



# ***CONTROL BIOMÉDICO*** del entrenamiento deportivo



***GRUPO DE MEDICINA DEPORTIVA Y***  
Ciencias aplicadas al deporte



**Universidad  
Pontificia  
Bolivariana**

© Indeportes Antioquia  
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana  
Vigilada Mineducación

**Control biomédico del entrenamiento deportivo**

ISBN: 978-958-764-770-9

ISBN: 978-958-764-778-5 (versión digital)

DOI: <http://doi.org/10.18566/978-958-764-778-5>

Primera edición, 2019

**Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:**

Mons. Ricardo Tobón Restrepo

**Rector General:**

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

**Vicerrector Académico:**

Álvaro Gómez Fernández

**Editor:**

Juan Carlos Rodas Montoya

**Compilador:**

Felipe Eduardo Marino Isaza

**Coordinación de Producción:**

Ana Milena Gómez Correa

**Diseño y Diagramación:**

Mauricio Morales Castrillón

**Corrección de Estilo:**

Delio David Arango

**Fotografía:**

Rodrigo Mora Quiroz - Indeportes Antioquia

**Dirección Editorial:**

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: [editorial@upb.edu.co](mailto:editorial@upb.edu.co)

[www.upb.edu.co](http://www.upb.edu.co)

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1575-08-05-17

*Prohibida la reproducción total o parcial, en cualquier medio o para cualquier propósito sin la autorización escrita de la Editorial Universidad Pontificia Bolivariana y de Indeportes Antioquia.*

## **JUNTA DIRECTIVA INDEPORTES ANTIOQUIA**

Luis Pérez Gutiérrez  
*Gobernador*

Baltazar Medina  
*Presidente Comité Olímpico Colombiano  
Representante de Coldeportes*

Néstor David Restrepo Bonnett  
*Secretario de Educación Departamental  
Representante del Sector Educativo*

Henry Palacios Valencia  
*Gerente Inder Apartadó  
Representante de los entes deportivos municipales*

Héctor Alonso Monroy Escudero  
*Director Ejecutivo Liga Antioqueña de Tenis de Campo  
Representante de las Ligas Deportivas de Antioquia*

Lisana Sofía Sánchez Ledesma  
*Gerente de Indeportes Antioquia  
Invitada*

Mariola González Villa  
*Jefe Oficina Jurídica Indeportes Antioquia  
Secretaria*

## **COMITÉ DE GERENCIA**

Lisana Sofía Sánchez Ledesma  
*Gerente de Indeportes Antioquia*

William de Jesús Moncada Ospina  
*Subgerencia de Fomento y Desarrollo Deportivo*

Alpidio Betancur Zuluaga  
*Subgerencia Administrativo y Financiero*

Luis Eduardo Cuervo Tafur  
*Subgerencia de Deporte Asociado y Altos Logros*

Catalina Pérez Zabala  
*Asesora de Gerencia*

Lina María Galeano Zapata  
*Oficina de Talento Humano*

Óscar Mario Cardona Arenas  
*Oficina de Medicina Deportiva*

Lucrecia Londoño Builes  
*Oficina de Control Interno*

Álvaro Alonso Villada García  
*Oficina de Sistemas y Apoyo Financiero*

Fredy Rodríguez Agudelo  
*Oficina Asesora de Planeación*

Diana Milena Jaramillo Pérez  
*Oficina Asesora de Comunicaciones*

Mariola González Villa  
*Oficina Jurídica*

# CON TROL

**BIOMÉDICO  
DEL ENTRENAMIENTO  
EN LEVANTAMIENTO DE PESAS**



Control biomédico

## **DEL ENTRENAMIENTO** en levantamiento de pesas

*Luis Eduardo Contreras Vergara, MD. Esp.*

### Generalidades del **LEVANTAMIENTO DE PESAS**

**E**ste deporte es regido en el mundo por la Federación Internacional de Levantamiento de Pesas (IWF, por sus siglas en inglés), que es la asociación de las federaciones nacionales de esta disciplina. La IWF es una institución internacional no gubernamental sin fines lucrativos, con sede en Budapest (Hungría). Fue fundada en 1905 y agrupa en el año 2019 a 192 federaciones nacionales de 5 continentes.

En el levantamiento de pesas se realizan dos movimientos competitivos: el arranque y el envión. La suma de los pesos cargados en cada movimiento constituye el total. En algunos torneos se premian el arranque, el envión y el total, en tanto que en otros, como los Juegos Olímpicos, solo se premia el total.

En el arranque la barra se levanta en un solo movimiento, desde el piso hasta una posición por encima de la cabeza con los brazos extendidos. En el envión la barra primero se carga desde el piso hasta la altura de los hombros (esta fase se conoce como cargada) y luego es empujada hasta la posición final, por encima de la cabeza (también con los brazos extendidos). La duración del esfuerzo, desde el comienzo del primer halón hasta que el juez indica que el movimiento fue exitoso, oscila entre tres y cinco segundos para el caso del arranque, y entre ocho y doce segundos en el envión.

Para comparar y hacer un *ránking* de los atletas de diferente peso de cada sexo con base en sus resultados levantados en el total, la IWF utiliza los coeficientes de Sinclair, los cuales son derivados estadísticamente y calculados para cada ciclo olímpico (para cuatro años, comenzando en la primavera de cada uno de esos períodos). El total Sinclair estima el total levantado por un atleta corrigiendo su peso actual hasta un peso  $b$ , que es el peso corporal del poseedor del récord mundial en la categoría más pesada.

El levantamiento de pesas presenta una combinación única y distintiva de capacidades físicas. En forma muy resumida, las principales capacidades que requiere este deporte son las siguientes (Fry, *et al.*, 2006):

- Fuerza y potencia musculares
- Flexibilidad y movilidad articulares específicas
- Conciencia kinestésica
- Técnica

El levantamiento de pesas ha sido clasificado por distintos autores de acuerdo a varios parámetros. Así, por ejemplo, desde el punto de vista de la periodización del entrenamiento, Matviev lo clasifica como un deporte con predominio de la potencia muscular y con movimientos de intensidad máxima, al igual que otros deportes o modalidades, como los saltos (atléticos, gimnásticos, trampolín y *ski*), los lanzamientos y las carreras de velocidad. De otro lado, y considerando los ámbitos fisiológicos y biomecánicos, Dal Monte lo considera dentro de las actividades de potencia, con empeño prevalente de la fuerza.

En el Levantamiento de pesas las competencias se organizan por géneros (masculino y femenino) y dentro de cada género se compete en grupos de edad y categorías (o divisiones) de peso corporal. Los grupos de edad y las categorías de peso corporal que se encuentran vigentes para el año 2017 se exponen en los apartes que siguen y fue-

ron extractadas del documento IWF Technical and Competition Rules & Regulations 2018, de la página web de la IWF. Por su parte, las categorías de peso corporal fueron actualizadas por la IWF en julio de 2018, y entraron en vigencia el 1 de noviembre de 2018.

## Grupos de edad

La IWF reconoce cuatro grupos de edad:

1. **Youth (Jóvenes):** Hasta e incluyendo atletas de 17 años de edad. La edad mínima para participar en esta categoría es de 13 años.
2. **Junior (Juveniles):** Hasta e incluyendo atletas de 20 años de edad. La edad mínima para participar en esta categoría es de 15 años.
3. **Sénior (Mayores):** La edad mínima para participar en esta categoría es de 15 años.
4. **Masters:** Mayores de 35 años de edad.

Nota: Para los Juegos Olímpicos de verano y los Juegos Olímpicos de la Juventud aplican las reglas del Comité Olímpico Internacional.

## Categorías o divisiones de peso corporal

Las distintas categorías de peso que existen en Levantamiento de pesas para hombres y mujeres dependen de la edad, tal como se expone a continuación:

Hombres Juveniles y Mayores		Mujeres Juveniles y Mayores	
Torneos de la IWF	Juegos Olímpicos	Torneos de la IWF	Juegos Olímpicos
55 kg	61 kg	45 kg	49 kg
61 Kg	67 Kg	49 Kg	55 Kg
67 Kg	73 Kg	55 Kg	59 Kg
73 Kg	81 Kg	59 Kg	64 Kg
81 Kg	96 Kg	64 Kg	76 Kg
89 Kg	109 Kg	71 Kg	87 Kg
96 Kg	+109	76 Kg	+87
102 kg		81 kg	
109 kg		87 kg	
+109		+87	

Existen 10 categorías de peso para hombres y mujeres jóvenes (youth), que son:

Hombres Jóvenes		Mujeres Jóvenes	
Torneos de la IWF	Juegos Olímpicos de la Juventud	Torneos de la IWF	Juegos Olímpicos de la Juventud
49 kg	≤56 kg	40 kg	≤44 kg
55 Kg	≤62 kg	45 Kg	≤48 kg
61 Kg	≤69 kg	49 Kg	≤53 kg
67 Kg	≤77 kg	55 Kg	≤58 kg
73 Kg	≤85 kg	59 Kg	≤63 kg
81 Kg	>85 kg	64 Kg	>63 kg
89 Kg		71 Kg	
96 kg		76 kg	
102 kg		81 kg	
+102		+81	

Durante la competición, los atletas se deben pesar 2 horas antes del inicio de la prueba, pero tienen 1 hora para dar el peso de la división a la que pertenecen.

## Fases de los movimientos de **ARRANQUE Y ENVIÓN**

Cada uno de los movimientos clásicos, arranque y envión, se puede dividir en fases. El arranque y la cargada del envión tienen fases comunes, el empuje del envión es completamente diferente a los anteriores. La división en fases es importante para poder entender el deporte de levantamiento de pesas desde las distintas perspectivas, como la de la cinesiológica, la de la biomecánica, la de la fisiológica, entre otras.

Dentro de cada una de las fases en que se dividen los movimientos clásicos del levantamiento de pesas, cambian los siguientes parámetros:

- Centro de gravedad (cg) del cuerpo y del total del conjunto cuerpo-barra (el cg de la barra siempre es el mismo).



- Apoyo de los pies sobre la plataforma.
- Trayectoria de la barra.
- Músculos/cadenas cinéticas que intervienen.
- Cinemática de la barra: desplazamientos horizontales y verticales, velocidad vertical y horizontal.
- Fuerza, trabajo, potencia e ímpetu sobre/de la barra.
- Desplazamientos angulares y velocidades de tobillos, rodillas y caderas.

## Fases del arranque y de la **CARGADA DEL ENVIÓN**

Como se expresó antes, el movimiento completo del arranque y la cargada del envión tienen grandes similitudes, razón por la cual se pueden dividir en las mismas fases. Una manera de hacerlo es considerando el cambio de dirección del ángulo de las rodillas y la altura de la barra, de la siguiente forma:

- Primer halón: Desde el despegue de la barra hasta la primera extensión máxima de las rodillas.
- Transición (*scoop*, *double knee bend phase* o DKB, como se les conoce en la literatura inglesa): Desde la primera extensión máxima de las rodillas hasta la primera flexión máxima de las rodillas.
- Segundo halón: Desde la primera flexión máxima de las rodillas hasta la segunda extensión máxima de las rodillas.

Rotación debajo de la barra o desliz (*turnover under the barbell*, *drop under*, *pulling-down*, en la literatura inglesa): Desde la segunda extensión máxima de las rodillas hasta que la barra alcanza su mayor altura en cada movimiento (cuando el levantador, luego de haber alcanzado la segunda extensión máxima de las rodillas al final del segundo halón comienza a agacharse, la barra todavía sigue subiendo).

Captura (*catch*): Desde que se alcanza la altura máxima de la barra, en cada movimiento, hasta la estabilización en la posición de captura, con la barra encima de la cabeza en el arranque o al nivel de los hombros en la cargada.

Ascenso desde la posición de sentadillas (*recovery*): Desde que se logra la estabilización en la posición de captura (*catch position*) hasta que el atleta permanece parado soportando la barra, con los brazos completamente extendidos por encima de la cabeza, en el caso del arranque, o con ella al nivel de los hombros, en la cargada del envión.

## Fases del empuje del envión

La inclinación (*dip*): Comienza con la inclinación de las rodillas hasta que se alcanza una flexión de aproximadamente  $120^{\circ}$ .

El empuje propiamente (*jerk off* o *jerk drive*, por sus denominaciones más comunes en inglés): Se produce una rápida y explosiva extensión de rodillas hasta que estas alcanzan un ángulo de aproximadamente  $182^{\circ}$ . Al inicio de esta fase el levantador aprovecha las propiedades elásticas de la barra y de su musculatura, tal como se discutirá más adelante.

La tijera (*split*): Al comienzo de esta fase la barra es despegada de los hombros y los pies del levantador abandonan el piso realizando una especie de tijera a la máxima velocidad posible, colocando una pierna adelante y la otra detrás. Este momento es denominado por algunos (Storey y Smith, 2012) "tijera debajo de la barra no soportada por los pies". Una vez los pies entran en contacto con el piso (período conocido como "tijera debajo de la barra soportada"), el pie que se coloca por delante debe apoyarse sobre toda la planta y mantener una flexión de la rodilla de alrededor de  $100^{\circ}$  a  $110^{\circ}$ , en tanto que la pierna que se coloca por detrás debe estar completamente recta y afirmada en el piso sobre la mitad anterior de la planta.

Recuperación de la tijera y fijación de la barra. Una vez los pies del levantador se encuentran apoyados sobre el piso y la barra está por encima de la cabeza con los brazos completamente extendidos (final de la fase anterior) se produce la salida o recuperación de la tijera. Ella se hace recogiendo la pierna delantera hacia atrás, mediante la extensión de la rodilla. De esta manera el cuerpo y la carga se trasladan hacia atrás y hacia arriba, después de lo cual se recoge la pierna trasera. En esta posición se fija la barra.

## Trabajo mecánico y potencia **EN EL LEVANTAMIENTO DE PESAS**

Para un determinado levantador calificado, el peso máximo levantado en el arranque es cerca del 80% del levantado en la cargada máxima (Garhammer, 1993).

Para atletas de élite, la potencia total absoluta para un movimiento determinado casi siempre es mayor en las divisiones más pesadas que en las más livianas, tanto en el caso de los hombres como en el de las mujeres. Por ello, a menudo es mejor calcular la potencia relativa (*watts* por kilo de peso corporal, o  $W/kg$ ) para comparar las modificaciones presentadas por los atletas, que a lo largo del tiempo van presentando cambios en su peso corporal, y diferentes atletas entre sí, en los distintos movimientos o en las distintas fases de los movimientos.

El trabajo mecánico realizado por un levantador incluye el empleado para mover la barra (horizontal y verticalmente) y el asociado con la elevación del centro de masa del cuerpo. En lo que respecta al trabajo realizado para desplazar la barra, la mayoría está representado por el movimiento vertical, dado que el trabajo horizontal es usualmente pequeño, aunque no siempre insignificante. Algunos levantadores generan trabajos horizontales grandes al comienzo del segundo halón del arranque y de la cargada, pero los atletas calificados tienen movimientos horizontales que se pueden considerar despreciables durante el empuje del envión (Garhammer, 1993). La potencia se calcula dividiendo el trabajo total por el tiempo requerido para hacer el movimiento durante el período estudiado.

### **Análisis del movimiento completo del arranque y de la cargada del envión**

La fuerza pico, la velocidad pico y la potencia pico ocurren en distintos momentos de los movimientos del arranque y la cargada del envión, así (Stone, Pierce, Sands, 2006):

- La transmisión de la *fuerza pico* a la barra ocurre justamente después del contacto con el muslo (durante la fase de transición entre el primer y el segundo halón, o DKB).
- La *velocidad pico* de la barra ocurre poco después de la fuerza pico, usualmente cuando ella ha alcanzado una altura ligeramen-

te por encima de la cintura. Hasta este punto el atleta ha realizado la mayor parte del trabajo mecánico para levantar la barra y el centro de masa del cuerpo, el atleta está completamente extendido y soportado en las articulaciones metatarsofalángicas de los pies, su centro de masa ha ascendido hasta el máximo y tiene una velocidad esencialmente de cero, y la fuerza aplicada a la barra ha decrecido a casi cero.

- La *potencia pico* aplicada a la barra característicamente ocurre entre la fuerza pico y la velocidad pico.

Se han publicado valores promedio de potencia de 34.3 W/kg para atletas masculinos de élite durante el movimiento completo del arranque y el de la cargada del envión. El valor correspondiente para mujeres de élite es 21.8 W/kg, alrededor del 63% del valor de los hombres (Garhammer, 1993).

Las equivalencias cercanas de los valores de potencia encontrados en el arranque y en la cargada del envión podrían explicarse por las similitudes que existen entre ambos movimientos. De este modo, se espera que los mismos grupos musculares poderosos produzcan el impulso que se transfiera a la barra mientras se contraen a través de rangos de movimiento equivalentes. En estos movimientos se nota que empleando técnicas de levantamiento correctas los brazos actúan solamente como cables durante los halones, y como columnas de soporte para mantener el peso por encima de la cabeza (Garhammer, 1980).

## **Análisis del empuje del envión**

Generalmente, la duración más característica del empuje del envión oscila entre 0.18 y 0.24 segundos (Garhammer, 1993). Como se mencionó atrás, el empuje del envión comienza con el atleta en posición erecta y sosteniendo la barra sobre los hombros. El levantador entonces se inclina rápidamente flexionando las articulaciones de las rodillas y la cadera mientras mantiene el torso vertical (fase de inclinación o *dip*). Este movimiento de descenso es seguido inmediatamente por una rápida y poderosa extensión de las mismas articulaciones y la elevación de la cintura escapular para empujar la barra verticalmente hacia arriba (fase del empuje propiamente, *jerk off* o *jerk drive*). La fuerza máxima durante el movimiento del empuje del envión se obtiene en la mitad de esta última fase reseñada, la velocidad máxima se logra al final de ella (Vorobyev, 1978) y la potencia máxima se alcanza entre es-

tos dos instantes. La aplicación de fuerza vertical a la barra rápidamente cae hacia cero cuando la articulación de la rodilla alcanza la extensión completa. Esto se corresponde con la adquisición de la máxima velocidad de la barra durante el empuje.

De acuerdo con lo anterior, el trabajo y la potencia mecánica durante el empuje del envión comenzarían en el punto más bajo de la fase de inclinación, en el cual la energía mecánica tanto de la barra como del centro de masa del atleta sería igual a cero, y terminarían cuando la barra logra la máxima velocidad vertical. Sin embargo, debe puntualizarse que en el fondo de la inclinación del empuje del envión pueden existir considerables valores de energía elástica músculo tendinosa (ciclo de estiramiento-acortamiento) y de energía por deformación de la flexión de la barra, como tipos de energía potencial elástica (del levantador y de la barra), que pueden contribuir al trabajo mecánico muscular. Este asunto puede invalidar, en alguna extensión, la suposición de que la energía mecánica al comienzo del movimiento de empuje es cero. La magnitud de esta energía elástica almacenada depende de (a) el peso de la barra, (b) el tipo de acero empleado para hacer la barra, y (c) la velocidad de la inclinación del *jerk* y la reversión de descendente a ascendente. Similares inquietudes pueden ser expresadas para el segundo halón del arranque y la cargada del envión (Garhammer, 1993).

Los valores promedio que se han descrito, de potencia máxima para el empuje del envión, han sido de 52.6 W/kg para hombres y 39.2 W/kg para mujeres (que son de alrededor del 74% de los de los hombres, Garhammer, 1993). Se ha visto que estos valores del empuje del envión son similares a los del segundo halón del arranque y de la cargada del envión.

## Costo energético en el **LEVANTAMIENTO DE PESAS**

El entrenamiento de levantamiento de pesas tiene el rasgo característico de que en una sesión se realizan ejercicios de intensidad muy elevada, los cuales están intercalados con pausas de recuperación. Así, por ejemplo, durante una de sesión de 1.5 a 2.5 horas el trabajo directo con la barra solo dura de 5 a 12 minutos, a pesar de que en ese tiempo el atleta puede levantar de 4 a 10 toneladas, o incluso más.

La determinación del costo energético de los distintos ejercicios de levantamiento de pesas plantea importantes retos metodológicos, pues la realización de la calorimetría directa presenta grandes inconvenientes derivados del costo de la instalación de las cámaras metabólicas y el aislamiento del sujeto, por lo cual en la práctica se suele estimar a partir de la calorimetría indirecta (basada en la medición del consumo de oxígeno y la producción del dióxido de carbono). Sin embargo, es difícil cuantificar exactamente el costo energético de las actividades de fuerza mediante este último método porque en ellas no se alcanza un estado estable en el consumo de oxígeno, y además se modifica el equilibrio ácido-base, de modo que el cociente respiratorio no es un buen indicador del sustrato energético utilizado. Asimismo, durante las contracciones musculares de elevada intensidad se solicita de manera prioritaria el metabolismo anaeróbico, razón por la cual el registro del consumo de oxígeno, y de este modo la calorimetría indirecta, infravalora el gasto calórico.

Wilmore y Costill (2007) reportan valores de costos energéticos para adultos medios que realizan actividades de levantamiento de pesos que van de 6,4 Kcal/min (mujeres, 55 Kg de peso corporal) a 8,2 Kcal/min (hombres, 70 Kg), obtenidos mediante calorimetría indirecta. Asimismo, otros autores han descrito consumos calóricos en varones que entrenan fuerza que van desde 56 hasta 75 Kcal/kg/día, o de 3,000 a 10,000 Kcal/día. Sin embargo, para la práctica del levantamiento de pesas como deporte, es necesario hacer un análisis más preciso y detallado.

Después del calentamiento, cuando el organismo del levantador está preparado para ejecutar la carga de entrenamiento, el gasto energético varía de 0.98 Kcal/min (en divisiones de peso bajas) a 4.6 Kcal/min (en divisiones pesadas), con un promedio de 2.78 Kcal/min (Vorobyev, 1978).

En deportistas que entrenan levantamiento de pesas, el gasto calórico puede variar considerablemente según el peso corporal y las características de la carga de entrenamiento (intensidades, volúmenes y duración de las pausas de descanso). Un levantador de pesas superpesado consume mucha más energía que un levantador de pesas ligero, aunque realicen el mismo ejercicio de entrenamiento con una intensidad relativa similar (porcentaje de 1 repetición máxima). En tal sentido, diversos autores han encontrado que el gasto calórico total durante los ejercicios de fuerza depende del peso total levantado. Así, los sujetos que durante la sesión realicen muchas repeticiones con poco peso

tendrán un gasto energético superior a los que realicen menos repeticiones con mayor peso, siempre y cuando el volumen total sea inferior.

Al analizar por separado los distintos ejercicios que se realizan en el entrenamiento de levantamiento de pesas se observa que los ejercicios multisegmentarios de los músculos largos (sentadillas, *press* banca, saltos, peso muerto, cargada) tienen un mayor costo energético que los realizados con músculos cortos (*curls*, *sit-ups*, dorsal ancho, tríceps, etc.). Sin embargo, el costo energético por unidad de masa corporal es superior en los ejercicios que comprometen a los grupos musculares pequeños.

Adicionalmente, el costo energético del levantamiento de pesas depende del tipo específico de ejercicio y del grado de calificación del atleta. En efecto, los levantadores de elevada calificación gastan desde 8,2 Kcal en el halón de arranque hasta 13.7 Kcal en el envión; en tanto que los atletas de más baja calificación consumen mucho más energía al realizar los mismos esfuerzos (11,0 a 15,5, respectivamente), debido a que son menos económicos. Considerando el gasto energético total, los ejercicios principales en el levantamiento de pesas se pueden ordenar de la siguiente manera: Halón de arranque, *press* banca, halón de envión, sentadilla por detrás, cargada, arranque, sentadilla por delante, cargada alta más empuje y envión (tabla 1).

**Tabla 1.** Gasto energético en varios ejercicios, para un simple levantamiento de la barra según la calificación del levantador

Tipo de ejercicio	Gasto energético, Kcals	
	Levantador de más baja calificación	Levantador de elevada calificación
Halón de arranque	11,0	8,2
Press banca	12,2	8,4
Halón de envión	12,2	9,3
Sentadilla por detrás	11,3	11,0
Cargada	12,7	11,3
Arranque	12,7	11,6
Sentadilla por delante	11,8	12,7
Cargada alta y empuje	13,1	11,8
Envión (dos tiempos)	15,5	13,7

Fuente: Adaptado de Vorobyev, 1978.

En una sesión de entrenamiento el gasto energético de un levantador altamente calificado puede alcanzar 1500 o más Kcal (600 Kcal en promedio), mientras que en uno de más bajo nivel puede ser de 1200 Kcal o más (500 Kcal en promedio). Esto se explica por el hecho de que a pesar de que el levantador de mayor calificación tiene una mejor economía, realiza una carga mucho más elevada, de tal modo que su economía no alcanza a compensar su gasto.

A modo de ejemplo, en la tabla 2 se presenta el cálculo del gasto energético de una sesión hipotética de entrenamiento de un levantador de pesas de elevada calificación.

**Tabla 2.** Gasto energético durante una sesión de entrenamiento de levantamiento de pesas de un atleta de elevada calificación (ver texto)

Tipo de ejercicio	Gasto energético por repetición (Kcals)	Repeticiones	Gasto energético total por tipo de ejercicio (Kcals)
Cargada alta y empuje	11,8	11	129,8
Press de banca	8,4	11	92,4
Arranque	11,6	11	127,6
Sentadillas por delante	12,7	11	139,7
Halón de arranque	8,2	11	90,2
Total de gasto energético durante la sesión			579,7

Fuente: Tomado de Vorobyev, (1978).

## Requerimientos de macronutrientes en el **LEVANTAMIENTO DE PESAS**

Walberg-Rankin (1995) aconseja que los deportistas que entrenan fuerza sigan una alimentación compuesta por 60% de carbohidratos, 20%-25% de grasas, y 15%-20% de proteínas (hasta un máximo de 1,8 g/kg/día). Con base en las preferencias alimentarias individuales, en deportistas de fuerza pura se podría reducir el aporte de carbohidratos hasta el 50% y aumentar las grasas hasta un máximo de 30%. Sin embargo, en las fases del entrenamiento en las que sea necesario reducir el peso, Walberg-Rankin (1995) propone que la alimentación contenga



un 60% de carbohidratos como mínimo y que el resto se distribuya entre grasas y proteínas.

Sin embargo, diversos reportes (ver Storey y Smith, 2012) han mostrado que los levantadores de pesas consumen hasta 3,2 g/kg/día de proteínas y derivan aproximadamente 40%-44% de sus calorías diarias a partir de las grasas, lo cual está muy por encima de lo recomendado en términos de salud y del rendimiento deportivo. Por el contrario, la ingesta diaria de carbohidratos encontrada en estos atletas se considera insuficiente de acuerdo a los niveles recomendados. En conjunto, los reportes anteriores sugieren que los hábitos dietarios de los levantadores de pesas podrían no conducir a la obtención de las ganancias buscadas con el entrenamiento y/o a los beneficios de salud debido al énfasis dado al consumo proteico (con elevada ingesta de grasas) a expensas de la ingestión de carbohidratos.

## Aspectos cineantropométricos **DEL LEVANTAMIENTO DE PESAS**

Las dimensiones antropométricas influyen en el desempeño en el levantamiento de pesas probablemente por dos vías principales:

1. Disponiendo de una masa muscular relevante. Se ha comprobado sistemáticamente que las cargas absolutas más grandes son alzadas por levantadores con mayores masas libres de grasa.
2. Teniendo cuerpos relativamente pequeños y con extremidades cortas. Ello se debe a dos cosas: a) la disminución de la distancia que debe recorrer la barra, y de este modo de la cantidad de trabajo muscular y b) al hecho de que el cuerpo está compuesto principalmente de palancas de tercera clase, por lo cual mientras más largos son los segmentos corporales mayores serán el trabajo y el torque que el levantador requiere para levantar la barra (Keogh, Hume, Pearson, y Mellow, 2009).

En consonancia con lo anterior, los factores antropométricos relacionados con el desempeño en el levantamiento de pesas se pueden agrupar de la siguiente manera:

- Factores antropométricos asociados a la muscularidad
- Índices o radios antropométricos

## Factores antropométricos asociados a la muscularidad

Índice de masa corporal (BMI) asociado a bajos porcentajes de grasa corporal: Característicamente, y teniendo el mismo peso corporal, los levantadores de pesas de élite poseen una masa libre de grasa relativamente alta y bajos porcentajes de grasa, cuando se comparan con sujetos no entrenados o atletas de otros deportes. Los porcentajes de grasa entre levantadores de pesas de élite de género masculino pueden variar de 5% a 6% en las clases de peso corporal más livianas, hasta >20% en la clase de peso no limitada. Para las mujeres levantadoras de pesas estos valores (% grasa) son típicamente 5-10 puntos (de porcentaje) más altos que en los hombres levantadores (Stone *et al.*, 2006).

Relación entre la masa corporal y la estatura: Los levantadores de pesas (en genérico) tienen usualmente unos radios de masa corporal/estatura y masa libre de grasa/estatura relativamente altos; de este modo, teniendo la misma masa corporal los levantadores de pesas tienden a ser más pequeños que otros atletas (Stone *et al.*, 2006).

Índice de sustancia activa o AKS (Tittel y Wutscherk, 1972): Los levantadores de pesas presentan valores de índice de sustancia activa o AKS elevados, usualmente mayores de 1,35 (Rodríguez, 2003).

Somatotipo de Heath y Carter: En el MOGAP (The Montreal Olympic Games Anthropological Project) se encontró que el somatotipo promedio de los once levantadores de pesas de sexo masculino evaluados fue de 2.4 ( $\pm 1.19$ ) - 7.7 ( $\pm 1.29$ ) - 0.80 ( $\pm 0.6$ ). De acuerdo a ello, como grupo, los levantadores de pesas son meso-endomórficos, dado que el mesomorfismo es dominante y el endomorfismo es mayor que el ectomorfismo. En la medida en que se aumenta el peso corporal y se analizan los deportistas de acuerdo a la división de peso de competición, los levantadores de pesas exhiben una tendencia hacia una mayor mesomorfía y una mayor endomorfía, pero menos ectomorfía (Carter, Aubry y Sleet, 1982).

Porcentaje de masa muscular: En un estudio realizado con levantadores de pesas españoles de alto nivel se encontró que el porcentaje de masa muscular varió entre el 47% y el 60% dependiendo del método de fraccionamiento de la masa corporal empleado (Canda, 1996).

## Índices o radios antropométricos

Proporción altura sentado/estatura (índice córmico): Es la longitud relativa del tronco o la longitud relativa de las extremidades inferiores con respecto a la estatura. Norton *et al.* (1996) muestran valores mayores de 55% en hombres levantadores de pesas, en tanto que en una población de referencia de no atletas los valores son de  $52.2 \pm 1.5$  (no presentan valores para las mujeres levantadoras de pesas).

Proporción longitud del antebrazo/longitud del brazo (índice braquial): El índice braquial es la longitud del antebrazo relativa al brazo. Los grandes valores de fuerza que requieren los levantadores de pesas se logran, en parte, por bajos índices braquiales y por la ventaja biomecánica de un brazo de fuerza corto. Norton *et al.* (1996) reportan índices braquiales de 72% en levantadores de pesas, los cuales se clasifican como tipo braquíptico o antebrazo corto (Slavov).

Longitud relativa del miembro inferior: Fry *et al.* (2006) calculan la *longitud del miembro inferior* a partir de la altura trocánterea y la *longitud relativa del miembro inferior* como el valor porcentual con respecto a la estatura. Al respecto, los valores encontrados por estos autores fueron de  $52.1 \pm 2.2$  para el grupo de levantadores de pesas americanos de sexo masculino de categoría junior clasificado como élite.

## Evaluación de la técnica, de la potencia mecánica **Y DEL DESEMPEÑO DEPORTIVO EN EL LEVANTAMIENTO DE PESAS**

### Métodos cinematográficos para determinar la trayectoria de la barra

A través del análisis de la trayectoria de la barra es posible juzgar en forma bastante completa la calidad y la eficiencia de la técnica de la ejecución de los movimientos clásicos, e incluso de los ejercicios auxiliares. La trayectoria de la barra durante los movimientos clásicos no sigue una línea vertical, sino que tiene una forma de "S". Se ha considerado que una trayectoria óptima es indicativa de un halón mecánicamente efectivo y de una técnica apropiada.

Los dos aspectos más importantes que se analizan cuando se estudia la trayectoria de la barra son:

- La magnitud del desplazamiento horizontal, principalmente el acercamiento hacia el cuerpo en el primer halón y el alejamiento en el segundo halón.
- La altura vertical máxima alcanzada y la dimensión del descenso hasta la posición de captura.

## Métodos cinemáticos y dinamográficos

Son altamente informativos para el estudio de la potencia y de la técnica. Con su ayuda es posible detectar deficiencias de la potencia muscular y de la técnica para poder mejorarlas y corregirlas. Sin embargo son métodos muy complejos, muy costosos y de difícil implementación, pues demandan mucho tiempo, por lo cual su uso repetido es inviable con propósitos de evaluación y seguimiento.

Fundamentalmente, estos métodos se usan para determinar los siguientes parámetros:

- Cinemática de la barra: Desplazamientos horizontales y verticales, velocidad y aceleraciones vertical y horizontal.
- Fuerza, trabajo, velocidad, aceleración, potencia e ímpetu sobre/de la barra.
- Desplazamientos angulares y velocidades de las articulaciones más solicitadas en el levantamiento de pesas (tobillos, rodillas y caderas).

## Medición de la potencia en plataformas de fuerza

Usualmente son dispositivos de tipo plataforma o tapetes que sirven para calcular la potencia externa generada por los atletas.

Las plataformas de fuerza registran las fuerzas de reacción del terreno, en uno o varios ejes, con respecto al tiempo. Con base en ello se calcula el impulso mecánico (o cantidad de movimiento) que proyectará al atleta hacia arriba. En el caso de un salto vertical, el impulso mecánico dividido por la masa del sujeto proporciona la velocidad vertical de su centro de gravedad en el momento del despegue. A partir del producto de la fuerza de reacción y de la velocidad del sujeto se calcula la potencia durante ejercicios de salto sin sobrecarga o con sobrecargas.

## Métodos de una repetición máxima (1 RM)

Una manera de establecer la evolución del rendimiento deportivo en el levantamiento de pesas es precisamente medir el desempeño en los movimientos clásicos de arranque y envión, no solamente durante las competiciones formales sino también en los chequeos simulados. Algunos programas de entrenamiento suelen hacer estas valoraciones simuladas con algún grado de formalidad, rigurosidad y frecuencia (incluso algunos entrenadores suelen realizarlas semanalmente).

Del mismo modo, se acostumbra realizar mediciones periódicas de los pesos levantados en ejercicios auxiliares, como la sentadilla por delante, la sentadilla por detrás, la cargada del envión, el empuje, entre otros. Los resultados obtenidos en estas valoraciones sirven no solamente para determinar los valores porcentuales de cargas de entrenamiento, sino para estimar el rendimiento de los movimientos clásicos durante las competiciones. En particular, se considera que la sentadilla por detrás estima la fuerza máxima de los levantadores de pesas (Carlock *et al.*, 2004).

## Métodos indirectos

Considerando que la producción de potencia pico es la variable más importante relacionada con el desempeño exitoso en los deportes de fuerza explosiva, como el levantamiento de pesas, su estimación mediante diversos tests es de gran utilidad para los propósitos del entrenamiento deportivo. Dentro de todos ellos, *los valores de potencia absoluta* estimados mediante el test de salto vertical son los más recomendados por diversos autores (Carlock *et al.*, 2004; Garhammer, 1993), por las siguientes razones:

- Similitudes mecánicas con los movimientos del levantamiento de pesas.
- Alta correlación con la sentadilla, el arranque y el envión.
- Facilidad de realización y medición.
- Bajo costo.
- Poca interferencia con el entrenamiento.
- No es un test con sobrecargas de una repetición máxima (1 RM), por tanto no produce una fatiga importante.

Considerando que los levantamientos clásicos del levantamiento de pesas (arranque y envión) usualmente comienzan desde una posición relativamente estática, podría pensarse que el salto estático a partir de sentadillas (*squat jump* o SJ) se podría correlacionar mejor con el desempeño en este deporte. Sin embargo, la fase de transición del arranque y de la cargada, y la fase de empuje (que sigue a la fase de inclinación) del envión, pueden ser análogas con respecto al salto con contramovimiento (*countermovement jump* o CMJ), puesto que en ellas se produce un ciclo estiramiento-acortamiento. De hecho, algunos autores han encontrado que ninguno de los dos tipos de salto mencionados (SJ y CMJ) presenta mayores ventajas sobre el otro, ya que ambos se correlacionan muy bien con los valores de 1 RM en los movimientos del levantamiento de pesas (Carlock *et al.*, 2004).

Además del salto vertical, se suelen realizar otros tests como:

- Salto horizontal sin carrera de impulso.
- Salto triple sin carrera de impulso.
- Carreras de velocidad cortas con salida detenida (30 metros, 50 metros, 60 metros, etc.).
- Flexo-extensión de codos y hombros sobre barra fija.
- Flexo-extensión de codos y hombros sobre el piso.

## Control biomédico del entrenamiento en el **LEVANTAMIENTO DE PESAS**

### Control de etapa

#### ***Evaluación médica del estado de salud:***

En el primer control de etapa de preparación del período anual se realiza una evaluación médica completa con varios propósitos: 1) realizar un diagnóstico del estado de salud, 2) determinar clínicamente la recuperación de eventuales traumas o lesiones que se hayan presentado, 3) establecer la presencia de factores de riesgo para enfermarse o lesionarse, y 4) hacer un diagnóstico de idoneidad o aptitud para el entrenamiento y la competición. En los siguientes controles del ciclo anual se realiza una actualización de lo acontecido en el estado de salud.

Cuando se evalúan atletas menores de edad o en fases de crecimiento y desarrollo, como los que hacen parte de programas de iniciación y perfeccionamiento deportivo, es de particular importancia la determinación de la edad biológica y la monitorización del crecimiento con el fin de realizar una adecuada consejería para la correcta prescripción de las cargas de entrenamiento.

Como parte importante del seguimiento al crecimiento y el desarrollo biológico se realizan las siguientes acciones:

- Evaluación del desarrollo puberal (Tanner).
- Determinación de la edad ósea utilizando el RUS score del TW-2\*.
- Predicción de la estatura adulta utilizando el método Mark II\*.
- Determinación del porcentaje de la estatura adulta\*.
- Seguimiento a otros factores biológicos (edad de aparición de la menarca en las mujeres, momento del cambio de la voz en los hombres).
- Medición de marcadores bioquímicos de maduración sexual (dehidroepiandrosterona sulfato, DHEAS)\*.
- Proyección de la división de peso final.

Un aspecto de gran importancia en la evaluación de los levantadores de pesas que efectúa el médico especialista en Medicina del Deporte es la valoración musculoesquelética, que debe incluir:

- Evaluación de la estabilidad del CORE.
- Evaluación de las cadenas cinéticas y su complementariedad.
- Estudio de las desviaciones en anterioridad, posterioridad, torsiones, versiones, apertura y cierres iliacos, etc.
- Evaluación de las cuplas de fuerza.

Finalmente, es de gran trascendencia la valoración de la flexibilidad específica que deben poseer los levantadores de pesas, la cual se hace a partir de la observación en *posición anatómica* y en una postura pre-determinada que simula la captura de la barra durante el arranque o la cargada del envión (*posición específica*). En lo referente a esta última,

---

\* Solo en casos especiales

el evaluado se ubica en posición de sentadilla profunda, con los pies completamente apoyados sobre el piso y separados entre sí al nivel de los hombros, los brazos totalmente extendidos detrás de la cabeza, los dedos de las manos entrecruzados y las palmas mirando hacia arriba (o agarrando una barra de pesas o un palo de escoba con las manos).

### ***Evaluación de la salud oral***

Considerando la posibilidad de diseminación de infecciones a partir de focos sépticos en la cavidad oral, las frecuentes molestias en la cara y el cuello debidas a síndromes de mala oclusión, la cada vez más mencionada asociación entre las infecciones de la boca y las lesiones deportivas, la frecuencia con la cual se presentan urgencias odontológicas en los atletas durante las competiciones, que afectan nocivamente el desempeño, durante el control de etapa se lleva a cabo una evaluación odontológica completa con el propósito de resolver oportunamente todas las alteraciones.

### ***Evaluación cardiovascular***

Se lleva a cabo mediante el EKG de reposo y la prueba ortostática. Cuando se detectan situaciones patológicas, o al menos sospechosas, se remiten los atletas a centros especializados en donde se realizan los estudios complementarios pertinentes.

### ***Laboratorio clínico***

En los controles de etapa se lleva a cabo una detallada valoración, que se ha agrupado de la siguiente manera:

- Hematología: Hemoleucograma completo.
- Metabólica: Glicemia, colesterol total y fracciones, triglicéridos, urea, ácido úrico.
- Hepática: Transaminasas AST y ALT, proteínas totales en la sangre, albúmina en la sangre, glicemia.
- Renal: Creatinina, urea, proteínas totales, albúmina, citoquímico de orina, ácido úrico.
- Muscular: CPK total, transaminasa AST, creatinina.
- Ósea: Proteínas totales, albúmina.



- Cardíaca: CPK, transaminasa AST.
- Vías energéticas: ácido úrico, urea.
- Fatiga y sobreentrenamiento: Albúmina, CPK total, urea.

Otros en casos especiales: Cortisol total, testosterona libre, ferritina, TSH.

### **Evaluación fisioterapéutica**

Se llevan a cabo las siguientes valoraciones:

- Evaluación de la flexibilidad y la movilidad articular.
- Evaluación postural.
  - Evaluación clínica.
  - Evaluación sistematizada mediante el Sistema de Análisis Postural Bipodal por Imagenología Computarizada (software APIC).
- Evaluación del apoyo plantar. Se lleva a cabo tanto desde el punto de vista clínico (estático y dinámico) como de la valoración mediante podoscopio.

### **Evaluación cineantropométrica**

Parámetros específicos a determinar en el levantamiento de pesas:

- Estatura y peso corporal.
- Índice de masa corporal (BMI).
- Compleción (McArdle, Katch, Katch).
- Índice còrmico.
- Porcentaje de grasa corporal según métodos apropiados (niños, adolescentes y adultos).
- Porcentaje de masa muscular.
- Perímetros de las extremidades.
- Áreas musculares y perímetros musculares corregidos (brazo, muslo, pierna).
- Índice AKS.
- Somatotipo de Heath y Carter.

- Estimación del peso mínimo que se le permite tener a un atleta.
- Longitud relativa de las extremidades con respecto a la estatura.
- Índice braquial.

### **Evaluación nutricional**

Persigue tres objetivos fundamentalmente:

- Evaluación y diagnóstico nutricional a partir de parámetros antropométricos, bioquímicos, clínicos y alimentarios.
- Ofrecer al atleta asesoría en la adecuada alimentación, antes, durante y después del entrenamiento y la competencia.
- Realizar la modelación de una composición corporal óptima de acuerdo a la división del peso.

### **Evaluación psicológica**

En la evaluación psicológica a través del tiempo se realizan diversos abordajes, de la siguiente manera:

- Primer abordaje: Perfil psicológico para el alto rendimiento deportivo (Test de Loher).
- Segundo abordaje: Empleo de estrategias cognitivas mediante el Cuestionario de Estrategias Cognitivas para el deporte (CECD).
- Tercer abordaje: Profundización en la motivación, la autoconfianza, el control emocional y el perfil para el alto rendimiento (BTPS-D).

Adicionalmente, cuando se evalúan menores de edad que son candidatos a ingresar a los programas de iniciación deportiva, o que en efecto comienzan la práctica de esta disciplina, el área de psicología realiza un test proyectivo conocido con el nombre de "Persona bajo la lluvia", que estudia el esquema corporal que tiene el atleta de sí mismo, algunos aspectos de la personalidad y cómo reacciona ante situaciones difíciles.

### **Laboratorio de Fisiología del Ejercicio**

La evaluación funcional que se realiza a los levantadores de pesas en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia va encaminada principalmente a la determinación de la potencia máxima

de los miembros inferiores a partir del salto vertical, empleando la metodología de Bosco: salto a partir de sentadillas (*squat jump* o SJ), salto con contramovimiento (*countermovement jump* o CMJ) y salto con la ayuda de los brazos (salto vertical o SV).

Los valores de la altura del salto vertical que se han encontrado en estos atletas de la selección departamental de Antioquia (muchos de los cuales hacen parte de la selección nacional de Colombia) en evaluaciones que se han realizado en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia se presentan en la Tabla 3.

**Tabla 3.** Valores de saltabilidad en levantadores de pesas de Antioquia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como media  $\pm$  DE y rango (valor mínimo y valor máximo).

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Peso (kg)	82.0 $\pm$ 19.6 (57,8 - 130,2)	64.5 $\pm$ 9.7 (51,9 - 88.8)
Salto a partir de sentadillas, SJ (cms)	39.8 $\pm$ 5.9 (29.0 - 54.0)	34.1 $\pm$ 5.7 (24.0 - 40.0)
Salto con contramovimiento, CMJ (cms)	48.3.3 $\pm$ 5.6 (40.0 - 59.0)	40.1 $\pm$ 5.8 (29.0 - 48.0)
Salto vertical con ayuda de los brazos, SV (cms)	59.4 $\pm$ 7.4 (44.3 - 71.7)	47.7 $\pm$ 6.8 (35.6 - 60.0)

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

A partir de los valores de la altura del salto vertical y de la masa corporal de los atletas se estima la potencia mecánica externa generada, empleando la ecuación desarrollada por Sayers *et al.* (1999). Los valores de potencia máxima que se han encontrado en los levantadores de pesas de Antioquia reseñados en la tabla 3 se exponen en la Tabla 4.

**Tabla 4.** Valores de potencia máxima externa generada estimados a partir del salto vertical en levantadores de pesas de Antioquia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como media  $\pm$  DE y rango (valor mínimo y valor máximo).

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Potencia máxima absoluta en el SJ (W)	4074.9 $\pm$ 779.8 (2797.1 - 5664.1)	2937.6 $\pm$ 361.5 (2238.5 - 3424.4)
Potencia máxima relativa en el SJ (W/kg)	50.3 $\pm$ 4.8 (41.8 - 61.3)	45.9 $\pm$ 5.1 (49.4 - 63.4)
Potencia máxima absoluta en el CMJ (W)	4508.4 $\pm$ 823.9 (3201.6 - 6435.8)	3229.2 $\pm$ 355.3 (2658.8 - 3840.4)
Potencia máxima relativa en el CMJ (W/kg)	55.7 $\pm$ 4.3 (49.4 - 63.4)	50.4 $\pm$ 4.3 (43.2 - 56.8)

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Análisis metodológico del mesociclo o de **LA ETAPA DE PREPARACIÓN**

Son mesas de trabajo en las que se analizan los resultados de las distintas evaluaciones llevadas a cabo durante los controles, con la participación de entrenadores, asesores metodológicos y el equipo de trabajo de Medicina y de las ciencias aplicadas al deporte (médicos especialistas en Medicina del Deporte, nutricionistas, psicólogos, entre otros).

### Control cotidiano o puntual

En el levantamiento de pesas el control cotidiano se puede llevar a cabo mediante valoraciones subjetivas y a través de métodos fisiológicos y bioquímicos.

**Evaluación mediante métodos subjetivos:** Corrientemente se analiza el estado general, el ánimo, el sueño, el apetito, el peso, los deseos de entrenar y la autopercepción de la asimilación de las cargas de trabajo y de la recuperación de la fatiga, entre otros factores.

**Evaluación por métodos fisiológicos:** Análisis de parámetros como la medición cotidiana de la frecuencia cardíaca basal y su respuesta con el cambio de posición (prueba ortostática), la presión arterial y la frecuencia respiratoria, entre otros.

### **Evaluación por métodos bioquímicos, hematológicos y hormonales:**

Principalmente mediante la determinación de los siguientes parámetros:

- Urea sérica
- Creatinquinasa sérica
- Citoquímico de orina (para la búsqueda de hematuria y proteinuria)
- Hemoglobina y hematocrito
- Cortisol sanguíneo total
- Testosterona libre total

## Retroalimentaciones y ajustes al **CONTROL DEL ENTRENAMIENTO**

El control del entrenamiento deportivo se considera un eslabón necesario del sistema de regulación del proceso de entrenamiento, pero independiente y objetivo, que permite optimizar el plan de trabajo y la interacción deportista-entrenador. A partir de la evaluación concienzuda de las cargas de trabajo realizadas, del conjunto del plan de entrenamiento ejecutado y de los resultados de los controles llevados a cabo, de índole tanto particular como general, se podrá corregir el trabajo y formular nuevas estrategias para las siguientes etapas de preparación. De este modo, como resultado de los controles operativos, puntuales y de etapa, se generan retroalimentaciones inmediatas para el entrenador, que permitirán ajustar oportunamente el plan de entrenamiento. Por lo anterior, un correcto control médico del trabajo implica la permanente y activa intervención de diferentes especialistas, tanto de medicina deportiva como de ciencias aplicadas al deporte, en todo el proceso de entrenamiento, y su participación en el análisis y la discusión de los resultados observados.

## **REFERENCIAS**

**Canda, A.** (1996). Estimación antropométrica de la masa muscular en deportistas de alto nivel. *Métodos de estudio de la composición corporal en deportistas*, (8), 9-26.

**Carlock, J., Smith, S., Hartman, M., Morris, R., Ciroslan, D., Pierce, K., Newton, R., Harman, E., Sands, W., y Stone, M.** (2004). The Relationship Between Vertical Jump Power Estimates and Weightlifting Ability: A Field-Test Approach. *J Strength and Cond Res*, 18(3), 534-539.

- Carter, L., Aubry, S., y Sleet, D.** (1982). 5. Somatotypes of Montreal Olympic Athletes. *Physical Structure of Olympic Athletes. Part I. The Montreal Olympic Games Anthropological Project. Medicine Sport*, 16, 53-80.
- Fry, A., Ciroslan, D., Fry, M., LeRoux, C., Schilling, B., y Chiu, L.** (2006). Anthropometric and Performance Variables Discriminating Elite American Junior Men Weightlifters. *J Strength Cond. Res.*, 20(4), 861-866.
- Garhammer, J.** (1980). Power production by Olympic Weightlifters. *Med. Sci. Sports Exercise*, 12(1), 54-60.
- Garhammer, J.** (1993). A Review of Power Output Studies of Olympic and Powerlifting: Methodology, Performance Prediction, and Evaluation Tests. *J Strength and Cond. Res.*, 7(2), 76-89.
- International Weightlifting Federation, IWF** (2018, 01 de enero). IWF Technical and Competition Rules & Regulations 2018. Recuperado de <https://www.iwf.net/wp-content/uploads/downloads/2018/01.pdf>
- Karouchkov, G.** (2009). *Guía deportiva de levantamiento de pesas*. Bogotá: Instituto Colombiano del Deporte.
- Keogh, J., Hume, P., Pearson, S., y Mellow, P.** (2009). Can Absolute and Proportional Anthropometric Characteristics Distinguish Stronger and Weaker Powerlifters? *J Strength Cond Res*, 23(8), 2256-2265.
- Norton, K., Olds, T., Olive, S., y Craig, N.** (1996). Anthropometry and Sports Performance. En K. Norton T. Olds. *Anthropometrica*, pp.287-364. Marrickville: Southwood Press.
- Rodríguez, C.** (1992). *Composición corporal y deporte. Mimeografiado del Instituto Cubano de Medicina Deportiva*. La Habana: Instituto Cubano de Medicina Deportiva.
- Sayers, S., Harackiewics, D., Harman, E., Frykman, P., Rosenstein, M.** (1999). Cross-validation of three power equations. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 31(4), 572-577.
- Slavov, C. K.** (S. f.). Medical Control of Health and Functional Condition. En D. K. Kennedy. (Editor). *Medical Handbook. International Weightlifting Federation*, pp.9-33.
- Stone, M., Pierce, K., Sands, W., Stone, M.** (2006). Weightlifting: A brief overview. *Strength & Conditioning Journal*, 28(1), 50-66.
- Storey, A., y Smith, H.** (2012). Unique Aspects of Competitive Weightlifting. Performance, Training and Physiology. *Sports Medicine*, 42(9), 769-790.
- Vorobyev, A. N.** (1978). *Weightlifting*. Budapest: International Weightlifting Federation.
- Walberg-Rankin, J.** (1995). A review of nutritional practices and needs of bodybuilders. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 9(2), 116-124.
- Weineck, J.** (2004). *La anatomía deportiva*. Barcelona: Paidotribo.
- Wilmore, J., y Costill, D.** (2007). *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. Barcelona: Paidotribo.

