 0.73	0.00*
V Max fase 5 (m/s)	2	19.90	± 1.65	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 5 (s)	2	0.52	± 0.12	0.00*
V Max fase 6 (m/s)	2	24.76	± 3.44	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 6 (s)	2	0.58	± 0.30	0.00*
V Max fase 7 (m/s)	2	0.61	± 0.07	0.00*
Temporalidad de ejecución fase 7 (s)	2	0.37	± 0.05	0.00*

Nota: (\*)  $P \leq 0.05$ ; (\*\*)  $P \geq 0.05$

El análisis estadístico inter sujetos permitió evidenciar, que los parámetros de altura máxima (H Max) y distancia de alejamiento de la vertical en la fase 6, no presentan diferencias significativas en un nivel de  $P \geq 0.05$ , fenómeno que se puede justificar por la relación con la estatura del atleta y la técnica adaptada durante el proceso de enseñanza aprendizaje y estilo implementado por el entrenador en base a su experiencia. El resto de parámetros presentan diferencias significativas en un nivel de  $P \leq 0.05$ , lo cual evidencia la variabilidad inter sujetos de la ejecución de la técnica en esta modalidad.

Con el objetivo de determinar si el ángulo formado por la articulación del hombro y la posición central del agarre de la mano en la barra olímpica, inciden en la variabilidad inter sujetos, se realizó una comparación con cada parámetro biomecánico estudiado en relación a la media de ejecución de los levantamientos realizados (tabla 11).

**Tabla 11:** Análisis biomecánico de la relación ángulo hombro - muñeca inter sujetos con los parámetros biomecánicos medios de la ejecución de la arrancada olímpica en diferentes categorías.

Parámetro	n	Ángulo H-M	Pre-juvenil	Ángulo H-M	Juvenil	Ángulo H-M	Senior
V Max (m/s)	3	22	2.15	25	2.78	21	3.23
H Max (m)	3		1.66		1.47		1.86

Distancia de alejamiento de la vertical en la F6 (m)	3	0.15	0.19	0.12
Temporalidad de ejecución (s)	3	1.32	1.30	1.44
V Max fase 5 (m/s)	3	1.85	1.94	2.17
Temporalidad de ejecución fase 5 (s)	3	0.64	0.40	0.50
V Max fase 6 (m/s)	3	2.08	2.63	2.71
Temporalidad de ejecución fase 6 (s)	3	0.89	0.29	0.56
V Max fase 7 (m/s)	3	0.54	0.67	0.61
Temporalidad de ejecución fase 7 (s)	3	0.42	0.33	0.35

**Nota:** H-M articulación hombro-muñeca en la posición central del agarre en la barra.

El análisis permite evidenciar que al ángulo estudiado solo incide en la temporalidad de ejecución en las diferentes fases del movimiento, no obstante, este fenómeno no se evidencia en la velocidad de ejecución, ya que esto depende del desplazamiento que la barra debe recorrer y su alejamiento en relación a la vertical.

## Discusión

La investigación planteada se basó en analizar la técnica de ejecución de la modalidad de la arrancada olímpica en atletas súper pesadas de la rama femenina de diferentes categorías por edad, la variabilidad se analizó intra e inter sujetos y se observaron diferentes parámetros biomecánicos, entre estos la velocidad máxima de ejecución de todo el movimiento y en diferentes fases, los cuales coinciden con la investigación realizada por Campos et al., (2006), en el cual se analizaron diferentes variables cinemáticas en atletas mujeres de diferentes categorías de peso corporal, analizando las diferentes velocidades de ejecución en sus resultados entre el 50 y 100% de la arrancada olímpica, obteniendo resultados estadísticos para todos los parámetros en estudios en un valor de  $P \leq 0,05$ .

A nivel intra e inter sujetos, nuestra investigación determinó diferencias significativas en todos los parámetros de velocidad y temporalidad, resultados que se pueden comparar con el trabajo ejecutado por Kristiansen et al., (2019), en el cual se analizó la variabilidad intra e inter sujetos, de manera cinemática de los parámetros de velocidad y temporalidad de la técnica de ejecución de la sentadilla por detrás en atletas de diferentes categorías de peso corporal, en la aplicación de

cargas entre el 80 y 100% de su RPM, obteniendo como resultados una variabilidad en todo sentido en un nivel de  $P \leq 0.001$ .

De igual manera a nivel intra e inter sujetos se pueden comparar con los resultados planteados en el análisis de la cargada olímpica, realizado por Lindsay et al., (2020), en el cual se analizó los parámetros de velocidad, temporalidad y distancia de alejamiento de la vertical en la fase 6 considerada como segundo halón, en la cual se determinó la existencia de diferencias significativas en un nivel de  $P \leq 0,05$ , en levantamientos realizados entre el 80 y 90% del RPM de los diferentes atletas en estudio, además de evidenciar que en relación al parámetro de la altura máxima (H Max) no se evidencian estas diferencias.

En base a los resultados de la relación entre el ángulo formado por la articulación del hombro y la posición central del agarre de la mano en la barra olímpica, el cual se analizó para determinar que el perfil antropométrico del atleta incide en la variabilidad de la temporalidad de la ejecución técnica del movimiento, resultados que se pueden comparar con el análisis realizado por Troy Caldwell et al., (2015), en el cual se observó que en relación a la arrancada y cargada olímpica, los ángulos formados por las diferentes articulaciones y la posición de la muñeca en la barra olímpica y la plataforma, inciden directamente en la temporalidad de ejecución por fases y en algunos casos inter sujetos en su velocidad y aceleración, datos analizados estadísticamente con la aplicación de la prueba ANOVA de un factor, que determinó que entre la aplicación de la carga entre el 60 y 80% existen diferencias significativas en un nivel de  $P \leq 0.05$ .

## **Conclusión**

Los resultados de la investigación demostraron que existe una variabilidad en la ejecución de la arrancada olímpica intra e inter sujetos, sobre todo en los parámetros biomecánicos de distancia de alejamiento de la vertical en la F6, velocidad máxima en todo el movimiento y por fases, además del parámetro de temporalidad de ejecución por fases, el presenta incidencia en relación al ángulo formado por la articulación del hombro y la posición central del agarre de la mano en la barra olímpica, que determina que a mayor ángulo menor temporalidad.



## Referencias

1. Acero, J. (2015). Antropometría biomecánica: codificación vertical de macro-índices corporales. Argentina: Grupo Sobre entrenamiento. Recuperado de <https://gse.com/antropometria-biomecanica-codificacion-vertical-de-macro-indicescorporales-bp-K57cfb26d59295>
2. Andújar Gutiérrez, J. J., López Del Amo, J. L., & Evrard, M. M. (2014). Caracterización del tiempo de vuelo en relación con variables biomecánicas del tirón en la arrancada de halterofilia. *Apunts. Educacion Fisica y Deportes*, 118, 68–78. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2014/4\).118.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2014/4).118.07)
3. Antoniuk, O., Vynogradskyi, B., Pavlyuk, O., Chopyk, T., Pavlyuk, Y., & Soltyk, O. (2017). Peculiarities of barbell motion trajectory during snatch lift of elite female weightlifters. *Journal of Physical Education and Sport*, 17(1), 402–406. <https://doi.org/10.7752/jpes.2017.01059>
4. Barrero-Malagón, D. Y., & Suárez-Collazos, L. J. (2019). Análisis dinámico comparativo del efecto de la técnica del movimiento del snatch sobre la articulación de la rodilla. *Revista UIS Ingenierías*, 18(2), 131–138. <https://doi.org/10.18273/revuin.v18n2-2019012>
5. Caballero, C., Barbado, D., & Moreno, F. J. (2014). Non-Linear Tools and Methodological Concerns Measuring Human Movement Variability: an Overview. *European Journal of Human Movement*, 32, 61–81.
6. Campos Granell, J., & Rabadé Espinosa, J. (2009). Análisis cinemático de la trayectoria de la barra en la Arrancada y su relación con el rendimiento. *Apunts - Educación Física y Deportes*, 2(96), 59–65.
7. Čoh, M., & Kugovnik, O. (2011). Variability of Biomechanical Parameters in the Triple Jump Technique – a Case Study. *Sportlogia*, 7(2), 113–121. <https://doi.org/10.5550/sgia.110702.en.113c>
8. Cuevas, A. V., Javier, F., & Hernández, M. (n.d.). Trabajo Fin de " Máster Universitario en.

9. Dyachenko, N., & Davila, L. (2012). Prevention of varicose illness of lower extremities among the power lifters. *Uchenye Zapiski Universiteta Imeni P.F. Lesgafta*, 7(89), 54–57. <https://doi.org/10.5930/issn.1994-4683.2012.07.89.p54-57>
10. Glazier, P. S., & Mehdizadeh, S. (2019). Challenging Conventional Paradigms in Applied Sports Biomechanics Research. *Sports Medicine*, 49(2), 171–176. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-1030-1>
11. Kipp, K. (2020). Relative importance of lower extremity net joint moments in relation to bar velocity and acceleration in weightlifting. *Sports Biomechanics*, 00(00), 1–13. <https://doi.org/10.1080/14763141.2020.1718196>
12. Kristiansen, M., Rasmussen, G. H. F., Sloth, M. E., & Voigt, M. (2019). Inter- and intra-individual variability in the kinematics of the back squat. *Human Movement Science*, 67(January), 102510. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2019.102510>
13. Lindsay, R. S., Oldham, A. R. H., Drinkwater, E. J., Spittle, M., & Storey, A. G. (2020). Effects of personalised motor imagery on the development of a complex weightlifting movement. *International Journal of Sport and Exercise Psychology*, 0(0), 1–22. <https://doi.org/10.1080/1612197X.2020.1817124>
14. Qin, J., Lin, J. H., Faber, G. S., Buchholz, B., & Xu, X. (2014). Upper extremity kinematic and kinetic adaptations during a fatiguing repetitive task. *Journal of Electromyography and Kinesiology*, 24(3), 404–411. <https://doi.org/10.1016/j.jelekin.2014.02.001>
15. Rodríguez-Zárate, N., Argothy-Bucheli, R., Acero-Jáuregui, J., Gomez-Sálazar, L., Menzel, H., & Cohen, D. (2018). Lineamientos de Política Publica en Ciencias del Deporte en Biomecánica.
16. Rogers, H. C. (2016). Effects of Fat Gripz™ Training by Female University Students, Faculty and Staff Members on Hand Grip Strength and Maximal Deadlift. June, 178.
17. Troy Caldwell, J., Troy, J., comparisons, B., Jacob Caldwell, B. T., Moreno, A., Mark Peterson, C. D., McGregor, S. J., & Lindsay, T. R. (2015). DigitalCommons@EMU Biomechanical comparisons of the power clean and power hang clean exercises at different relative intensities Recommended Citation Biomechanical Comparisons of the Power Clean and Power Hang Clean Exercises at Different Relative Intensities. <http://commons.emich.edu/theses/637>

18. Velandia, R. A., Sánchez, J. F., Cardona, M. G., Andrade, L. H., & Silva, J. G. (2009). Imagen portada: Left ventriculography during systole showing apical ballooning akinesis with basal hyperkinesis in a characteristic takotsubo ventricle.
19. Wagner, H., Pfusterschmied, J., Klous, M., von Duvillard, S. P., & Müller, E. (2012). Movement variability and skill level of various throwing techniques. *Human Movement Science*, 31(1), 78–90. <https://doi.org/10.1016/j.humov.2011.05.005>
20. Warmenhoven, J., Copley, S., Draper, C., Harrison, A., Bargary, N., & Smith, R. (2019). Considerations for the use of functional principal components analysis in sports biomechanics: examples from on-water rowing. *Sports Biomechanics*, 18(3), 317–341. <https://doi.org/10.1080/14763141.2017.1392594>

© 2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>)