

## ESTUDIO BIOMECÁNICO DEL ARRANQUE EN UN PESISTA MASCULINO. ESTUDIO DE CASO

Lic. Karel Duarte Cepeda.

Escuela de Iniciación Deportiva EIDE prov. “Lino Salabarría Pupo. Sancti Spíritus. Cuba. Email: [kaduartecepeda@gmail.com](mailto:kaduartecepeda@gmail.com) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2539-335X>

MSc. Rosario Geysa Cañizares Arteaga.

Universidad de Sancti Spíritus “José Martí Pérez”. Facultad de Cultura Física. Cuba. Email: [rosariog@uniss.edu.cu](mailto:rosariog@uniss.edu.cu) ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1564-4311>

### Resumen

Con el descenso en los resultados deportivos de los levantadores de pesas espirituanos, categoría escolar, causado por bajo porcentaje de realización de los intentos en los levantamientos del arranque principalmente (según la opinión de los entrenadores); es que se decide realizar esta investigación, la cual tiene como finalidad realizar un diagnóstico del comportamiento de las características biomecánicas cinemáticas presentes en la ejecución del arranque, de un atleta que se encuentra en su segundo año de la categoría 15-16 y está cursando el décimo grado en la EIDE “Lino Salabarría Pupo” de la provincia de Sancti Spíritus, teniendo en cuenta los indicadores de posición inicial, impulso final, desliz con apoyo y trayectoria. El estudio se hace en la etapa de preparación general y la ejecución de la acción se registró utilizando la técnica de videografía, el procesamiento de datos se realizó con el programa para el análisis del movimiento humano “Kinovea” en su versión 0.8.15, el mismo se complementó con el criterio de los entrenadores y atletas. El análisis permitió valorar desde el punto de vista biomecánico los errores cometidos por el atleta en la ejecución de la técnica estudiada y se arribaron a conclusiones prácticas que servirán de guía a entrenadores y atletas de esta disciplina para el ajuste del plan de entrenamiento con el fin de lograr los resultados esperados.

**Palabras clave:** arranque; biomecánicas; levantador de pesa.

### Introducción

Los orígenes del levantamiento de pesas son tan viejos como el hombre mismo, y se remontan a los tiempos en que éste, como parte de su vida diaria, levantaba y trasladaba diferentes tipos de cargas, tales como rocas, troncos de árboles, animales que cazaba u otros objetos similares. La práctica organizada del levantamiento de pesas comenzó en la segunda mitad del siglo XIX. Por esta época se efectuaron las primeras competencias de carácter nacional e internacional. El primer campeonato mundial fue celebrado en Londres, el 28 de marzo de 1891. Desde 1967 el levantamiento de pesas se incluye en el programa de los Juegos Deportivos Escolares Nacionales (JENAR), lo que ha sido primordial para la obtención de los resultados a nivel internacional, pues al conformarse desde la base una estructura competitiva con objetivos

definidos, ha permitido la formación de atletas y posteriormente su tránsito a los equipos nacionales.

El análisis cinemático es una de los procedimientos biomecánicos más utilizados en el estudio del desempeño individual de los pesistas. El análisis de la estructura cinemática del arranque se centra en la determinación de los desplazamientos de los diferentes segmentos del cuerpo durante el levantamiento, así como las diferentes velocidades y aceleraciones de la palanqueta, con el objetivo de crear, mantener o modificar estructuras de movimiento. Lo cual brinda una mayor información objetiva basada en indicadores (cinemáticos) que pueden ser comparados con patrones ya establecidos o con la actuación de los mejores deportistas tomados como patrón.

Los primeros estudios de rigor sobre la técnica se recogen en los manuales de la década del 50 del pasado siglo: Luchkin (1956); Bozkov (1959) y otros citados por Herrera (1987), donde ya la trayectoria de la palanqueta desempeñaba un importante papel. El Arranque requiere mayor preparación técnica, se divide en una secuencia de fases que en su conjunto garantizan el resultado del atleta. Su técnica es definida como la óptima coordinación de varios movimientos de las extremidades superiores e inferiores al levantar un máximo peso.

Según Cuervo y González (1990), el arranque consiste en levantar la palanqueta en un solo procedimiento, desde la plataforma hasta la completa extensión de los brazos sobre la cabeza. Siendo identificadas, por Cuervo y col. (2005) y el Programa Integral de Preparación del Deportista de Levantamiento de Pesas (INDER, 2013), en la ejecución de este gesto deportivo las siguientes fases:

1. Adopción de la posición inicial del arranque
2. Arrancada.
3. Separación de la palanqueta desde la plataforma.
4. Impulso previo.
5. Amortiguación e inicio del impulso final.
6. Impulso final.
7. Desliz sin apoyo.
8. Desliz con apoyo.
9. Recuperación.
10. Fijación

El levantamiento de pesas en la provincia de Sancti Spíritus históricamente no ha ocupado los mejores lugares del país en las categorías escolares, en 2004 los resultados se acrecientan y se mantienen así hasta el 2011, pero en el año 2012 ocurre nuevamente un descenso de estos. En el retroceso experimentado por los levantadores de pesas de Sancti Spíritus, fundamentalmente en la categoría 15-16 años masculino, que desde el 2004 al 2011 habían alcanzado lugares destacados han influido múltiples causas, entre ellas, en el caso del sexo masculino se presentan dificultades en la técnica de los ejercicios clásicos en especial en la técnica del arranque, donde

la puntuación en los juegos escolares nacionales ha sido baja influyendo en el resultado general y por ende afectando un mejor resultado deportivo.

En entrevistas realizadas a los entrenadores y directivos del levantamiento de pesas en la provincia de Sancti Spíritus se pudo constatar que existe poca utilización de la ciencia y la técnica en función del deporte y muestra de ello son las pocas investigaciones realizadas en donde se aplique la biomecánica.

Aunque cada día se ven con más interés las investigaciones en este campo por su aporte al perfeccionamiento de la ejecución de la técnica deportiva. Teniendo en cuenta esto, los entrenadores de levantamiento de pesas de la provincia de Sancti Spíritus han solicitado que se haga un estudio biomecánico a un atleta de la división de 73kg, que se encuentra en la etapa de especialización en su aprendizaje técnico y caracterizado como cantera del alto rendimiento, debido a que los entrenadores, sobre la base de su experiencia y las observaciones directas y videográficas, identificaron errores presentados por el atleta de esta categoría, en la ejecución de la técnica de esta modalidad, dentro de los que se encuentran: trayectoria recta de la barra, no realiza la amortiguación correctamente y no desplaza los pies correctamente, pero este control de tipo cualitativo es insuficiente para hacer un juicio objetivo de las deficiencias detectadas.

La investigación se estructuró en las etapas siguientes:

- Etapa de búsqueda de los fundamentos teóricos que sustentan la ejecución del movimiento técnico del ejercicio clásico de arranque en Levantamiento de Pesas. Asumiéndose en este caso los postulados fundamentados en las investigaciones de Druzhinin (1959) Lukashov (1972) y Roman (1986), utilizados actualmente por la comisión nacional de levantamiento de pesas, los cuales se encuentran descritos en los Programas de Preparación para el Deportista de Pesas, coincidentes con Gourgoulis y col. (2000), Martínez (2006), Zissu (2009) y Coz (2011).
- Determinación de las variables de estudio. En este punto se determinaron un grupo de características biocinemáticas espaciales, temporales y espacio – temporales, que caracterizan la estructura del movimiento durante la ejecución del Arranque.

Asumiendo para el estudio las fases siguientes:

- Posición inicial.
- Impulso final.
- Desliz sin apoyo
- Desliz con apoyo.

Evaluando dentro de las características cinemáticas espaciales:

- Ángulos articulares
- Alturas o desplazamientos verticales de la palanqueta.
- Desplazamientos horizontales de la palanqueta.
- Trayectoria de la barra

En las características temporales:

- Tiempo del movimiento de la palanqueta en cada una de las fases.
- Ritmo del movimiento entre las diferentes fases del Halón y desliz.

Y en los espacios temporales.

- Velocidad vertical de la palanqueta durante las fases del Halón

Definiendo el modelo determinístico a emplear como referencia para la realización del análisis biomecánico cualitativo y cuantitativo en la población objeto de estudio. Estos indicadores, analizados en el pesista, se comparan con el modelo asumido en la investigación que es el que rige la enseñanza de la técnica en estos atletas. En cuanto a las características espaciales (ángulos articulares) el modelo a comparar es de los estudios realizados a campeones olímpicos por diferentes autores, además del estudio realizado a levantadores latinoamericanos (72 atletas) por Mihai Zissu Boldur, Xavier Aguado Jodár, Javier González Gallego.

➤ Etapa de filmación, edición y digitalización de las imágenes. Filmación de la técnica de ejecución del arranque, para lo cual se utilizó: una cámara Sony digital con velocidad de filmación de 30 cuadros/s, disco de almacenamiento de 8 Gb, donde se obtuvieron y analizaron las imágenes de las ejecuciones técnicas del arranque realizadas por el atleta. Las imágenes del arranque se obtuvieron dentro del gimnasio de pesas de la EIDE provincial la cual reúne las condiciones de espacio e iluminación necesaria.

➤ Etapa de análisis cinemático de la ejecución de la técnica del arranque del caso estudio de los intentos ejecutados por el atleta, se tomó el mejor realizado.

El análisis cuantitativo se realizó con apoyo del software Kinovea, en su versión 0.8.15 para cuantificar las características biomecánicas presentes en la ejecución técnica del arranque.

En el desarrollo de la investigación se utilizaron diferentes métodos, tanto del nivel teórico como del empírico, entre ellos tenemos:

Métodos teóricos:

- Analítico-sintético: para la valoración de la información recopilada y el estudio de diferentes criterios planteados por autores que se han referido al tema en cuestión, aspecto indispensable para la fundamentación teórica de la investigación.
- Inductivo- deductivo: como vía para precisar las tendencias predominantes en la formación de los atletas de levantamiento de pesas; también permitió precisar el marco conceptual acerca de los elementos didácticos de la técnica en cuestión que están presentes especialmente al inferir las características de la fase objeto de estudio, a partir de los datos empíricos que arrojan otros métodos aplicados.
- Histórico-lógico: se utilizó en la búsqueda de los antecedentes del evento en cuestión y para delimitar las leyes generales presentes en el desarrollo y funcionamiento del fenómeno estudiado.
- Modelado: está presente en los esquemas de posturas representativos de las fases en estudio y en la representación mental del movimiento corroborado por toda la teoría declarada en la fundamentación teórica.

Métodos empíricos:

- La observación: simple no participante, sobre la base de una guía estructurada al efecto, como forma de orientar la apreciación hacia el objeto de estudio, para valorar la ejecución del movimiento de arranque del atleta unidad de estudio y en apoyo de la filmación.

La medición: de las características biomecánicas espaciales, temporales y espacio – temporales, empleando el programa de análisis del movimiento Kinovea, en su versión 0.8.15.

Análisis de los resultados

Los resultados del análisis cualitativo y cuantitativo realizado al comportamiento de las características biomecánicas cinemáticas en estudio, presentes en el movimiento de arranque a partir de la aplicación de los métodos y técnicas de investigación declarados anteriormente reflejan errores y deficiencias en la ejecución de los movimientos de la modalidad en cuestión.

Con la intención de evaluar el comportamiento de las características biomecánicas cinemáticas del arranque en el atleta en estudio, se efectuaron varios movimientos de arranque, de los que se consideró la mejor ejecución realizada por el atleta para realizar el análisis.

Sobre la base de la literatura especializada consultada, se consideró un rango recomendable de amplitud en los ángulos de la cadera y de la rodilla para poder comparar y evaluar al caso en estudio, obteniéndose los resultados que a continuación se presentan:

Posición Inicial: ángulos rodilla y caderas



**Figura 1: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)**

En la figura 1 se aprecia que el atleta en estudio, al adoptar la posición Inicial para ejecutar el arranque, el ángulo de la cadera es de  $46^\circ$  de amplitud el mismo se encuentra en el rango recomendable según la literatura consultada que es de  $40-50^\circ$  de amplitud, mientras que el ángulo de la rodilla de un rango recomendable de  $70-80^\circ$ , el atleta está a un  $86^\circ$  de amplitud mucho mayor de lo que se recomienda, el atleta al adoptar la posición inicial del ejercicio coloca la cadera relativamente más alta de lo recomendable, esto provoca que los hombros del atleta estén muy por delante de la barra.

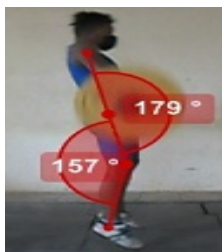
Impulso final: ángulos rodilla y caderas



**Figura 2: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)**

En la figura 2 se aprecia que el atleta en estudio, en el inicio del impulso final, el ángulo de la cadera es de  $107^\circ$  de amplitud el mismo se encuentra  $2^\circ$  por debajo del en el rango recomendable según la literatura consultada que es de  $109-119^\circ$  de amplitud, el atleta en el inicio del impulso final se observa una extensión insuficiente de tronco producto de poca hiperactividad de los músculos de la espalda. En el ángulo de la rodilla de un rango recomendable de  $130-140^\circ$ , el atleta está a un  $134^\circ$  de amplitud, el mismo se encuentra en el rango recomendable.

Desliz sin apoyo: ángulos rodilla y caderas



**Figura 3: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)**

En la figura 3 se aprecia al atleta en estudio en el final del impulso final, donde comienza el desliz sin apoyo, es donde más deficiencias presenta el atleta en estudio. En el ángulo de la cadera tiene una amplitud de 179°, el mismo se encuentra 4° por encima del en el rango recomendable según la literatura consultada que es de 165-175° de amplitud, el atleta realiza un trabajo prolongado del tronco producto de hiperactividad de los músculos de la espalda, desaprovechando las potencialidades de la fuerza que brinda esta fase del levantamiento. En cuanto al ángulo de la rodilla se observa que la amplitud es de 157° se encuentra 4° por debajo de lo recomendable que es de 161 - 171° de amplitud, el atleta presenta una insuficiente extensión de las piernas producto del bajo aprovechamiento de la fuerza resultante en el plano vertical, la pobre extensión de las rodillas dificulta la correcta ejecución del ejercicio en esta fase. Este error puede crear un hábito motor inapropiado, lo que le traería problemas para el futuro donde el atleta debe levantar pesos más altos.

Desliz con apoyo: ángulos rodilla y caderas



**Figura 4: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)**

En la figura 4 se aprecia que el atleta en estudio, en el desliz con apoyo, el ángulo de la cadera es de 55° de amplitud el mismo se encuentra en el rango recomendable según la literatura consultada que es de 50-60° de amplitud. En el ángulo de la rodilla de un rango recomendable de 20 - 30°, el atleta está a un 47° de amplitud muy por encima de lo recomendable producto de que el atleta desaprovecha del desliz profundo, cosa que pudiera profundizar un poco más en la flexión de las piernas, pudiendo llevarlo hasta los rangos recomendables ya que el atleta no presenta ninguna limitación física para hacer el desliz profundo.

En la siguiente tabla, se muestra un resumen de los errores cometidos por el atleta y las causas que los originan. Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)

Tabla 1:

INDICADORES	A Rodilla		A Cadera	
	error	causa	error	causa
PI	Hombros muy adelantados	86° cadera muy alta en la PI	-	-

IF	-	-	Extensión insuficiente de tronco	104 <sup>0</sup> Poca Hiperactividad de los músculos de la espalda
D s/A	Extensión insuficiente de piernas	157 <sup>0</sup> Bajo aprovechamiento de la fza	Trabajo prolongado del Tronco	179 <sup>0</sup> Hiperactividad de los músculos de la espalda
D c/A	47 <sup>0</sup>	Bajo aprovechamiento del desliz	-	-

Ejecución de las Fases de Halón en el ejercicio de arranque por el atleta estudiado

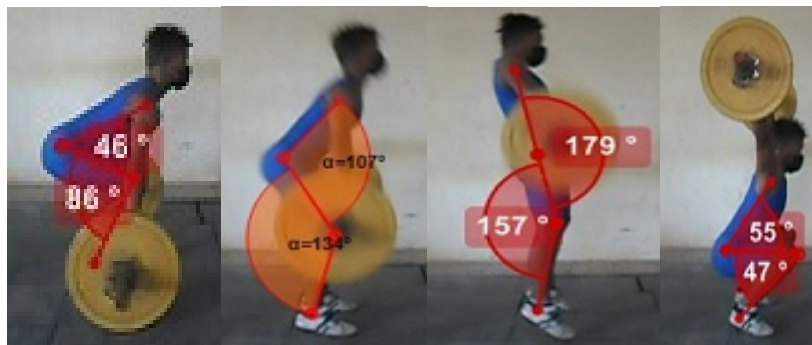


Figura 5: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)

Cuando se realiza el análisis detallado de las distintas y sucesivas fases del levantamiento en la ejecución del atleta estudiado (Fig. 5) se aprecia el desempeño técnico individual y los errores presentes por deficiencias, que pueden estar dados por déficit en la preparación física o por insuficiente dominio de la técnica correcta.

Considerando los ángulos del tronco, rodillas en la fase de arrancada se puede afirmar que el atleta presenta una arrancada estática. En esta fase no se presentan dificultades significativas apreciables, aunque tiene la cadera muy alta para el arranque del movimiento. Los errores angulares observados en la fase de impulso final en esta fase pueden afectar negativamente la transmisión del impulso a la siguiente fase.

A partir de esta posición se puede iniciar efectivamente la siguiente fase del Halón. Esta se inicia cuando la barra se encuentra en la parte media del muslo y es crucial para un levantamiento efectivo. Es la que permite que sean alcanzadas la máxima fuerza y velocidad del implemento. Como se plantea en el modelo asumido en la Fase de impulso final el pico de tensión, la tasa de desarrollo de la fuerza, la potencia y la velocidad de la barra deben alcanzar sus mayores valores.

El atleta objeto de estudio realiza una pobre flexión plantar debido a un comportamiento inadecuado de la postura durante la fase; el mayor trabajo lo realizan los músculos de la cadena extensora del tronco y no las piernas. Todo esto provoca que se afecten los valores de fuerza, potencia y velocidad de la barra, a la vez que representa una sobrecarga a la musculatura paravertebral con potencial peligro de lesión.

Trayectoria de la barra:

Movimiento de la palanqueta horizontal

Atleta estudiomodelo

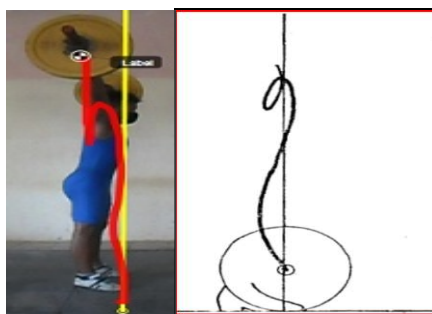


Figura 6: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)

Lo más significativo a destacar en el arranque del atleta es la trayectoria de la palanqueta, en comparación con el modelo asumido. El la describe casi en línea recta hacia arriba, error que se manifiesta desde la ejecución del impulso previo donde el atleta debió levantar la palanqueta en dirección arriba y atrás es decir hacia las rodillas, y persiste hasta la terminación impulso final.

Desplazamiento horizontal de la palanqueta durante el movimiento en las curvaturas de la Trayectoria en las fases del Halón y deslíz.

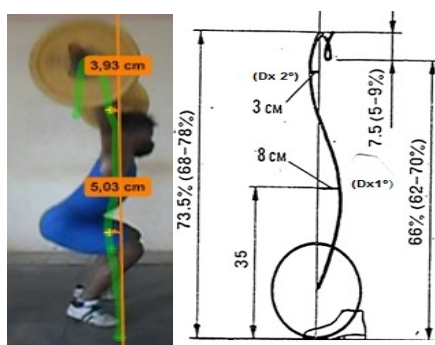


Figura 7: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)

Como se puede apreciar el atleta en estudio no realiza la trayectoria de la palanqueta, en comparación con el modelo asumido, el desplazamiento horizontal de la palanqueta durante el movimiento en las curvaturas de la trayectoria en las fases del Halón no se asemejan a la racional, en la primera curvatura solo entro 5,03 cm de 8cm y continua por dentro la trayectoria no llega a salir para la segunda curvatura, la cual la ejecuta por dentro ya que el atleta desplaza el cuerpo en el movimiento hacia detrás, este error con pesos superiores puede provocar que se falle el movimiento .

Comparación de distancia recorrida en impulso previo y en el impulso final, tiempo transcurrido y velocidad de ejecución del atleta en estudio con los modelos establecidos para la investigación.

### Impulso previo

	DISTANCIA (m)	TIEMPO(s)	VELOCIDAD (m/s)
CAMPEÓNOLÍMPICO(WB)	0.50	0.85	1,72
ATLETAS LATINOS	0,63	0,43	1,63
<b>ATLETA EN ESTUDIO</b>	<b>0,44</b>	<b>0,63</b>	<b>1,63</b>

TABLA 2: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)

En la tabla 2 se muestra la comparación del atleta con los modelos asumidos para la investigación, en cuanto a distancia recorrida, tiempo transcurrido y velocidad durante el impulso previo. En esta comparación se aprecia que el atleta en estudio recorre menos distancia que los atletas latinoamericanos y que los campeones olímpicos, en cuanto al tiempo se encuentra entre los dos parámetros tomados y en la velocidad es igual a la media de los atletas latinos.

### Impulso final

	DISTANCIA (m)	TIEMPO(s)	VELOCIDAD (m/s)
CAMPEÓNOLÍMPICO	1,00	0,52	1,92
ATLETAS LATINOS	0,94	0,16	1,81
<b>ATLETA EN ESTUDIO</b>	<b>1,06</b>	<b>0,94</b>	<b>2,3</b>

TABLA 3: Elaborado por Duarte Cepeda K. (2021)

En la tabla 3 se muestra la comparación del atleta con los modelos asumidos para la investigación, en cuanto a distancia recorrida, tiempo transcurrido y velocidad durante el impulso final. En esta comparación se aprecia que el atleta en estudio recorre más distancia que los atletas latinoamericanos y que los campeones olímpicos, en cuanto al tiempo trascendido es superior ya que recorre más distancia en esta fase y tiene que imprimir más velocidad para que la barra alcance la altura máxima para poder realizar el desliz.

### **Conclusiones**

El estudio detallado de la técnica en cualquier deporte en general, y en lo particular el movimiento del arranque, permite conocer cómo se manifiestan las diferentes características biomecánicas, y su repercusión en la ejecución de los movimientos en cada una de las fases, además se exponen las principales dificultades técnicas presentadas en la destreza evaluada y cómo proceder para resolverlas.

El uso del software Kinovea, utilizado para el análisis de los movimientos, permitió estudiar el comportamiento de diferentes características biomecánicas presentes en la ejecución movimiento de arranque, pudiéndose obtener, tratar y exponer la información, que luego es usada en la planificación y control del complejo proceso de entrenamiento deportivo.

En el análisis realizado se pudo apreciar que la trayectoria descrita por la barra en el levantamiento del atleta en estudio, no coincide con la trayectoria racional, se detectaron los

errores más significativos cometidos por el atleta, la causa fundamental de estos errores está condicionado por la elevada actividad de los músculos de la espalda y el bajo aprovechamiento del desliz.

## **Bibliografía**

- Beltran, S.; Zissu, M.; y Altuve, H. (2005). *Análisis de las características cinemáticas en la ejecución del halón de la modalidad arranque en atletas del sexo femenino en los J. N. D. "Andes 2005"*. Venezuela: Instituto Nacional de Deportes.
- Cañizares, R. (2011). *Análisis biomecánico cinemático de la carrera de los 400 metros con vallas en un estudio de caso de la categoría cadete de la provincia de Sancti Spiritus*. Tesis en opción al título académico de Master en Ciencias en Biomecánica Deportiva y del Movimiento Humano. La Habana.
- Colectivo de Autores. (2013). *PIPD*. La Habana: Comisión Nacional de Levantamiento de Pesas.
- Coz, E. (2011). *Estudio de la técnica de arranque, período de Halón, en levantadores de pesas escolares y juveniles de Matanzas*. Tesis de Maestría. La Habana: UCCFD.
- Cuervo, P. C., Fernández G. F, Valdés A. R. (2005) *Pesas Aplicadas*. Ciudad de la Habana: Ed. Deportes.
- Cuervo, C. y González, A. (1990). *Levantamiento de Pesas. Deporte de Fuerza*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Herrera, C. A. (1987, 1993). *Levantamiento de Pesas. Deficiencias técnicas*. . La Habana Cuba: Editorial Científico Técnica
- Lucachov, A. (1972) *Analisis tejniki vipolnenia ribok tiancholatletami visokii Kalifikasi Moscú: Avtoreferat*.
- Oliva R. A. y otros (2017). *Análisis biocinemático de la ejecución del arranque en levantadoras de pesas escolares de Granma*. OLIMPIA. Revista de la Facultad de Cultura Física de la Universidad de Granma. Vol.14 No.42, enero-marzo 2017. ISSN: 1817-9088. RNPS: 2067.
- Róman, R. A. (1986) *Entrenamiento del levantador de pesas*. Moscú, Cultura Física y Deportes. 1986 (traducción del CINID del INDER)
- Zissu M. B, Aguado X. J. y Gallego J. G. (2007). *Biomecánica del arranque en el levantamiento de pesas (novedades en la Mecánica del levantamiento de Pesas - Modalidad arranque, en sujetos latinoamericanos)*.
- Zissu, M. (2009). *Biomecánica del arranque en el levantamiento de pesas*. Tesis de Doctorado. España: Universidad de León.