



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



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



**Universidad  
Pontificia  
Bolivariana**



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

## **INDEPORTES ANTIOQUIA**

Son 43 años de historia de un sueño que inició con aportes de diferentes corrientes de enseñanza de países expertos en el tema como Alemania, Brasil y Cuba. En estas cuatro décadas se evidencia el servicio al deporte de una región y de un país que poco a poco se va consolidando en el ámbito mundial con sus resultados deportivos. La Medicina Deportiva y las Ciencias aplicadas al deporte van de la mano, al conjugar en un mismo objetivo la razón de ser de la evaluación, el seguimiento y el control del proceso del entrenamiento y sus cambios biológicos. Es satisfactorio evidenciar el aporte que hace el control biomédico del entrenamiento, a la investigación, a la gestión del conocimiento y a los procesos de capacitación externa.



## **CONTROL BIOMÉDICO** del entrenamiento deportivo



*Grupo de Medicina Deportiva  
y Ciencias Aplicadas al Deporte  
Indeportes Antioquia*

© 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)  
Teléfono: (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



## PRÓLOGO

Tengo el inmenso honor de presentar a la comunidad deportiva, el presente trabajo académico del grupo de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia, muy destacado en nuestro medio y con reconocimiento internacional por los trabajos presentados en diferentes eventos, a quienes he tenido la oportunidad de seguir muy de cerca en toda su trayectoria profesional y con quienes he tenido, además, la posibilidad de compartir varios espacios en nuestro trasegar por el mundo del deporte.

Por mi vinculación en el pasado con el Convenio Colombo-Alemán de Cooperación Técnica y con la Universidad de Antioquia, me tocó vivir de cerca el proceso que dio lugar al origen de los programas de formación profesional en Medicina Deportiva, como una especialización enfocada en el cuidado de la integridad física del atleta y en la prevención de los riesgos derivados de su actividad. También seguí muy de cerca todo el proceso evolutivo de este nuevo núcleo científico, en la medida en que se fueron incorporando otros saberes aplicados a la protección de la salud y el desempeño limpio de los atletas y de las personas físicamente activas, hasta conformar el gran campo académico de las Ciencias del Deporte, las cuales se han convertido en factor clave de resultados en el rendimiento deportivo y protección de la salud de los atletas.

Por esta razón, resulta impensable que alguien pueda comprometerse a implementar procesos de formación y preparación deportiva, al margen de las ciencias del deporte como factor clave para el logro de

los objetivos propuestos, sin arriesgar la integridad física del atleta y es justamente en esa dirección y con ese propósito que los autores nos compartan en esta publicación, toda su experiencia y conocimientos, como una guía práctica, para orientar a quienes tienen las responsabilidades primarias en los procesos de iniciación, formación y especialización deportiva.

Los distintos tópicos que comprende su texto, se basan en el enfoque que le dan los autores a cada uno de los campos que deben ser atendidos de manera integral e interdisciplinaria, por quienes le apuestan al éxito deportivo y a garantizar ante la sociedad, su obligación de proteger la salud del atleta y el juego limpio.

En referencia al amplio contexto de las Ciencias del Deporte tendríamos que afirmar que éstas deben tener como única finalidad, la utilización del conocimiento científico, en beneficio de las condiciones ideales para la práctica deportiva, proporcionándole al atleta la seguridad y la confianza que necesita para desempeñarse en óptimas condiciones, en busca del mejoramiento de su rendimiento deportivo de manera natural, renunciando a cualquier presión o tentación de utilizar sustancias ilegales para aumentar de manera artificial su rendimiento deportivo.

Dentro de este marco conceptual y ético, los autores nos hacen un recorrido didáctico y metodológico sobre el manejo correcto y adecuado de los distintos saberes científicos en los que debe basarse el día a día de quienes tienen la responsabilidad de orientar los procesos formativos del deporte, bajo el firme compromiso de aportar con su accionar, a la construcción de una cultura física que le permita a la sociedad en general, reconocer los grandes valores del deporte y la actividad física como indicadores de calidad de vida.

A este deber ser contribuye de manera práctica y sencilla esta publicación de este grupo científico y solo espero que quienes están verdaderamente comprometidos con la formación deportiva, hagan de ella una guía para orientar su trabajo y revisar sus prácticas, con la intención de incorporar nuevos conocimientos a las mismas para mejorarlas y a renovar sus compromisos como actores importantes del desarrollo deportivo del país.

**Baltazar Medina**

*Presidente. Comité Olímpico Colombiano*



## PRESENTACIÓN

Control Biomédico del Entrenamiento, un juego de palabras que representan la unión del trabajo técnico y científico en pos de un resultado. Simbiosis que permite alternar la teoría y metodología del entrenamiento moderno y la respuesta en el organismo de los atletas que son sometidos a altas cargas de trabajo con entrenamientos exhaustivos que modifican día a día sus resultados.

Los teóricos del entrenamiento moderno hablan con énfasis en la necesidad de conocer la respuesta biológica del cuerpo humano sometido al entrenamiento intenso. Nada mejor que contar con un grupo de profesionales del área de la salud, expertos en el tema, para evaluar e informar a los responsables del entrenamiento, cómo va el proceso de adaptación a la carga. Esto permite los ajustes respectivos al plan en pos del logro deportivo.

Ya lo dice el Plan de desarrollo departamental **"Antioquia Piensa en Grande"**, es un gran acuerdo por Antioquia, fruto del consenso entre los partidos políticos y la sociedad, con el fin de que en nuestro departamento se construya gobernabilidad sobre la base de un plan de desarrollo incluyente, que acoge las iniciativas de la ciudadanía. La educación es el instrumento por excelencia para la movilidad social dado que permite calificar el capital humano y construir competencias para el desarrollo social y productivo de las personas. Esta dimensión va más allá de la escolaridad porque implica el acceso a actividades culturales, recreativas y deportivas, así como la formación en derechos y deberes, la promoción de la salud y la cualificación en la toma de decisiones,

*todo lo cual promueve la formación ciudadana, a la cual apoyamos con la realización de textos académicos especializados como este, donde se plasma la experiencia de los autores y el resultado de innumerables evaluaciones de deportistas a través de estos 43 años de la Medicina Deportiva en Antioquia.*

Para Indeportes Antioquia es muy placentero presentar esta obra que consta de dos partes, la primera es más general y trata de las áreas que intervienen en la evaluación, el seguimiento y el control de los deportistas y la segunda se basa en la aplicación directa en los deportes más destacados de nuestra región y desde los cuales los deportistas antioqueños hoy conforman en su mayoría las delegaciones nacionales que nos representan en las competencias del ciclo olímpico.

Esperamos que este libro sea de mucha utilidad a la comunidad deportiva de nuestro país y de habla hispana, pretendiendo contribuir al desarrollo del área de la salud en el acompañamiento a los deportistas de alto rendimiento en el logro de sus objetivos.

*Lisana Sofía Sánchez Ledesma*  
*Gerente. Indeportes Antioquia*

## **Agradecimientos**

A Indeportes Antioquia, entidad cuya misión está enfocada en el apoyo al deporte, motor de nuestro trabajo,

A los deportistas, razón de ser de nuestro desarrollo,

A cada uno de los miembros del gran grupo de trabajo de Medicina Deportiva en sus 43 años de creación,

A nuestras familias, apoyo incondicional en esta misión de acompañar a los deportistas.

# CON TENI DO



## CONTENIDO

1	Introducción.....	15
2	Generalidades del control <i>biomédico del entrenamiento deportivo</i> .....	19
3	Cineantropometría en el control biomédico <i>del entrenamiento deportivo</i> .....	35
4	Nutrición en el control biomédico <i>del entrenamiento deportivo</i> .....	55
5	Evaluación psicológica en el control <i>biomédico del entrenamiento deportivo</i> .....	117
6	Control psicológico del entrenamiento <i>en los deportes de arte y precisión</i> .....	135
7	La prueba ortostática y el electrocardiograma como <i>medios de control biomédico del entrenamiento</i> .....	145
8	Evaluación funcional en el laboratorio de fisiología, <i>protocolos para determinar la capacidad aeróbica</i> .....	173
9	Evaluación funcional en el laboratorio de fisiología, <i>protocolos para determinar la potencia</i> .....	189

10	Control biomédico <i>en el atletismo</i> .....	205
11	Control biomédico <i>del boxeo</i> .....	229
12	Control biomédico del entrenamiento <i>en ciclismo bmx</i> .....	253
13	Control biomédico del entrenamiento en la <i>modalidad de cross country del ciclomontañismo</i> .....	275
14	Control biomédico del entrenamiento <i>en ciclismo de pista de velocidad</i> .....	291
15	Control biomédico del entrenamiento <i>en el ciclismo de ruta</i> .....	311
16	Control biomédico del entrenamiento <i>en levantamiento de pesas</i> .....	339
17	Control biomédico <i>en la lucha olímpica</i> .....	367
18	Control biomédico de la <i>natación de carreras</i> .....	387
19	Control biomédico del <i>patinaje de carreras</i> .....	403
20	Control biomédico del entrenamiento <i>en tiro con arco</i> .....	423
21	Control biomédico de los <i>deportes de conjunto</i> .....	433
22	Sobre <i>los autores</i> .....	457



## INTRODUCCIÓN

Un hito en nuestra historia local y nacional. La idea inicial del acompañamiento médico a los deportistas en los diferentes eventos deportivos, surge de la inquietud de algunos dirigentes que, después de los Juegos Panamericanos celebrados en Cali, Colombia, en 1971, donde el equipo cubano mostró su poderío y la influencia científica que el rendimiento deportivo podía tener, generó los primeros cuestionamientos de si en Colombia se podría implementar un programa parecido, que permitiera mejorar el estado de nuestro deporte en general.

El Estado colombiano no fue ajeno a esta inquietud y apoyado en el convenio existente con el gobierno alemán, hizo una adición a este que modificaría sustancialmente los conceptos de la Educación Física y la Medicina Deportiva en nuestro país. Los frutos obtenidos de este convenio se iniciaron con el desarrollo de tres sedes sólidas: Cali, Medellín y Bogotá.



La intervención del gobierno se hizo presente con las universidades y los institutos departamentales de deporte - Coldeportes, creando así una esencia del convenio que permitía unir el elemento académico -tan importante para los alemanes, que además se imponía como requisito obligatorio- y el componente político de las instituciones que por ley tenían a cargo la difusión de los conceptos de la educación física, el deporte y la recreación.

El proyecto inicia con los tres polos de desarrollo en Coldeportes Bogotá, Coldeportes Valle del Cauca y Coldeportes Antioquia, apoyados permanentemente por la Universidad de Antioquia, la Universidad del Valle y la Universidad Pedagógica Nacional, con sus departamentos de Educación Física, que posteriormente serían Institutos y Centros de Documentación Deportiva de este convenio. Las instituciones estuvieron respaldadas en su contraparte por la Universidad de Colonia, en Alemania.

La llegada de expertos en la materia dio un empuje mayor al convenio y fue así como médicos, sicólogos, entrenadores y pedagogos iniciaron su labor de capacitación y docencia generando un sinnúmero de documentos y textos, así como reformas sustanciales a las cátedras y clases de Educación Física en colegios y universidades. Los departamentos médicos de las tres principales ciudades del país se vieron fortalecidos y crecieron en personal capacitado y tecnología, lo que ayudó a iniciar un trabajo con los deportistas de nuestro país.

Con el desarrollo de la Medicina Deportiva en Antioquia, Medellín se transformó en el epicentro académico de esta especialidad, esto lo demuestran sus más de 10 eventos académicos de carácter internacional realizados en menos de una década y a los cuales asistieron los más prestigiosos y reconocidos especialistas del mundo en su momento. Este desarrollo llevó a nuestros especialistas a perdurar la semilla de la academia a través de la creación del primer postgrado en Medicina Deportiva de Suramérica con una duración de tres años y que tuvo asiento en la Universidad de Antioquia. Posteriormente, seguirían su ejemplo la Universidad El Bosque, la Fundación Universitaria de Ciencias de la Salud y la Universidad Nacional en Bogotá, y la Universidad Pontificia Bolivariana en Medellín.

Hoy, la Medicina Deportiva en Colombia se mira de otra forma. La evaluación, seguimiento y control del deportista asociado, permite hoy día patrones de referencia en los deportistas colombianos que cada

vez más se muestran en el contexto mundial y olímpico. Las políticas mundiales encaminadas al uso de la actividad física como estrategia fundamental para mejorar la calidad de vida de los habitantes del planeta y la lucha contra las enfermedades crónicas no transmisibles producto del sedentarismo, han mostrado alternativas interesantes de trabajo para la especialidad. La investigación se ha sumado a ella como soporte vital en la generación de nuevo conocimiento.

Presentamos a ustedes este libro, producto de la experiencia y el trabajo de un grupo de profesionales de la Medicina Deportiva y las Ciencias Aplicadas a la Actividad Física y el Deporte, que desde Indeportes Antioquia se ofrece como referente a todos nuestros colegas.

*Felipe E. Marino Isaza, MD, Esp. MSc.  
Jefe Medicina Deportiva. Indeportes Antioquia*

# GENE RALI DA DES

DEL CONTROL BIOMÉDICO  
DEL ENTRENAMIENTO  
DEPORTIVO



Generalidades del  
**CONTROL BIOMÉDICO**  
del entrenamiento deportivo

Felipe Eduardo Marino Isaza, MD, Esp. MSc.  
Óscar Mario Cardona Arenas, MD, MSc.

## INTRODUCCIÓN

**A**l control médico del entrenamiento deportivo agrupa un conjunto de procedimientos que nos permiten observar la respuesta a las cargas del entrenamiento desde varios puntos de vista: médicos, biológicos y técnicos. El organismo del deportista responde de diferentes maneras, de acuerdo con el estímulo que actúe en ese momento. Es así como se aprecia una respuesta *inmediata u operativa* a la unidad de entrenamiento y al ejercicio que se realiza en el sitio de trabajo; una respuesta *posterior o puntual*, que identifica la variación de las fases tardías de la recuperación, que demora horas o días, y una respuesta *acumulativa o de etapas*, la cual indica por sí misma la verdadera adaptación al entrenamiento, ya que tarda días o semanas en aparecer o involucionar.

Por medio del CBMED se puede contribuir con el plan de las preparaciones física y técnica realizadas por el entrenador, y de esta forma obtener un seguimiento más científico de la respuesta de los deportistas a su trabajo. Además, esto permitirá, en una secuencia lógica, la adecuación del contenido del entrenamiento a los hallazgos que se observan en el mismo.

El CBMED comprende métodos de laboratorio y de terreno que dependen del tipo de observación que se pretenda realizar. De otra parte, el conocimiento del especialista en medicina del deporte y en los contenidos del macrociclo y los mesociclos que conforman el plan de entrenamiento con la respectiva ondulación de las cargas de trabajo, facilitan el diseño del plan de atención en salud con el deporte respectivo.

La fundamentación del contenido de los programas y de los planes de trabajo en el entrenamiento deportivo depende, en grado considerable, de la totalidad y la confiabilidad de la información empleada en su preparación. Esta información es recogida en el proceso de control integral del entrenamiento realizado por diferentes especialistas (entrenadores, médicos, biomecánicos, nutricionistas, antropólogos, psicólogos, bioquímicos, entre otros).

Se conoce como *control médico del entrenamiento deportivo* (CBMED) a las observaciones médicas, biológicas y técnicas que se realizan con el fin de valorar la influencia de las cargas del entrenamiento sobre el organismo del deportista y su nivel de rendimiento. Con base en los resultados, se procede a dar un orden lógico al proceso pedagógico del entrenamiento deportivo.

El método del CBMED se establece entre el entrenador y el cuerpo médico asesor que actúan sobre el deportista. Es una tríada (entrenador – deportista – grupo de salud) que no puede fraccionarse y de la cual van a depender directamente los resultados de las competencias.

El método del CBMED se establece para garantizar la adecuada aplicación de las cargas del entrenamiento y su posterior recuperación, así mismo para evitar estadios de sobreentrenamiento que puedan influenciar el estado de ánimo del deportista, su capacidad de trabajo, el desarrollo de estados pre patológicos y, por último, la enfermedad, la cual no solo afectaría todo el proceso del entrenamiento, sino también los resultados de la competencia deportiva.

El entrenador requiere del aporte científico y de la información que este pueda ofrecer sobre el estado actual del nivel de entrenamiento en que se encuentra el atleta. Para esto se ha propuesto estudiar los efectos **inmediatos, posteriores** y **acumulativos** del entrenamiento deportivo.

Se entiende por efectos **inmediatos** los cambios que tienen lugar en el organismo debido a la respuesta a la ejecución directa de las cargas de entrenamiento; son de carácter inestable y variable; nos ayudan a estructurar programas de entrenamiento; su respuesta depende de la duración y carácter de los ejercicios, de la intensidad y duración de la ejecución, de la pausa, el volumen y la intensidad de la carga. Comprenden hasta el período de descanso más cercano.

Los efectos **posteriores** son las variaciones en las fases tardías de la recuperación y comprenden desde horas hasta varios días después del entrenamiento. Determinan la estructuración de las nuevas sesiones del entrenamiento (magnitud, finalidad, contenido y volumen). Se utilizan métodos sencillos y un número menor de índices. Estos métodos no deben dificultar el proceso de entrenamiento; un ejemplo es la utilización de la urea y el análisis sistemático del estado general. Estos controles puntuales resuelven la transformación de la finalidad y magnitud de las cargas en las sesiones contempladas en los microciclos del entrenamiento.

Los efectos **acumulativos** son el resultado de la acumulación de las cargas del entrenamiento. Corresponden a un período largo de unidades de entrenamiento, como por ejemplo las de un mesociclo. Estos efectos se mantienen durante un período de tiempo relativamente largo en una etapa de preparación del deportista. Su función es constatar el cumplimiento de los objetivos particulares de cada etapa de preparación para posteriormente introducir correcciones en la planificación y organización de la preparación. Se recurre en gran medida al laboratorio, ya que se realizan los controles médicos del estado de salud y funcional, y el nivel de preparación de cada uno de los componentes del entrenamiento; un ejemplo son las pruebas específicas de cada deporte.

Teniendo en cuenta estos efectos, podemos plantear a continuación los objetivos del CBMED.

## Objetivo GENERAL

Comprobar, desde un punto de vista multidisciplinario, a través de la evaluación, el seguimiento y el control, el nivel de preparación del deportista mediante la realización de observaciones operativas, puntuales y por etapas, el registro de los indicadores de los estados físico y psíquico, el nivel de preparación técnica y táctica, y los resultados en la actividad competitiva. Esto implica la mirada sistemática del deportista y su entorno, con el fin de vigilar las cargas del entrenamiento, obtener una adecuada higiene deportiva y realizar una óptima profilaxis para evitar las lesiones y la enfermedad en el proceso del entrenamiento y la competencia.

## Objetivos ESPECÍFICOS

1. Evaluar las condiciones y la organización de la unidad del entrenamiento desde el concepto biológico.
2. Estudiar las influencias de las cargas del entrenamiento sobre el organismo del deportista mediante pruebas de laboratorio y de terreno.
3. Determinar los estados de salud y funcional del deportista y su nivel de entrenamiento en las diferentes etapas del mismo.
4. Evaluar los medios y métodos del entrenamiento empleados en los objetivos y posibilidades del deportista, con el fin de perfeccionar la planificación y la individualización del proceso del entrenamiento.
5. Diseñar la combinación de los medios y métodos médicos, psicológicos y pedagógicos para la adecuada recuperación posterior a la aplicación de grandes cargas físicas.
6. Acompañar los entrenamientos y eventos deportivos.
7. Estructurar el adecuado plan de profilaxis y atención de la patología deportiva.
8. Vigilar y controlar el uso de sustancias dopantes.

## Organización del control médico del ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

El requisito fundamental para establecer un programa de CBMED es, sin duda alguna, el plan de entrenamiento escrito suministrado por el entrenador. En él deben estar consignadas las **etapas** de entrenamiento con las respectivas dinámicas de las cargas, representadas en **volúmenes e intensidades**, lo mismo que los **objetivos** que se persiguen con dicho plan. El plan de entrenamiento deberá incluir las **pruebas de laboratorio y de campo, generales y específicas**, las cuales se realizarán en cada período, con el fin de evaluar la condición física, técnica y psicológica del deportista. La mayoría de las veces estas pruebas sirven al grupo asesor en salud para obtener una información valiosa acerca del comportamiento del deportista ante la carga del entrenamiento.

Una vez determinados estos requisitos, se procede conjuntamente con el entrenador a elaborar el plan de acción médico para la programación total del entrenamiento hacia la competencia principal (macro-ciclo). La relación entre los aspectos del nivel de preparación sujetos a control y los posibles indicadores que deben ser observados y medidos se aprecian en la tabla 1. Se presenta un esquema general que debe constar de:

Tabla 1. Relación entre los aspectos del nivel de preparación sujetos a control y los indicadores que deben ser observados y medidos.

Aspectos del nivel de preparación sujetos a control	Indicadores
Salud	- Resultados del examen médico - Estado general de salud - Detección de factores de riesgo
Morfología	- Peso, estatura, composición corporal - Proporcionalidad, maduración
Habilidades físico-motrices	- Capacidades condicionales - Capacidades coordinativas
Maestría técnica	- Volumen, efectividad, estabilidad, variabilidad de la técnica
Maestría táctica	- Volumen, diversidad, racionalidad de las acciones tácticas
Cualidades volitivas	- Personalidad, ansiedad, pre arranque, fatiga

Fuente: Instituto de Medicina del Deporte, documentos sobre Control Médico del Entrenamiento Deportivo, Cuba, 1995.

1. Dos exámenes médicos completos al inicio y al final del macrociclo que garanticen el estado de salud del deportista en el comienzo y el final del plan.
2. Evaluaciones funcionales realizadas al final de cada etapa, las cuales nos cuantifican el efecto acumulativo del entrenamiento durante un período determinado. Estos exámenes sirven para perfeccionar la planificación y la individualización de las cargas del entrenamiento, ya que permiten observar el grado de cumplimiento de las tareas asignadas para dicho período. Aquí se evalúan las cualidades fisiológicas, bioquímicas, psicológicas y de entrenamiento, con el fin de sacar conclusiones para la futura planificación del entrenamiento del deportista. La tarea del médico será entonces valorar los cambios que han tenido lugar en los diferentes sistemas del organismo, comentarlos con el entrenador y realizar los ajustes pertinentes, para el logro de los resultados en dicho deporte.
3. Observación directa de la rutina de los diferentes entrenamientos, con la finalidad de determinar la respuesta inmediata a las cargas del entrenamiento diario que el deportista realiza, así como la evaluación de los efectos posteriores y su proceso de recuperación. Existen deportes que por su nivel de preparación realizan dos o más entrenamientos al día. En estos deportes el acompañamiento médico se torna fundamental, puesto que aumenta considerablemente el riesgo de lesiones ante las altas cargas a las que se ven sometidos dichos deportistas.

## Características de las OBSERVACIONES MÉDICAS

Las observaciones médicas son realizadas con el objeto de valorar la influencia de las cargas del entrenamiento en el organismo del deportista y así establecer su nivel de preparación con el fin de orientar el proceso del entrenamiento. Se deben tener en cuenta las siguientes características:

1. Dar cuenta precisa y objetiva de las aptitudes exploradas.
2. Los hallazgos deben ser comprensibles al deportista y a quienes recogen la información.

3. Formar parte del proceso del entrenamiento y no implicar cargas adicionales al mismo.
4. Poseer validez; esto es, aplicación de los conocimientos de lo que se evalúa y que presente garantías científicas suficientes, positiva relación entre las pruebas y la aptitud evaluada.
5. Tener confiabilidad que exprese la estabilidad en los resultados en el momento de su utilización reiterada.
6. Presentar objetividad que exprese la independencia de los resultados con relación a los individuos que practican el examen. Se calcula con la correlación entre los valores obtenidos en pruebas iguales en sujetos diferentes.
7. Justificar por qué, cuándo y cómo se realiza la prueba.
8. Sustentar economía y factibilidad de las pruebas.
9. Someterse siempre a protocolos establecidos y respetar un orden lógico.
10. Demostrar alto grado de seguridad para el deportista en su ejecución.

## Métodos más comúnmente usados en el CONTROL MÉDICO DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO

La evaluación de la condición física del deportista se divide particularmente en dos grandes grupos: los métodos de **laboratorio** y los métodos de **terreno**.

### 1. Métodos de laboratorio

- **Controles de laboratorio clínico:** con exámenes de rutina como hemograma, glicemia, citoquímico de orina, perfil lipídico y otros más especializados como ferritina, ácido láctico, urea, proteinuria, enzimas, hormonas, electrolitos, PH y gases arteriales, etc.

- **Mediciones antropométricas:** en las cuales se determinan los aspectos morfológicos fundamentales para cada etapa del entrenamiento, como la composición corporal, la forma, la proporcionalidad y la maduración. La composición corporal estudia las fracciones o componentes del cuerpo; incluye el porcentaje de grasa, la masa corporal activa y

el índice de sustancia activa (AKS), entre otros. La forma analiza la figura humana identificando los componentes endomórfico (grasa), mesomórfico (músculo) y ectomórfico (talla) que nos sitúan al deportista en las características morfológicas adecuadas por modalidad deportiva. La proporcionalidad nos permite calcular índices corporales que relacionan dos o más variables medidas. Y la maduración estima la etapa o edad del proceso de maduración biológica en las fases de crecimiento y desarrollo del deportista.

- **Pruebas fisiológicas:** las cuales nos brindan una visión más objetiva de la respuesta a las cargas del entrenamiento por cada etapa. Se realizan pruebas de evaluación de la *resistencia* usando el cicloergómetro y la banda rodante. Estas nos permiten calcular el consumo máximo de oxígeno absoluto y relativo (VO<sub>2</sub> máx.), la capacidad física de trabajo máxima y a 170 pulsaciones por minuto (PWC<sub>max</sub>- PWC170) y algunos parámetros ventilatorios como cociente respiratorio, equivalente respiratorio y el umbral ventilatorio. Las pruebas de evaluación de la condición *neuromuscular* nos ayudan a evaluar la respuesta del sistema nervioso central y periférico, así como la respuesta del músculo a las adaptaciones específicas por deporte. La *fuerza muscular* comúnmente se mide con aparatos sofisticados como los dinamómetros (isométricos e isocinéticos), los cuales nos ayudan a evaluar diferentes grupos musculares, así como también los imbalances existentes entre los miembros. La *potencia muscular* la observamos a través de pruebas basadas en saltabilidad y velocidad de pedaleo. Otra prueba que evalúa el sistema nervioso autónomo es la llamada *prueba ortostática*, la cual comprende el análisis de la respuesta de la presión arterial y la frecuencia cardíaca a los cambios de posición horizontal y vertical experimentados por el cuerpo.

- **Controles médico, nutricional y odontológico:** que nos dan una visión global de la salud del deportista. Estas evaluaciones nos permiten diseñar un plan profiláctico de inmunización, así como llevar una dieta adecuada al gasto energético correspondiente a cada deporte; al mismo tiempo, una buena salud oral como parte de la higiene que todo deportista debe mantener, para evitar así malos momentos ocasionados por la sepsis bucal que pueden interferir con entrenamientos y competencias.

- **Pruebas psicológicas:** las más comúnmente utilizadas son el tiempo de reacción simple, tiempo de reacción compleja, reacciones de anticipación, percepción del esfuerzo, vigor y fatiga, y algunos test de coordinación.

## 2. Pruebas de terreno

Los métodos de evaluación en el sitio del entrenamiento siempre deben corresponder a la adecuada planificación del entrenador y al plan del grupo asesor en salud. No es posible que el médico determine pruebas que de alguna manera no se relacionen con las características del deporte, solo con el fin de obtener un beneficio propio. Tampoco es conveniente realizar mediciones que no correspondan a la etapa específica del entrenamiento. Esto solo llevaría a confusión en las interpretaciones de los resultados y disminuiría la motivación y el ánimo de colaboración que deben tener los deportistas hacia estas pruebas.

Las formas más utilizadas en el control médico de terreno son:

- **Observaciones médicas y psicológicas:** orientadas al seguimiento del deportista en sus entrenamientos. Se establecen algunas estrategias para dicho control, como la medición del peso corporal, la frecuencia cardíaca, la presión arterial, el grado de fatiga, el nivel de coordinación, la disposición para entrenar, etc. Algunos de los métodos más empleados son la pulsometría de la carga y la observación controlada del entrenamiento.

- **Determinación del ácido láctico sanguíneo:** es una variable que se utiliza frecuentemente para determinar las intensidades del entrenamiento. Nuestra experiencia nos ha enseñado que es de suma utilidad en la planificación de las velocidades del entrenamiento, como pronóstico de la capacidad de rendimiento, para monitorear las capacidades del entrenamiento en la altura y conocer la situación metabólica durante y después de la carga física.

- **La determinación de la urea sanguínea:** permite evaluar el déficit de substratos energéticos y altas cargas de entrenamiento. Es bien conocida la participación de las proteínas en el aporte energético durante el ejercicio. La urea como producto final del metabolismo proteico puede ser utilizada como un indicador importante para conocer la soportabilidad y la recuperación del deportista a las cargas de entrenamiento. Se usa para evaluar la respuesta a los períodos de alto volumen de carga física y el aumento de la intensidad del entrenamiento.

- **La dosificación de enzimas sanguíneas:** muestra el comportamiento de la vía metabólica utilizada en cada tipo de ejercicio y el impacto que

sobre la fibra muscular pueden tener las actividades de alto volumen. En nuestro laboratorio la más comúnmente dosificada es la CPK, la cual nos brinda información sobre la utilización de la vía anaeróbica.

• **El comportamiento de las hormonas en el organismo del deportista:** brinda información importante sobre la adaptación a las cargas del entrenamiento. La relación testosterona/cortisol ha sido empleada para el diagnóstico del sobreentrenamiento por las características catabólicas de este último. Así mismo, la insulina y las catecolaminas, relacionadas con el estrés físico, han sido consideradas como objeto de estudio por muchos autores. Este es un verdadero campo de investigación en el área del deporte.

• **Plan de fisioprofilaxis:** determinado fundamentalmente por la identificación de los segmentos corporales (grupos musculares) involucrados en la ejecución del gesto deportivo propio de cada modalidad. Con la ayuda del fisioterapeuta, se establecen recomendaciones sencillas para después de cada sesión de entrenamiento, relacionadas con el fortalecimiento, el estiramiento y el uso del hielo y algunos aparatos de fácil transporte hasta el sitio de las prácticas, como pudiera ser un tens o un ultrasonido portátil. Ello con el fin de evitar lesiones posteriores, sobre todo en las semanas donde la carga es muy alta.

## Análisis del mesociclo y el macrociclo por parte del especialista EN MEDICINA DE LA ACTIVIDAD FÍSICA Y EL DEPORTE

Una de las funciones principales del especialista en medicina de la actividad física y el deporte consiste en comprender y analizar el plan gráfico y escrito que diseña el entrenador, con el objetivo de ubicar de forma clara los controles a realizar. La efectividad de dichos controles siempre va a estar dada por el grado de conocimiento que el médico tenga del deporte que controla. Tomamos estas directrices emanadas del Instituto de Medicina del Deporte de La Habana, que pueden servir de orientación para la elaboración del análisis:

### 1. Caracterización del deporte

- Pedagógica (grupo de deporte, modalidades, eventos principales y capacidades motoras)
- Características fisiológicas y bioquímicas

- Características biomecánicas
- Características psicológicas
- Características sociológicas
- Características antropométricas
- Bibliografía sobre el deporte
- Ficha técnica y deportiva de cada atleta

### 2. Plan gráfico y escrito de las pruebas de CBMED

- Tiene como base el plan del entrenamiento elaborado por el entrenador.
- Permite categorizar el deporte.
- Evalúa y sitúa las pruebas de competencia fundamental y los toques de control.
- Define las diferentes pruebas de control biomédico y técnico, así como las fechas de su ejecución.
- Describe en qué consiste cada prueba a realizar.

### 3. Pruebas de laboratorio y de terreno que se llevarán a cabo

En el plan de entrenamiento siempre se debe señalar con sumo cuidado cuáles son las pruebas de campo que vamos a realizar con los deportistas, y de acuerdo al período de entrenamiento, cuál es el objeto de la evaluación. Estas siempre deben estar en conjunción con la programación del entrenador.

### 4. Plan de fisioprofilaxis

Debe plantear cuáles son los objetivos propuestos con el grupo de deportistas en relación con los hallazgos del examen médico, la tendencia de las lesiones del grupo y las pruebas realizadas, tanto de laboratorio como de terreno.

### 5. Planes de recuperación post-lesión

Cuando un atleta se lesiona, hay dos cosas fundamentales que se deben hacer: rehabilitarlo lo más rápidamente posible y rehabilitarlo bien. El conocimiento que el médico tenga del fenómeno ocurrido

facilitará la orientación de la terapia inicial y ayudará a la comprensión del atleta acerca de lo que debe hacer y cuándo debe hacerlo. Algunos deportistas que están muy próximos a las competiciones requieren ayuda psicológica; en estos casos suele ser de importancia capital para el logro de los objetivos.

## 6. Control odontológico

El odontólogo se convierte en otro elemento clave para el desarrollo de una buena profilaxis en el proceso del entrenamiento. Un buen control de la salud oral como parte del seguimiento en la realización del plan de entrenamiento evita complicaciones que puedan ocasionar el fracaso en un objetivo planteado en la realización del plan. Habitualmente se programa al inicio de cada macrociclo y se realiza el esquema de tratamiento hasta que se complete en su totalidad.

## 7. Esquema de vacunación

El esquema de vacunación siempre debe estar completo y debe hacerse énfasis en las vacunas contra el tétanos, la influenza y la fiebre amarilla, en especial si se piensa salir del país.

## 8. Control ginecológico

La educación sexual y el control ginecológico siempre deben implementarse en todo grupo de deportistas, ya que estos tienen oportunidad de salir a muchos eventos y entablar relaciones con personas de otros sitios, y existe la posibilidad de una relación más íntima. El uso de métodos que eviten un embarazo no deseado debe formar parte de la educación que se imparta al deportista de ambos sexos, lo mismo que la posibilidad de una enfermedad de transmisión sexual, la cual es un problema de tipo epidemiológico que se puede evitar con un comportamiento apropiado en cualquier delegación.

## 9. Plan de preparación teórica

La educación al deportista sobre aspectos relacionados con su deporte es fundamental. Compartir videos, dar a conocer los escalafones a nivel del mundo, explicar los resultados de las pruebas de laboratorio y terreno siempre brinda madurez al deportista acerca de sus objetivos y plan de entrenamiento.

## 10. Plan de recuperación nutricional

En el cual forman parte importante el control del peso corporal y la alimentación diaria, el suministro de preparados biológicos para la recuperación y el análisis de la dieta para cada etapa del entrenamiento. Estos factores se transforman en una ayuda imprescindible para el logro de los objetivos propuestos en cualquier deporte.

## 11. Controles del peso corporal

Por lo general se realizan a diario en concentraciones o entrenamientos. Es una herramienta fundamental para vigilar la alimentación, la hidratación y la tolerancia a las cargas de entrenamiento, así como también la forma como se recupera el peso después de los entrenamientos.

## 12. Informes al entrenador

El éxito del CBMED está en este punto. El entrenador debe recibir rápidamente los resultados de las evaluaciones, pues es con base en ellas que adecuará los ciclos posteriores de las cargas de trabajo a los deportistas. Aquí también entra a jugar un papel importante la relación con el médico y el cuerpo técnico del grupo evaluado, basada en un ambiente de confianza y de conocimiento de las pruebas que se realizan, tratando siempre de que las explicaciones sean lo más lógicas posibles y entendibles para todo el grupo de trabajo.

## 13. Revisión de la historia médico-deportiva

Es función del médico del deporte mantener actualizada toda la información posible respecto al grupo de deportistas que están siendo evaluados. La historia clínica es un documento importantísimo en el conocimiento del comportamiento del deportista ante las cargas, su evolución ante las diferentes lesiones, su motivación por recuperarse y los motivos de consulta más frecuentes por los cuales acude. También los resultados de las pruebas que se le hayan realizado mostrarán la evolución y tolerancia a las cargas, su pronóstico deportivo y, en general, toda la información necesaria para que el médico tenga un conocimiento absoluto del deportista.



## REFERENCIAS

- Karpman, U. L.** (1989). *Medicina deportiva*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Instituto de Medicina del Deporte** (1993). *Análisis del mesociclo y macrociclo por parte del especialista en Medicina Deportiva*. La Habana: Documentos de postgrado, Centro de Alto Rendimiento.
- Nicot, G., Almenares, E.** (1991). *El control bioquímico del entrenamiento*. La Habana: Documentos, Instituto de Medicina del Deporte.
- Maughan, R. J.** (1999). *Basic and applied sciences for Sports Medicine*. Oxford: Butterworth and Heinemann ed.
- Rodríguez, C.** (1992). *Composición corporal y deporte*. La Habana: Documentos, Instituto de Medicina del Deporte.
- Bompa, T. O.** (1983). *Theory and Methodology of training*. Iowa: Kendall and Hunt Publ. Comp.
- Marino, F.** (1997). Control médico en el patinaje de carreras. *Memorias del Seminario Internacional I Copa Mundo de Patinaje de Carreras*. Santa Fe de Bogotá.
- Marino, F., Quiroz, O. L., Valbuena, L. H. y Múnera, J. L.** (1998). Descripción de variables antropométricas y funcionales del patinaje de carreras, selección Colombia 1996-1997, *Revista Antioqueña De Medicina Deportiva y Ciencias Aplicadas a la Actividad Física*, 1(1).
- Marino F.E., Cardona O.M.**, Control médico del entrenamiento deportivo, en Marino F.E., Cardona O.M., Contreras L.E., *Medicina del Deporte*, Corporación para Investigaciones Biológicas, CIB, Medellín, 2006.



# ANTRO POME TRÍA

EN EL CONTROL BIOMÉDICO  
DEL ENTRENAMIENTO  
DEPORTIVO



## ANTROPOMETRÍA del deportista

*Maximiliano Kammerer López, ND. MSc.  
Olga Lucía Quiroz Bastidas, ND. Esp.*

### INTRODUCCIÓN

La antropometría es el método de campo de mayor uso para estimar la composición corporal por ser un método rápido, seguro y de bajo costo. Hasta el momento se han diseñado múltiples ecuaciones de regresión para evaluar la composición corporal por el método antropométrico el cual a partir de medidas como pliegues cutáneos, diámetros y perímetros, que sumados al peso corporal, la estatura, la edad y el sexo de los individuos brindan estimaciones del porcentaje de grasa corporal (12). En la actualidad, ante la ausencia de ecuaciones validadas en nuestra población, se han empleado diferentes metodologías como las ecuaciones de Durning y Womersley, Lohman y Slaughter, Yuhasz y Jackson y Pollock, entre otras. (3, 4, 5,6,7).

La creciente actividad en investigación y aplicación que se lleva a cabo a nivel internacional en el área de la antropometría también se ha evidenciado en Colombia. Sin embargo la antropometría ha estado inmersa durante muchos años en problemas de estandarización, con relación al número, naturaleza y localización de los sitios donde se deben realizar las mediciones. Igualmente, en lo relacionado con las técnicas de medición y la forma en la cual los datos deben ser analizados y reportados. Esta situación ha generado verdaderas diferencias conceptuales en el proceso de agrupación y comparación de los datos entre poblaciones y con frecuencia se publican resultados o se ofrecen servicios en los cuales la antropometría es utilizada. De allí la necesidad de adoptar un método consensuado que permita darle solidez a los trabajos que se realizan en el país y cuyos resultados puedan ser comparados dentro y fuera del ámbito colombiano.

Por otro lado el gran inconveniente para medir la composición corporal es que no existe un método directo para medirla, y para hacerlo se tendría que diseccionar in vivo al deportista o la persona que se vaya a medir y además las ecuaciones antropométricas utilizan el modelo de los dos componentes, en el cual se asumen valores de densidad constante para la MLG (1,1gr/ml) y la MG (0,9gr/ml). Estas ecuaciones han demostrado ser específicas de población ya que la densidad de la MLG se modifica con variables como la edad, el género y el grupo étnico, entre otros. Por lo anterior cuando las ecuaciones antropométricas se aplican a grupos con características somáticas diferentes a la población de la cual fueron derivadas se producen errores sistémicos que limitan su aplicación (1, 2). En consecuencia, los métodos que se aplican son indirectos lo que implica cierto grado de error porque el método no es directo. Este grado de error varía según sea el método utilizado para cuantificar la composición corporal.

Los métodos indirectos más conocidos son la hidrodensitometría (pesaje bajo el agua), la absorciometría dual por energía rayos X (DEXA), la pletismografía (BOD - POD), la resonancia magnética y la medición del potasio corporal total. Estos métodos determinan la cantidad de grasa del cuerpo utilizando diferentes técnicas para el cálculo, un inconveniente es que son instrumentos costosos y en consecuencia se requieren herramientas más económicas para medir los pliegues cutáneos como el adipometro. Para determinar la cantidad de grasa por medio de los pliegues se han realizado estudios necesario en los que se miden grupos de 100 a 400 sujetos primero mediante pesaje hidrostático y se determina la densidad corporal y a partir de esto se

calcula el porcentaje de grasa por medio del ecuación de Siri y a continuación se miden en las mismas personas los pliegues después y con un programa estadístico se genera una ecuación de regresión para calcular esta densidad corporal a partir de los pliegues.

El problema con las ecuaciones de regresión como se mencionó antes, radica en que los resultados que arrojan son específicos de la muestra de sujetos utilizados en la generación de la formula. Por ejemplo, si se mide en velocistas, esta solo sirve para calcular el porcentaje de grasa en personas de características similares. Lo mismo ocurre si la muestra que se utilizó fueron mujeres de raza blanca con sobrepeso: los resultados de esta ecuación sobreestimarían la grasa corporal en mujeres jóvenes deportistas. En conclusión con esta forma de determinar la composición corporal, cada grupo humano necesitaría una formula diferente y existen cantidad de grupos humanos, esto sería un trabajo casi imposible de lograr. Por todo esto existe un problema cuando se publican datos de composición corporal de atletas y no se detalla con cuál ecuación se determinó la grasa corporal.

## Antropometría aplicada AL DEPORTE

Durante la realización de certámenes deportivos como los Juegos centroamericanos, panamericanos, los campeonatos del mundo, los Juegos olímpicos u otros eventos internacionales, es común observar como cada vez se mejoran las marcas y se baten records, esto obedece a los esfuerzos realizados por alcanzar el máximo rendimiento deportivo, labor que tiene como protagonista al deportista y a un grupo interdisciplinario de profesionales trabajando por el mismo objetivo, en áreas como el entrenamiento deportivo, la medicina deportiva, la fisiología del ejercicio, la nutrición y dietética, la fisioterapia, la psicología, entre otras disciplinas.

La antropometría aplicada a las actividades físicas (Cineantropometría), juega un papel fundamental en el diseño, programación y control del entrenamiento deportivo, gracias a la estrecha relación existente entre las características morfológicas de los deportistas y el alto rendimiento. Desde 1980 William Ross propuso el concepto de Cineantropometría como "La disciplina de la medición de los seres humanos que realizan movimiento"(1), éste concepto se ha popularizado para

referirse a las estrategias metodológicas que estudian y correlacionan las dimensiones antropométricas de los deportistas con otras disciplinas como la medicina deportiva, la fisiología del ejercicio, la bioquímica, la nutrición y dietética, con el propósito de mantener la salud y promover el máximo rendimiento de los atletas.

La aplicación y el desarrollo de la cineantropometría no es propio de una sola disciplina científica sino que involucra conocimientos de diversas áreas como la fisiología, kinesiólogía, ergonomía entre otras y por esto participan profesionales de diferentes campos como, fisiólogos, especialistas en medicina deportiva, educadores físicos, nutricionistas dietistas que utilizan la cineantropometría en áreas como: La evaluación del estado nutricional, el control del entrenamiento deportivo, el estudio del tipo físico, de la proporcionalidad corporal, la selección de talentos y la rehabilitación entre otras. Pero realmente la valoración de las características morfológicas en la ciencia del deporte tiene cuatro aplicaciones fundamentales desde el punto de vista de la nutrición deportiva:

- Identificar las características físicas de los deportistas de élite
- Vigilar los programas de entrenamiento
- Determinar el peso y composición corporal óptima en deportes de categoría de peso
- Valorar y monitorear el crecimiento de los deportistas jóvenes

Sí definimos un deportista como el ser humano que perteneciendo a una federación, liga o club, realiza una actividad física programada y estructurada, con un plan de entrenamiento, compite de forma regular en eventos regionales, nacionales o internacionales, además esta categorizado dentro de un ranking vemos como por medio de la cineantropometría se realiza un monitoreo constante de los cambios en las características corporales, morfológicas y de algunas características funcionales, que el atleta presenta durante los diferentes periodos de preparación (preparación física general, preparación física específica, periodo de competencia y el periodo de transición o descanso). Los datos antropométricos se deben analizar tanto de forma individual (el valor absoluto de cada una de las variables) como de forma conjunta (utilizando los valores para la construcción de diferentes índices e indicadores). Estos datos se comparan con los valores del mismo sujeto o con referencias locales, nacionales o internacionales, según sea el nivel de competencia del deportista. De acuerdo la disciplina deportiva que

practique según su categoría y a los recursos disponibles, se seleccionan diferentes variables morfológicas de interés para la construcción y análisis de los indicadores Cineantropométricos. Algunas estrategias que se utilizan para la evaluación Cineantropométrica de los deportistas, son:

- Relaciones peso/estatura
- Medidas de composición Corporal: por 5 componentes, 4 componentes y 2 componentes
- Índice de Sustancia Corporal Activa (IAKS)
- Relación masa libre de grasa/ estatura
- Somatotipo
- Medidas de proporcionalidad

Primero que todo en el deportista tenemos que tener presente la medición del peso como parte de la rutina diaria del control médico del entrenamiento ya que es una variable muy sensible a las cargas de trabajo a los problemas de salud y de hidratación del deportista, además en algunos deportes es el criterio de selección de la modalidad o categoría en la cual va a competir el atleta. Después tenemos que evaluar y tener muy en cuenta su estatura ya que es un criterio fundamental para la elección de la disciplina deportiva que se va a practicar e importante en la selección de talentos deportivos y es un factor determinante del rendimiento en algunas disciplinas como: gimnasia, baloncesto, atletismo saltos, entre otros.

El peso corporal representa la sumatoria de todos los componentes del organismo humano, como son: el musculo, la grasa, el hueso, las vísceras, los fluidos orgánicos y el tejido conectivo (9) Por ello, en los últimos años en las ciencias aplicadas al deporte se ha buscado ir más allá de la sola armonía del peso corporal y la estatura y se han propuesto metodologías para calcular esa variable de acuerdo con la disciplina, modalidad y categoría deportiva.

## Relaciones peso /ESTATURA

Existen diversas metodologías para evaluar la adecuación de la masa corporal frente a una estatura el índice de Quetelet o índice de

masa corporal (IMC) es el más utilizado. Este índice se ha asociado con diversos factores de riesgo para la salud, en los trabajos epidemiológicos realizados en la población general y por ello ha sido propuesto por el American Health Foundation's Expert Panel Healthy Weight, para la evaluación y determinación de la masa corporal saludable. (10)

En la población deportiva, el IMC puede ser de utilidad para determinar un rango de masa corporal deseable, si se cuenta con una población de referencia adecuada según edad, sexo, modalidad deportiva y periodo de preparación física o de competencia. Para ello se utiliza la siguiente fórmula de uso general:

$$\text{Peso adecuado} = \text{IMC}_{\text{adecuado}} (\text{kg/m}^2) * \text{Estatura} (\text{m}^2)$$

Utilizando el modelo de los dos componentes; masa libre de grasa y masa grasa, se puede aplicar una estrategia metodológica para determinar la masa corporal adecuada en función de la composición corporal, esta estrategia parte del principio de un óptimo desarrollo músculo – esquelético y determina el sobrepeso como un exceso de grasa corporal. Este se utiliza para saber qué peso debe o puede manejar un deportista sin perder tanta masa muscular (12).

$$\text{MLG/ 1- } (\% \text{ grasa referencia}/100)$$

## Composición corporal

En el estudio de la composición corporal de los deportistas, tradicionalmente, se ha considerado el porcentaje de grasa corporal como el indicador de mayor relevancia, si bien éste nos brinda una idea general de los depósitos de grasa del atleta, también se debe considerar la valiosa información que aportan las áreas magra y grasa de los diferentes segmentos corporales, además de la información suministrada por el análisis del tipo físico.

Para el cálculo del porcentaje de grasa corporal en atletas se utiliza la metodología desarrollada a mediados de los años setenta por M.S. Yuhasz en la Universidad de Ontario Canadá. Esta ecuación utiliza la sumatoria de seis pliegues cutáneos; tríceps, subescapular, abdominal, supraespinal, muslo anterior y pierna media, fue desarrollada en una población de hombres y mujeres deportistas con edades comprendidas entre los 18 y 30 años que participaron en los Juegos Olímpicos de Montreal en 1976.

$$\text{Hombres \% Grasa} = 0.1051 * (\text{suma de 6 pliegues cutáneos}) + 2.585$$

$$\text{Mujeres \% Grasa} = 0.1548 * (\text{suma de 6 pliegues cutáneos}) + 3.588$$

## Generalidades del somatotipo

Calcular el somatotipo es de gran importancia para la población deportiva por varias razones, es útil para:

- Describir y comparar deportistas en distintos niveles de competencia y de varias disciplinas
- En la selección de talentos deportivos y proyección de la carrera deportiva
- Para caracterizar los cambios del físico durante el crecimiento, entrenamiento y envejecimiento
- Comparar la forma relativa de hombres y mujeres
- Cada disciplina deportiva exige una determinada tiposomia y aún más en una misma disciplina deportiva encontramos diferentes tipos físicos.

Pero es en 1940 cuando Sheldon considerado el padre del Somatotipo moderno, plantea una técnica fotográfica que a partir de tres imágenes del sujeto (de frente, de espalda y de perfil) clasifica el cuerpo humano de acuerdo con el grado de manifestación de tres componentes básicos; endomorfia, mesomorfia y ectomorfia, los cuales denomino así haciendo referencia a las tres capas del crecimiento embrionario; endodermo, mesodermo y ectodermo.

A la valoración, cálculo, análisis e interpretación de estos tres componentes que sirven para describir la morfología de los individuos es lo que se ha llamado Somatotipo.

En la metodología propuesta por Sheldon cada sujeto se clasifica con tres cifras que representan los grados de manifestación de la endomorfia, la mesomorfia y la ectomorfia respectivamente. Para cada componente se plantean 6 grados en una escala de 1 a 7, donde el 7 es la máxima manifestación, el 1 la mínima y el 4 representaba un grado intermedio.

Esta metodología ha sido modificada por diversos autores a través de la historia, así Parnell en 1954, expreso estar de acuerdo en que el

individuo tiene en mayor o en menor grado cada uno de los 3 componentes, pero considero que estos deberían llamarse adiposidad, óseo - muscularidad y linealidad respectivamente. Además propuso una técnica más sencilla para llegar a su cuantificación, manteniendo la escala de 7 puntos y aplicando la antropometría para mejorar la predicción del método.

Pero es en 1967 cuando Bárbara Heath y Lindsay Carter, unificando sus trabajos y con base en la metodología propuesta de Sheldon, proponen un método para calcular los tres componentes del Somatotipo y amplían la escala para cada uno de ellos, así; la endomorfa puede adquirir valores entre 0.5 y 15, la mesomorfa entre 1 y 12 y la ectomorfa entre 0,5 y 9.

Un detalle importante a la hora de analizar los valores del Somatotipo es que cada componente se relaciona con los demás y puede presentar o no una magnitud distinta.

El gráfico que representa los Somatotipos recibe el nombre de Somatocarta, en este se puede representar a un individuo con sus componentes y la intensidad de la expresión cada uno de ellos, esta representación proporciona una idea visual de las diferencias entre los sujetos y una dispersión relativa de los tipos físicos.(11)

Ross y Wilson utilizando los trabajos de otros autores, calculan y proponen la Distancia de dispersión (SSD), para cuantificar la distancia entre dos puntos y el Índice de dispersión (SDI) para describir la dispersión alrededor del Somatotipo promedio obtenido para cualquier distribución normal. (12)

En la actualidad con las variables antropométricas: masa corporal, estatura, pliegues cutáneos del tríceps, subescapular, supraespinal y pierna, perímetros corporales del bíceps contraído y la pierna, anchura humeral y femoral, y con la aplicación de las formulas propuestas por Carter en 1978 se obtienen los tres componentes del Somatotipo de la siguiente forma: (2)

Endomorfa: ( I ) La endomorfa se refiere al grado de adiposidad relativa del físico de un individuo. Para determinarla se aplica la siguiente formula:

$$I = ( 0,1451 * X_c ) - ( 0,00068 * X_c^2 ) + ( 0,0000014 * X_c^3 ) - 0,7182$$

Dónde:  $X_c$  = Suma de los pliegues cutáneos tríceps, subescapular, supraespinal El valor obtenido se corrige en función de la diferencia entre la estatura del individuo y la del Phantom ( W. Ross 1973 ), de la siguiente forma (13):

$$X_c = X * ( 170,18/h )$$

Donde ,  $X$  = sumatoria de los pliegues,  $h$  = estatura del sujeto en centímetros y 170,18 es la estatura del Phantom.

Mesomorfa: ( II ) La mesomorfa representa el grado de desarrollo músculo - esquelético, se calcula de la siguiente forma:

$$II = ( 0,858 * dh ) + ( 0,601 * df ) + ( 0,188 * cbc ) + ( 0,161 * cpc ) - ( 0,131 * h ) + 4,5$$

Dónde:  $dh$  = Anchura del humero

$df$  = Anchura del fémur

$cbc$  = Perímetro del bíceps corregido

$cpc$  = Perímetro de la pierna corregida.

$h$  = estatura en cm.

Los perímetro del bíceps y de la pierna se corrigen restándole el valor del pliegue del tríceps y de la pierna respectivamente, previamente divididos entre diez.<sup>2</sup>

Ectomorfa: ( III ) Se refiere al grado de linealidad relativa del físico de los sujetos. Evalúa la forma y el grado de distribución longitudinal de los dos primeros componentes, para ello primero se debe calcular el siguiente índice ponderal:

$$HWR = Estatura / (peso) 0,333$$

Luego la ectomorfa se obtiene de la siguiente manera:

Sí  $HWR > 40,75$  entonces,

$$III = ( HWR * 0,732 ) - 28,58$$

Sí  $HWR \leq 40,75$  y  $\geq 38,25$  entonces,

$$III = ( HWR * 0,463 ) - 17,63$$

Sí HWR < 38,25 entonces,

$$III = 0,1$$

HWR=High Weight Relation = Relación entre la altura y la masa corporal

De acuerdo a la predominancia de un componente respecto a otro, o simplemente la integración proporcional de ellos en el físico, Carter (1975) estableció trece categorías:

1. Endomorfo balanceado  
I es dominante y II y III iguales o con diferencia igual o menor que 0,9.
2. Endomorfo - Mesomórfico  
I es dominante y el II mayor que el III.
3. Endomorfo - Mesomorfo  
I y II iguales o con diferencia igual o menor que 0,9 y el III menor que los anteriores.
4. Mesomorfo - Endomórfico  
II es dominante y el I mayor que el III.
5. Mesomorfo balanceado  
I es dominante, el I y el III menores, y con diferencia entre sí, igual o menor que 0,9.
6. Mesomorfo - ectomórfico  
II es dominante y el III mayor que el I.
7. Ectomorfo - Mesomorfo  
El II y el III con diferencias entre sí de 0,9 o menor y el I menor que los anteriores.
8. Ectomorfo - Mesomórfico  
El III es dominante y el II mayor que el I.
9. Ectomorfo balanceado  
El III es dominante y el I y el II menores, con una diferencia entre sí de 0,9 o menor
10. Ectomorfo - Endomórfico  
III es dominante y el I mayor que el II.

#### 11. Ectomorfo - Endomorfo

El I y el III iguales entre sí, o con una diferencia igual o menor que 0,9 y el II menor que los anteriores.

#### 12. Endomorfo - Ectomórfico

I dominante y el III mayor que el II.

#### 13. Central Los componentes se ubican entre 3 y 4, y no difieren entre sí en más de una (1) unidad. Ej.

$$3.1 - 3.2 - 3.0$$

$$4.2 - 4.1 - 4,0$$

$$4.2 - 4.0 - 3,3$$

De igual forma, los resultados obtenidos en cada componente se pueden utilizar para determinar las coordenadas X, Y y, posteriormente representar de manera gráfica el Somatotipo, en la Somatocarta. Los cálculos de estas variables se realizan de acuerdo a lo establecido por Carter (1975), de la siguiente forma:

$$\text{Coordenada X} = III - I$$

$$\text{Coordenada Y} = 2 * II - ( I + III )$$

**Nota:** los datos obtenidos en la evaluación antropométrica se deben analizar conjuntamente con los demás indicadores del estado nutricional para correlacionarlos con la información de la valoración médica, fisiológica, bioquímica, psicológica y con los datos propios del entrenamiento deportivo, lo cual forma parte del control biomédico del entrenamiento.

### Fraccionamiento de la masa corporal: otros métodos que se pueden utilizar en la evaluación del deportista

Algunos autores dicen que se deben dejar de lado de los índices, los métodos densitométricos y métodos basados en suposiciones de constancia biológica de los diferentes tejidos como la masa gras y la masa libre de grasa, y están emn favor de trabajar con el Sistema de Escala O (O-Scale SYSTEM) o de un fraccionamiento antropométrico de la masa corporal en cinco componentes estructurales: piel, tejido adiposo, músculo, hueso y tejido residual. La justificación del nuevo

método de fraccionamiento parte de un individuo unisexuado de referencia (escala Phantom).

Los índices, como el Índice de Masa Corporal no son ni tan útiles como parece. De hecho este índice no tiene en cuenta el desarrollo músculo-esquelético del deportista y no determina la distribución del tejido graso por áreas.

El modelo de dos componentes de composición corporal y que se basa en la suposición de una densidad constante para cada uno de los compartimentos, es muy simple. La suposición de que la grasa tiene una densidad constante de 0,90 g/ml se refiere solamente a los triglicéridos y no tiene en cuenta los fosfolípidos ni el colesterol del sistema nervioso, que presentan una mayor densidad. Además continúa siendo falso que el compartimiento magro, tenga una densidad constante de 1,10 g/ml o un valor similar ya que depende de muchos factores como género, estado de hidratación, edad entre otros. Martin et al. (1986), prueban la inconstancia de la masa libre de tejido adiposo, demostrando, en cadáveres, que el tejido óseo, muscular y la masa residual no están presentes en proporciones fijas y que las densidades de cada uno de estos tejidos no es constante, especialmente la del hueso.

Estas observaciones son consistentes con las variaciones detectadas por la técnica de absorción doble de fotones (Maszes et al., 1984). Por otro lado, como indican Martin et al, deben aceptarse al menos, otras cinco suposiciones demostrablemente falsas que son inherentes a la medición de los pliegues cutáneos como predictores de la composición corporal 1) una compresibilidad constante de la piel y el tejido adiposo, 2) un valor despreciable para las dos capas de piel, 3) una estructura fija de deposición del tejido adiposo, 4) una fracción constante de grasa en el tejido adiposo, y 5) una proporción fija de grasa interna y externa.

### Opción de la escala o (O-Scale System)

Uno de los programas que no arrastra tales suposiciones es el Sistema Avanzado de Escala O de Determinaciones Físicas (Advanced OScale System on Physique Assesment) de Ward R. et al. Esencialmente se trata de un programa de ordenador normal, que proporciona: 1) índices standard de adiposidad (suma de seis pliegues cutáneos ajustada a la estatura) y peso proporcional (ajuste geométrico del peso cor-

poral a la estatura); 2) una lista de valores para ocho pliegues cutáneos, diez perímetros, dos diámetros de hueso y cuatro pliegues cutáneos corregidos respecto a los percentiles 4, 50 y 96; 3) un perfil de proporcionalidad de 25 perímetros referente a hombres y mujeres tipo, entre los 6 y 19 altos y a continuación, de cinco en cinco hasta la edad de 70. Basado en datos obtenidos de 25.000 canadienses, el Sistema de Escala O podría ser una referencia estable para la determinación del estado morfológico y la monitorización de los cambios. Además permite la comparación de los datos del paciente con los obtenidos en otras determinaciones anteriores, con la de cualquier otro sujeto o con los valores medios de cualquier grupo muestra.

### Opción del fraccionamiento de 5 componentes

Como se ha observado la evaluación antropométrica del deportista se puede realizar con el modelo de dos componentes de composición corporal y es relativamente simple. El método de fraccionamiento en 5 componentes (FA5C) es un mejoramiento del anterior método de fraccionamiento de cuatro componentes de Drinkwater y Ross (1980), luego de la información actualizada que proveyó el estudio de cadáveres de Bruselas. El FA5C fracciona el cuerpo en cinco tejidos: masa de la piel, masa adiposa, masa muscular, masa residual (vísceras y órganos) y masa esquelética.

- 1. Piel:** Se define como la masa anatómicamente diseccionable de tejido conectivo, músculo liso, algo de músculo estriado superficial, pelo, glándulas, tejido adiposo asociado, nervios y vasos sanguíneos con sangre coagulada. Datos obtenidos en cadáveres muestran que la piel es mayor en hombres que en mujeres.

La masa de la piel que suele ser de 3 y 5 kg (Clarys, Martin, et al., 1984) es importante en el cálculo de la relación entre área superficial de piel y el peso corporal que cubre, donde se ha encontrado evidencia de que la capacidad para disipar calor (muy importante en maratones en climas cálidos y húmedos) es ventajosa en quienes tienen una relación elevada entre el área superficial y peso corporal.

- 2. Tejido adiposo:** incluye la mayor parte de tejido adiposo subcutáneo, el tejido adiposo omental que rodea a los órganos y las vísceras y una pequeña cantidad de tejido adiposo intramuscular. No es equivalente a la masa de grasa extraíble por éter química-



mente, definida en el método densitométrico de dos componentes. Las adiposidades de las extremidades predominan en las mujeres y las del tronco en los hombres.

3. **Músculo:** Calcular la masa muscular es fundamental en nutrición deportiva ya que las principales diferencias y variabilidad en composición corporal en deportistas se encuentra no en la grasa sino en este tejido. Se define como todo el músculo esquelético del cuerpo, incluyendo tejido conectivo, ligamentos, nervios.
4. **Hueso:** Al parecer el esqueleto de los adultos puede variar de aproximadamente 7.0 a 12.0 kg en varones y 5.0 a 9.0 kg en mujeres. Esto significa que alguien con una gran estructura puede tener 1.0 a 2.0 kg más lo que no explica "sobrepesos" de más 10 kg con una estatura similar. Es obvio que la antropometría no puede determinar la densidad mineral ósea, algo solo posible con técnicas por imágenes, pero puede proporcionar una cifra cercana al peso del esqueleto real en deportistas sin problemas de osteoporosis. Se define como el tejido conectivo, incluyendo cartílago, periosteo y músculo que no hayan podido ser completamente eliminados por raspado; nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y lípidos contenidos en la cavidad medular.
5. **Masa de tejido residual:** Este tejido se define como los órganos vitales y vísceras consistentes en tejido conectivo, nervios, vasos sanguíneos con sangre coagulada y tejido adiposo que no pudo ser físicamente diseccionado de los órganos del tracto gastrointestinal (excluyendo la lengua que se considera parte de la masa muscular de la cabeza), los órganos sexuales, remanente del mesenterio, el tracto bronquial, los pulmones, el corazón y los vasos mayores y todos los tejidos restantes y los fluidos no incluidos en las otras cuatro fracciones.

Como se sabe el deporte es movimiento y este depende de los músculos, que mueven palancas (huesos) y deben sostener también tejido adiposo y residual. Si un método o modelo permite cuantificar estos tejidos que se modifican con alimentación y ejercicio (músculo y grasa), debe usarse. Los estudios de Wang muestran que este modelo de 5 componentes de composición corporal se halla en el cuarto eslabón, el que divide al cuerpo a nivel histico, mientras que el anterior descrito modelo de dos componentes se encuentra en el segundo eslabón, que divide el cuerpo a nivel de moléculas químicas (por eso se conoce también como el "método químico

La validez del método está basada en dos criterios: 1) la capacidad del método para predecir el peso a partir de cinco estimaciones fraccionales de masas, en hombres y mujeres, viejos y jóvenes, en buen o mal estado físico, representando varios grados de actividad física habitual; y 2) concordancia con las masas tisulares obtenidas por disección, bajo la dirección de J.P. Clarys de la Universidad Autónoma de Bruselas en una muestra de cadáveres de 12 hombres y 13 mujeres, tal como se describe en la tesis doctoral de A. Martin (1984) y D. Drinkwater (1984), de Simon Fraser University.

## CONCLUSIONES

- El estudio de composición corporal es de suma importancia para la nutrición deportiva. Existen varios métodos y técnicas para valorar la composición corporal y el profesional de la salud o del deporte debe seleccionar de forma preferente las técnicas accesibles en lo económico y practicidad, y modelos con la mayor validez científica posible.
- Es de suma importancia que la técnica de valoración a emplear se estandarice para facilitar el intercambio de datos entre profesionales, la conformación de tablas de referencia, que aporte solidez y confiabilidad al trabajo.
- Entender la cineantropometría es necesario para poder interpretar datos antropométricos en relación con el rendimiento deportivo, ciertas características morfológicas en términos de tamaño, composición y estructura corporal influyen de manera positiva el rendimiento deportivo, pero se debe tener presente que el tipo físico es solo uno de los muchos factores que determinan el rendimiento de un deportista
- Entre los deportistas de alto rendimiento existe un amplio espectro de tamaños, composiciones y formas corporales. Cada disciplina, modalidad, categoría deportiva y hasta especialidad se caracteriza por la exigencia de características antropométricas que potencian el rendimiento, por esto algunos pueden escoger el competir en determinada disciplina deportiva sin tener un óptimo tipo físico para desarrollarla
- El modelo de cálculo antropométrico de la composición corporal en 5 fracciones (piel, tejido adiposo, muscular, óseo y residual), es un método simple y poco costoso, utilizando protocolos de medición

standard, validados por la Sociedad Internacional de Avances en Cineantropometría (I.S.A.K.).

- El análisis de composición corporal debe aportar información no solo de la grasa o adiposidad corporal, sino también de la masa muscular o magra, que reviste mayor importancia que la adiposidad en el ámbito del deporte competitivo. Tampoco debe descartarse el análisis de la estructura ósea de los deportistas, ya que las longitudes y los diámetros óseos influyen sobre el peso corporal y el rendimiento deportivo.

Finalmente, como lo expresa Debora Kerr, en el párrafo final de su tesis de grado, “el método de 5 masas fraccionales es considerado una parte del proceso de desarrollo de los modelos antropométricos de cálculo de composición corporal, y no una solución definitiva”.

## REFERENCIAS

**Ross, W.D.**, Drinkwater, D.T. et al. Kinanthropometry: Traditions and new perspectives. In M. Ostin, G & J. Simons (Eds), Kinanthropometry II (pp. 1 - 27). Baltimore: University Park Press USA, 1980.

**Ross, W.D.** The Advanced O - Scale Physique Assessment System. Kinemetrix Inc., 1989 Vancouver Canada.

**Carter, J.E., Ross, W.D.** Advances in Somatotype Methodology and Analysis. Yearbook Of Physical Anthropology (p. 193 - 213), Vol. 26, 1983.

**Siret, J.R. y Pancorvo, A.** Edad Morfológica. Evaluación Antropométrica de la Edad Biológica. Revista Cubana de Medicina del deporte y la Cultura Física. Vol. 2, número 1 (p.9 - 13), 1991.

**Rodríguez C.** Composición corporal y deporte. Manuscrito de la cátedra desarrollo físico. Instituto de medicina del deporte. La Habana 1992.

**Ross, W.D., Kerr, D.A.** Fraccionamiento de la masa corporal: un Nuevo método para utilizar en nutrición clínica y medicina deportiva. Apunts Vol. XVIII (p. 175 - 187), 1991.

**Restrepo, M.T.** Composición corporal. Revista Nutrición y Dietética ( p. 4). Vol. 6, número 2, 1998.

**ADA** Reports Positions of the Americans Dietetic Association: Weight management. J. Am. Diet. Ass. 97:72, 1997

**Comas, J.** Manual de Antropología Física. Fondo de la cultura Económica, (p.698) México, 1957.

**Díaz, M.E.** Somatotipología y Proporcionalidad. Instituto de Nutrición e Higiene de los alimentos, (p.6), México, 1994.

**Alexander, P.** Aptitud Física, Características Morfológicas y Composición Corporal - Pruebas Estandarizadas en Venezuela. Instituto Nacional de Deporte de la República de Venezuela. (p.38 - 42), Venezuela, 1995.

**Boileau RA,** Horswill CA. Body composition in Sports: Measurement and Applications for Weight Loss and Gain. En: Garrett WE, Kirkendall DT. Exercise and Sport Science.. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins; 2000.319-338.

**Heymsfield SB,** Wang Nm, Withers RT. Multicomponent molecular level model of body composition analysis. En: Roche AF, Heymsfield SB, Lohman Tg, Champaign. Human Body Composition. Human Kinetics Editors; 1996. p. 129-148.

**World Health Organization.** Obesity: preventing and managing the global epidemic. In: report of a World Health Organization Consultation on Obesity. Geneva 3-5 June; 1998. p. 1-276.

**Heyward VH, Stolarczyk.** Body Composition Basics. En: Heyward VH, Stolarczyk. Applied Body Composition Assessment. Human Kinetics Editors; 1996. p. 4-20.

**Durnin, JVA, Womersley J.** Body fat assessed from total body density and its estimation from skin fold thickness: measurements on 481 men and women aged from 16 to 72 years. Br. J. Nutr. 1974; 32: 77-97.

**Jackson AS, Pollock ML.** Generalized equations for predicting body density of men. Br. J. Nutr. 1978: 497-504.

**Jackson AS, Pollock, ML.** Generalized equations for predicting body density of women. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 1980; 12 (3): 175-182.

**Consenso SEEDO 2000** para la evaluación del sobrepeso y la obesidad y el establecimiento de criterios de intervención terapéutica. Sociedad Española para el estudio de la obesidad. *Med Clin (Barc)* 2000; 115; 589-597.

**Going SB.** Densitometry En: Roche AF, Heymesfiel SB, Lohman TG. Champaign. Human Body Composition: Human Kinetics; 1995. p. 3-22.

**Brozek J, Grande F, Anderson JT, Keys A.** Densitometric analysis of body composition: Revision of some quantitative assumptions. En: *Annals of the New York of Sciences*; 1963. p. 110; 113-140.

**Ellis KE.** Selected body composition methods can be used in field studies. *J Nutr.* 2001; 131: 1589S-1595S.

**Going S, Davis R.** Body composition. En: *American college of sports medicine. Guidelines for exercise testing and prescription.* Philadelphia; Lippincott Williams & Wilkins; 2000. p. 391-400.

**National Institute Health.** Technol Assess Statement. Bioelectrical Impedance Analysis in Body Composition Measurement. *NUTRITION.* 1996; 12: 749.759.

**Norton K.** Olds T, Mazza J C. Antropometrical[CD-ROM]. Argetina: Biosystem; 2000.

**Carter LJ.** *Physical structure of Olympic Athletes. Medicine and Sports.* San Diego, California: 1982. 182p.

**Williams M.** *Nutrición para la salud, condición física y deporte.* 7aed. Lugar de publicación: McGraw Hill; 2006.

**Restrepo MT.** Los indicadores antropométricos en la evaluación del estado nutricional. En: *Estado Nutricional y Crecimiento Físico.* Medellín: Universidad de Antioquia; 2000.

**Lohman TG.** Et al, body composition assessment: body fat standars and methods in the field of exercise and sports medicine. *ACSM Health Fitness J* 1:30-35, 2000.

**Drinkwater, D. T. & Ross, W.D** (1980). *The anthropometric fractionation of body mass.* In Kinanthropometry III. Beunen, G., Ostin, M and Simon, J (eds). University Oark Press: Baltimore, p 177-189

**Drinkwater, D.T** (1984). *An anatomically derived method for the anthropometric estimation of human body composition.* Ph D. Thesis, Simon Fraser University

**Heymsfield, S B.** (1990). *Body composition of humans: comparison of two impeoved four-comportament models that differ in expense, technical complexity and radiation exposure.* Am. J. Clin. Nutr. 52: 52-58

- Kerr, D.A.** (1988). *An anthropometric method for the fractionation of skin, adipose, muscle, bone and residual tissue masses in males and females age 6 to 77 years*. M. Sc. Thesis. Simon Fraser University
- Martin, A.D.**: Drinkwater, D.T.: Clarys, J.P.: Ross, W.D. (1986). *Prediction of body fat skinfold calipers: assumptions and cadaver evidence*. Int. J. Obes. 7: 17-25
- Martin, A.D.** (1984). *An anatomical basis for assessing human body composition: evidence from 25 cadavers*. Ph. D. Thesis Simon Fraser University
- Martin, A.D.** Drinkwater, D.T.: Clarys, J.P.; Ross, W.D. (1986). *The inconstancy of the fat-free mass: a reappraisal with implications for densitometry*. In Kinanthropometry III. Reilly, T, Watson, J. And Borms, J (eds) E & F.N. Spon. London p: 92-97
- Ross, W.D.**: Wilson, N.C (1974). *A strategem for proportional growth assessment*. In Children and Exercise. Hebbelink, M and Borms, J (eds.) ACTA Paed Belg. 28: 169-182
- Ross, W.D.**; Eiben, O.G.; Ward, R.: Martin, A.D.: Drink water, D.T.: Clarys, J.P. (1994). *J.P.: Alternatives for the conventional methods of body composition and physique assessment*. In Perspective in Kinanthropometry. Day, J.A.P. (eds), Human Kinetics: Champaing, p 203-220
- Ross, W.D.**: Martin, A.D.: Ward, R (1987). *Body composition and aging: theoretical and tethodological impliocations*. Coll Antrop.11: 15-44
- Ross, W.D.** Crawford, S.M, Kerr, D.A.; Ward, R; Bailey, D.A.; Mirwald, R.L (1988). *The relationship for the BMI with skinfolds, girths and bone breadths in Canadian men and women age 20 to 70 years*. Am. J. Phys. Antrop. 77: 2, 253-260
- Ward, R.**; Ross, W.D.; Leyland, A.J.; Selbie, S (1989). *The Advanced O-Scale Physique Assessment System*. . Kinemetrix: Bumaby
- Matiegka, J** (1921). *The testing of physical efficiency*. Am J. Phys. Anthr. 4: 223-330
- Ross, W.D.** & Ward, R (1982). *Human proportionality and sexual dimorphism*. In Sexual Dimorphism in Homo Sapiens". Praeger New York



# NU TRI CIÓN

EN EL CONTROL BIOMÉDICO DEL  
ENTRENAMIENTO DEPORTIVO



Nutrición en el  
**CONTROL BIOMÉDICO**  
del entrenamiento deportivo

*Olga Lucía Quiroz Bastidas, ND. Esp.  
Maximiliano Kammerer López, ND. MSc.*

## Valoración nutricional dentro del control **BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO**

**A** valoración nutricional, antes de iniciar la práctica de un deporte, es un elemento muy importante en el control biomédico del entrenamiento. En esta debe considerarse las características específicas del deportista y de la actividad física a desarrollar. Sirve para detectar necesidades y priorizar la atención ajustada a los objetivos de preparación y competencia. Se deben tener unas metas claras en el momento de la intervención partiendo de un adecuado diagnóstico nutricional:

- Establecer posibles riesgos nutricionales del atleta que le puedan impedir su rendimiento óptimo y/o predispongan a algún problema de salud, evaluando el balance energético y de nutrientes y de conductas alimentarias que puedan incidir en esto.
- Clasificar al atleta de acuerdo con su nivel de rendimiento individual.
- Ayudar a lograr unas óptimas reservas de glucógeno musculares y hepáticas.
- Prevenir la aparición de trastornos alimentarios como bulimia y anorexia.
- Prevenir y/o retardar la aparición de la fatiga.
- Mantener o alcanzar la composición corporal adecuada para el deporte específico
- Orientar y controlar el uso de suplementos nutricionales

La alimentación adecuada en cada una de las etapas de preparación para la competencia del atleta juega un papel fundamental en el desempeño de cada entrenamiento, así como en el rendimiento final. En el cálculo de la dieta no se deben olvidar los diferentes substratos energéticos usados durante el ejercicio, según la duración e intensidad, así como la dieta que lleva el atleta en cada etapa.

El consumo alimentario influye directa e indirectamente sobre la capacidad de respuesta al entrenamiento, ya que condiciona los niveles de glucosa sanguínea disponible, la reserva de glucógeno muscular y hepático almacenado y la disponibilidad de sustratos energéticos. También es de vital importancia en el manejo nutricional la prevención y tratamiento de problemas que pueden incidir sobre el rendimiento y la salud del atleta, como los trastornos alimentarios presente en algunos tipos de deporte y enfermedades carenciales (desnutrición, hipoglicemias funcionales, anemias, enfermedad ácido-péptica...)

La atención nutricional debe asegurar en su accionar que el atleta esté en capacidad de:

- Recuperarse adecuadamente en cuanto a energía, nutrientes y fluidos perdidos a diario.
- Preparar su organismo para la siguiente sesión de entrenamiento o competencia.

- Mantener el peso corporal de acuerdo con las metas propuestas.
- Reconocer los signos y/o síntomas causados por una alimentación inadecuada.

El buen manejo nutricional puede contribuir al atleta a mejorar sus habilidades técnico-deportivas, a mejorar o mantener la resistencia, a alcanzar una mejor capacidad de precisión y concentración en el trabajo a realizar, y, finalmente a estar más receptivo con el plan de entrenamiento.

La exposición a la actividad física de alto nivel de exigencia genera la necesidad de simular previamente las condiciones en las cuales se va a competir y los límites a los que puede llegar el deportista sin menoscabo de su salud integral (Quiroz y Kammerer, 2006).

## Valoración del ESTADO NUTRICIONAL

La utilidad de una valoración nutricional depende de la forma como se realiza, del conocimiento que se tenga del deporte y de precisar con el personal técnico y médico los objetivos competitivos y debe estar enmarcado en la atención biomédica del deportista. Es importante mejorar el rendimiento deportivo sin menospreciar los aspectos de salud; por ello se debe conocer el plan de entrenamiento y cada uno de los objetivos que se tienen para el deportista en el macrociclo.

El rendimiento deportivo se ve condicionado por un conjunto de factores que incluye: el entrenamiento, la motivación, el medio ambiente y la alimentación. Una alimentación adecuada no es suficiente para ganar una competencia, pero una dieta inadecuada, incluso existiendo una buena preparación, puede provocar la pérdida de una prueba deportiva.

Una alimentación equilibrada contribuirá a que el deportista se mantenga con un adecuado estado de salud y pueda aprovechar al máximo sus capacidades físicas para obtener los mejores resultados. No existen alimentos milagrosos que permitan por sí mismos alcanzar el máximo rendimiento, pero una manipulación dietética y oportuna sí puede marcar la diferencia e influenciar para que esto se dé.

Aunque muchas de las indicaciones generales pueden ser válidas para la gran mayoría de los deportistas, no se puede generalizar, por que la alimentación debe contemplarse en un plano individual dependiendo de múltiples factores, lo que implica un pleno conocimiento del deporte y del atleta.

Para establecer la asistencia nutricional, fijar objetivos de intervención, es necesario partir de un diagnóstico nutricional en el cual se consideran aspectos individuales del atleta, como edad, maestría, especialidad deportiva al periodo de entrenamiento, sustratos importantes para realizar el diagnóstico nutricional por diferentes aspectos, tales como:

1. **Antropométrico:** parte por definir que el estado nutricional es la resultante del balance entre el consumo de calorías y nutrientes versus el gasto energético del organismo; por lo tanto, es un fenómeno cambiante a través del tiempo que puede ser evaluado en forma válida mediante mediciones de la composición corporal y del crecimiento en jóvenes. La combinación e interpretación de los datos de peso, estatura, perímetros musculares y niveles de grasa nos permite valorar la composición corporal, el AKS, el somatotipo y principalmente el estado nutricional del individuo, para así hacer una interrelación según modalidad deportiva y especialidad (ver capítulo de evaluación cineantropométrica).
2. **Bioquímico:** pueden emplearse para saber si el aporte dietético es suficiente para satisfacer los requerimientos del estado nutricional. También se ha utilizado como factor predictor del riesgo de enfermedad. Se pueden diagnosticar el estado nutricional mediante valoración directa del nutriente o productos del metabolismo, mediante pruebas funcionales (evaluando las funciones bioquímicas que dependen de nutrientes específicos) o test de tolerancias (mediante toma de muestras de sangre y orina antes y después de la administración de muestra).
3. **Clínico:** permite conocer y observar las manifestaciones de signos y síntomas que pudiesen estar asociados a déficit o excesos nutricionales, y que comprometen tanto la salud como el rendimiento deportivo. El sustento de la evaluación nutricional en la medicina deportiva, en particular en el aspecto clínico, está dado por la evaluación en el manejo de los signos y síntomas del deportista, orientada a que el individuo tenga un condicionamiento energético en sus reservas que le permitan disponer de sus fuen-

tes en el entrenamiento y la competencia, y poder así responder a las exigencias agudas y crónicas.

4. **Funcional:** evalúa la respuesta fisiológica y metabólica en relación con el ejercicio del deportista expuesto a condiciones de trabajo de alto nivel competitivo. La valoración del consumo de oxígeno es uno de los métodos utilizados para evaluar el requerimiento energético individual del deportista.
5. **Dietario o alimentario:** conocer los aspectos involucrados directamente con el patrón de alimentación, gustos, disgustos, patologías de tipo alimentario, esquema de alimentación diario y frecuencia de consumo de alimentos permite hacer un diagnóstico del consumo, y con base en ello hacer la orientación del plan de alimentación y adaptarlo al plan de entrenamiento.
6. **Evaluación del entrenamiento o actividad física:** considerar el tipo de deporte, la intensidad, la duración, la frecuencia, el horario y las condiciones ambientales del entrenamiento y otras actividad física que realiza, laboral o académica que puedan incidir en el requerimiento energético.

## Necesidades calóricas en la POBLACIÓN ACTIVA

La Organización Mundial de la Salud define el requerimiento calórico como el nivel de ingesta energética procedente de los alimentos que equilibra el consumo de energía, cuando el individuo presenta una estatura, una composición corporal y un nivel de actividad física compatibles a largo plazo con la buena salud y que permita mantener la actividad física económicamente necesaria y socialmente deseable. Para la población de niños, mujeres embarazadas y lactantes, el requerimiento calórico incluye las necesidades energéticas asociadas con la formación de tejidos o la secreción de leche concordantes con una buena salud. (FAO/WHO/UNU 2001)

Las calorías recomendadas por los expertos de la OMS representan las necesidades medias de los grupos de individuos y se expresan en kilocalorías por día de energía disponible al ingerir los alimentos. Conocer perfectamente la composición cualitativa y cuantitativa de lo que se consume, inclusive considerando la forma o el modo de ingerirse,

es fundamental en el deportista, y más aún en aquellas actividades en las que el rendimiento depende de un balance calórico ajustado y que puede ser limitante en la realización deportiva.

Se entiende por *gasto energético* el consumo de energía que realiza una persona durante un período concreto de tiempo; en general, se consideran las veinticuatro horas del día. Es el resultado de la sumatoria de varios componentes:

- La tasa metabólica (60 a 70 %)
- La termogénesis de los alimentos (10 %)
- La actividad física variable (25 %)

La tasa metabólica basal sería el gasto metabólico en unas condiciones de reposo y ambientales muy concretas (por ejemplo, por la mañana y al menos doce horas después de haber comido). En la práctica, la tasa metabólica basal y el gasto metabólico en reposo difieren menos de un 10 %, por lo que ambos términos pueden ser intercambiables.

No todas las personas tienen el mismo gasto metabólico basal, pues depende de la cantidad de la composición corporal, donde la masa muscular es metabólicamente más activa que el tejido adiposo. La edad y el género también inciden sobre la tasa metabólica de un individuo. La mujer, por tener una menor proporción de masa muscular y mayor de grasa, tiene un gasto basal menor que el hombre (aproximadamente un 10 % menos), expresado por unidad de peso.

La termogénesis inducida por los alimentos o postprandial también se denomina efecto termogénico de la dieta o de los alimentos o acción dinámica específica. Es la energía necesaria para llevar a cabo los procesos de digestión, absorción y metabolismo de los componentes de la dieta tras el consumo de alimentos en una comida (secreción de enzimas digestivos, transporte activo de nutrientes, formación de tejidos corporales y de reserva de grasa, glucógeno, proteína, etc.). Puede suponer un promedio de 10 % de las necesidades de energía, dependiendo de las características de la dieta.

Toda actividad física genera un aumento en el gasto energético, y en la utilización de sustratos energéticos y de nutrientes y una exigencia aumentada de disipación del calor producido por el ejercicio (Bernadot D 2013)

Conocer las necesidades energéticas del atleta es un factor fundamental en la implementación del plan alimentario y la repercusión en el rendimiento deportivo, sin desconocer los múltiples factores que pueden incidir al hacer la aproximación del gasto energético.

## Métodos para valorar GASTO ENERGÉTICO

Valorar las necesidades energéticas de un atleta es a veces un poco difícil, va a depender de múltiples factores, en relación al tipo de modalidad deportiva, a la intensidad y duración de la actividad física y esto llevado a la práctica pueden darse variabilidad de la carga de trabajo entre una sección de entrenamiento y la percepción de la misma, muchas veces está dada por la maestría, a mayor perfeccionamiento técnico-táctico menor gasto energético. Otro factor que incide es la composición corporal, a mayor tejido magro sus necesidades energéticas pueden ser mayores ya que el músculo es más metabólicamente activo. (Herrera C.A y Castañeda J. 2014).

Y para esto existen varias metodologías que tienen sus ventajas y dificultades al hacer la precisión. (Martínez-Saenz J.M. y col 2013; C.A. Herrera-Amante y J.L. Cabrera González 2014). Estos son algunos de los métodos establecidos.

- **Calorimetría directa:** A pesar de que es un método muy preciso es muy poco práctico, costoso y dispendioso, en nuestro medio es usado solo a nivel de laboratorio, ha servido en la validación de métodos indirectos. Se basa sobre las leyes de la termodinámica, mide la cantidad de calor producido por un individuo dentro de una cámara hermética, provista de un sistema de agua circulante, que absorbe el calor desprendido al realizar una actividad física moderada.
- **Calorimetría indirecta:** Mide la cantidad de calor producido por un sujeto mediante la determinación de la cantidad de oxígeno consumido y la cantidad de dióxido de carbono derivado de los procesos metabólicos de los nutrientes. Esta relación se denomina cociente respiratorio (CR) Requiere de condiciones de laboratorio para su medición. (FAO/WHO/UNU 2001)
  - Agua doblemente marcada o medición de isótopos: Es considerado como un método preciso y seguro, su medición es

sencilla a partir de cualquier fluido corporal, su desventaja en nuestro medio es el costo. (FAO/WHO/UNU 2001)

- Frecuencia cardíaca: Un método para medir el gasto energético diario de un individuo, basado en la relación de la frecuencia cardíaca y el consumo de oxígeno y en el monitoreo minuto a minuto de la frecuencia cardíaca. (FAO/WHO/UNU 2001)
- **Ecuaciones de predicción de las necesidades energética:** Son las más utilizadas en el ámbito nutricional, se basa en la utilización de ecuaciones para calcular la tasa metabólica en reposo (TMR) y el gasto energético por actividad física. Para hacer el cálculo de la TMR existen varias ecuaciones, pero la más recomendada son las de FAO /OMS/UNU de 1985.(Martínez-Saenz J.M. y col 2013)

## Cálculo de las NECESIDADES DE ENERGÍA

Se define como necesidades o gasto energético, el consumo de energía que requiere un individuo durante un periodo concreto de tiempo (24 horas del día) dado como resultante de la suma de varios factores ya mencionados:

- La tasa metabólica
- La termogénesis de los alimentos
- La actividad física

Es bueno aclarar los términos usados en relación a la tasa metabólica con la que se trabajara en la metodología para el cálculo del requerimiento es la tasa metabólica en reposo (TMR) a diferencia de la tasa metabólica basal (TMB). La tasa metabólica en reposo (TMR) representa el gasto energético de una persona en reposo a una temperatura ambiental moderada en relación a la tasa metabólica basal (TMB) que igualmente se mide en reposo y en condiciones ambientales más controladas; es medida en la mañana y con un ayuno de 12 horas. En la práctica para evaluar mediante la metodología FAO/OMS/UNU se utiliza TMR, esta es superior entre 10 a 20% en relación a la TMB, incluye la termogénesis de la alimentación. (Restrepo M.S. y Col 2015)

Para determinar el gasto energético total a partir de la TMR en relación al peso deseable, la edad y el género mediante la metodología expuesta.

1. Determinar el peso deseable en kg,(P) en relación al índice de masa corporal o tablas de referencia o a las necesidades por la modalidad deportiva.
2. Calcular la TMR (FAO/OMS/UNU) en relación a la tabla siguiente.

Tabla 1. TMR de acuerdo a intervalo de edad y género

Intervalo de edad	Hombres	Mujeres
18-29	$(15.057 * P \text{ kg}) + 692,2$	$(14.818 * P \text{ kg}) + 486,6$
30-60	$(11.472 * P \text{ kg}) + 873,1$	$(8.126 * P \text{ kg}) + 845,6$
>60	$(11,71 * P \text{ kg}) + 587,7$	$(9,082 * P \text{ kg}) + 658,5$

(P) Peso deseable

Fuente: Tomado y adaptado Expert Consultation Report (2004).

Considerando los valores reportados por el cálculo de TMR y la actividad física se puede estimar a partir:

En consideración al nivel de actividad física (PAL) establecido FAO/OMS/UNU 2004 (Restrepo M.S. y Col 2015, Martínez-Saenz J.M. y col 2013). Se obtiene multiplicando TMR por el valor del PAL en relación a la tabla subsiguiente.

Tabla 2. Clasificación del Nivel de actividad física (PAL) en relación al estilo de vida

Nivel de actividad física	PAL
Sedentario óleve	1,40 - 1,69
Moderado	1,70 - 1,99
Vigoroso ó Intenso	2,0 - 2,40

Fuente: Tomado y adaptado de Restrepo M.S y col. (2015).



### Determinación del nivel de actividad (PAL) en relación al estilo de vida

- **Sedentario ó Leve:** Actividades que no requieren mucho esfuerzo físico, no realiza actividades físicas (ejercicio) regularmente, pasa la mayor parte de su tiempo sentado, poco desplazamiento. Ejemplo: Trabajo de oficina.
- **Moderado:** Actividades que no son agotadoras en términos de gasto energético, pero implica un mayor gasto en relación a las actividades sedentarias. Algunas personas pueden adicionar a su nivel sedentario una actividad física rutinaria como montar en bicicleta, caminar, bailar moderadamente.
- **Vigoroso ó Intenso:** Actividades que requieren un mayor gasto energético. Propio de personas que realizan una actividad física vigorosa o intensa. Ejemplo nadar, correr, montar en bicicleta en forma intensa más de 2 horas.

Ejemplo: Hombre de 24 años mide 176 cm y pesa 70 kg peso de que monta en bicicleta un promedio de 3 horas al día.

1. Determinar tasa metabólica ( Ver tabla de TMR)

$$TMR = (15.057 * 70 \text{ kg}) + 692.2$$

$$TMR = 1746 \text{ calorías}$$

2. Determinar el gasto calórico total (GCT) de acuerdo al nivel de actividad.

$$GCT = TMR * PAL$$

$$GCT = 1746 * 2.2 \text{ (promedio del nivel Vigoroso)}$$

$$GCT = 3841 \text{ calorías}$$

Otra metodología, en consideración a TMR sumando el tipo de actividad física (AF) que realice el atleta en relación al tiempo ejecutado. El más recomendado y usado para precisar las necesidades calóricas bajo este método de valoración de la actividad física realizada, son las tablas publicadas por Bárbara Ainsworth y colaboradores en su última actualización en el 2011 "Compendio de Actividades Físicas: una actualización de códigos de actividad e intensidades" (Restrepo M.S. y Col 2015, Martínez-Saenz J.M. y col 2013, Ainsworth B 2002 y 2011) donde expresa en MET por minutos.

Un MET se define como un múltiplo de la tasa metabólica en reposo, número de calorías consumidas por minutos en una actividad espe-

cífica en relación tasa metabólica donde 1 MET es igual a 1 kcal/kg/h que equivale a 3.5 ml/kg/min de O<sub>2</sub> en población adulta. (Wilmore et al., 2004) En la medida que se aumenta la intensidad se aumenta el número de MET y de acuerdo al gasto se puede evaluar el tipo de Actividad. Una actividad física que tenga un consumo de MET por debajo o igual a 3 MET se considera leve o baja intensidad, es considerada de intensidad Moderada si está catalogada entre 3 y 6 MET, entre 6 y 9 es activa y por encima de 9 ya es actividad muy activo o vigorosa (Mañas A, A. y Col 2012)

Ejemplo: si un atleta realiza 60 minutos a diferentes intensidades registradas en el compendio de Actividad Física de Ainsworth 2011: a una intensidad de menos 10 millas por hora (MPH) o 16 km/ h tiene una equivalencia de 4 MET (1 MET = 1 Caloría) 4 MTS \* 60 m = 240 calorías. Si hace la misma hora en un promedio de 13 MPH o 20 km/h, actividad moderada 8 MTES \* 60 m el costo energético = 480 calorías, y si es a una intensidad alta 12 MET si se hace a una intensidad de 16 a 19 MPH o promedio 30 km/h = 720 calorías.

Dan Bernardot, en su libro *Nutrición para deportistas de alto nivel* (2001), resume las necesidades calóricas dependiendo del nivel de exigencia. Distribución deseable de energía para deportistas de diferente nivel de exigencia calórica (ver tabla siguiente).

Tabla 3. Requerimiento calórico y distribución de nutrientes en relación a tipo de actividad

Requerimiento energético cal	% carbohidratos	% proteínas	% grasas	Justificación
1600-2200	65 %	15 %	20 %	Estas necesidades calóricas se refieren a atletas jóvenes o mujeres pequeñas relacionadas con actividades aeróbicas (patinaje, gimnasia...), con una demanda alta de CHO's y baja de grasa.
2200-3000	60 %	15 %	25 %	Para atletas implicados en deportes de intensidad intermedia con componente aeróbico como anaeróbico (deportes de pelota...).
3000-4000	55-60 %	15 %	25-30 %	Para atletas implicados en largas distancias (predominio aeróbico), ciclismo, triatletas, maratonistas...
4000	55 %	15 %	20 %	En atletas de potencia y exigencia física alta (rugby, levantadores de pesas, lanzadores...).

Fuente: Extractado y adaptado de Bernardot D. (2001).

## Necesidades energéticas para el ENTRENAMIENTO Y LA RECUPERACIÓN

El mantenimiento del equilibrio energético en el ser humano incide una serie de factores por lo cual puede ser complejo, depende por un lado de las necesidades requeridas para el metabolismo y la actividad física y por otro lado los alimentos consumidos, la calidad de estos y la absorción neta de los nutrientes. (Benadot D 2007)

El cumplimiento de un adecuado esquema de alimentación en un atleta en proporción calidad, cantidad y oportunidad, no se da por múltiples razones: no son conscientes o no conocen sus necesidades nutricionales reales, limitaciones en la disponibilidad de alimentos y bebidas para antes, durante y después de la actividad, ciertos mitos o hábitos donde se perpetúan errada conductas alimentarias. (Benardot D 2013)

El aporte de nutrientes y la proporción de consumo y necesidad, van a incidir en el equilibrio energético y la respuesta en su rendimiento deportivo, composición corporal y estado de salud.

Los carbohidratos (CHOS) proporcionan un importante suministro de energía de una duración relativamente corta para el ejercicio, que debe repletarse cada día con su ingesta en la dieta. El plan de alimentación diaria debe proporcionar suficientes carbohidratos en su programa de formación y optimizar la recuperación de glucógeno muscular entre ejercicios.

El objetivo general es proporcionar las necesidades de carbohidratos, basado en el tamaño del atleta y las exigencias de su programa de actividad. Sin embargo, las necesidades reales son específicas para cada deportista, necesitan ser afinada a los requerimientos totales de energía del atleta.

La estimación de la cantidad de carbohidratos en la dieta de un deportista no debe ser estimada de acuerdo con las calorías totales de la dieta, sino que debe ser estimada idealmente en relación con el peso corporal y el volumen del entrenamiento (Burke, 2009), porque la capacidad de los depósitos de glucógeno está relacionada con la masa muscular, y en cuanto mayor sea el volumen de entrenamiento, mayor serán las demandas energéticas de los Carbohidratos.

A continuación se presentan las necesidades de Carbohidratos por kg de peso en relación al nivel de actividad y horas de actividad (Bean, 2011):

- 1-2 hora/día = 6-7 g de CHO's/kg de peso
- 2-4 horas/día = 7-8 g de CHO's/kg de peso
- > 4 horas/día = 8-10 g de CHO's/kg de peso
- 3-5 horas/semana = 4-5 g de CHO's/kg de peso
- 5-7 horas/semana = 5-7 g de CHO's/kg de peso

Ejemplo: si un deportista de 70 kg que entrena de 2 a 4 horas diarias requiere de 7 a 8 gramos/kg de peso de CHOS, las necesidades estarían entre:

$$(70 \text{ kg} \times 7 \text{ g}) \text{ CHO's} = 490 \text{ g} \text{ y } (70 \text{ kg} \times 8 \text{ g}) \text{ CHO's} = 560 \text{ g}$$

En consecuencia, los requerimientos de CHOS para esta actividad estarían entre 490-560 g.

Estas recomendaciones además deben estar ajustadas según los períodos de entrenamiento y el aporte que debemos hacer de carbohidratos de acuerdo con la intensidad del ejercicio que se esté realizando, como se estipula en la siguiente tabla:

Tabla 4. Recomendaciones de Ingesta de carbohidratos en relación a la situación o intensidad del ejercicio.

Situación (entrenamientos)	Recomendaciones
Ingesta diaria para una recuperación de depósito de glucógeno muscular en individuos con ejercicio de baja intensidad y/o deportistas que busquen bajar su porcentaje de grasa corporal	3-5 gr *kg peso
Recuperación de depósitos de glucógeno y combustible diario en deportistas con programas de ejercicios de moderada intensidad	5-7 gr *kg peso
Recuperación de depósitos de glucógeno y combustible diario en deportistas con programas de ejercicios de alta intensidad y/o que busquen aumentar su peso corporal	7-12 gr *kg peso
Recuperación de depósitos de glucógeno y combustible diario en deportistas con programas de ejercicios de extrema intensidad (ej. Tour de Francia, Ironman)	10-12 gr *kg peso

Fuente: Tomado y adaptado de Olivos C., Cuevas M., Álvarez V., Jorquera C. (2012).

## Necesidades de carbohidratos ANTES DE LA COMPETENCIA

Está demostrado que la manipulación de la alimentación en el atleta puede afectar el rendimiento deportivo, y los carbohidratos son considerados como los componentes más incidencia puede tener en este aspecto. (Bean A 2011, Jeukendrup, A. 2011, Burke L 2009, Williams M 2006).

Los carbohidratos (CHOS) son una importante fuente de energía para los músculos, pero está condicionada al tipo y la duración de la actividad. Su principal forma de almacenamiento es en glucógeno a nivel hepático (100 g equivalente a 400 calorías) y muscular (aproximadamente 400g, 1600 calorías de reserva), pero estos depósitos son limitados. Investigaciones han demostrado que cuando un atleta comienza una actividad física con bajos depósitos de glucógeno o los depleta o vacía durante la actividad y no es compensado, experimenta una disminución en su rendimiento asociado a la fatiga. También es importante resaltar que cuando las necesidades de energía y las reservas de glucógeno esta cubiertos, cualquier exceso de carbohidratos puede convertirse en grasa como reserva energética (Malagón de G C. 1999)

Una de los objetivos en la alimentación del atleta es asegurar los depósitos glucógeno óptimo al inicio de la actividad, esto ayudaría a mejorar la resistencia, a retrasar la aparición de la fatiga, prolongando el tiempo y la intensidad del ejercicio. (Bean A 2011, Genton L 2011)

Los factores que determinan la velocidad y magnitud del agotamiento de las reservas de glucógeno son:

1. Intensidad del ejercicio.
2. Duración del ejercicio.
3. Nivel de entrenamiento
4. Ingesta de carbohidratos.( Dieta )

De allí la importancia de planificar las necesidades energética y de carbohidratos, acorde a las características del atleta y la modalidad deportiva. Existen diferentes propuestas para el cumplimiento del objetivo que son implementadas durante la semana antes de un evento al igual de tácticas especiales que se realizan horas o minutos antes de

la competencia. Esta alimentación pre competencia tiene varios objetivos entre ellos está, promover la síntesis de glucógeno, prevenir en el atleta la hipoglucemia y sus síntomas (mareos, fatiga, entre otros), evitar la sensación de hambre y brindar una óptima hidratación

En esta etapa se incluyen las manipulaciones dietarías que son implementadas durante la semana antes de un evento así como tácticas especiales que son realizadas en horas o minutos antes de que la competencia comience.

El propósito es garantizar que las reservas de glucógeno en el muscular y hepático estén completas al igual que los depósitos de ATP y Creatin-fosfato, indispensables en actividades de alta intensidad. Con base a esta hecho es necesario que los días previos a la competencia se incremente el consumo de alimentos fuente de carbohidratos entre 7 a 10 gr por kg de peso y se de en forma progresiva una disminución de la carga de entrenamiento hasta el día de la competencia. Los deportistas que más se benefician con esta metodología denominada "repleción de glucógeno previo" son las modalidades que tienen un elevado gasto calórico por un tiempo prolongado como triatletas, ciclistas, maratonistas entre otros y deportes de intervalos con actividad prolongado como los deportes de pelota baloncesto, tenis de campo, fútbol... (Genton L 2011)

Por el contrario una carga de carbohidratos, no es tan beneficiosa en deportes de corta duración, con una dieta normal repletan sus necesidades de glucógeno suficientes para el evento. Además puede verse afectada por un aumento de peso ya que requiere de agua aproximado a 3 cc por gr de glucógeno para su almacenamiento a nivel muscular en disciplinas de velocidad y combate donde el peso es un factor fundamental, tampoco es aconsejado cuando se presenta patologías como diabetes, hiperlipidemia entre otras. (Williams M 2006).

Previo al eventos en las 3 a 4 horas antes. Esta comida cumple con un rol de ajuste tiene como objeto: Mantener los niveles de glucógeno muscular adecuados para la competencia, restaurar glucógeno hepático, sobretodo en eventos que se realizan en horas de la mañana, prevenir el hambre y trastornos gastrointestinales durante el evento y asegurar un buen estado de hidratación.

El aporte de carbohidratos 4 a 5 gr / kg / hora o 200 a 300 gr previos, aunque algunos autores afirman que esta cantidad de carbohidratos

podría ocasionar una elevación de insulina en plasma, siendo de esta forma una potencial desventaja al causar un estado hiperinsulinémico que podría causar una hipoglucemia de rebote durante la competencia; al contrario otros investigadores aseguran que estas perturbaciones metabólicas no parecen disminuir el rendimiento.

Cuando el evento es en las horas temprano de la mañana, no es práctico el consumo de grandes cantidades de carbohidratos, sería más apropiado que la ingesta de estos se realice en la noche previa a la competencia y tener un desayuno liviano, 2 hora antes del evento.

En la actualidad se ha implementado el uso de comidas líquidas o remplazantes de comidas, con un buen aporte de carbohidratos, pudiendo ser de utilidad la implementación de este tipo de comidas en deportes donde no se puede establecer con exactitud el horario de inicio de competencia bien sea por factores ambientales o logísticos entre otros y también es de utilidad en atletas nerviosos que no son capaces de consumir comidas sólidas antes del evento competitivo.

Lo que si es claro es que se debe escoger una estrategia que se adapte a cada situación.

Estas son algunas de las recomendaciones básicas de alimentación antes de la competencia: No ensayar alimentos nuevos, la alimentación debe ser conocida y familiar, tener cuidado con algunos mitos alimentarios que puede tener atleta antes de la competencia, si estos no interfieren con su rendimiento pueden ser permitidos, la última comida antes del evento debe tomarse 3 - 4 horas antes si es una comida principal con un aporte hasta 1000 calorías, cuando se realiza 1 a 2 horas previas, esta debe ser pequeña entre 300 a 400 calorías.

Todas las preparaciones deben ser sencillas, moderada en proteínas, bajas en grasas, sin excesos de salsas, condimentos, azúcar o sal. Debe evitar alimentos muy altos en fibra generadores de gases como los frijoles, cebolla, pepino cohombro, repollo, brócoli, coliflor, pimentón entre otros.

Es necesario que cada atleta evalúe la tolerancia, los beneficios y las prácticas asociadas con la alimentación pre competencia en su situación particular a los gustos, disponibilidad y aceptación gastrointestinal y necesidades energéticas.

## Carbohidratos durante LA COMPETENCIA

La alimentación en esta etapa debe estar enfocada a cumplir los siguientes objetivos: Mantener los niveles de glucosa sanguínea evitando estados de hipoglucemias, proporcionar una fuente de energía al músculo y evitar procesos de deshidratación.

Es necesario considerar estos tres cuestionamientos: cuánto, cuándo y que tipo de carbohidratos son más recomendados de consumir.

En deportes de larga duración o intermitentes el consumo de carbohidratos durante el evento retrasan la aparición de la fatiga, una estrategia, pero hay que tener presente que así se consuma carbohidratos durante el ejercicio la capacidad de utilizar eficientemente una fuente exógena de energía tiene sus limitaciones, por múltiples factores aun cuestionados.

En deportes de larga duración o intermitentes el consumo de carbohidratos durante el evento retrasan la aparición de la fatiga, una estrategia, pero hay que tener presente que así se consuma carbohidratos durante el ejercicio la capacidad de utilizar eficientemente una fuente exógena de energía tiene sus limitaciones, por múltiples factores aun cuestionados.

Las recomendaciones para la ingesta de alimentos se sugieren una ingesta cada 15 a 30 minutos durante el desarrollo del evento. El límite superior de oxidación de los carbohidratos es de 1 gr por minuto, aun se esté consumiendo altas cantidades de carbohidratos; por esta razón y basados en diferentes protocolos de alimentación donde se ha aumentado el rendimiento se sugiere que los CHO deben consumirse 30 a 60 gr por hora (Williams M 2006)

Una estrategia para el aporte de carbohidratos durante el ejercicio, es el consumo de bebidas deportivas bajo condiciones controladas de concentración de carbohidratos, osmolaridad y temperatura. Se sugiere 0.2 gr de carbohidratos / kg de peso o una concentración de 8 % entre 150 a 250 ml de líquido cada 15 a 30 minutos. Es posible que algunos atletas toleren ingestiones de altas cargas de carbohidratos, pero cuando estas son superiores al 10 % con una osmolaridad más alta se retrasa el vaciamiento gástrico.

Tanto la glucosa la sacarosa, y oligosacaridos han mostrado efectividad, las mezclas de glucosa y fructosa parece que tienen ventajas sobre la oxidación de CHO pero hay que prestar atención porque la fructosa en grandes cantidades debe ser evitada por la posibilidad de presentar molestias gastrointestinales. En lo que coinciden la mayoría de los autores es que los CHOS que se consumen en esta etapa deben ser de moderado o alto índice glicémico (Williams, 2006).

Estudios recientes se ha visto que en ejercicios intensos de corta duración y menos de una hora también puede haber efectos positivos con el consumo de carbohidratos. Parece ser que los efectos ergogénicos para este tipo de actividad no son metabólicos si no a nivel de sistema nervioso central, donde se genera una señal aferente capaz de modificar el resultado motor positivamente. Se ha demostrado de manera convincente que los carbohidratos utilizados como enjuague bucal, se detectan en la cavidad oral mediante receptores no identificados y este hecho se puede relacionar con las mejoras en el rendimiento durante el ejercicio (Jeukendrup & Chambers, 2010, Jeukendrup y col 2013). Ellos concluyen que enjuagarse rutinariamente con una solución que contiene carbohidratos alrededor de la cavidad oral por 5-10 s, mejora el rendimiento en el ejercicio de resistencia de alta intensidad con duración de 30-70 min y resaltan que podría ser una alternativa efectiva para los atletas que son propensos a estrés gastrointestinal durante ejercicio de alta intensidad y en los que no son capaz de comer ningún tipo de alimento o de control de peso, pero sugieren que para que se dé un óptimo rendimiento los atletas deben realizar una ingesta de carbohidratos adecuada de 2 a 3 horas previas al evento y realizar los enjuagues en forma periódica durante el tiempo de la competencia (Rollo, I. col 2010, Jeukendrup col 2013)

En competencias prolongadas pueden ser preferibles los sólidos, que por sus características físicas (textura y sabor) producen un efecto de saciedad. Es importante entrenar la ingesta de estos productos durante el entrenamiento.

Un aspecto que se debe tener presente que por reglamentación deportiva pueden tener espacios de tiempo o zonas de alimentación restringidas de consumo y bebida de alimentos, por lo tanto es necesario planificar con base a este hecho las estrategia de consumo.

## Recuperación del GLUCÓGENO MUSCULAR

Los atletas comúnmente realizan arduos programas de entrenamiento o competencia requiriendo entre 6 a 24 horas para recuperación. Deportes como natación o disciplinas de pista y campo tienen programaciones de carreras breves o en series incluyendo eliminatorias, semifinales y finales y en competencias de tenis o torneos de deportes de equipo o carreras de ciclismo se puede extender la competición por 1 a 3 semanas, teniendo esto en cuenta esta fase debe cumplir con estos objetivos: Repletar los depósitos de glucógeno hepático y muscular, regenerar, reparar los daños musculares causados por el ejercicio, recuperar las pérdidas de líquidos y minerales.

Pero también se generan distractores que en muchas ocasiones dificulta el cumplimiento de estos objetivos, un alto umbral de fatiga puede incidir en el interés de obtener o comer alimentos, pérdida de apetito que es común cuando se realizan actividades de alta intensidad, acceso limitado a alimento en lugares donde es difícil conseguir alimentos adecuados y preparados con técnicas de manipulación saludables o compromisos, celebraciones que pueden ser distractores para realizar la alimentación en forma oportuna y adecuada.

El más importante factor dietario que afecta el almacenamiento de glucógeno muscular 24 horas post evento, es la cantidad de carbohidratos consumido preferiblemente con un alto índice glicémico, aunque dependerá a su vez, del grado de depleción de las reservas de glucógeno, de la cantidad de carbohidratos consumidos durante la actividad y del compromiso o daño muscular registrado.

Varios autores coinciden en que se necesita un consumo de 7-12 gr /kg de peso corporal al día y que incrementar el consumo de CHO durante las primeras 24 horas de recuperación puede ser útil en caso de daño muscular por ejercicio excéntrico.

El mejor tiempo o momento para empezar la reposición es lo más rápido posible de terminada la actividad. (Burke, 2007. Bear 2011).

Existen varias fases en el proceso de recuperación del glucógeno, una fase temprana que comprende las dos primeras horas, en las cuales la re síntesis es más rápida, la segunda fase comprende las 4 horas

subsiguientes donde el ritmo decrece, pero aún sigue siendo más de lo normal y en la medida que el tiempo transcurre decrece el proceso de recuperación del glucógeno.

Hay dos razones que deducen el almacenamiento de glucógeno posterior al ejercicio. Una es sobre los niveles de receptores Glut-4 estimulados por el ejercicio en la membrana celular del músculo; ayudan a movilizar la glucosa sanguínea disponible en el músculo para volver a sintetizar glucógeno muscular. La segunda es que después del ejercicio, las membranas celulares de los miocitos son más permeables a la glucosa y por eso absorben más de lo normal (Williams, 2006; Bear, 2011). Se sugiere un aporte de 1 a 1,2 gr de carbohidratos / kg peso corporal, consumiéndolos durante los 15 minutos posteriores a la finalización de la competencia.

Se ha comprobado que tantos alimentos sólidos o líquidos parecen ser eficientes en proporcionar sustrato para la síntesis de glucógeno, aspectos como textura, apetito, disponibilidad de alimento o bebida y tolerancia parecen ser más importantes. Cuando estos son ingeridos en formas líquidas con un buen contenido de agua son apetecidos en situaciones de fatiga o bajo apetito

La co-ingestión de proteína con carbohidratos probablemente incrementa la eficiencia del almacenamiento de glucógeno cuando la cantidad de carbohidratos ingerida es baja o con intervalos de tiempo largos, los beneficios del consumo de la proteína en la recuperación del glucógeno parecen ser solo por la primera hora posterior al ejercicio, pero se debe tener muy presente que si el propósito es mejorar la masa muscular la proteína juega un papel importante en el aumento del balance neto, reparación de tejidos y adaptaciones involucradas en nueva síntesis de proteína creando un ambiente propicio para lograr ese objetivo.

En síntesis, la forma más sencilla como la presenta y adaptada de Bean (2011) y Burke (2009) del manejo de carbohidratos en relación a qué consumir, en qué momento y cuánta cantidad de carbohidratos se puede observar en la tabla siguiente.

Tabla 5. Recomendación de ingesta de carbohidratos en función del periodo de entrenamiento.

	Antes del ejercicio	Durante el ejercicio mayor a 60 min	Después del ejercicio	Entre los entrenamientos
<b>Cuánto</b>	2,5 g/kg de peso	De 30 a 60 g/hora	1 g/kg de peso	De 5 a 10 g/kg de peso o 60 % VCT
<b>Periodo de tiempo</b>	De 2 a 4 horas antes de la actividad	Comenzar a los 30 min periodos regulares	Hasta dos horas después	De 4 a 6 comidas
<b>IG</b>	Bajo	Alto	Alto o medio	Bajo
<b>Ejemplo</b>	- Papa con pollo y queso - Pastas con salsa y verduras - Arroz con pollo y zanahoria	- De 0,5 a 1 l de bebida isotónica o zumo de frutas diluido - 6 g/100barritas energéticas - 1 puño de pasas - De 1 a 2 bananos	- Batido energético - Fruta + yogurt - Barritas deportivas	- Pastas o arroz con lentejas - Tallarines con carnes - Papas con atún

Fuente: Tomado y adaptado de Bean A. (2011) Burke L. (2009).

## Necesidades de proteína para la formación y el AUMENTO DE LA MASA MUSCULAR

El comité olímpico (COI) en su consenso de nutrición para el atleta 2003 expone la importancia de la proteína como un nutriente clave para los éxitos deportivos de los atletas de todas las épocas. Mientras en los antiguos juegos olímpicos los atletas consumían cantidades inusuales de carne, hoy se cuenta con una amplia gama de proteínas y aminoácidos como suplementos para cubrir sus necesidades de proteínas.

Las proteínas desempeñan un papel importante en la respuesta del ejercicio. Los aminoácidos de las proteínas componen los bloques de constituyentes para la formación de, incluso, nuevo tejido muscular y la reparación de las células del organismo en ejercicios intensos donde se generan pequeñas lisis musculares por las cargas de trabajo. También se utilizan para la formación de hormonas y enzimas que regulan el metabolismo y otras funciones del cuerpo, y para proporcionar una pequeña fuente de combustible para el ejercicio cuando se da depleción de las reservas de carbohidratos. (Bean, 2011).

Se ha sugerido por parte de estudiosos del deporte que los requerimientos de proteínas puede ser mayor en relación a la población, la posición de la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (2007) que

las personas físicamente activas sugieren que necesitan alrededor de 1,4 hasta 2,0 gramos de proteína por kilogramo de peso corporal por día. .

El debate sobre las necesidades proteicas de los deportistas es vigente, se reconoce que los individuos activos pueden requieren más proteína debido a aumento en la oxidación intramuscular proteica, favorecer re síntesis de proteína intramuscular y atenuar los mecanismos proteolíticos que ocurren durante las fases de recuperación después del ejercicio. Una ingesta de proteínas estratégicamente planificada alrededor de la actividad física es necesario en la preservación de la masa muscular o la obtención de la hipertrofia muscular, lo que garantiza una recuperación adecuada de ejercicio, y quizás incluso el mantenimiento de la función inmune óptima. (Bill Campbell B, Kreider R B y col 2007)

Las necesidades finales dependerá del tipo y la intensidad del ejercicio, la calidad de las proteínas ingeridas, el balance energético y la ingesta de carbohidratos.

Tabla 6. Requerimientos proteicos para los atletas

Nivel de actividad	Gramos de proteína/kg de peso corporal
Sedentario	0.8
Entrenamiento de fuerza, sedentario	De 1.2 a 1.4
Entrenamiento de fuerza, ganar masa muscular	De 1.6 a 1.7
Entrenamiento de resistencia	De 1.2 a 1.4
Entrenamiento de alta intensidad intermitente	De 1.4 a 1.7
Restricción de peso	De 1.4 a 1.8

Fuente: Tomado y adaptado de Bean A. Cap 4 ( 2011) Williams M. (2005).

Los estudios dietéticos muestran que la mayoría de los deportistas ya consumen dietas con ingesta de proteínas por encima de 1.2a 1.6 g/kg/d, incluso sin el uso de suplementos de proteína. Por lo tanto, la mayoría de los atletas en esta condición, no necesitan aumentar la ingesta de proteínas. Pero se puede presentar entre la población deportiva grupos que pueden estar en riesgo de no cumplir sus objetivos de necesidades de proteínas: los que restringen severamente su consumo de energía y/o que limitan la variedad de la dieta. Una ingesta

adecuada de energía también es importante para promover el equilibrio de proteínas o aumentar la retención de proteínas (Burker, 2009).

Aunque algunos atletas (como levantadores de pesas y culturistas) tienen una ingesta de proteínas en exceso de 2-3 g/kg de peso, no hay evidencia de que tales patrones dietéticos mejoren la respuesta a la formación o aumenten las ganancias en la masa muscular y la fuerza. Si bien no son necesariamente perjudiciales, son costosas y el exceso se degrada en forma de urea y energía que, si no se utiliza, se almacena en forma de grasa si la ingesta supera el gasto (Williams, 2006).

El momento o tiempo en que se consume la proteína también parece ser importante , varios estudios han encontrado que la ingesta de proteína post entrenamiento, poco después de terminar la actividad física y combina da con CHOS, favorece la recuperación de proteínas y fomenta el crecimiento muscular, incrementa los niveles de insulina y / o la hormona del crecimiento a un mayor grado que el consumo solo de carbohidratos, puede servir como una estrategia nutricional anti catabólica, además, la ingesta de carbohidratos y proteínas luego del ejercicio puede promover un perfil hormonal más anabólico, la síntesis de glucógeno, y/o acelerar la recuperación luego del ejercicio intenso (White J P, Wilson JM y col 2008)

Melvin Williams, en su libro Nutrición para la salud, condición física y deporte en el esquema de alimentos requeridos por el deportista sugiere que a los adolescentes debe agregarse un 10 % más de los valores calculados. Ejemplo, una deportista de 60 kg con una entrenamiento de alta intensidad intermitente requiere  $60 \text{ kg} \times (1.4 \text{ g}) = 84 \text{ g}$  y  $60 \times (1.7 \text{ g}) = 102 \text{ g}$ . Su requerimiento proteico puede estar oscilando entre 84 y 102 g total al día. Y si fuera adolescente, le sumaria 10 % del requerimiento base. Así,  $84 + 8.4 = 92$  y  $102 + 10.2 = 122.2$  total al día.

A continuación presentamos el aporte promedio de 10 g de proteína aportado por alimentos : 2 huevos pequeños o 1 vaso de leche (300cc) o 40 gr de queso o 40 gr o un tercio de una lata de atún o 300 gr de yogur o 50 gr carne pulpa (res, pollo, cerdo o pescado) o 150 gr de leguminosa. (Manjarrés y Sepúlveda 2011).

## Necesidades DE LÍPIDOS

La grasa es un componente necesario de una dieta normal, importante para el suministro de energía, la protección de los órganos y el aporte de los elementos esenciales de las membranas celulares del tejido cerebral, neural y de la médula ósea. También aporta ácidos grasos esenciales y los nutrientes asociados, como las vitaminas A, D y E.

El Comité Olímpico Internacional (COI) no hace referencia específica al tema, como lo expresa Bean en su texto La guía completa de la nutrición del deportista, pero el consenso dado por el Colegio Americano de Medicina Deportiva (ASCM) y la Asociación de Dietética Americana y Canadiense (2009) recomiendan que la dieta aporte las grasa en un rango no menor a 20 % y un máximo de 35 %. En una proporción de ácidos grasos se sugiere 10 % saturados, 10 % poliinsaturados y 10 % monoinsaturados.(ASCM 2009, Bean A 2011, 2015)

El consumo de grasa omega 3 es beneficioso para los deportistas porque ayuda a mejorar la resistencia y puede acelerar la recuperación y reducir la inflamación.

## Necesidades de VITAMINAS Y MINERALES

Las vitaminas y minerales son esenciales para metabolizar los sustratos energéticos y recuperar y reparar los tejidos. Además algunos son necesarios para facilitar la formación endógena de antiinflamatorios. En adición, juegan un papel importante para reducir el estrés oxidativo inducido por el ejercicio.

Los estudios dietéticos muestran que la mayoría de los atletas pueden cumplir con los consumos recomendados de vitaminas y minerales si hacen una alimentación variada, balanceada y adecuada. Las deficiencias están asociadas más a déficit alimentario que a carencias requeridas por el deporte. Pero hay un grupo de deportistas a riesgo de ingestas subóptimas de estos micronutrientes:

- Deportistas que restringen su ingesta energética, especialmente durante períodos prolongados, cuando están en pérdida de peso.
- Deportistas que siguen los patrones de alimentación con restricción de alimentos, como el atleta vegetariano.
- Deportistas que tienen un consumo de alimentos con una pobre densidad de nutrientes por factores económicos, de tiempo o de hábitos alimentarios, entre otros.

La mejor manera de corregir esta situación es buscar el asesoramiento de un experto en nutrición deportiva. Cuando la ingesta de alimentos no puede ser adecuada, la administración de suplementos puede ser justificada y formulada por un experto. Por ejemplo, cuando el atleta está viajando en un país con un limitado suministro de alimentos o tiene ya una deficiencia marcada de una vitamina particular o de minerales, como una deficiencia de hierro.

Anita Bean, en el capítulo "Vitaminas y minerales" de la *Guía completa de la nutrición del deportista*, sugiere algunas pautas a considerar:

Elegir un suplemento de multivitaminas y minerales que dé preferencia al contenido de antioxidantes.

Evitar suplementos que superen RDR (recomendaciones diarias recomendadas) de cualquier mineral, ya que estos nutrientes compiten en la absorción y pueden resultar nocivos en dosis superiores, al igual que en las vitaminas liposolubles y B6 que podrían ser tóxicas en dosis altas.

- Optar por suplementos de dosis bajas, pensados para consumir en varias dosis de acuerdo con necesidades.
- Evitar suplementos con ingredientes innecesarios.
- Ingerir los multivitamínicos y minerales con agua o con alimentos naturales, ya que se absorben mejor.
- El COI presenta algunos consejos para promover la variedad de la dieta y una alimentación rica en nutrientes en la población deportiva.
- Estar abierto a probar nuevos alimentos y nuevas recetas
- Sacar el máximo partido de los alimentos en la temporada
- Explorar todas las variedades de diferentes alimentos
- Fraccionar la alimentación durante el día



- Pensar cuidadosamente antes de quitar un alimento de su dieta diaria o grupo de alimentos de su alimentación
- Incluir frutas y verduras en cada comida. Los colores fuertes de muchas frutas y verduras son una señal de un alto contenido vitamínico y antioxidante
- Agregar cinco colores en el plato para asegurar una buena ingesta que promueve la salud
- Consumo adecuados de líquidos y electrolitos.

La participación en la actividad física expone a los individuos a una variedad de factores que influyen en las pérdidas de sudor; estos incluyen la duración y la intensidad del ejercicio, el ambiente, las condiciones y el tipo de ropa, y el equipo de competencia.

A veces, estos factores están estandarizados para una específica actividad o evento de un deporte (por ejemplo, la temperatura al interior de un salón de competencia de lucha, de un coliseo...). En otros casos, estos factores se producen de una manera impredecible (las condiciones ambientales en deportes al aire libre presentan una considerable variabilidad de factores que contribuyen a una diferente tasa de sudoración).

Existen también diferentes características individuales. Peso corporal, predisposición genética, estado de aclimatación de calor y eficiencia metabólica (maestría) influirán en las tasas de sudoración durante una determinada actividad. Como resultado, hay una gran variedad en las tasas de sudoración y en las pérdidas totales de sudor de las personas y, en algunos casos, incluso, en el mismo evento o en determinado día (Consenso de hidratación, 2007).

La deshidratación progresiva durante el ejercicio es frecuente, puesto que muchos deportistas no ingieren suficientes fluidos para reponer las pérdidas producidas. Esto no solo provoca una disminución del rendimiento físico, sino que además aumenta el riesgo de lesiones y puede poner en juego la salud e incluso la vida del deportista. Por este motivo es muy importante elaborar una estrategia capaz de mantener un nivel de líquido corporal óptimo mientras se hace ejercicio (tanto en los entrenamientos como en la competición).

La deshidratación afecta el rendimiento deportivo. Así lo demuestra el consenso de la Federación Española 2008:

- Disminuye la obtención de energía aeróbica por el músculo.
- El ácido láctico no puede ser transportado lejos del músculo.
- Disminuye la fuerza.
- En función de la proporción de líquidos perdidos se pueden producir las siguientes alteraciones:
- Pérdida del 2 %: descenso de la capacidad termorreguladora.
- Pérdida del 3 %: disminución de la resistencia al ejercicio, calambres, mareos, aumento del riesgo de sufrir lipotimias e incremento de la temperatura corporal hasta 38 grados.
- Pérdida del 4-6 %: disminución de la fuerza muscular, contracturas, cefaleas y aumento de la temperatura corporal hasta 39 grados.
- Pérdida del 7-8 %: contracturas graves, agotamiento, parestesias, posible fallo orgánico, golpe de calor.
- Pérdida mayor de un 10 %: comporta un serio riesgo vital.

Una disminución de peso producido por sudoración puede ser muy variable, valorar estas pérdidas puede ser un parámetro para evaluar las necesidades hídricas. Una manera sencilla de saber la cantidad de agua perdida en una actividad física es pesarse antes y después de realizar el ejercicio, ya que en esfuerzos inferiores a 3 horas la pérdida de agua por la respiración es poco significativa, comparada con la que se produce a través del sudor. Si el atleta se pesa bajo las mismas condi-

	1	Hidratación adecuada
	2	
	3	Deshidratación Leve
	4	
	5	Deshidratación severa
	6	

ciones durante varios días (ejemplo al levantarse), las variaciones pueden reflejar su estado de hidratación previo al esfuerzo, y al comparar el peso antes y después de la actividad física, determinando el grado de deshidratación provocado por el ejercicio. Otro aspecto es valorar la densidad de la orina (examinada mediante los cambios de coloración) puede ser un complemento de la observación anterior.

Si el color de orina correspondiente a 1 y 2 se puede considerar como un deportista bien hidratado en el momento del test; 3 y 4, precaución; 5 y 6 significa un compromiso hídrico severo, basado en la escala (Armstrong, 2000). Estos resultados de la ingesta de fluidos pueden ajustarse. Hay que tener presente que el color de la orina puede estar influenciado en algunas ocasiones por el consumo de ciertos medicamentos y vitaminas, entonces el resultado del test puede estar alterado y no ser confiable.

En la actualidad la Asociación Atlética Nacional de Colegios Universitarios de los Estados Unidos (National College Athletic Associations, NCAA) está tratando de implementar la medición de la densidad urinaria para evitar la deshidratación en los atletas que compiten en los eventos de lucha olímpica, por ser un deporte de manejo de peso métodos de deshidratación severas. En forma preventiva se han establecido un límite de densidad urinaria de 1.020 como medida de un buen estado de hidratación, evitando las consecuencias fatídicas de estas prácticas de deshidratación. Este aspecto puede ser aplicable a todos los deportes de control de peso. La tabla de índices del estado de hidratación combina los tres indicadores: porcentaje de pérdida de peso, color de la orina y densidad urinaria como se expone a continuación.

Tabla 7. Medición del estado de hidratación mediante el test de color de orina y densidad urinaria en relación al porcentaje de la pérdida de peso.

Condición	Porcentaje de pérdida de peso corporal	Color de la orina	Densidad urinaria
Bien hidratado	De +1 a -1	De 1 a 2	< 1.010
Deshidratación leve	De 1 a -3	De 3 a 4	1.010 - 1.020
Deshidratación moderada	De 3 a -5	De 5 a 6	1.021 - 1.030
Deshidratación severa	> 5	> 6	> 1.030

Fuente: Tomado y adaptado de Casa, D., Armstrong L., Montain S., Rich B., Roberts W. and Stone J. (2000).

En un artículo de revisión bibliográfica que tiene por objetivo comparar las ingestas dietéticas de atletas de élite con las que se recomiendan habitualmente (Economos y cols., 1993) aparece una tabla con una serie de recomendaciones que deberían satisfacer los requerimientos de líquidos para la mayoría de los atletas de competición:

Tabla 8. Recomendaciones de hidratación en relación al tiempo y tipo de actividad deportiva

Duración de evento	Ejemplo	Intensidad (% Vo2 Max)	Observaciones	Recomendaciones
< 1 hora	La mayoría deportes de conjunto	75-130	Tiempo limitado para ingerir líquidos. Disminución del vaciamiento gástrico por la alta intensidad del ejercicio	Ingerir agua o de 300 a 500 ml de bebidas con 6 a 8 % de CHO's entre 0 a 15 minutos antes
De 1 a 3 horas	Futbolistas, maratonistas, ciclistas	60-90	Potencial para hipoglucemia, deshidratación y depleción de glucógeno	Ingerir de 300 a 500 ml de bebidas con 6 a 8 % de CHO's antes del evento. Durante la actividad tomar entre 800 a 1.600 ml/hora (de 6 a 8 % de CHO's)
> 3 horas	Triatletas, ciclomontañistas, ciclistas ruta fondo (ultra)	30-70	Potencial para hipoglucemia, deshidratación, hiponatremia y depleción de glucógeno	Ingerir de 300 a 500 ml de bebidas con 6 a 8 % CHO's antes del evento. Durante la actividad tomar entre 800 a 1.000 ml/hora (de 6 a 8 % de CHO's), de 4 a 8 onzas en intervalos de 15 a 20 minutos y 175 mg de Na por porción de 240 cc.
Recuperación			Resíntesis del glucógeno. Reposición de líquidos	1 g/kg peso corporal de Cho en las dos primeras horas

Fuente: Tomado y adaptado de Herrero A., González B., García L. (2003).

## Reposición de ELECTROLITOS

La posición de Colegio Americano de Medicina deportiva, indica que la ingesta de sodio en una bebida deportiva consumida durante y después de la actividad puede estimular la ingesta de líquidos y prevenir la hiponatremia cuando se ingiere grandes cantidades de agua sola. Ambas respuestas resaltan el papel importante que juega el sodio en el mantenimiento del impulso osmótico para hidratarse y

en el estímulo osmótico para retener fluido en el espacio extracelular. (Murray B 2006)

La ingesta de sodio durante el ejercicio puede ayudar con el mantenimiento o la restauración del volumen plasmático durante el ejercicio y la recuperación. El consumo de bebidas deportivas que contengan sodio ayuda a retener el agua en el cuerpo y a la hidratación de los músculos mediante el aumento de la absorción de fluido desde los intestinos. En las actividades de resistencia que duren más de 3 horas pueden requerir una bebida que contenga hasta 175 mg de sodio por porción de 8 onzas.

### Otras recomendaciones

- Evitar las bebidas gaseosas carbonatadas; generan sensación de volumen, pueden causar problemas gastrointestinales y disminuir el consumo de líquidos.
- Evitar las bebidas que contengan cafeína (bebidas energizantes) y alcohol.
- Si no ha consumido ningún tipo de bebida deportiva, no consumir por primera vez el día de la competencia (evaluar tolerancia).
- Practicar el consumo de líquidos en entrenamientos. Puede probar por ensayo y error hasta que encuentre el tipo de bebida que funciona y tolere bien.
- Fomentar el consumo de líquidos en forma constante

## Control DE PESO

El control del peso se debe iniciar durante el periodo no competitivo y no unos días antes de la competencia. Se debe definir el peso corporal para las temporadas y las modificaciones que sean necesarias en el consumo calórico, considerando el gasto energético por el entrenamiento. También, lograr obtener el peso corporal y la composición corporal óptima al menos una semana antes de la competencia, y estabilizar el peso corporal del atleta que responda a la estrategia competitiva sin afectar el estado de salud, el rendimiento deportivo ni la longevidad atlética.

No se deben implementar programas de peso restrictivo severo en deportistas en edades en las que aún está en periodo de crecimiento y no han terminado su proceso de maduración.

Los aspectos a tener en cuenta en un programa de intervención de control de peso son:

### 1. Educación nutricional:

Tiene como objetivo fundamental elevar el conocimiento de los atletas acerca del valor energético y nutricional de los alimentos, así como brindarles todos los elementos necesarios que les permitan realizar una dieta equilibrada y adecuada a las características del deporte y a su plan de reducción de peso de forma sana.

### 2. Evaluación de la composición corporal (morfofuncional):

El control del peso por sí solo en la balanza no es suficiente. La evaluación antropométrica aporta información valiosa sobre el comportamiento de los componentes musculares y grasos, los cuales son en definitiva los que más rápidamente se modifican bajo la influencia del proceso de entrenamiento. Se realiza una valoración de la composición corporal de dos componentes para control rápido y de cinco componentes para unos seguimientos más específicos de los cambios del peso y la composición.

El nivel de adiposidad sirve para predecir hasta dónde podemos hacer la reducción del peso corporal cuando está muy bajo, por debajo de 5,0 %, según la metodología de Yuhasz, sobre todo en individuos que no han presentado adiposidades bajas por condiciones genéticas. Ello indicaría que las reservas ya están muy disminuidas y hay compromiso de la grasa esencial, y la reducción del peso está en proporción del catabolismo de la masa corporal, lo cual no es recomendable desde ningún punto de vista.

Se ha demostrado también que las adiposidades bajas en hombres están asociadas a testosterona baja, la cual reduce drásticamente el recuento de espermatozoides, la libido y el estado general. Las mujeres con niveles de adiposidad por debajo del 10 %, por Yuhasz, pueden presentar desequilibrios hormonales con implicaciones endocrinas, como ausencia de la menstruación (amenorreas) o incluso el síndrome denominado *la triada del atleta*, en la cual la amenorrea

puede producir problemas más graves como la pérdida de la masa ósea, por los niveles bajos de estrógenos, y presentar osteopenias, factor disparador de posibles fracturas por estrés. Cuando se recupera un poco la adiposidad y el peso, los síntomas en ambos pueden disminuir o desaparecer.

### 3. Pesaje diario de acuerdo con el rango establecido para cada etapa:

El pesaje de los atletas deberá realizarse en forma periódica. Si es posible, hacerlo diario, en las mañanas, con la menor cantidad de ropa posible, en ayunas y con una báscula correctamente equilibrada. Se establecerán promedios semanales del peso para precisar el comportamiento en cada microciclo de entrenamiento.

Se deben establecer compromisos de rango de peso acorde con su división u objetivos y etapa de entrenamiento. Se debe considerar que puede presentarse variabilidad en el peso de acuerdo con:

- Hora del día: el peso puede variar hasta 1 kg entre el momento de despertarnos y acostarnos, por la alimentación, efecto de la gravedad y deshidratación...
- Ejercicio: modifica el balance de fluidos corporales, alterando así el peso corporal, el nivel de hidratación de pliegues cutáneos y, por ende, la composición corporal.
- Ciclo menstrual: durante este período las mujeres pueden presentar retención de líquidos que van desde 0.5 hasta 2 kg.
- Control de las cargas de entrenamiento.

El objetivo esencial del control del peso es lograr que los atletas tengan un adecuado comportamiento de los elementos musculares y una reducción progresiva de la grasa en la medida que se acerca la obtención de la forma deportiva.

Debido a las altas exigencias de compromiso y voluntad que les impone a los atletas mantener un rango de peso determinado, el control de la asimilación y dosificación de las cargas de entrenamiento diario cobra importancia. Con él se monitorea la adaptación biológica de las cargas y se observa que las respuestas biológicas sean normales y transitorias. Se mantendrá un permanente control de la respuesta cardíaca a cada trabajo, así como a la aparición de signos

de fatiga patológica. Se deberán realizar controles de urea en las semanas programadas de mayor carga.

No se deben usar medios que estimulen la sudoración y transpiración (nylon, impermeables, neopreno, etc.). Con la prohibición del empleo de estos elementos estamos evitando que las reducciones de peso sean a expensas de la pérdida de líquidos corporales, mediante el incremento de la sudoración, pues con ello solo se consigue una disminución relativa del peso y una deshidratación isotónica que afecta el rendimiento y acelera la aparición de fatiga precoz.

### 4. Empleo de sustancias reductoras de grasas, estimulantes de la lipólisis:

Los medicamentos que disminuyen el peso corporal están ampliamente difundidos y son muy mal empleados. En la práctica, no existe ningún medicamento "milagroso" que por sí solo logre una reducción del peso corporal. En el mercado mundial existe una amplia gama de medicamentos y sustancias que se comercializan con la finalidad de bajar de peso. No es la finalidad del presente artículo describir el modo de empleo de estos, solo se llama la atención sobre aquellos que brindan sensación de plenitud gástrica y que estimulan la movilidad de las grasas durante la actividad física, pero considerando sus posibles efectos colaterales.

Recomendaciones para una pérdida segura de peso:

1. Determinar cuál es el porcentaje de grasa corporal actual y establecer metas realistas de pérdida de peso.
2. Empezar a perder peso en el período de preparación general, antes del comienzo de la temporada. Esto le permitirá una pérdida gradual de peso.
3. No perder más de 0,5-1 kg de peso por semana para preservar su masa libre de grasa. Una pérdida de peso más rápida indica normalmente una pérdida de tejido magro (músculo).
4. Establecer las necesidades energéticas y disminuir la ingesta alrededor de 500-1.000 kcal al día o reducir la ingesta calórica en un 15 % sobre los requerimientos básicos del deportista. En teoría, se puede reducir un kilogramo de grasa cuando se hace una reducción de 9.000 calorías.
5. Mantener un consumo de carbohidratos (entre un 50-60 % del consumo calórico total) alrededor de 5 a 7 gr/kg de peso corpo-

ral. Incrementar el consumo de fibra; fuera de sus funciones para contribuir con una buena digestión, retarda el vaciamiento gástrico y conserva la sensación de saciedad, además de que enlentece la digestión y absorción de los carbohidratos y grasas, y por lo tanto permite que los niveles de insulina sean más estables.

6. Consumir alrededor de 1,4-2,0 g de proteínas por kilogramo de peso corporal.
7. Consumir una dieta baja en grasas, pero tampoco por debajo del 20 % del total de las calorías diarias. Dietas con porcentaje muy bajo están asociadas a carencia de ácidos grasos esenciales (linoleico y linoléico) y aportes inadecuados de vitaminas liposolubles.
8. Incluir ejercicios aeróbicos y de musculación en sus entrenamientos, definidos en el plan de preparación de acuerdo con las necesidades individuales.

## Suplementos y ALIMENTOS DEPORTIVOS

**“Los estudios han demostrado como la manipulación de la dieta sí favorece el rendimiento”**

Una buena elección de los alimentos y un consumo adecuado, balanceado y oportuno es un factor fundamental, que contribuye a quien realiza ejercicio físico pueda desarrollar todo su potencial deportivo, mejorar su rendimiento y obtener el éxito esperado. La alimentación del deportista debe aportar las calorías y macro, micronutrientes y líquidos necesarios para mantener y regular el metabolismo corporal requerido para el entrenamiento, la competencia y la recuperación. Si se cumple esto ya se está asegurando un factor fundamental para alcanzar el rendimiento deportivo. En busca de ese rendimiento deportivo los deportistas se han sumado a la cultura de uso de suplementos con el objeto de aumentar sus reservas de energía; promover adaptaciones al entrenamiento; permitir una mayor recuperación entre sesiones de entrenamiento; mantener una buena salud; evitar la fatiga crónica, enfermedades o lesiones, y aumentar su rendimiento deportivo.

Cada día se encuentra en el mercado productos novedosos que prometen mejorar el rendimiento deportivo o aumentar su recupera-

ción, y si el entrenamiento ha estado fuerte y la competencia es dura, el uso de suplementos son una fuerte tentación.

Los suplementos se definen como una serie de productos a las que se atribuye la capacidad de favorecer el desarrollo de la fuerza muscular y la potencia necesarias para incrementar el rendimiento físico (Williams M 2006) Así, la industria de los suplementos ha desarrollado una variedad de productos que incluyen una diversidad de componentes que van más allá de nutrientes, abarcando componentes menos frecuentes, como hierbas, metabolitos y prehormonas, entre otros.

Su uso es generalizado entre deportistas, pero pocos productos están respaldados por una sólida investigación y algunos pueden incluso ser perjudiciales al atleta. El riesgo es que mucho de los productos comerciales se encuentran contaminados con sustancias que pueden ser positivas para pruebas de dopaje y no están reportada en las etiquetas o en caso de productos herbales ignorar que este tipo de sustancias pueden ser dopantes. (Burke L 2004)

Los deportistas deben prestar atención a los riesgos y beneficios de los suplementos individuales antes de utilizarlos.

Antes de consumirlos debería cuestionarse y analizar una serie de factores que pueden indicar si lo requieren o no. Estos son algunas de las indicaciones antes de su uso:

- Evalué la alimentación y los factores que estén involucradas con ellos como aumento de las necesidades calóricas, o porque está en un programa de reducción caloría, o por jornadas intensas de entrenamiento, viajes o factores económicos, sociales o de salud.
- Antes de comprar los suplementos es importante que busquen ayuda profesional para determinar sus necesidades y seleccionar el apropiado para mejorar la reposición de sus requerimientos.
- Sí planean probar algún producto nutricional, asegúrense de que este sea legal (que no contenga sustancias prohibidas en el deporte), seguro (que no tenga efectos secundarios) y efectivo (que realmente produzca el efecto ofrecido). Para saber si un producto contiene sustancias prohibidas en el deporte es necesario revisar la lista de productos considerados como doping
- Si va utilizar algún suplemento, siempre probarlo con anticipación en el entrenamiento, nunca durante una competencia para evitar complicaciones.

- Consumir sólo las dosis recomendadas (no se excedan) y háganlo sólo por un breve período de tiempo, ya que el uso de muchos de estos suplementos no ha sido estudiado apropiadamente en humanos.
- Mantener alerta de los efectos secundarios adversos. Muchos suplementos han sido estudiados solo en adultos, por lo tanto, la mayoría de ellos no se recomiendan a menores de 18 años.
- Aprender a leer etiquetas de los productos antes de comprarlos y conozcan que significan sus ingredientes. Revise las fechas de fabricación y vencimiento. Tenga en cuenta las especificaciones del material de empaque y buenas prácticas de manufactura (BPM) y el registro sanitario en nuestro caso INVIMA.
- Si no están seguros de ciertas sustancias y productos entonces consultar a profesionales de la salud reconocidos que posean las certificaciones de especialización en el campo, como un Nutricionista, un Médico del deporte o un Fisiólogo del Ejercicio.
- Procurar ser muy cuidadosos en el empleo de los suplementos, no caer en la trampa de gastar grandes cantidades de dinero en suplementos con la esperanza de encontrar una vía fácil hacia un mejor rendimiento, considere que muchos pueden tener efectos negativos sobre su salud y su rendimiento físico.

Pueden dar resultados analíticos adversos en los controles antidopaje en diferentes situaciones:

- El suplemento puede contener una sustancia prohibida como ingrediente declarado, pero el atleta no está informado de que la sustancia no está permitida. Ej.: methilhexaneamine (dimethylpentylamine, o dimethylamylamine) que también se puede encontrar en ciertos compuestos del geranio. (Burke 2000)
- Cuando el producto o suplemento contiene una sustancia o ingrediente declarado en su etiqueta, pero es una sustancia no permitida o prohibida en el listado antidopaje, pero el atleta desconoce la relación que existe entre las sustancias reportadas. Ej. El Ma Huang contiene efedrina, la cual está prohibida, y pseudo-efedrina, que está regulada. (Burke 2000)
- Cuando el suplemento contiene sustancias que no están declaradas en su etiqueta bien sea por ser adicionados intencionalmente o como subproductos de otros ingredientes o contaminados y son sustancias prohibidas. Ejemplo productos energéticos

proteicos que contienen ingredientes múltiples u hormonas o el caso de pro hormonas que se convierte en sustancias no permitidas. (Burke 2000)

**Importancia de la Tecno vigilancia.** Los suplementos deberían estar claramente etiquetados con “sellos de aprobación” Si los suplementos no tienen sellos de aprobación, no los deberían usar. Organizaciones independientes ofrecen pruebas de calidad y autorizan que los productos aprobada exhiban sus sellos de garantía. Estos garantizan que el producto se ha elaborado de forma apropiada, incluye los ingredientes que indica la etiqueta y no contiene niveles nocivos de contaminantes.

**Indicaciones de uso de los suplementos.** Cuando hay una deficiencia demostrada de una vitamina o mineral esencial y un aumento de la ingesta de alimentos no es posible cubrir, la utilización de suplemento puede ser útil. El uso de suplementos, sin embargo, no compensa una mala elección de alimentos ni una dieta inadecuada. Muchos atletas ignoran la necesidad de tener cuidados con el uso de complementos, inclusive toman dosis que no son necesarias y que pueden ser perjudiciales para la salud.

Los principales motivos por los que los atletas utilizan suplementos son:

- Para producir un efecto directo en el rendimiento (ergogénica).
- Cubrir las demandas aumentadas de nutrientes, inducidas por el entrenamiento intenso.
- Para compensar déficit alimentarios dada por dietas inadecuadas.

**“Un buen plan de entrenamiento y una correcta nutrición son en general, las mejores ayudas ergogénicas, con las que cualquier deportista puede contar”**

Con el fin de dar una mejor orientación, el Instituto Australiano del Deporte (AIS) divide a los suplementos en tres grupos:

- 1. Alimentos para deportistas.** Tales como las bebidas deportivas, barras, geles y comidas líquidas que ofrecen opciones prácticas para ayudar a los atletas a cubrir sus necesidades especiales de nutrición. Estos productos son útiles para ayudar a hidratar o cubrir las altas demandas de energía de los deportistas, además de que pueden ser prácticos para consumirse antes, durante o

después de un entrenamiento o competencia. Por ejemplo: los suplementos de proteínas y carbohidratos pueden formar parte de la estrategia de recuperación después del ejercicio.

**2. Suplementos de vitaminas y minerales.** El ejercicio intenso, prolongado y regular puede ocasionar un aumento en el requerimiento de ciertas vitaminas y minerales. Sin embargo, si el consumo de energía diario es alto y se sigue una dieta adecuada, la suplementación no es necesaria, a menos de que se identifique una deficiencia específica.

**3. Ayudas ergogénicas nutricionales.** Ofrecen beneficios fisiológicos directos para el rendimiento en el ejercicio y la recuperación. A pesar de la gran cantidad de afirmaciones y promesas, pocas ergogénicas nutricionales están avaladas por investigaciones científicas. Se han demostrado efectos de aumento en el rendimiento, que retrasan la aparición de la fatiga con sustancias como creatina, bicarbonato y cafeína, en atletas adultos y solo en algunas circunstancias.

Igualmente, la Sociedad Internacional de Nutrición Deportiva (International Society of Sports Nutrition, ISSN 2009 y recategorizado 2014) tiene definidos los suplementos dietarios como sigue:

Tabla 9. Tabla de suplementos

Suplementos clasificados como evidencia A		
Información	Subcategorías	Ejemplos
Admitidos para su uso en situaciones específicas en el deporte a través de protocolos basados en la evidencia. Uso en los programas de suplementación: Siempre o permitido	Alimentos deportivos: productos especializados para proporcionar una fuente de nutrientes cuando no sea práctico para consumir alimentos de todos los días.	- Bebidas deportivas - Geles deportivos - Snacks deportivos - Comida líquida - Proteína del suero - Barras deportivas - Electrolitos
	Suplementos médicos: utilizados para tratar problemas clínicos, incluyendo las deficiencias de nutrientes diagnosticadas. Requiere prescripción individual y la supervisión adecuada de un profesional de la medicina deportiva.	- Suplementos de hierro - Suplementos de calcio - Multivitaminas y minerales - Vitamina D - Probióticos (gut/immune)

para su uso por parte de algunos atletas de acuerdo con los protocolos de buenas prácticas.	Suplementos de rendimiento: se utilizan para contribuir directamente a un rendimiento óptimo. Deben ser utilizados en protocolos individualizados bajo la dirección del profesional de medicina deportiva/practicante de la ciencia apropiada. Si bien puede haber una base de evidencia general de estos productos, la investigación adicional puede, a menudo, ser necesaria para los protocolos de afinación del uso individual y específico del evento.	- Cafeína - B-alanina - Bicarbonato - Jugo de remolacha - Creatina
<b>Suplementos clasificados como evidencia B</b>		
Se merece más investigación y podrían ser considerados para la utilización de los atletas en un protocolo de investigación o de seguimiento de caso o monitoreo clínico.	Polifenoles del alimento: productos químicos de alimentos que tengan supuestos bioactivos, incluyendo actividad antioxidante y antiinflamatoria. Pueden ser consumidos en forma de alimentos o como aislado químico.	- Quercetina - Jugo de cereza ácida - Bayas exóticas (acai, goji, etc.) - Cúrcuma
	Otros	- Antioxidantes C y E - Carnitina - HMB - Glutamina - Aceites de pescado (omegas) - Glucosamina
<b>Suplementos clasificados como evidencia C</b>		
Tienen poca prueba significativa de los efectos beneficiosos. No se proporcionan a los atletas en los programas de suplementación. Pueden ser permitidos para uso individualizado por un atleta cuando exista la aprobación específica o el reporte a un panel de suplemento deportivo.	Categoría A y B: los productos utilizados fuera de los protocolos aprobados.	Ver la lista de los productos de las categorías A y B.
	El resto: si usted no puede encontrar un ingrediente o producto en los grupos A, B o D, es probable que se encuentren en esta categoría. No se describen con la finalidad de evitar la percepción de que estos suplementos son especiales.	
<b>Suplementos clasificados como evidencia D</b>		
Con alto riesgo de contaminación con sustancias que podrían conducir a una prueba de drogas positiva. No deben ser utilizados por los atletas.	Estimulante: lista de dopaje de la WADA.	- Efedrina - Estricnina - Sibutramina - Metilhexamina - Otros estímulos herbarios

Con alto riesgo de contaminación con sustancias que podrían conducir a una prueba de drogas positiva. No deben ser utilizados por los atletas.	Prohormonas y estímulo de hormona: lista de la AMA.	- DHEA - Androstenodiona - Otras prohormonas - Tribulus terrestre - Maca
	Liberadores de GH y péptidos: lista de la AMA. Mientras que estos a veces se venden como suplementos (o se han descrito como tal), por lo general son productos farmacéuticos no aprobados.	El glicerol se utiliza para las estrategias de hiperhidratación. Prohibido como expansor de plasma
	Otros	El calostro no se recomienda por la AMA, debido a la inclusión de los factores de crecimiento en su composición

Fuente: Adaptado International Society of Sports Nutrition, (ISSN) 2009 y recategorizado 2014.

El uso ético de suplementos y sus compuestos para mejorar el rendimiento puede ser una opción personal, pero puede ser controversial. Es muy importante que el profesional de la salud tenga una mente abierta pero cualificada para evaluar, recomendar, educar y supervisar a los atletas que requieran o contemplen el uso de un suplemento o ayuda ergogénica.

## Aspectos nutricionales por MODALIDAD DEPORTIVA

Las necesidades energéticas y nutricionales en los atletas van a estar en relación con las especificaciones propias de su modalidad deportiva (duración, intensidad) y de sus características antropométricas (peso, altura y composición corporal) y de esto depende la implementación del esquema nutricional. Ejemplo, es muy diferente las necesidades nutrición de un atleta de maratón que es un deporte de resistencia aeróbica y que requiere de un bajo peso para desplázalo por largo tiempo, en relación a un atleta velocista que su carrera es corta e intensa donde requiere más potencia y un peso en masa muscular que respalde esta potencia.

Lo que se puede afirmar que no existe un plan de alimentación único para todos los atletas, ya que esta debe estar ajustada a las necesidades individuales en relación a las particularidades energéticas y en función al plan de entrenamiento y de competencia.

Para la competencia en relación a las particularidades específicas del deporte y de reglamento se trabajan tres aspectos fundamentales que permiten suplir parte de esas necesidades nutricionales específicas:

- **Ración de espera.** Es la ración recomendada para cuando se demore la iniciación del evento, ya que se van agotando las reservas de glucosa, razón por la que se justifica el suministro de ración de espera una hora o hasta media hora antes del evento. Se ha reportado que deportistas que consumen una ración de espera se sienten menos fatigados al final de la misma. Recomendaciones: zumo de frutas, frutas y barras deportivas.
- **Ración de competencia.** Es la ración recomendada para consumir durante una competencia de duración prolongada o en deportes de características intermitentes, como en los deportes de pelota (fútbol, tenis de campo, etc.), con el objetivo de mantener y repletar las pérdidas de glucosa y de líquido. La digestibilidad, la tolerancia personal y las características del evento son importantes considerarlas en la planificación de la ración. Ejemplos: barras deportivas, geles deportivos, frutas, frutas deshidratadas, gomitas deportivas y bebidas hidratantes para deportistas con una concentración entre 6 a 8 % con adición de electrolitos.
- **Ración de recuperación.** Recomendado para aquellos eventos deportivos en los cuales terminado el evento se tienen que recuperar rápidamente para otra intervención, como ocurre en algunos deportes de combate. Para recuperarse es indispensable reponer las reservas energéticas y eliminar los metabolitos de la fatiga y la reposición hídrica y electrolítica indispensable para afrontar el siguiente evento. El tiempo es fundamental para planificar la ración de recuperación, pero debe cumplirse las siguientes indicaciones: 30 minutos posteriores al evento debe ingerirse carbohidratos de índice glicémico alto combinados con proteínas en una relación de 1 gramo de proteína por cada 4 gramos de carbohidratos, preferiblemente en preparaciones líquidas para, a su vez, hacer recuperación hídrica. Ejemplo: batido de fruta, helado, batido energético proteico, yogurt con unas galletitas de avena. También pueden servir geles y barras energéticas.



La Dra. Nanna Meyer, nutricionista del Comité Olímpico de EE.UU. y profesora de nutrición deportiva de la Universidad de Colorado en Colorado Springs, confeccionó esta tabla para mostrar el número de calorías que los atletas necesitan dependiendo del deporte que practican. Ella advierte que muchos de estos números son estimaciones aproximadas, e incluso según los deportes, los atletas masculinos y femeninos pueden requerir cantidades muy diferentes ajustado a necesidades individuales.

Tabla 10. Necesidades de carbohidratos y calóricas según el deporte

Tipo de atleta	Nutrición precompetencia	Calorías al día
Resistencia (ciclismo, natación, maratón, remo)	Carga de glucógeno	3.000-8.000 calorías
Conjunto (basquetbol, fútbol)	Ingesta alta en carbohidratos	3.000-4.500 calorías
Otros deportes (kayak, velero)	Energía moderada, consumo de carbohidratos	2.500-3.500 calorías
Fuerza y Potencia (levantamiento de peso)	Energía moderada, consumo de carbohidratos	2.800-6.000 calorías
Deportes estéticos (gimnasia, buceo, natación sincronizada)	Restricción antes de la competencia	2.000-2.500 calorías
Peso de la clase (taekwondo, lucha libre, esgrima, remo peso ligero)	Algunas restricciones seguidas de una recuperación antes de la competición	1.200-3.500 calorías

Fuente: Adaptado de Meyer N. (2012)

## Aspectos nutricionales para DEPORTES DE RESISTENCIA AERÓBICA

Dentro de este grupo de deportes de resistencia aeróbica están comprendidas las modalidades de fondo como maratón, triatlón, ciclismo de ruta...

En las actividades de resistencia que dura 30 min o más, probablemente los factores que más contribuyen a la fatiga son depleción de carbohidratos y la deshidratación, también se han reportado problemas gastrointestinales, hipertermia e hiponatremia que no solo comprometer el rendimiento, sino que pueden poner en riesgo la salud, especialmente en eventos más prolongados (> 4 h).

Aunque como ya se había tratado en temas anteriores las concentraciones altas de glucógeno muscular al inicio pueden ser beneficiosas para el ejercicio de resistencia, no necesariamente esto tiene que lograrse por el protocolo tradicional de compensación. Se puede desarrollar una estrategia nutricional personalizada que tenga como objetivo repletar los depósitos de glucógeno a una tasa que depende de la intensidad absoluta del ejercicio, así como de la duración del evento. Ocasionalmente se ha reportado hiponatremia, especialmente entre los competidores más lentos que consumen mucha agua u otras bebidas bajas en sodio.

Los atletas de resistencia deben evitar llevar al mínimo la deshidratación y limitar al 2-3 % la pérdida de masa corporal por sudoración. Frecuentemente, ocurren problemas gastrointestinales, sobre todo en las carreras de larga distancia. Los problemas parecen ser altamente individuales y quizá determinados genéticamente, pero también pueden estar relacionados con el consumo de soluciones muy concentradas de carbohidratos y bebidas hiperosmóticas, así como con la ingesta de fibra, grasa y proteína (Jeukendrup, 2011).

La siguiente tabla muestra los eventos relacionados con las recomendaciones de alimentación previas al evento competitivo, durante y después en los deportes de resistencia (Burke, 2009).

Tabla 11. Recomendaciones nutricionales para deportes de resistencia pre, durante y post evento.

Situación	Recomendación
El evento es temprano por la mañana	Levantarse 3 horas antes del evento para desayunar. Alimentación rica en carbohidratos, controlada en grasa. Evitar jugos ácidos. Si la alimentación no cumple los objetivos energéticos o por riesgo de malestar gastrointestinal, deberá compensar con un plan de consumo de raciones de competencia más energéticas y tácticas más agresivas de hidratación.
Alimentación previa al evento y durante la competencia	Previo al evento ya se ha debido hacer una repleción de glucógeno. La combinación de CHO's antes y durante el evento es beneficiosa, siguiendo las indicaciones de tamaño de la porción, tipo de alimento y el momento, como el nivel de tolerancia gástrica del atleta. Se debe considerar otros aspectos, como el alto consumo de bebidas hiperosmóticas, el exceso de alimentos altos en fibra o con grasa o muy poca hidratación, cuando se presentan molestias gastrointestinales. No ensayar alimentos que no ha consumido.
Alimentación post-evento	Muchas veces el lugar de terminación del evento queda retirado del sitio de concentración. Se debe prever el llevar las provisiones necesarias para comer después del evento.

Fuente: Tomado y Adaptado de Burke L. (2009)

Otra de las situaciones que pueden contribuir a la problemática nutricional en estas modalidades es el deseo de reducir la grasa y la masa corporal para mejorar el rendimiento mediante la relación peso-potencia, con el fin de cargar menor peso de desplazamiento. En ocasiones, se presenta compromiso en la ingesta energética y de nutrientes por medio de dietas hipocalóricas bajas en carbohidratos y proteínas, que llevan inclusive a problemas de desórdenes alimentarios y generan déficit energéticos que conllevan un menor rendimiento, una mayor posibilidad de lesiones, compromiso del sistema inmune y desequilibrios hormonales con alteraciones del ciclo menstrual por agotamiento energético.

Utilización de suplementos en este grupo de deportes: Muchos de los atletas de estas modalidades, incluso los recreativos, hacen uso de los llamados suplementos o complementos deportivos en su rutina diaria. Se recomienda asesorarse por expertos acerca de estos para asegurarse de las condiciones particulares de utilización de estos productos, de acuerdo con la situación específica, la dosis correcta y el momento oportuno de consumo para lograr la eficiencia y la eficacia en caso de necesitarlo y así evitar los altos costos por la compra de productos que no son adecuados ni necesarios, o un doping involuntario por la dudosa referencia y problemas de salud ocasionados por contaminación de los productos.

En la tabla de la siguiente página se dará un listado de productos que con base en la evidencia pueden ser beneficiosos en esta población.

### Aspectos nutricionales para **DEPORTES DE PELOTA O RAQUETA**

La mayoría de estos deportes pueden considerarse como de resistencia por el tiempo de juego, que va desde 60 minutos hasta 120 minutos o más. Se caracterizan por periodos de juego de intensidad elevada a baja cuando permanecen de pie, caminan o trotan, por lo tanto de gran irregularidad en las exigencias calóricas, ya que incluyen periodos de descanso formales propias del deporte, entre sets, mitad de tiempo o cuartos de final, o descansos informales por interrupciones por lesiones, infracciones, entre otros, durante el juego. Estos descansos permiten una recuperación y constituyen una oportunidad de hidratación y consumo de CHO's.

Tabla 12. Suplementos y alimentos que pueden ayudar a este grupo de atletas

Producto	Beneficio
Bebidas deportivas	Utilizadas para hidratar durante entrenamientos prolongados y competencias, y rehidratar después del evento. Aportan electrolitos y energía para reestablecer el gasto energético.
Geles deportivos	Fuente compacta de carbohidratos de fácil transporte y utilización durante el evento.
Barras deportivas	Fuente de carbohidratos. Algunas vienen con proteínas y micronutrientes de fácil transportación. Pueden ser utilizadas como ración de espera, de competencia o de recuperación post-ejercicio.
Suplementos dietarios	Fuente de energía (CHO's, proteínas y micronutrientes) con buena tolerancia para tomar antes de la competencia, en caso de que se necesite, o post-evento para facilitar la recuperación en primera instancia.
Suplementos de electrolitos	Pueden aportar sodio y electrolitos durante las competencias de larga duración, especialmente en individuos de sudoración profusa y con pérdida de electrolitos.
Suplementos de hierro	Para prevenir y tratar los casos diagnosticados de deficiencia de hierro, bajo la supervisión de un profesional, conjuntamente con una intervención nutricional.
Suplementos de calcio	Para prevención y tratamiento de problemas óseos, cuando la dieta no alcanza a cubrir los requerimientos.

Fuente: Adaptado de Burke L. (2009).

A pesar de que se puede establecer un patrón típico de comportamiento energético en el deporte, cada partido puede constituirse en un evento nuevo e independiente y resulta difícil establecer con precisión las exigencias nutricionales para cada evento.

El rendimiento en estos deportes es determinado por una combinación de variables que van desde la condición física, la destreza que implica el uso de la función cognitiva (decisiones tácticas) y la motricidad. La alimentación es importante no solo por el aporte energético para los músculos, sino para el sistema nervioso central, para promover el rendimiento eficiente. Es posible que una alimentación insuficiente afecte la destreza y la función cognitiva, elemento fundamental en estos deportes.

Otro aspecto importante a considerar es la recuperación, ya que se manejan las competencias bajo dos protocolos: torneos y temporadas. En ambos casos es necesario establecer estrategias específicas de recuperación según el número de partidos incluidos, la intensidad y el

tiempo de participación de los competidores, inclusive la posición de juego en los deportes de conjunto.

Para hacer las recomendaciones nutricionales en este grupo de deportes es necesario conocer de antemano una serie de aspectos importantes, como lo expone Louis Burke (2009).

Tabla 13. Características del deporte y su implicación nutricional

Características del deporte	Implicación nutricional
Tiempo y temporada de juego	Tiempo en que los deportistas están expuestos a la actividad (condiciones ambientales, calor, humedad y altitud). Producción de calor, pérdidas por sudor y depleción de sustratos.
Duración del partido	Conlleva depleción de glucógeno e hídrico. Tiempo en que los deportistas tienen acceso al refuerzo nutricional (ejemplo: oportunidad para hidratarse o comer).
Disponibilidad de periodos formales de descanso y/o post-sustitución rotativa de los jugadores durante el partido	Oportunidad para la resíntesis de fosfocreatina durante la recuperación en periodos de trabajos de intensidad elevada. Recuperación del glucógeno y del déficit hídrico.
Reglas sobre el consumo de líquidos en el campo de juego	Oportunidad de ingerir líquidos de acuerdo con el reglamento del deporte. Y de consumo de CHO's.
Cambios de patrón de movimiento (correr, saltar, trotar) o atacar, tacles, estrujones durante el partido	Importancia del bajo contenido de adiposidad para la resistencia y la potencia o la necesidad de una elevada masa corporal para la fuerza y el momento para soportar el contacto físico, como en el rugby.
Cronograma y duración de las temporadas o torneos. Frecuencia de partidos e importancia de los mismos en el calendario	Oportunidad de recuperarse nutricionalmente (repleción de glucógeno). Oportunidad de hacer cambios positivos en la composición corporal durante el entrenamiento, no adecuados durante el periodo competitivo.

Fuente: Adaptado de Burke L. (2009).

Como se puede reconocer, hay situaciones que afectan directamente la capacidad deportiva, como lesiones, bajo nivel de actividad fuera de temporada, poco conocimiento sobre nutrición, malas elecciones de alimentos, patrones inadecuados en los tiempos de comidas, situaciones en las que se dificultan las opciones saludables (escuela, distancias, etc.), alteración de la rutina de casa por los viajes, ingesta regular de alcohol (Burke, 2009). Para estos factores podemos poner en marcha estrategias que permitan individualizar las recomendaciones para

cada uno de los atletas, con el fin de que logren mantener una adecuada salud y rendimiento deportivo.

Una inadecuada ingesta de carbohidratos puede propiciar una disminución en el rendimiento. Además se ha demostrado que el agotamiento del glucógeno muscular se produce en el transcurso de un partido; de esta manera, la reducción de las reservas de energía produce una reducción en la distancia recorrida y la velocidad durante el segundo tiempo de un partido.

Reponer rápidamente las reservas energéticas, al finalizar un partido es muy importante y más si se tiene un corto tiempo entre varios partidos o si se requiere además incluir una carga de entrenamiento entre competencias. Los resultados han mostrado efectos positivos y negativos para lograr la reposición de glucógeno en 24 horas. Algunas razones por las que no se logra esta recuperación son las siguientes: daño muscular generado, lesiones o excesiva ingesta de alcohol (Burke, 2007).

Otro factor a considerar es una adecuada hidratación para evitar una deshidratación. Esta se relaciona con una menor capacidad para realizar el ejercicio, además de que aumenta la percepción de fatiga y puede deteriorar las habilidades deportivas (Burke et al, 1997). La ingesta de fluidos es vital para mantener el rendimiento deportivo; podemos aprovechar los tiempos libres o descansos, dependiendo de cada tipo de deporte, para mantener una ingesta adecuada de fluidos. A continuación se presenta un resumen de cómo hidratarse de acuerdo con algunas modalidades.

Tabla 14. Consideraciones de hidratación según modalidad deportiva (Pelota)

Deporte	Cómo hidratarse
Baloncesto	Cada que termina un cuarto, tiempos fuera, sustituciones
Hockey	Consumir líquidos en líneas laterales sin dejar el campo de juego en sustituciones o tiempos fuera
Fútbol	Medios tiempos, descansos, tiempos fuera, línea lateral
Voleibol	Tiempos fuera, sustituciones, consumir líquidos en la línea lateral
Rugby	Medio tiempo, tiempos fuera, sustituciones, el entrenador entra corriendo y puede proporcionar agua durante las pausas
Tenis de campo	Cada que termina un cuarto, tiempos fuera, sustituciones

Fuente: Adaptado Burke L. et al (2000).

Suplementos y ayudas ergogénicos para deportes de equipo o conjunto: Dependen de las características específicas individuales y del evento. Con base en la evidencia, estos son los recomendados de acuerdo con la situación (Burke 2009)

- Bebidas deportivas: aportan energía y principalmente favorecen la hidratación y el consumo de mayor cantidad de líquidos.
- Geles deportivos: fuente compacta de CHO's. Pueden utilizarse durante las sesiones extensas de entrenamiento o competencias, preferiblemente cuando se requiera mayor cantidad de energía o cuando la hidratación sea basada en agua. Se recomienda ingerir medio litro de agua después de la ingestión de uno de estos geles; de lo contrario, se podrían experimentar sensaciones de malestar estomacal.
- Barras deportivas: son fáciles de transportar y una fuente rápida de CHO's, proteínas, lípidos, vitaminas y minerales para una adecuada recuperación después del ejercicio. Pueden ser de ayuda para complementar los requerimientos nutricionales del entrenamiento y favorecer el crecimiento. Pueden utilizarse durante los viajes; son fáciles de transportar.
- Suplementos líquidos de reemplazo de comida: son fáciles de transportar y además son una fuente adecuada de hidratos de carbono, proteínas, lípidos y micronutrientes para la recuperación después del entrenamiento. Pueden ser de ayuda para complementar los requerimientos nutricionales del entrenamiento y favorecer el crecimiento. Pueden ser mejor tolerados que alimentos sólidos en caso de atletas con riesgo de algún problema gastrointestinal. Pueden utilizarse durante los viajes; son fáciles de transportar.
- Suplementos de vitaminas y minerales: adecuados durante los viajes o en caso de mantener una restricción energética (periodos de pérdida de peso), especialmente en mujeres.
- Suplementación con electrolitos: pueden ser adecuados en deportistas que tienen excesivas pérdidas de sudor.
- Creatina: ayuda a regenerar el sistema de los fosfágenos, mejorando el desempeño en actividades de alta intensidad. Se recomienda una dosis de carga de 20 a 25 gramos durante 5 días (divida en 4 o más tomas) y después mantener una dosificación de 2 a 5 gramos diariamente. Mezclar con jugos o con una comi-

da rica en carbohidratos de preferencia, ya que así su asimilación puede optimizarse.

- Beta alanina: la suplementación con 3-6 gramos de beta alanina ha demostrado incrementos en los niveles de carnosina intramuscular, lo cual aumenta la capacidad buffer.

Como lo expresa Mancilla en su artículo "Nutrición aplicada a la salud y el deporte", "Es necesario mantener una asesoría nutricional adecuada para evitar prácticas muy comunes como la generalización de las dietas para perder peso o para aumentar masa muscular en este tipo de deportistas, ya que pueden estar en detrimento de su rendimiento deportivo y estar inclinados hacia objetivos erróneos".

Las recomendaciones en cualquiera de los distintos aspectos van a depender del atleta, de una correcta evaluación nutricional y de los objetivos que se persigan. De esta manera, determinar las necesidades calóricas que beneficien el mantenimiento de una adecuada composición corporal y un desempeño óptimo en el entrenamiento, además de utilizar de una manera adecuada suplementos para complementar la alimentación o potenciar el rendimiento. (Mancilla R 2013).

## Aspectos nutricionales para **DEPORTES DE FUERZA Y POTENCIA**

Los deportes de fuerza son aquellos que emplean más del 50 % de la capacidad de fuerza de un individuo, se entiende por fuerza la máxima tensión que es capaz de producir un músculo o grupos musculares cuando se contrae, y el objetivo final es mejorar la potencia relativa con el peso corporal, donde se exige potencia y un desarrollo muscular para generar velocidad y fuerza. Entre los exponentes de este grupo de deportes están levantamiento de pesas (halterofilia), lanzamiento de pesos (disco, martillo, bala. etc.) y el fisiculturismo. La capacidad de producir igualmente estos gestos explosivos de gran potencia está dado en modalidades de atletismo salto y en carreras de velocidad. No obstante, la fuerza es un componente muy importante en cualquier modalidad deportiva, ya que esta influye en la ejecución de la técnica, en la velocidad a la que se realiza un movimiento y en el incremento de la resistencia. Si se desarrolla según las características y necesidades de cada deporte, siempre resulta beneficiosa.

En los programas de entrenamiento y competencia de los deportistas de fuerza y potencia se pueden considerar los siguientes aspectos desde el punto de vista nutricional:

- Aumentar el peso corporal y mantener los niveles de grasa para desarrollar la fuerza y la potencia. Un balance energético positivo, con un adecuado aporte proteico, además de la frecuencia y el momento de consumo, son claves en la obtención de los resultados.
- Lograr variabilidad en la dieta. Hacer una buena elección de los alimentos, que no sea restrictiva en ningún grupo de alimentos, para lograr una dieta saludable y rica en nutrientes.
- Considerar la utilización de los suplementos ergogénicos en respuesta solamente a las necesidades específicas del atleta. Consumir solo con prescripción de un profesional y únicamente los que tienen beneficios comprobados. Evitar aquellos productos con alto riesgo de contaminación con sustancias prohibidas.
- En deportes de categoría (halterofilia), lograr el peso con un impacto mínimo en la salud y el rendimiento.

Consumo de carbohidratos en este grupo de deporte: Muchos atletas de fuerza y de potencia no conocen la importancia de los carbohidratos en su alimentación. Con una sola jornada o sesión de entrenamiento de resistencia puede darse una reducción en las reservas de glucógeno muscular de hasta un 24-40 %. El grado de depleción va estar en función de la duración, la intensidad y el trabajo total realizado durante la sesión. Repeticiones submáximas con carga moderada en una sesión de entrenamiento son aspectos característicos de los programas prescritos para promover la hipertrofia muscular, pero esto conduce a mayores reducciones en las reservas de glucógeno muscular y, un efecto más sensible en las fibras de tipo II (Koopman et al., 2006, Burke L 2009).

Las reducciones en las reservas de glucógeno muscular en entrenamientos prolongados se han asociado con una insuficiencia en el rendimiento, tanto en torque isocinético e isoinercial como en el entrenamiento de potencia, aunque este efecto no es siempre evidente. Sin embargo, es posible que el detrimento en el rendimiento puede ocurrir en cualquier sesión o evento, debido a la degradación rápida y repetida del glucógeno (Slater y Phillips, 2011). Igualmente el entorno hormonal se ve favorecido con la ingesta de carbohidrato en la recu-

peración, aumentando la secreción de insulina y disminuyendo la producción de cortisol, generado un balance anabólico y reduciendo los procesos catabólicos. (Burke L 2009)

Teniendo en cuenta que el entrenamiento de resistencia no es más que uno de los componentes del programa general de los velocistas, deportistas de lanzamiento y levantadores de pesas, y que el daño del músculo esquelético que acompaña el entrenamiento de resistencia perjudica la resíntesis de glucógeno muscular, es pertinente alentar a los atletas a mantener un consumo de carbohidratos moderado. Se propone un consumo dentro del rango de 5 a 7 g/kg-1 de masa corporal para los atletas de fuerza en su fase de entrenamiento (Williams, 2006). Aunque algunos estudios informan ingestas relacionadas de CHOs de 3 a 5 g/kg de masa corporal (Burke, 2001).

Consumo de proteínas: Mientras continúa el debate sobre la necesidad de proteína adicional entre los individuos entrenados en fuerza, directrices expuestas en el consenso de alimentación del atleta por el Colegio Americano de Medicina Deportiva y otros (2009) proponen que un consumo de 1,6-1,7 g de proteínas · kg-1 · día-1 es suficiente, contrario a lo que la mayoría de atletas entrenados en fuerza han defendido en el consumo de dietas altas en proteínas durante muchos años.

Dado el aumento de la ingesta energética de los atletas, es relativamente fácil cubrir las necesidades de proteína en el plan de alimentación. Exceder el rango superior de las pautas de ingesta de proteínas no ofrece ningún beneficio adicional y simplemente promueve el aumento del catabolismo de aminoácidos y la oxidación de proteínas. Además, existe evidencia de que un intenso período de entrenamiento de resistencia reduce el recambio de proteínas y mejora su retención neta, se vuelven más eficientes, lo que reduce las necesidades de proteínas dietéticas relativas de los atletas entrenados en fuerza (Moore et al., 2009).

La ingesta de proteínas ha sido perfeccionada para promover la ganancia de masa muscular y optimizar la reparación de los tejidos dañados, pero esto solo no es suficiente. Deben considerarse otros factores dietéticos que pueden incidir, como el cubrir la ingesta total de energía y las necesidades básicas de carbohidratos y la distribución diaria de ingesta de proteínas, sobre todo en lo que respecta a la fuente de proteínas de la dieta. En lugar de centrarse en la ingesta diaria total, se re-

comienda a los atletas consumir en forma fraccionada, y especialmente durante y después del ejercicio. Existe cierta evidencia que sugiere que la ruptura de proteínas puede ser menor con una distribución más amplia de la ingesta de proteínas diaria en comparación con un consumo alto en una sola toma durante el día (Burke, 2000; Slater G. y Phillips M., 2011).

Alimentación previa y durante el entrenamiento y la competencia: Es de vital importancia la ingesta de alimentos en las horas previas al ejercicio, basándose en el postulado de que las estrategias nutricionales antes del ejercicio pueden influir en el rendimiento deportivo, como el papel beneficioso de la ingesta aguda de carbohidratos antes del entrenamiento para la fuerza (Jeukendrup, 2004).

Otro aspecto fundamental es la hidratación. Numerosos atletas entrenan y compiten en un estado de euhidratación o deshidratación moderadas que puede poner en peligro la capacidad de trabajo de entrenamiento de resistencia.

Recientemente, ha habido interés en la ingestión simultánea de CHO's con aminoácidos esenciales, tanto antes como durante el ejercicio de resistencia, presumiblemente para aumentar la disponibilidad de sustrato y por lo tanto el rendimiento, promover un ambiente hormonal más anabólico, estimular la síntesis de proteína muscular y/o reducir los índices de daño muscular y el dolor. En consecuencia, las directrices actuales promueven la ingestión de proteínas en un momento que coincide con la máxima estimulación de la síntesis de proteínas musculares, que es después del ejercicio (Slater G. y Phillips M., 2011).

Pots evento, en la recuperación: Las estrategias de recuperación deben estar enfocadas en la restauración de las reservas de glucógeno muscular. La ingesta de carbohidratos después del ejercicio debe ser implementada de forma rutinaria tras el entrenamiento de fuerza. Pautas generales de nutrición deportiva recomiendan la ingestión de CHOS en una proporción de 1,0 a 1,2 g · kg<sup>-1</sup> de masa corporal en el período posterior al ejercicio inmediato. Pero a su vez debe estar orientada a la recuperación del metabolismo de la proteína muscular. El consumo de proteínas post-actividad igualmente exacerba la síntesis de la proteína muscular y contribuye a una menor supresión y degradación de proteínas musculares, lo que resultan en un balance proteico neto positivo (Burke, Kiens e Ivy, 2004).

La ingestión de aproximadamente 20 g de proteínas de alto valor biológico después del ejercicio de resistencia parece ser suficiente para estimular al máximo la síntesis de proteína muscular. Así, la ingesta combinada de CHOS y proteínas de forma aguda después del entrenamiento favorece los resultados de recuperación, incluyendo la restauración de las reservas de glucógeno muscular y el metabolismo de las proteínas musculares. También reduce el daño muscular a menudo en atletas entrenados en fuerza, más que la ingesta de cualquier nutriente solo (Moore et al., 2009).

Tabla 14. Suplementos y alimentos en beneficio al tipo de actividad

Producto	Beneficio
Bebidas deportivas	Utilizadas para reponer energía y líquidos durante la sección de entrenamiento prolongado. Aportan electrolitos y energía para reestablecer el gasto energético.
Geles deportivos	Fuente de carbohidratos compacta de fácil transporte y utilización durante el evento.
Barras deportivas	Fuente de carbohidratos y algunas vienen con proteínas y micronutrientes de fácil transportación, para consumir antes o pos entrenamiento o competencia.
Suplementos dietarios	Fuente de energía (CHO's, proteínas y micronutrientes) con buena tolerancia para tomar antes de la competencia en caso de que se necesite o post evento para facilitar la recuperación en primera instancia.
Creatina	Metaanálisis muestran que la carga de creatina se asocia con una mejor recuperación a los programas de entrenamiento. Ayuda a regenerar el sistema del fosfágeno y mejorar el desempeño en actividades de alta intensidad. Se recomienda una dosis de 20 a 25 gramos durante 5 días (divida en 4 o más tomas) y después mantener una dosificación de 2 a 5 gramos diariamente; mezclar con jugos o con una comida rica en CHO's de preferencia, ya que su retención puede optimizarse.
β-Hidroxi-β-Metilbutirato	Prevenir la degradación del músculo esquelético que se produce con el entrenamiento intenso. Puede preservar la masa magra corporal, lo cual permite entrenar a una mayor intensidad, a la vez que, teóricamente, se mantienen las ganancias acumuladas de fuerza. 3 gramos por día (a menudo divididos en varias tomas) es la dosis más común utilizada en diferentes estudios.

Fuente: Adaptado de Burke L. (2009).

## Aspectos nutricionales para deportes de categoría de PESO CORPORAL Y MANEJO DEL PESO CORPORAL

En algunos deportes se realiza la competencia considerando el peso corporal total y muchas están enmarcadas en categorías o divisio-

nes de peso. Estas divisiones tienen la finalidad de que compitan entre sí atletas de similar contextura física y, de esta manera, promover una competencia en igualdad de condiciones.

Habitualmente, en los deportes de combate (Lucha, boxeo, judo, taekwondo) existe una tendencia a obtener una ventaja competitiva, tratando de acceder a una categoría de peso inferior al peso usual de entrenamiento, y así competir con atletas de menor contextura física y peso corporal.

Otras modalidades deportivas no compiten por categoría de peso, pero en su forma deportiva se benefician de tener bajos pesos, como los maratonistas o los jugadores de hockey, en las carreras hípcas o los deportes que en su calificación por méritos y desempeño le suman el componente estético, ejemplo: gimnasia, patinaje artístico, nado sincronizado, clavados.

Los deportistas recurren a una combinación de técnicas agudas y crónicas para controlar el peso que van desde las restricciones leves o moderadas de alimentos, hasta la utilización de técnicas agudas para inducir procesos de deshidratación, como restricción de líquidos, transpiración inducida por uso de chompas plásticas más ejercicio, saunas, ingestión de diuréticos laxantes e inducción de vómito. Asimismo, los que buscan alcanzar niveles de grasa bajos sin considerar la pérdida de masa corporal, además de técnicas anteriores, incrementan la actividad aeróbica para alcanzar sus objetivos. Estas son prácticas muy opuestas a las recomendaciones nutricionales deportivas, y que incluso llegan en muchos casos a pautas que contribuyen a deteriorar la salud y comprometen la vida. La utilización de cualquiera de estas prácticas agudas o crónicas puede tener diferentes implicaciones, por ejemplo en el rendimiento y la salud, como lo expone Louis Burke en el libro *Nutrición en el deporte* (Burke L 2009).

Se ha demostrado cómo una deshidratación aguda afecta la función cognitiva y la concentración, más aún cuando esta está acompañada de restricción calórica, que se asocia a su vez con disminución en los niveles de glucosa. En condiciones normales, los carbohidratos son el único combustible que el cerebro y el sistema nervioso pueden utilizar. La disminución de las reservas de carbohidratos pudiese inducir una disminución de los niveles sanguíneos de glucosa, lo que podría repercutir en problemas de concentración que afectan la realización de actividades que requieran de esta.

La simple restricción calórica mantenida en el tiempo y las presiones por conservar un peso ideal pueden dar lugar a la aparición de trastornos del comportamiento alimentario, que son el resultado final de la unión entre la restricción calórica continuada y un comportamiento patológico (vómitos, abusos de laxantes, atracones continuos seguidos de acciones de compensación...). Esto está asociado con amenorrea en las deportistas y con pérdida de masa ósea como consecuencia de los niveles bajos de estrógenos y progesterona, los cuales actúan directamente sobre las células óseas (osteocitos). De esta manera, la destrucción de tejido óseo supera a la nueva formación, y existe un riesgo de fracturas por sobrecarga, osteoporosis precoz, lesiones en tejidos blandos, retraso en el proceso de curación de lesiones y capacidad reducida para la recuperación.

Los procesos de deshidratación aguda inducida y sus riesgos están en relación con la cantidad de líquidos perdidos y el método utilizado. La pérdida de electrolitos y líquidos, inclusive cuando es de un dos por ciento, puede tener implicaciones en el rendimiento deportivo, y cuando va aumentando puede perjudicar la función cardiovascular y la función termorreguladora, llevando a un golpe de calor con las implicaciones que pueden comprometer la vida.

La pérdida de peso rápida conlleva una disminución considerable del rendimiento deportivo. La capacidad aeróbica y anaeróbica del deportista se ve mermada. Al ingerir pocos alimentos y agua, las reservas de glucógeno se reducen y hay una mayor susceptibilidad a la fatiga y disminución del rendimiento. Para la restricción de peso se recomienda seguir las recomendaciones señaladas en el tema de pérdida de peso.

Estrategias de recuperación: En deportes de categoría de peso, el nivel de recuperación después del pesaje dependerá del peso perdido y los métodos usados para bajar de peso, además del tiempo transcurrido entre el pesaje y el inicio del evento.

Después del pesaje, la primera prioridad es recuperar el equilibrio hídrico y energético para el evento que se aproxima, pero se debe considerar la cantidad de líquido, el tipo de alimento y el momento de la ingesta para evitar malestar y molestias gastrointestinales durante la competencia.

La falta de recuperación del contenido de glucógeno puede no ser un problema en competencias deportivas breves de intensidad eleva-

da, en las cuales la principal fuente de combustible la proporcionan los fosfatos de alta energía. En deportistas que dependen de las reservas de glucógeno se tienen que buscar estrategias que promuevan la recuperación en el menor tiempo. Una de las recomendaciones es comer pequeñas cantidades de carbohidratos en forma frecuente y no una gran comida en las primeras horas de recuperación. La suplementación de 1 gramo de carbohidratos por kilogramo de peso previo a la competencia es lo recomendado.

El esquema de recuperación de líquidos debe establecerse dependiendo del tiempo que se tenga entre el pesaje y el evento. El consumo de grandes cantidades de líquido posterior al pesaje favorece la rápida recuperación hídrica y el volumen plasmático, pero se asocia a mayor malestar gastrointestinal y estímulo de micción. Es más recomendable un esquema de ingesta en pequeñas y frecuentes tomas de líquido para evitar dichas molestias, ingiriendo el 150 % del volumen en relación al déficit incurrido para el pesaje. La recuperación de sodio y los otros electrolitos debe suplirse inmediatamente con la ingesta de líquido en forma de bebidas hidratantes o módulos de electrolitos o de alimentos con un buen aporte de sodio.

En los deportes de componente estético como la gimnasia es muy importante que los deportistas entiendan que su rendimiento puede verse comprometido si restringen la ingesta energética, de carbohidratos y líquidos antes del evento o entre eventos con el objeto de verse o registrar más delgadas para sus rutinas. Ello llevaría a sobrepasar más rápido el umbral de fatiga, lo que compromete en alto grado la precisión de la destreza y genera como resultado una pobre calidad de la práctica y, en casos más serios, el aumento del riesgo de lesiones y accidentes.

Se debe trabajar con los entrenadores para evaluar y planear las necesidades nutricionales de los programas y horarios de competencias, las comidas pre y post evento, y las raciones de recuperación entre rutinas en un mismo día. Para esto se debe contar con la disponibilidad alimentaria acorde con las necesidades del evento (geles, frutas, sánduches, barras energéticas, entre otras).

En este grupo de deportes se deben generar estrategias para evitar prácticas alimentarias restrictivas o muy punitivas, que no ayudan a los deportistas a adoptar una actitud saludable hacia los alimentos y patrones alimentarios adecuados.

Utilización de suplementos para estas modalidades: La justificación para la utilización de suplementos deportivos en esta población debe estar basada en el requerimiento para alcanzar los objetivos nutricionales como la prevención y tratamiento de la deficiencia de algún nutriente en un plan alimentario que incluya patrones alimentarios adecuados. Estos son algunos de los sugeridos:

Tabla 15. Producto alimenticios y nutricionales para deportes de control de peso.

Producto	Beneficio
Bebidas deportivas	Utilizadas para reabastecer de energía e hidratar durante entrenamientos prolongados y competencias, y rehidratar después del evento.
Geles deportivos	Fuente compacta de carbohidratos de fácil transporte y utilización durante el evento
Barras deportivas	Fuente de carbohidratos. Algunas vienen con proteínas y micronutrientes de fácil transportación. Pueden ser utilizadas como ración de espera, de competencia o de recuperación post-entrenamiento o competencia.
Suplementos de alimentos líquidos	Pueden ser utilizados como comida previa al evento. De buena tolerancia y aportan carbohidratos. Son prácticos y de poco volumen, fácil de cargar para viajes o prácticas muy prolongadas.
Suplementos de minerales y multivitaminas	Fuente de micronutrientes durante periodos prolongados de restricción energética y para periodos de viaje cuando las fuentes de alimentación resultan poco confiables.
Suplementos de hierro	Para prevenir y tratar los casos diagnosticados de deficiencia de hierro, bajo la supervisión de un profesional, conjuntamente con una intervención nutricional y combinados con una dieta adecuada.
Suplementos de calcio	Para prevención y tratamiento de problemas óseos, cuando la dieta no alcanza a cubrir los requerimientos.

Fuente: Adaptado de Burke L. (2009).

Para concluir este capítulo se adjunta un resumen de puntos clave de la alimentación antes, durante y post-competencia.



Tabla 16. Recomendaciones de alimentación antes, durante y post ejercicio.

Momento	Objetivo	Recomendaciones	Ejemplo
Semana anterior	- Llenar los depósitos de glucógeno. - Mantener una adecuada de hidratación previa.	- Reducir la carga de entrenamiento progresivamente al acercarse el evento. - Consumir de 7 a 8 g/kg de peso de CHO's. - Conservar bajo índice glicémico (IG). - Vigilar el estado de hidratación (color de la orina).	- Pastas con pescado - Arroz con pollo
Noche anterior	- Maximizar el glucógeno muscular. - Mantenerse bien hidratado.	- Consumir comidas ricas en CHO's de IG bajo y moderadas en fibra. - Ingerir alimentos bajos en grasa y controlados en proteínas. - Conservar un adecuado consumo de líquidos. - Consumir alimentos familiares.	- Platos a base de arroz - Carnes blancas - Sopas con verduras
2-4 horas antes	- Maximizar el glucógeno hepático. - Mantenerse bien hidratado. - Evitar la sensación de hambre.	- Comer comidas altas en CHO's de IG bajo. - Ingerir alimentos bajos en grasa y proteínas. - Comer alimentos de fácil digestión. - Mantener un adecuado consumo de líquidos; de 400 a 600 ml.	- Cereales, tostadas, pan tostado - Sánduche
1 hora antes	- Conservar el nivel de glucosa en sangre. - Mantenerse bien hidratado.	- Mantener 1 g de CHO's por kilogramo de peso corporal. - Consumir alimentos fáciles de digerir.	- Bebidas deportivas - Geles - Barritas - Frutas
15-30 minutos antes	- Mantener una adecuada ingestión de líquidos.	- Beber hasta 150 cc de líquido. Agua o bebida deportiva	- Agua y bebidas de hidratación deportiva
Eventos de más de 60 minutos	- Sostener el nivel de glucosa en sangre. - Mantenerse bien hidratado y reponer líquido.	- Consumir CHO's de 30 a 60 g por hora y preferiblemente que sean de Índice Glicémico alto o moderado. - Beber de 150 a 350 cc de líquidos cada 15 a 20 minutos.	- Bebida deportiva - Geles y barritas deportivas - Frutas
Entre pruebas	- Reponer el glucógeno muscular y hepático. - Realizar reposición hídrica.	- Consumir 1 g de CHO's por kg de peso corporal en las dos horas subsiguientes y conservar un IG alto entre terminar una prueba y el inicio de la otra. (En deportes que tienen jornadas clasificatorias en un mismo día. - Beber 500 cc de líquido inmediatamente. Y seguir con la hidratación posteriormente.	- Sustitutos de comidas - Bebidas deportivas - Geles energéticos - Banano
Post-competencia	- Reponer el glucógeno muscular y hepático. - Realizar reposición hídrica.	- Consumir 1 g de Cho por kg de peso corporal en las dos horas subsiguientes y conservar un IG alto, acompañado de proteínas en una relación 1 g por 4 gr de CHO's. - Beber 500 cc de líquido inmediatamente. - Continuar con la hidratación de 1.5 l por cada kilo de peso perdido, hasta recuperar el peso y el color claro de la orina.	- Sustitutos de comidas - Bebidas deportivas - Pastas, puré de papa - Helados

Fuente: Adaptado de Bean, A. (2011)

La clasificación presentada, señala la necesidad de personalizar las recomendaciones nutricionales por parte del profesional, para satisfacer las necesidades específicas del atleta, desmitificando muchas de las acciones y apoyarse en estudios basadas en la evidencia y llevados a la práctica.

## REFERENCIAS

- Ainstworth B.** (2011) Compendium of Physical Activities: a second update of codes and MET values. American College of Sports Medicine. Med Sci Sports Exerc. Aug;43 (8):1575-81.
- American Dietetic Association** (2007). Exercise and Fluid Replacement. Medicine & Science in Sports & Exercise. Position Stand, 39(2).
- American Dietetic Association, Dietitians of Canada, and the American College of Sports Medicine that physical. (2009). Activity American College of Sports Medicine Position stand. Nutrition and athletic performance. Med Sci Sports Exerc, 41(3), pp. 709-31.
- Bean, A.** (2011). La guía completa de la nutrición del deportista. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Benardot, D.** (2011). Advanced sports nutrition. Human Kinetics
- Benardot D** (2013) Replanteamiento de la termodinámica energética: estrategias de ingesta de energía para la optimización de la composición corporal y el rendimiento de atletas Pensar en Movimiento: Revista de Ciencias del Ejercicio y la Salud. Vol. 11, No.2, pp. 1- 14.
- Burke, L** (2004). Suplementos que Pueden Provocar que un Test Antidoping de Positivo. PubliCE Standard. 11/10/04. Pid: 369.
- Burke, L.** (2009). Nutrición en el deporte. Un enfoque práctico. Ed Panamericana.
- Burke, L. y Deakin, V.** (2000). Clinical sports nutrition. Australia. Edutorial Mcgraw-Hill.
- Campbell B, Kreider RB.** (2007).International Society of Sports Nutrition position stand: protein and exercise. Journal of the International Society of Sports Nutrition.
- Carbajal, A. A.** (2000). Manual de nutrición dietética. Universidad Complutense de Madrid. Recuperado de <https://www.ucm.es/nutricioncarbajal>.
- FAO/OMS/UNU** (2001) Human energy requirements. Report of a Joint FAO/WHO/UNU Expert Consultation Rome, 17-24.
- Federación Española de Medicina del deporte** (2008). Consenso sobre bebidas para el deportista. Composición y pautas de reposición de líquidos. Documentos de Consenso, 126, pp. 245-258.
- GENTON L.** (2011) Calorie and macronutrient requirements for physical .fitness. e-SPEN, the European e-Journal of Clinical Nutrition and Metabolism 6. e77ee84
- González Gallego** (1998). Nutrición y ayudas ergogénicas en el deporte. Editorial síntesis.
- Herrera C.A. y Castañeda J** (2014). Comparación de ecuaciones de predicción del gasto energético en reposo con calorimetría indirecta en futbolistas del F.C. Atlas S. A. de C. V.. PubliCE Standard.
- Herrera-Amante C.A. y Cabrera González J.L.** (2014). Validación del Método CNNCAD para la Predicción del Gasto Energético-Calórico por Factor de Entrenamiento y Actividad Física. PubliCE Lite

- Herrero, A., González, B. y García, L. D.** (2003). La hidratación del deportista. Revista Digital, 9(66). Recuperado de <http://www.efdeportes.com/>.
- IOC.** (2003). International Consensus Conference held at the IOC Nutrition for athletes. Lausanne.
- IOC.** (2010). Conference on Nutrition in Sport. International Olympic Committee. Lausanne, Switzerland.
- Jeukendrup, A.** (2011). Nutrición para deportes de resistencia: maratón, triatlón y ciclismo de ruta. J Sports Sci, 29(1), pp. S91-9.
- Jeukendrup, A. Rollo I, Carter, J.** (2012) Enjuague bucal con carbohidratos: efectos sobre el rendimiento y mecanismos.
- Jeukendrup, A.E., Rollo, I. and Carter, J.M.** (2013). Carbohydrate Mouth Rinse: Performance Effects and Mechanisms. Sports Science Exchange 118, Vol. 26, No. 118, 1-8, por Lourdes Mayol, M.Sc.
- Jeukendrup, A. y Gleeson, M.** (2004). Sport nutrition: an introduction to energy production and performance. Champaign: Human Kinetics.
- Maldonado, C.** (1999). Nutrición y dietética deportiva. Kinesis.
- Mancilla, R.** (2013). Nutrición en los deportes de equipo. Nutrición Aplicada a la Salud y el Deporte. Boletín 8. Recuperado de [www.nutsd.wordpress.com](http://www.nutsd.wordpress.com).
- Mañas A, A. y Col** (2012) Nutrición para la salud y actividad física. Cap. 27 .
- Martínez-Sanz, J.M, Urpampinella, A, Mielgo-Ayuso, J.** (2013) Necesidades energéticas, hídricas y nutricionales en el deporte. Motricidad. European Journal of Human Movement, vol 30. Pp37-52
- Mayol Soto, L.** (2009). Suplementos: ¿Ayudan o dañan? Instituto Gatorade de Ciencias del Deporte a RUNNER'S WORLD. 360 Rioja Runners. Blog de WordPress.
- Meyer N.** (2012) How Many Calories Do Olympic Athletes Need? It Depends. Olivos, C., Cuevas, M., Álvarez, V. y Jorquera, C. (2012). Nutrición para el entrenamiento y la competencia. Revista Médica. Clínica. Condes, 23(3), pp. 253-261.
- Murray B** (2006) El reemplazo de líquidos. Posición del Colegio Americano de Medicina del Deporte. Instituto de Ciencias del Deporte Gatorade
- Restrepo M.S, Giraldo G, A** (2015) Estimación de los requerimientos de energía en las diferentes etapas del proceso vital humano. UdeA. Escuela de Nutrición y dietética. Grupo académico Alimentación y Nutrición en el proceso vital humano.
- Rollo, I. and C. Williams** (2010). Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution before and during a 1-hour run in fed endurance-trained runners. J Sports Sci. 28: 593-601
- Slater, G. y Phillips, M. S.** (2011). Nutrition guidelines for strength sports: Sprinting, weightlifting, throwing events, and bodybuilding. Journal of Sports Sciences, 29(Supplement 1).
- USADA. U.S. Anti-Doping Agency** (2013). True Sport-Nutrition Guide. Nutritional requirements of athletes.
- Vargas, O. R., Díaz, B. J. y Pérez, R.** (1998). Control del peso corporal en selección nacional. Judo femenino de cuba. Unión Panamericana de Judo.
- Wilmore, J.H. Costill D. L.** (2004). Fisiología del esfuerzo y del deporte. Badalona, 5 edición España: Paidotribo.
- White J P. Wilson J M** (2008) Effect of carbohydrate-protein supplement timing on acute exercise-induced muscle damage. Journal of the International Society of Sports Nutrition, 5:5



# EVA LUA CIÓN

## PSICOLÓGICA EN EL CONTROL BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO DEPORTIVO



Evaluación psicológica en el  
**CONTROL BIOMÉDICO**  
del entrenamiento deportivo

*Adriana María Velásquez Mejía, Psc. Esp. MSc.*

### INTRODUCCIÓN

De acuerdo con la definición de Weinberg y Gould (1996, pág. 8), la psicología del deporte y el ejercicio físico hace referencia al “estudio científico de las personas y su conducta en el contexto del deporte y la actividad física”, razón por la cual el papel del profesional de la psicología apunta a la investigación, la enseñanza y el asesoramiento. Con el primero, se busca avanzar en la disciplina, generando debates y discusiones en las reuniones y publicaciones profesionales. Con la enseñanza se pretende ampliar el panorama de la disciplina y con la asesoría se orienta a los deportistas, individuales o por equipos, a desarrollar destrezas psicológicas para beneficiar el rendimiento en el entrenamiento y la competencia.

En Indeportes Antioquia, el área de Psicología Deportiva, fiel a la función del psicólogo deportivo, busca contribuir con su labor a mejorar el rendimiento de los deportistas, potenciando sus habilidades y estrategias psicológicas, llevándolos a que las dominen y auto apliquen. Se tienen en cuenta las circunstancias particulares de cada deporte y de cada deportista, buscando conocer las necesidades psicológicas específicas para poder planificar la intervención mental, lo que implica que se consideren una a una las variables psicológicas relacionadas con el rendimiento deportivo, como un factor decisivo dentro del componente psicológico en el deporte.

La evaluación psicológica se realiza bajo tres circunstancias específicas. La primera, en los controles de período de entrenamiento, con el grupo interdisciplinario; la segunda, cuando es remitido por el entrenador para que mejore su rendimiento en competición, su actitud en el entrenamiento o porque quiere conocer su perfil psicodeportivo; por último, cuando el deportista solicita atención por iniciativa propia, porque percibe dificultades en el entrenamiento o la competición.

## Variables psicológicas relacionadas con el RENDIMIENTO DEPORTIVO

Las variables psicológicas más directamente relacionadas con el rendimiento deportivo se han definido a partir de diferentes enfoques, basados en informes de deportistas y entrenadores sobre sus propias experiencias de éxito y fracaso; investigaciones en las que se han estudiado las características de los deportistas de éxito; estudios referidos a variables específicas y su relación con el rendimiento, y en observaciones realizadas en el campo por psicólogos especializados.

De acuerdo con lo anterior, y teniendo en cuenta autores como Buceta, Riera, Weinberg y Gould, entre otros, las variables tenidas en cuenta en el área de Psicología Deportiva de Indeportes Antioquia son *motivación, estrés, autoconfianza, nivel de activación, atención, agresividad y cohesión de equipo*.

**1. Motivación:** referida al grado de interés del deportista por su actividad y considerada decisiva por la incidencia que tiene en el compromiso de estos con el deporte, así como en la adherencia, en la persistencia y en la tolerancia a la adversidad.

La motivación, a su vez, está determinada por muchas variables, y es la condición que hace que se lleve a cabo una conducta concreta y no otra, que para su realización se ponga toda la energía que se considera necesaria con más o menos persistencia (tiempo dedicado y modo en que se usa ese tiempo) y con un objetivo claro (competir, mejorar la marca, compartir con los compañeros, etc.).

En el ámbito del rendimiento deportivo, la motivación se puede dividir en dos: básica y cotidiana. La *motivación básica* es el compromiso que se tiene con un deporte; hace referencia al interés y ambición por los logros deportivos, al rendimiento personal y a las consecuencias favorables de ambos. La *motivación cotidiana* es el interés por la actividad diaria, la gratificación inmediata que provoca, independientemente de los resultados deportivos; está muy relacionada con el rendimiento personal cotidiano y el disfrute de la actividad.

Como lo señala Buceta (s.f.), los factores que determinan una elevada *motivación básica* son:

- Las necesidades personales que deben satisfacerse
- Los retos deportivos atractivos, desafiantes y alcanzables
- Las consecuencias interesantes de los posibles logros
- La disposición a pagar un elevado costo
- La inversión realizada
- La ausencia de otras alternativas interesantes
- La relación favorable entre beneficios y costos
- La alta implicación personal en el proyecto deportivo

En cuanto a la *motivación cotidiana*, estarían:

- Una motivación básica elevada
- El interés que genere el contenido de la actividad diaria
- El planteamiento de retos inmediatos o muy cercanos
- La novedad y variedad de las tareas diarias
- El divertimento
- El reforzamiento social
- La percepción de dominio de las tareas

- La percepción de progreso
- La satisfacción personal
- Otros tipos de gratificación inmediata

De otra parte, hay que revisar los motivos que llevan a querer lograr un objetivo, los cuales pueden ser internos o externos, lo que da lugar a que se tenga por un lado la *motivación intrínseca* y por otro la *motivación extrínseca*. La *motivación intrínseca* es aquella que no depende de reforzadores externos a la propia actividad (satisfacción personal, superación, orgullo), mientras que la *extrínseca* se basa en recompensas externas, tales como premios, reconocimiento social, halagos, dinero, etc.

Por último, se debe considerar la motivación *centrada en el ego* y *centrada en la tarea*. La primera depende principalmente de retos y resultados en competencia, en relación con otros deportistas. La segunda está sujeta a retos y resultados personales, así como impresiones subjetivas de dominio y progreso.

Debido a que la motivación suele fluctuar en los deportistas a lo largo de la temporada deportiva, es conveniente evaluar esta variable con cierta continuidad para poder observar estos posibles cambios y adoptar así las medidas de intervención pertinentes.

**2. Estrés:** considerada como la respuesta que ofrece el organismo ante situaciones internas o externas que resultan amenazantes, movilizándose recursos fisiológicos y psicológicos. Tiene manifestaciones tales como sobrealerta, ansiedad, hostilidad, depresión y agotamiento psicológico.

El estrés como respuesta adaptativa puede tener una connotación positiva, como cuando un deportista se moviliza en la búsqueda de soluciones útiles que contribuyan al rendimiento y procura tener una mejor preparación para enfrentar la competencia. Pero puede ser negativo si por ejemplo afecta su vida familiar, social y académica, y lleva a que el deportista duerma mal, se altere, se torne irritable y no disfrute su práctica deportiva.

Según Lazarus y Folkman (1984), el impacto del estrés depende de la valoración que las personas hacen de la experiencia potencialmente estresante y sobre los propios recursos para enfrentarla; con base en esta interacción, la presencia, duración e intensidad del estrés varía.

En los deportistas, las situaciones potencialmente estresantes están relacionadas con la actividad deportiva en sí misma, en particular con el entrenamiento, las competiciones y las lesiones deportivas. En síntesis, Buceta (s.f.) refiere las siguientes:

- Sucesos de tipo general
- Sucesos relacionados con la actividad deportiva
- Estilo de vida de los deportistas
- Demandas del entrenamiento
- Demandas de la competición
- Otras situaciones relacionadas con la actividad deportiva

**3. Autoconfianza:** definida como el estado interno de fortaleza psicológica que implica un conocimiento real de la dificultad del objetivo, de los recursos propios que se pueden utilizar para la consecución del mismo y de las posibilidades realistas que se tiene para lograrlo.

La autoconfianza es una variable que supone el conocerse muy bien a sí mismo, saber realmente cuáles son las capacidades que se poseen y con cuáles posibilidades se cuenta, considerando así mismo el estado propio y la situación que se enfrenta. Erróneamente se ha asociado la autoconfianza con la manifestación verbal que profetiza que se está seguro de que se va a ganar y, de acuerdo con Martens (1987), lo que importa es que el deportista tenga objetivamente la convicción de que posee los recursos suficientes para ser capaz de vencer y superar las dificultades con las que inevitablemente se enfrentará.

De otra parte, el nivel de autoconfianza determina en gran medida el nivel de estrés ante las diversas situaciones potencialmente estresantes, siendo así como a mayor autoconfianza, mayor control de la situación estresante. Los deportistas con una alta confianza revelan expectativas realistas, tienen la percepción de un mayor control de las situaciones deportivas y un correcto manejo de las experiencias de éxito y fracaso.

En el alto rendimiento deportivo, el nivel de autoconfianza tiene mucha injerencia, sobre todo si se tiene en cuenta lo importante que es para un deportista percibir que cuenta con recursos suficientes para hacer frente a las demandas de su actividad deportiva. Lo anterior permite inferir que fortalecer la autoconfianza del deportista facilita el

planteamiento y afrontamiento de objetivos más ambiciosos en temporadas subsiguientes.

Al evaluar la autoconfianza se debe tener en cuenta el déficit de esta, enmascarado en una falsa elevada autoconfianza, por lo que es pertinente revisar las manifestaciones verbales del deportista en el contexto realista que señalan los hechos, tener en cuenta la rigidez/flexibilidad de sus manifestaciones y considerar su disposición a aceptar otras alternativas.

**4. Nivel de activación:** señalada como la respuesta del organismo ante una acción determinada, en la que intervienen el SNC y el SNV, los cuales aumentan el nivel de alerta cortical, la actividad somática y la actividad simpática.

Es una variable esencial para entender la relación entre el funcionamiento psicológico y el rendimiento deportivo, que determina el funcionamiento físico y mental del deportista; su control constituye uno de los objetivos fundamentales de la intervención psicológica en el deporte de competición.

Se considera el nivel de activación como un continuo que se extiende desde la falta absoluta de arousal (estado de coma) hasta el arousal máximo (frenesí), siendo así como las personas con arousal elevado están mentalmente activadas y experimentan un aumento del ritmo cardiaco, de la respiración y de la transpiración. En el deporte, la interrelación de las variables *estrés*, *motivación* y *autoconfianza* es la que da lugar al nivel de activación concreto en un momento determinado.

El nivel de activación o arousal influye en el rendimiento por dos vías diferentes. Por un lado, interviene en la capacidad de movilizar la energía suficiente para la actividad que se va a realizar, disparando los procesos fisiológicos que actúan en la realización de las conductas que llevarán a cabo. Por el otro lado, influye críticamente en la atención, el procesamiento de la información que se va obteniendo y en la toma de decisiones.

La respuesta de activación tiene tres manifestaciones: fisiológicas (pulsaciones por minuto, respiración, sudoración, tensión muscular), conductuales (actos físicos y verbales observables) y cognitivas o mentales (pensamientos, autodiálogos, imágenes mentales).

Como señalan Gimeno y Buceta (2010), el nivel de activación óptimo es aquel con el cual el deportista funciona mejor, de acuerdo con el momento y el tipo de tarea que deba ejecutar. Aprender a autoevaluar el nivel de activación es un elemento muy importante en el entrenamiento psicológico del deportista, siendo un objetivo primordial el que aprenda a identificar su activación y discriminar entre distintos niveles, de modo que sea capaz de detectar cuál es el nivel óptimo y autorregular así su activación antes, durante y después de los entrenamientos y competencias.

Para evaluar esta variable se debe tener en cuenta que está influenciada por otras variables; así, cuando el deportista se encuentre por debajo de su nivel de activación óptimo, será apropiado comprender si su déficit se relaciona con falta de interés, exceso de confianza, desánimo o cansancio. Cuando se encuentre por encima, ver si se relaciona con un exceso de motivación, una emoción positiva incontrolada, un estado de ansiedad, un estado de hostilidad o una autoconfianza baja.

**5. Atención:** entendida como la movilización de la vigilancia del sujeto, fijándose en un objeto preciso y relegando a un segundo término los otros elementos que componen el campo psicológico. El enfoque atencional permite al deportista estar alerta, recibir y asimilar la información, analizar los datos, tomar decisiones, actuar a tiempo y hacerlo con precisión.

La variable atención es tan significativa que cuando un deportista tiene una buena preparación física y sus habilidades técnicas y tácticas son adecuadas, el hecho de conocer y dominar los procesos atencionales no solo le facilita la ejecución de la tarea, sino que, además, le incrementa notablemente la probabilidad de que alcance el éxito deportivo. Es así que solo se puede hablar legítimamente del aprovechamiento de los recursos y de la optimización del rendimiento con el control atencional cuando el atleta consigue focalizar y mantener la atención en los estímulos realmente importantes de la tarea y evita cualquier forma de distracción.

Dosil (2004) señala que "el control de la atención y la concentración debe ser uno de los objetivos a tener en cuenta en cualquier programa de entrenamiento psicológico y una habilidad que deberán perfeccionar tanto los deportistas como los entrenadores".

Es importante delimitar los términos *atención* y *concentración*. Según Belloch, A., Sandín B. y Ramos, F. (2008), la atención hace referencia a la orientación activa o pasiva de la conciencia hacia algo que se experimenta. La concentración es la persistencia de la atención.

Así mismo, es necesario considerar la *amplitud* y *dirección* de la atención, ya que el deportista debe seleccionar cuidadosa y acertadamente aquello que en cada instante debe atender. Nidefer, citado por Buceta (s.f.), señala cuatro dimensiones atencionales, en las cuales se encuentran inmersos los distintos estímulos a los que un deportista debe atender. Dichas dimensiones cruzan la *amplitud* y la *dirección*, de tal modo que se habla de:

- **Atención interna - externa:** la atención se puede dirigir hacia dos grandes grupos de eventos; uno, los estímulos y respuestas internos, y otro, los estímulos externos. Los internos consideran aquellos aspectos que están dentro del organismo (sensaciones, pensamientos, autodiálogos y movimientos); los externos se refieren a situaciones externas al deportista (todo lo que sucede a su alrededor).

La *atención interna* favorece el aprendizaje y perfeccionamiento de habilidades, la puesta en práctica de estas habilidades, el análisis consciente del propio rendimiento y de las situaciones diversas que puedan presentarse en el entrenamiento y la competencia.

La *atención externa* ayuda que el rendimiento sea más elevado en situaciones del entrenamiento o la competencia, en las que haya que tener en cuenta las acciones de los rivales o de los propios compañeros y las instrucciones del entrenador, o cuando se ejecuta una acción de precisión.

- **Atención reducida - amplia:** acá se tiene en cuenta la amplitud del enfoque, el cual unas veces será amplio, y otras, reducido.

La *atención amplia* le permite al deportista tener en cuenta un mayor número de estímulos; con esta se pueden atender a más situaciones o detalles a la vez y favorece el rendimiento en situaciones como el aprendizaje de habilidades complejas con distintos movimientos simultáneos a la vez, el estado de alerta general que en múltiples ocasiones se necesita para reaccionar con rapidez y eficacia, y cuando hay que tomar una decisión táctica entre diversas opciones diferentes.

La *atención reducida* permite la asimilación más fácilmente de cualquier tipo de información, facilita el aprendizaje y la consolidación de las habilidades, ayuda a reaccionar mejor ante estímulos conocidos y propicia una mayor exactitud en la ejecución.

Combinada la dirección con la amplitud, se establecen cuatro dimensiones o enfoques atencionales, así:

- **Atención externa - amplia:** se abarca un amplio número de estímulos ajenos o externos al deportista. Permite que se tenga el estado de alerta necesario para reaccionar con rapidez y eficacia ante cualquier estímulo, así como realizar una evaluación automática de todo lo que sucede alrededor.

- **Atención externa - reducida:** se acapara un reducido número de estímulos ajenos o externos al deportista, se da un estado de alerta dirigido a un número limitado de estímulos conocidos. Permite la asimilación de información externa al deportista y la precisión en las acciones.

- **Atención interna - amplia:** se centra en un amplio número de estímulos y/o respuestas que tienen lugar en el organismo del propio deportista. Procura el análisis detallado y consciente de las situaciones pasadas y futuras.

- **Atención interna - reducida:** abarca un reducido número de estímulos o respuestas que se dan en el organismo del propio deportista. Permite el autocontrol de pensamientos, sensaciones y movimientos, y prepara al deportista para la acción inmediata.

En la evaluación de esta variable es recomendable observar la capacidad del deportista para utilizar el enfoque atencional más apropiado en cada situación, buscando detectar y valorar las situaciones interferentes que influyen en su distracción.

**6. Control emocional:** entendido como el sistema de autodomínio de emociones negativas y positivas, que lleva al atleta a sentirse seguro en su medio, confiado, alegre, capaz de concentrar su atención y mantener su pensamiento en máxima alerta; lo cual se manifiesta en el tono muscular ideal, la anticipación de las acciones del contrario y el aprovechamiento de la energía.

Las emociones asociadas a la energía negativa hacen referencia al miedo, el enojo, la frustración, la envidia, el resentimiento y el mal ge-

nio; mientras que la energía positiva tiene que ver con la diversión, la alegría, la autodeterminación, el positivismo y el espíritu de equipo.

La evaluación debe llevar a identificar las emociones que predominan en el deportista mientras compite, cuáles y con qué intensidad están presentes en su mayor rendimiento y cuáles y con qué intensidad lo llevan a un rendimiento deficitario.

**7. Cohesión:** según Carron, citado por Dosil (2004, pág. 248), es “un proceso dinámico, reflejado en la tendencia de un grupo a no separarse y permanecer unido en la búsqueda de sus metas y objetivos”. De esta definición se desprenden dos elementos, *cohesión de la tarea*, referida al grado en que los integrantes de un grupo se colaboran entre sí, con miras a alcanzar un objetivo o meta común, y *cohesión social*, que se refiere al grado en que los miembros del grupo se relacionan entre ellos y generan compañerismo.

Si bien la cohesión ha sido una variable más tenida en cuenta en los deportes de conjunto, no puede desconocerse la importancia que tiene para los deportes individuales, por la sinergia que se requiere en el ambiente general de la práctica deportiva, la unión entre deportistas de una misma modalidad y el apoyo que se pueden dar entre sí en las competencias.

Para evaluar la cohesión de equipo es recomendable observar la relación entre lo colectivo y lo individual, en particular revisar si están definidos los objetivos tanto a nivel grupal como individual, si son claros los roles de cada miembro del grupo, si están entendidas las obligaciones colectivas e individuales, cómo son las normas de funcionamiento interno, si se utilizan apropiadamente los subgrupos, quiénes son los deportistas con mayor influencia y cómo es la comunicación entre los miembros del grupo.

## Evaluación PSICOLÓGICA

Conforme lo expresa Buceta (s.f.), el propósito de la evaluación psicológica en el ámbito del deporte es valorar las conductas que en cada caso definen el rendimiento deportivo, así como cualquier respuesta o estado psicológico que influya en ellas. Ayuda a comprender la reali-

dad del deportista, lo que verdaderamente está sucediendo y por qué, cómo es el rendimiento y cuáles variables determinan que sea así y no de otra manera.

Para evaluar a los deportistas es necesario revisar las condiciones del deporte al cual pertenece. Para ello se cuenta con la *caracterización deportiva*, la cual se define como el estudio de las habilidades psicológicas para la planificación del trabajo psicológico con los deportistas.

Dicha caracterización permite identificar con claridad los elementos del entorno deportivo con los que el deportista se relaciona, la variabilidad o regularidad de esas relaciones, las habilidades coordinativas y condicionales que requiere, las características de personalidad más compatibles y los elementos que necesita para relacionarse con el deporte.

La caracterización también posibilita identificar el medio en el cual se desenvuelve el deporte (natural o artificial), el objeto que utiliza (móvil o estático), los deportistas oponentes y colaboradores, así como la normatividad que rige al deporte.

Gimeno y Buseta (2010) señalan que la evaluación se realiza sobre conductas observables (rendimiento deportivo, adherencia, comportamientos impulsivos) y no observables (motivación, autoconfianza, activación). Para esas variables no observables se requiere establecer una reacción apropiada entre el deportista y el psicólogo, y proceder a realizar una adecuada anamnesis y la aplicación, calificación e interpretación de pruebas psicológicas propias de la psicología deportiva y otras correspondientes a la psicología general.

## Pruebas psicológicas UTILIZADAS

Con base en la experiencia aportada por el trabajo con los deportistas de alto rendimiento de Antioquia, se ha establecido un protocolo de pruebas psicológicas, el cual se especifica más abajo.

Para minimizar las variables interferentes se procura la aplicación de cada prueba con el rigor que exige la misma; la calificación e interpretación se efectúa con base en los protocolos establecidos y el informe debe contener las conclusiones pertinentes. En el esquema de evalua-



ción está contemplado realizar la respectiva devolución al deportista y las sugerencias al entrenador, adicional al cruce de información con las demás disciplinas del área.

## PERSONALIDAD

TEST	APLICACIÓN	FINALIDAD
16 PF AB Cuestionario de personalidad (R. B. Cattell)	Individual y colectiva a adolescentes y adultos, con un nivel cultural medio.  Tiempo de aplicación: De 45 a 60 minutos	Apreciación de 16 rasgos de la personalidad. Los factores evaluados son de tipo bipolar: <b>A</b> Reservado/abierto <b>B</b> Pensamiento/concreto abstracto <b>C</b> Emocionable/estable <b>E</b> Conformista/agresivo <b>F</b> Moderado/impulsivo <b>G</b> Evasión/reglas perseverante <b>H</b> Tímido/atrevido <b>I</b> Duro/sensible <b>L</b> Confiado/suspicioso <b>M</b> Práctico/imaginativo <b>N</b> Espontáneo/calculador <b>O</b> Tranquilo/aprensivo
Wartegg 8 campos (Ehrig Wartegg)	Niños, adolescentes y adultos. Individual o colectiva  Tiempo de aplicación: De 25 a 45 minutos	Obtención de un perfil de la personalidad, sobre la base de una tarea psicomotora, que revela: • Posición frente al mundo • Relaciones interpersonales • Ambición/proyecto de vida • Manejo de ansiedades y angustia • Utilización de la energía vital para logro de objetivos • Habilidades cognitivas • Sensibilidad/erotismo • Comportamiento ético frente a valores, autoridad y normas
Wartegg 16 campos (Biedma y Pedro D' Alfonso) Modificación del original de ocho campos	Niños, adolescentes y adultos. Individual o colectiva  Tiempo de aplicación: De 25 a 45 minutos	Ofrecer una visión más amplia de la proyección de la personalidad. Se arroja un perfil caracterológico, a través de 28 atributos psicológicos, integrados en cuatro aspectos: • Cognoscitivo • Emocional • Volitivo • Social

Fuente: Pruebas estandarizadas para evaluación de la personalidad, Área de Psicología, Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2015.

## MOTIVACIÓN

TEST	APLICACIÓN	FINALIDAD
SMS/EMD Escala de motivación deportiva (Pelletier y colaboradores)	Individual y colectiva.  Tiempo de aplicación: 15 minutos	Evaluación de la motivación, identificando los factores de motivación intrínseca y extrínseca o la ausencia de motivación.

Fuente: Pruebas estandarizadas para evaluación de la Motivación, Área de Psicología, Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2015.

## Atención y CONCENTRACIÓN

TEST	APLICACIÓN	FINALIDAD
BG9 Test de formas iguales (R. Bonnardel)	Individual o colectiva, nivel cultural medio.  Tiempo de aplicación: 6 minutos de trabajo efectivo	Evaluación de las aptitudes perceptivas y de atención, discriminando estas habilidades en la realización de labores rutinarias.
Formas idénticas (L. L. Thurstone)	Individual o colectiva, a sujetos de 10 años en adelante; aplicable a cualquier nivel cultural, incluso a analfabetos.  Tiempo de aplicación: 4 minutos de trabajo efectivo	Posibilitar una medida de las aptitudes perceptivas y de atención. Su material no verbal la hace muy apropiada para poblaciones con nivel cultural bajo.
Toulouse Pieron (E. Toulouse y H. Pieron)	Individual o colectiva, niveles medios y altos.  Tiempo de aplicación: 10 minutos de trabajo efectivo	Medir la aptitud o capacidad para concentrarse en tareas cuya principal característica es la monotonía, así como la aptitud para concentrarse en tareas que requieran rapidez perceptiva y atención continuada.  Es un test que puede ser usado como elemento de ayuda en el diagnóstico de trastornos de la atención y de la percepción, a la vez que puede ser usado para apreciar los progresos obtenidos en una terapia.
Rejilla de concentración (Harris y Harris)	Test de ejecución que consiste básicamente en la ordenación de números consecutivos en un tiempo determinado.  Tiempo de aplicación: 1 minuto	Identificar el nivel de concentración en la tarea.  Si consigue señalar entre 20 y 30 números, se puede considerar que posee un buen nivel de concentración.

Fuente: Pruebas estandarizadas para evaluación de la Atención y Concentración, Área de Psicología, Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2015.

## Ansiedad/ ESTRÉS

TEST	APLICACIÓN	FINALIDAD
<b>STAI</b> Cuestionario de autoevaluación (C. D. Spielberger, R. L. Gorsuch y R. E. Lushene)	Mayores de 15 años.  Tiempo de aplicación: Variable, entre 15 y 20 minutos	Autoevaluación de la ansiedad como estado transitorio (ansiedad/estado) y como rasgo latente (ansiedad/rasgo). A/E evalúa estado o condición emocional transitoria, que se caracteriza por sentimientos subjetivos de tensión y aprensión. Puede variar con el tiempo y fluctuar en intensidad. A/R evalúa propensión a la ansiedad relativamente estable, en la que el individuo tiende a percibir las situaciones como amenazadoras.
<b>Test de la persona bajo la lluvia</b> (adaptación de M. Chávez y S. Querol)	Todas las edades, todas las profesiones y ambos sexos.  Tiempo de aplicación: Variable, entre 10 y 20 minutos	Evalúa la fortaleza del yo, los mecanismos de defensa y tolerancia a la frustración. Evalúa reacciones mentales, emocionales e instintivas (ansiedades, temores, aspectos conductuales) que se activan ante una situación de presión ambiental.

Fuente: Pruebas estandarizadas para evaluación de la Ansiedad y el Estrés, Área de Psicología, Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2015.

## INTELIGENCIA

TEST	APLICACIÓN	FINALIDAD
<b>Test de factor "G".</b> Escala 2 y 3 (R. B. Cattell y A. K. S. Cattell)	Escala 2: de 8 a 14 años. Escala 3: de 15 años en adelante.  Tiempo de aplicación: 12 minutos de trabajo efectivo	Apreciar la inteligencia individual. Prueba de tipo no verbal que únicamente requiere para su realización que el sujeto perciba la posibilidad de relación entre formas y figuras.
<b>WAIS</b> Wechsler Adult Intelligence Scale (David Wechsler)	15 años en adelante.  Tiempo de aplicación: Variable, entre 60 y 120 minutos	Medida de los aspectos cualitativos y cuantitativos de la inteligencia, discriminando CI manipulativo y CI verbal y total, en personas mayores de quince años.
<b>WISC</b> Wechsler Intelligence Scale for Children (David Wechsler)	Niños de 5 a 15 años.  Tiempo de aplicación: Variable, entre 60 y 90 minutos	Medida de los aspectos cualitativos y cuantitativos de la inteligencia, discriminando el CI manipulativo y verbal y total, en niños entre 5 y 15 años.

Fuente: Pruebas estandarizadas para evaluación de la Inteligencia, Área de Psicología, Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2015.

## Pruebas PSICODEPORTIVAS

TEST	APLICACIÓN	FINALIDAD
<b>POMS</b> Evaluación del perfil de estados de ánimo (Douglas Mc Nair Maurice Lorr Leo Droppleman)	Individual o colectiva. Personas que estén en capacidad de comprender los adjetivos.  Tiempo de aplicación: Alrededor de 15 minutos	Obtener una semblanza del estado de ánimo del deportista en relación con las cargas de entrenamiento y competencia, a través de la identificación de 6 estados de ánimo: • Tensión-ansiedad • Depresión-melancolía • Cólera-hostilidad • Vigor-actividad • Fatiga-inercia • Confusión-perplejidad
<b>CPRD</b> Cuestionario de características psicológicas relacionadas con el rendimiento deportivo (Buceta, Gimeno y Pérez Llantada) Basado en el PSIS	Individual o colectiva. Personas que estén en capacidad de comprender el interrogatorio.  Tiempo de aplicación: Alrededor de 20 minutos	Conocer los aspectos psicológicos que determinan el funcionamiento de los deportistas, para detectar sus necesidades y recursos, buscando optimizar su rendimiento. Escalas evaluadas: • Control del estrés • Influencia de la evaluación de rendimiento • Motivación • Habilidad mental • Cohesión de equipo
<b>LOEHR</b> Inventario psicológico de rendimiento deportivo (Jim Loehr) Adaptación de Amador Cernuda	Individual o colectiva. Personas que estén en capacidad de comprender el interrogatorio.  Tiempo de aplicación: Alrededor de 20 minutos	Conocer el perfil para el alto rendimiento, con la calificación de 7 escalas: • Autoconfianza • Control de la energía negativa • Control de la atención • Control de la visualización y las imágenes • Nivel motivacional • Control de la energía positiva • Control de las actitudes
<b>CECD</b> Cuestionario de estrategias cognitivas en deportistas (J. A. Mora, J. García, S. Toro y J. A. Zarco)	Deportistas adolescentes y adultos. Personas que estén en capacidad de comprender el interrogatorio.  Tiempo de aplicación: Alrededor de 20 minutos	Valoración cuantitativa de las estrategias de afrontamiento ante diversas situaciones del ámbito deportivo, especialmente en la competición. Dicha valoración permite encausar las sesiones de intervención posteriores, destinadas a instaurar en los deportistas estrategias cognitivas eficaces de cara a solucionar cada situación problemática planteada en el cuestionario.
<b>Cuestionario sobre ambiente de equipo</b> (Carron y Grand)	Individual o colectiva. Personas que estén en capacidad de comprender el interrogatorio.  Tiempo de aplicación: Alrededor de 20 minutos	Evaluar algunos constructos grupales importantes en equipos deportivos: • Claridad del rol • Aceptación del rol • Percepción de la ejecución del rol

Fuente: Pruebas estandarizadas para evaluación de los componentes Psicodeportivos, Área de Psicología, Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2015.

## REFERENCIAS

- Belloch, A., Sandín, B. y Ramos, F. (2008). *Manual de psicopatología* E.R. Ed. Mc Graw Hill.
- Buceta, J. M. (s.f.). *Evaluación psicológica en el contexto de la actividad física y del deporte*. Madrid: UNED.
- Buceta, J. M. (s.f.). *Técnicas de intervención psicológica para la mejora del rendimiento físico y deportivo I*. Madrid: UNED.
- Buceta, J. M. (s.f.). *Variables psicológicas relacionadas con el rendimiento físico y deportivo*. Madrid: UNED.
- Carron, A. V. (1982). Cohesiveness in sport group: Interpretations and consideration. *Journal of Sport Psychology*, 4(124), pp. 123-138.
- CECD Cuestionario de estrategias Psicológicas en deportistas –manual– (2001). Madrid: Tea Ediciones.
- Dosil, J. (2004). *Psicología de la actividad física y del deporte*. Madrid: McGraw-Hill.
- Enciclopedia de la Psicología y la Pedagogía. (1980). Diccionario de Psicología. Sedmay-lidis.
- Gimeno, F. y Beceta, J. M. (2010). *Evaluación psicológica en el deporte; El Cuestionario CPRD*. Madrid: Dykinson.
- Hernández Mendo, A. y Ramos Pollán, R. (1996). *Introducción a la informática aplicada a la psicología del deporte*. Madrid: Ra-ma.
- Lazarus, R. S. y Folkman, S. (1986). *Estrés y procesos cognitivos*. Barcelona: Martínez Roca.
- Riera, J. (1885). *Introducción a la psicología del deporte*. Barcelona: Martínez Roca.
- Weinberg, R. S. y Gould, D. (1996). *Fundamentos de la psicología del deporte y el ejercicio físico*. Barcelona: Ariel.
- <http://www.psicologiamtb.com/variables-psicologicas-en-el-deporte/>
- Psicología MTB. Psicología deportiva en Mountain Bike. 2 de mayo de 2011. Variables psicológicas en el deporte.
- <http://www.uv.es/uipd/cuestionarios/accesolibre/EMD.pdf>
- Unidad de Investigación Psicológica en el Deporte. Universidad de Valencia. Escala De Motivación Deportiva (SMS/EMD) Pelletier et al., 1995; Balaguer, Castillo y Duda, 2003; 2007.
- [http://cvb.ehu.es/open\\_course\\_ware/castellano/social\\_juri/psicol\\_deporte/contenidos/la-atencion-en-el-deporte.pdf](http://cvb.ehu.es/open_course_ware/castellano/social_juri/psicol_deporte/contenidos/la-atencion-en-el-deporte.pdf)
- Tema IV: La atención y la concentración en el deporte. Campus Virtual BIRTUALA



# CONTROL PSICOLÓGICO DEL ENTRENAMIENTO EN LOS DEPORTES DE ARTE Y PRECISIÓN



Control psicológico del  
**ENTRENAMIENTO EN**  
los deportes de arte y precisión

*Ligia Adriana García Ramírez, Psc. Esp. MSc.*

*El deporte delega en el cuerpo alguna de  
las virtudes más fuertes del alma:  
la energía, la audacia, la paciencia.*

*Jean Giraudoux*

**A**os deportes de arte y precisión son modalidades en las cuales la supervisión e intervención psicológica del entrenamiento se tornan esenciales para la preparación integral de un deportista, por la complejidad de los movimientos y por el dominio de habilidades mentales.

Para comprender la participación de la psicología en el control del entrenamiento deportivo en un deporte determinado se hace necesario considerar varios aspectos, como son: las características específicas de la modalidad; las particularidades del entorno; el objeto o los objetos que se deben dominar; la habilidad y destreza que requiere

perfeccionar, y los fenómenos y procesos psíquicos que se presentan antes, durante y después de la competición.

## Caracterización psicológica de los DEPORTES DE ARTE Y PRECISIÓN

Entre estas modalidades se encuentran: gimnasia, billar, arquería, tiro deportivo; tejo, vela, esquí náutico, bolos, golf, natación, clavados, nado sincronizado; patinaje artístico, ecuestre y todos aquellos deportes que se pueden practicar no solo de manera individual, sino además en solitario.

En estas modalidades no hay un rival que intervenga, presione, medie, instigue o modifique el accionar deportivo; los resultados dependen solo de sí mismos y del desarrollo de maestrías deportivas.

Algunos inician la práctica competitiva desde edades muy tempranas y logran su maestría deportiva de manera prematura. Pero otros, por el contrario, se inician maduros y pueden conseguir mantenerse con perfeccionamientos competitivos por muchos años.

Otras características de estos deportes es que demandan un excelente dominio emocional; concentración óptima y destrezas motoras y cognitivas cada vez más precisas. Los pensamientos, emociones, motivaciones, ideas y creaciones juegan un papel fundamental en los entrenamientos y en la competición.

El ajedrez es un deporte considerado artístico; pero no responde a todas las características, puesto que requiere de la participación directa de un rival, quien puede modificar el juego y dificultar el desarrollo de una estrategia o destreza. Sus propiedades son más de un combate, de una "guerra", en la cual la propuesta de uno requiere de modificaciones tácticas del otro.

### Requerimientos en los deportes de arte y precisión

- Requieren precisión (exactitud) en la acción, determinada por una calidad en el gesto técnico que implica, generalmente, mucha confianza en la actuación.
- El grado de dificultad y la exigencia de originalidad que demanda una preparación constante y esmerada en los deportes artísti-

cos hacen que, habitualmente, no se presente la longevidad en la etapa de maestría. No así en los deportes de precisión, como las modalidades de tiro deportivo y con arco, las carreras de autos, el paracaidismo, las velas y otros (O'Farrill Hernandez, 2003).

- Los deportes de arte y precisión demandan fidelidad en las acciones de coordinación, determinadas por la diversidad de elementos técnicos de alta complejidad que se deben dominar.
- Las habilidades coordinativas, como equilibrio, tiempo y velocidad de reacción, sentido sensomotor, ubicación espacio-tiempo, ritmo y orientación, permiten al deportista realizar los movimientos con precisión, economía y eficacia. "Se debe valorar el sentido de distancia, la cual va acompañada de una buena atención (intensidad de concentración)". (Rodionov, 1981 p. 63).

Estas características encauzan el trabajo psicológico no solo para entender los estados emocionales, sino además para realizar seguimiento al desarrollo de habilidades y destrezas cognitivas y psicomotrices para la planificación del entrenamiento de manera integral.

## Fases en la intervención psicológica en el CONTROL DEL ENTRENAMIENTO

Para la intervención del psicólogo en el proceso de control de entrenamiento se hace necesario adoptar un modelo de planificación, que en nuestro caso es el de Matveiev, por ser una guía tradicional sobre la que se han estructurado muchos de los procesos contemporáneos sugeridos. Este modelo propone una periodización que permite adaptar la preparación mental en el proceso.

- **Período preparatorio:** comprende dos subperíodos: preparación general (desarrollo de destrezas generales) y preparación específica (perfeccionamiento de técnicas básicas).

- **Período competitivo:** se incluyen tres fases: precompetitivo, competitivo y de descarga o recuperación. Cada una de estas fases exige una forma de carga psíquica que involucra la estructura de personalidad, el tipo de motivación, la situación o factores externos y la estructura de la actividad.

• **Período transitorio:** se trata de una etapa de recuperación, donde es aconsejable el descanso activo y la práctica lúdica de otras modalidades deportivas diferentes del deporte que practica.

## Período PREPARATORIO

El conocimiento psicopedagógico del instructor, profesor o entrenador es fundamental. Es de recordar que el psicólogo en estos períodos es más un asesor que un ejecutor de los programas, orientado a:

Evaluación de las destrezas mentales y cognitivas necesarias (psíquicas básicas) para:

- Orientar al entrenador sobre el recurso mental de cada atleta, para adaptar los métodos y procesos de enseñanza-aprendizaje.
- Reconocer sus calidades de: atención, concentración, anticipación, ubicación espacio-tiempo, resolución de problemas, capacidad para la visualización, entre otros.
- Definir determinantes psicológicas para mejor rendimiento.

Evaluación de las características de personalidad para examinar:

- Tendencias agonísticas
- Estabilidad emocional
- Relaciones con el entorno
- Perfeccionismo
- Extroversión/introversión
- Autoestima
- Confianza en sí mismo
- Capacidad de resiliencia
- Información psico-senso-motora
- Predisposición a la accidentalidad

Evaluación de destrezas específicas para el deporte y la competición con la finalidad de:

- Constituir la orientación de la motivación y fijar estrategias para mantenerlas.
- Establecer las capacidades propias para el alto rendimiento (manejo del arousal y capacidad de resiliencia, de acoplamiento, de ritmo, de equilibrio, de diferenciación, de orientación, de cambio, de reacción y de relajación).
- Establecer objetivos para el entrenamiento.

A partir de esta información se construyen las especificaciones para la preparación psicológica hacia el rendimiento competitivo.

## Período COMPETITIVO

Para la psicología en este proceso adaptativo se podrían entender tres fases globales: fase precompetición, competición y poscompetición (Niesch y Allmer, 1976).

Cada una de las etapas que comprende este período exige una forma de carga psíquica que involucra: la estructura de personalidad, el tipo de motivación, las particularidades del entorno o factores externos y la estructura de la actividad.

### FASE A. *Precompetitivo*

Esta fase se inicia cuando el deportista sabe que va a participar y se extiende hasta la competición. Comprende el entrenamiento general y específico que se enlaza inmediatamente a la competencia y el cambio completo del entrenamiento al encuentro inminente.

Durante esta fase se enfoca la tarea del psicólogo en examinar estado de confianza, tensión, ansiedad y ánimo de los deportistas; cómo están asumiendo la participación en competición y cómo está su disponibilidad emocional.

### FASE B. *Competitiva*

Está definida por el inicio oficial y el final oficial de la competencia. En esta fase se vigila:

- Inmediatamente inicia el encuentro, cómo es el proceso adaptativo a las condiciones de la competición.
- El desempeño principal, es decir, cómo realiza el objetivo de rendimiento.
- Cómo cierra la competición, fase de la "última posibilidad".

### FASE C. *Poscompetitiva*

Esta comienza con el final del torneo; es decir, con la finalización de las acciones propias de competición. Alcanza la etapa de relajación, las reacciones frente al éxito y/o fracaso y la adaptación del proceso de competencia al entrenamiento, al estudio o trabajo y a la vida privada.

En esta fase las acciones del control psicológico son:

- Evaluación de la participación en el evento (no dejar pasar más de 8 días después de la competición).
- Revisar logro de objetivos y aspectos por mejorar para próximos eventos.
- Atención en caso de lesión; observación de consecuencias físicas, sociales, emocionales.
- Observación adaptativa con los éxitos o fracasos.

## Período de **TRANSICIÓN**

En este período se cumple una nueva adaptación a la vida diaria. Este es el tiempo para incorporar el entrenamiento en las técnicas de relajación y entrenamiento autógeno.

Después de una gran carga de trabajo físico, técnico y táctico, los procesos de preparación psicológica se pueden convertir en descanso activo y en ayuda para recuperar la energía psicofísica (Henschen, 1990).

Sin embargo, los fracasos en el deporte pueden tener una gran influencia, por tanto, se debe prestar atención a la reacción emocional, a la actitud y a la disponibilidad para continuar en el deporte y acomodarse para un nuevo ciclo de preparación.

El período de transición le permite al profesional de la psicología profundizar en las estrategias de preparación, como el entrenamiento autógeno, la relajación progresiva, la terapia de confrontación, entre otros, que en otros períodos no convienen por el tiempo de adiestramiento y porque el proceso puede generar cambios en los atletas que no favorecen el mantenimiento de la atención suficiente y un tono muscular adecuado para realizar una destreza motora de complejidad.

Los deportes de arte y precisión son modalidades de alta elaboración mental, en los cuales convergen diferentes momentos que se deben tener en cuenta durante todo el proceso de preparación, competición y recuperación. Estos son algunos:

- Momento de captación de la información, en el cual la capacidad de diferenciación y acoplamiento serán muy importantes.
- Momento de información con ayudas visuales, que incluye: la información psicosemántica, la información psicosenso-motora y la percepción del tiempo.
- Momentos de toma de decisiones, a los que contribuye la confianza y la autodeterminación.
- Momento de ejecución, durante el cual la representación mental antes de la ejecución, el tiempo de reacción, la concentración, la orientación y el ritmo juegan un papel importante al momento de la actuación.
- Momento de activación y atención (antes y durante la confrontación); el entrenamiento de la relajación y el entrenamiento de la percepción de la activación son básicas para estos instantes.
- Momentos de atención y fatiga mental; para este tiempo será muy importante la concentración y el ejercicio de la respiración con técnicas del entrenamiento autógeno.

Cada momento debe ser adaptado y entrenado de acuerdo con la persona y sus habilidades y destrezas.

## CONCLUSIÓN

Para la intervención psicológica en el control del entrenamiento es indispensable conocer en detalle las características del deporte y sus exigencias psicológicas.

Al psicólogo le corresponde estar al tanto del período de preparación en que se encuentra el atleta para seleccionar los instrumentos más apropiados y orientar las intervenciones de acuerdo con cada fase.

Cada acción que realiza el psicólogo tiene como finalidad retroalimentar de manera apropiada al deportista y sus entrenadores, complementar los controles que efectúa el grupo de salud y ciencias aplicadas al deporte, e integrar información que permita una visión sistémica de los atletas de rendimiento deportivo.

## REFERENCIAS

- O'Farrill Hernandez, R. A.** (2003). *Mitos y realidades en los deportes de arte competitivo*. Buenos Aires: Revista digital.
- Vera, G. N.** (s.f.). Intervención psicológica con deportistas en crisis: Análisis y Reflexión desde un caso. *Revista de Psicología del Deporte*.
- García, G. N.** (1998). Intervención psicológica con deportista en crisis: Análisis y reflexión desde un caso. *Revista de Psicología del deporte*, 27-40.
- perez, L. M.** (1999). Rendimiento Deportivo, Optimización y Exelencia en el Deporte. *Revista de Psicología del Deporte*, 235-248.
- Polishuk, D. A.** (1993). *El ciclismo, preparación, teoría y práctica*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Rodionov, A. V.** (1981). *Psicología del enfrentamiento deportivo*. La Habana: Editorial ORBE.
- Ribetti, R.** (2009). *Planificación y periodización del entrenamiento psicológico del deportista*. Santa Fe: El Cid Editor.
- Saibene, F., Rossi, B. y Cortili, G.** (1986). *Fisiologia E Psicologia Deglio Sport*. Milano: Biblioteca della EST.
- Valdés, H., Estévez, M. y Arroyo, M.** (1987). *Introducción a la investigación científica aplicada a la educación física y el deporte*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Vera, G. N.** (s.f.). Intervención psicológica con deportistas en crisis: Análisis y reflexión desde un caso. *Revista de Psicología del Deporte*.





# LA PRUEBA BA ORTOSTÁTICA Y EL ELECTROCARDIOGRAMA COMO MEDIOS DE CONTROL BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO



La prueba ortostática  
y el electrocardiograma como medios de  
**CONTROL BIOMÉDICO**  
del entrenamiento

*Felipe Eduardo Marino Isaza, MD. Esp. MSc.  
María Mercedes Becerra, Enf. Esp.  
Esmeralda Rosas Restrepo, MD.*

## Las pruebas cardiovasculares en el control **NEUROLÓGICO DEL DEPORTE**

Las primeras aproximaciones a las evaluaciones de la respuesta de los deportistas a las cargas de entrenamiento datan del siglo XIX y hacen referencia a los reflejos tendinosos y su modificación con el trabajo físico. Los reflejos tenían una respuesta exagerada con el levantamiento de pesas, mientras que la fatiga los disminuía considerablemente. Así mismo, otros autores mencionan la evolución de los reflejos tendinosos con el hecho de caminar, y que algunos ejercicios como las flexiones de brazos en barras influían de manera directa sobre la esfera de los reflejos. Posteriormente, algunos estudios centrados en las carreras

ciclísticas y de maratón revelaban que los reflejos se modificaban en función del grado de preparación del deportista y las cargas anteriores recibidas.

Desde 1937 a 1961 fueron muchas las investigaciones realizadas sobre la respuesta del atleta a las cargas del entrenamiento sistemático y su identificación de acuerdo con la modalidad deportiva. En 1947, T. P. Fanagorskaya reveló que la agudeza de los reflejos dependía en gran parte de la especialización deportiva y la preparación previa del deportista. De 1959 a 1963 se asocia el grado de desarrollo de la esfera neurorrefleja de los atletas con la carga muscular. Igualmente, se ratifica el paralelismo en la evolución del estado funcional de los centros motores superiores y los reflejos tendinosos.

El estudio del estado funcional del sistema nervioso vegetativo se origina en el predominio de una de sus porciones como respuesta. La mayoría de trabajos en este sentido resaltan que con el crecimiento del grado de preparación se presenta un cambio funcional en el sentido de la intensificación de las influencias vagales en el sistema cardiovascular, lo que viene acompañado con bradicardia, una ligera disminución de la presión arterial y un reflejo de Aschner positivo. Dichas tendencias de evolución del sistema nervioso vegetativo en los atletas que practican diversas modalidades deportivas se manifiestan de modo diferente. Por ejemplo, algunos trabajos muestran respuestas del reflejo de Aschner de forma inversa en deportes de conjunto, y en la recuperación, el fenómeno de taquicardia remanente.

En lo que refiere a la dinámica del pulso con la prueba ortostática en los deportistas, cabe decir que en la bibliografía no existe un criterio unánime sobre el particular. La mayoría de los autores estima que el comportamiento del pulso entre - 6 ppm y +20 ppm es considerado como normal y que cifras por encima de estos valores, al igual que el retardo en la recuperación, indican un síntoma de alteración de los instrumentos reguladores del sistema cardiovascular. Esto se relaciona también con la respuesta de las diferentes etapas del entrenamiento deportivo.

La evaluación del sistema nervioso vegetativo se desarrolla observando una serie de respuestas a diferentes maniobras o pruebas especiales. Una de ellas es la presencia de *dermografismo* o la posibilidad de escribir en la piel del paciente; el rojo indica respuesta parasimpática acelerada, mientras que el blanco indica un predominio simpático.

Las pruebas de Aschner y ortostática son quizás las más usadas en la evaluación de los deportistas para la evaluación de la respuesta vascular del organismo.

La prueba de Aschner se realiza tomando el pulso en reposo durante 15 segundos, posteriormente se hace presión con las yemas de los dedos primero y medio sobre los globos oculares por 10 segundos sin tomar el pulso e inmediatamente durante 15 segundos más tomando el pulso. Una vez liberada la presión sobre los globos oculares se toma el pulso en 2 ciclos de 15 segundos cada uno. La interpretación tiene la cifra en reposo, la diferencia entre la primera y la segunda, el grado de desaceleración y entre la tercera y la cuarta y la recuperación posexcitación.

En el caso de la prueba ortostática, los valores iniciales del pulso y la presión arteriales son los tomados en los 30 segundos finales de un reposo de 5 minutos. Luego se eleva la mesa inclinable a 70° y se toman la presión arterial y el pulso en los minutos tercero y quinto de la prueba, acompañado, si se quiere, de electrocardiograma que nos permita monitorear algún cambio de consideración en el registro. Es sabido que en cada momento dado, la frecuencia del pulso es debida a la influencia simpática y parasimpática del sistema nervioso vegetativo y su influencia sobre el sistema cardiovascular. El predominio parasimpático produce una desaceleración del pulso, mientras el simpático, lo contrario. Usando las dos pruebas se puede evaluar muy bien y de manera fácil el sistema nervioso vegetativo.

## La prueba ORTOSTÁTICA

Los cambios posturales que ejecutan los deportistas que practican disciplinas, tanto cíclicas como acíclicas (la natación, el judo, la lucha, la gimnasia, el patinaje artístico, los clavados y el atletismo de saltos, entre otros), tienen gran repercusión en su estabilidad hemodinámica, puesto que exigen la variación de la posición del cuerpo en el espacio, y por lo tanto la estabilidad ortostática es una condición indispensable de la capacidad de trabajo deportivo, hecho que conlleva una respuesta de compensación del sistema nervioso autónomo en unión con factores mecánicos y químicos. Con frecuencia, el desarrollo del entrenamiento sistemático incrementa la estabilidad ortostática.

En este sentido, el organismo del deportista experimenta una serie de reacciones ortostáticas relacionadas con el cambio de la posición horizontal a la vertical, hecho que genera un gran depósito de sangre en los miembros inferiores. Consecuencia de ello, se dificulta el retorno venoso de sangre al corazón, que causa una disminución considerable del volumen sistólico de la sangre impulsada por el corazón. Este nivel de disminución del retorno de sangre venosa al corazón al modificar la posición del cuerpo depende del tono arterial; si este está reducido, la disminución puede llegar a ser tan importante que al cambiar hacia la posición erguida puede producirse un desmayo. El bajo tono venoso podría explicar la aparición de un desmayo en el deportista al permanecer largo tiempo en posición vertical, lo que significa un colapso ortostático. En términos generales, tal situación no se presenta con frecuencia en los deportistas bien entrenados.

Así mismo, con el cambio de posición de decúbito supino a la posición de pie ocurre una disminución de la presión de llenado del corazón, de la presión arterial y de la irrigación cerebral. Todo lo anterior debido a la disminución del retorno venoso por cambios de posición que podrían llegar a producir también un síncope por hipotensión postural de no existir mecanismos compensatorios como los barorreceptores arteriales, carotídeos y del arco aórtico, los que dan lugar a una descarga aferente y, por consiguiente, reducen el freno normal que las neuronas motoras del vago hacen sobre las simpáticas del bulbo raquídeo.

Al adoptar la posición de pie, la disminución del retorno venoso provoca una respuesta compensatoria normal evidenciada en un aumento de la frecuencia cardíaca (FC) por una activación refleja del sistema nervioso simpático que impide la caída de la presión arterial (PA) y mantiene la irrigación cerebral.

Como respuesta normal de un individuo al ortostatismo se espera el aumento de la frecuencia cardíaca y de la resistencia periférica subsiguiente a la vasoconstricción refleja, que en conjunto favorecen el mantenimiento del gasto cardíaco y el volumen sistólico. Puede haber una leve caída de la presión arterial sistólica con una ligera elevación o permanencia de los valores de la presión diastólica, acompañado de un discreto colapso de los vasos del cuello y una disminución del volumen sanguíneo pulmonar y cardíaco.

Para valorar los cambios que aparecen en los sistemas cardiovascular y neurovegetativo, como consecuencia de las cargas de entrenamiento, se aplica la prueba de inclinación o prueba ortostática.

Durante el ejercicio existe un predominio del sistema nervioso simpático sobre el parasimpático para acoplar el organismo y así poder cumplir con las tareas del entrenamiento, que van desde leves hasta intensas. Si el organismo del deportista experimenta cargas físicas de las que no se recupera adecuadamente, es posible que no responda con la descarga simpática habitual al estrés de la actividad deportiva y menos aún al estrés ortostático prolongado, y entonces se establece con anticipación un probable desequilibrio autonómico.

En medicina deportiva, esta prueba se utiliza para la valoración del sistema cardiovascular frente a las cargas de entrenamiento con el análisis de los cambios de la frecuencia cardíaca y de la presión arterial sistólica y diastólica. Se recoge la información del atleta mediante un formato establecido que incluye algunos aspectos de interrogación, y se consignan datos como la edad cronológica, la edad deportiva, los antecedentes familiares y personales relacionados con enfermedad cardiovascular, el número de horas de sueño y la calidad del mismo, los niveles de entrenamiento del día anterior, el estado psicológico, el estado de salud y si han existido patologías en el entrenamiento o la competencia. Se precisa una evaluación médica que incluya historia clínica, un adecuado y completo examen físico y una evolución diagnóstica basada en los hallazgos y necesidades del atleta.

Se define síncope como la pérdida de la conciencia y tono postural con recuperación espontánea. El síncope puede ocurrir en un individuo con una actividad neurocardiogénica normal o como consecuencia de una deshidratación. Asimismo, puede ocurrir por enfermedad cardíaca estructural o por factores como el calor, la humedad y la altura. La población de deportistas es susceptible de padecer un síncope.

El síncope en el atleta requiere de una evaluación completa, sobre todo en episodios de muerte súbita cardíaca, y permite determinar si la enfermedad cardíaca puede llevar a ese suceso. Una atención cuidadosa del atleta con síncope puede prevenir desastres potenciales y, al mismo tiempo, posibilita disfrutar de actividades físicas intensas.

El síncope vasovagal es el término utilizado para denotar uno de los escenarios clínicos, tal vez el más común en la categoría de los síndromes sincopales neuronales. Varias observaciones sugieren que la hipotensión y la bradicardia asociadas con la prueba postural son compatibles a un síncope vasovagal neuronalmente espontáneo.

El *tilt test* en personas asintomáticas sin el uso de ayuda farmacológica exhibe una especificidad del 90 %. Ha sido utilizado hace alrededor de 50 años por médicos y fisiólogos para estudiar la frecuencia cardíaca y las adaptaciones de la presión arterial a cambios en la posición, y como una técnica para la evaluación de la hipotensión ortostática y el método del estudio hemodinámico.

El establecimiento del diagnóstico de síncope vasopresor requiere de desarrollo del síncope o presíncope en asociación con hipotensión y bradicardia, y la reproducción de los síntomas clínicos.

Se ha reportado en los atletas una edad promedio de  $23 \pm 6$  años con 3 episodios de síncope y un cuadro de presíncope al comienzo de los síntomas, pero sobre todo por un tiempo superior al minuto luego de terminado el ejercicio, con una duración entre 20 y 34 segundos. Los síntomas presentados son dolor de cabeza, calor y diaforesis. El síntoma residual alcanza los 10 minutos después del episodio y consiste en fatiga, lo que amerita ajustes en la dieta, como incremento en la ingesta de sal, y tratamiento farmacológico, para permitir así que los atletas competitivos o de recreación no interrumpen su actividad.

Dado que el síncope vasodepresor relacionado con el ejercicio puede ocurrir durante o después del ejercicio, puede presentarse en atletas entrenados o no entrenados, puede ocurrir en pacientes con o sin síncope típico vasodepresor no relacionado al ejercicio, con frecuencia no es reproducible por la evaluación de estrés al ejercicio. Se presentan síntomas "pródromos" y una respuesta similar en pacientes con síncope vasodepresor no relacionado al ejercicio.

Existe en la literatura datos que sugieren que el síncope que ocurre durante la actividad está comúnmente asociado con la enfermedad cardiovascular y es por lo tanto una opción de advertencia de un episodio inminente de muerte súbita cardíaca. Sin embargo, es de resaltar la importancia de hacer la diferencia de una patología cardíaca potencialmente letal de una adaptación cardíaca normal relativa a un entrenamiento físico llamado corazón del atleta, que puede resultar particularmente desafiante.

Muchos autores coinciden en que los atletas competitivos son las personas que realizan un entrenamiento regular, con frecuencia e intensidad variada, que ejecutan un ejercicio dinámico (correr, jugar tenis, nadar), lo cual resulta en un incremento de la tasa cardíaca, el volumen sistólico y la presión arterial sistólica, con una declinación consecuente a la resistencia vascular periférica y la presión arterial diastólica. Lo anterior contrasta con el ejercicio estático (levantamiento de pesas), que implica un incremento de ambas presiones (sistólica y diastólica), con un modesto incremento de la frecuencia cardíaca y el gasto cardíaco.

### Respuesta de las reacciones ortostáticas en competidores de diferentes deportes

Las reacciones del organismo en el entrenamiento fueron investigadas a través de los cambios cardiovasculares mediante la prueba ortostática. Deportistas de varias modalidades deportivas fueron evaluados para ver el comportamiento de las variaciones de la respuesta del organismo antes y después del entrenamiento, 3 minutos en posición decúbito y 5 minutos en posición de pies, bajo las siguientes variables: frecuencia cardíaca en 10 segundos, presión arterial sistólica y presión arterial diastólica. Para hacer el comparativo de estos valores se emplean unas fórmulas descritas por Dobrev (1971), en las cuales se calcula lo que él llamó coeficiente ortostático informativo de las reacciones cardiovasculares con los cambios de posición del cuerpo e índice ortostático, el cual indica el predominio de los mecanismos compensatorios de la circulación, ritmo cardíaco o tono vascular.

#### Coeficiente ortostático:

$$\frac{0,90 + 2 ((PASv - PASH)/PASH)}{\sqrt{(1 - (Pv - Ph) / Ph)) * (1 - (PADv - PADh) / PADh))}$$

#### Índice ortostático:

$$\frac{1,1 * (1 + (PADv - PADh) / PADh)}{1 + (Pv - Ph) / Ph}$$

**PASv:** presión arterial sistólica vertical; **PASH:** presión arterial sistólica horizontal; **PADv:** presión arterial diastólica vertical; **PADh:** presión arterial diastólica horizontal; **Pv:** pulso vertical; **Ph:** pulso horizontal.

La prueba ortostática aplicada posterior a una carga refleja la temprana fase de recuperación de la FC y la PA y los cambios conectados a la redistribución de la sangre y la fatiga ocurrida durante la carga. La reacción ortostática se manifiesta por sí misma al tomar la posición vertical en una significativa disminución de la PAS, un ligero aumento del pulso y una elevación considerable de la PAD. El coeficiente ortostático disminuye y los valores más desfavorables obtenidos se observan en los deportistas sometidos a una carga de entrenamiento intenso. Al mismo tiempo, el aumento considerable del índice ortostático después de la carga resulta de la más activa participación de los mecanismos vasculares compensatorios al adoptar la posición de pies y la tendencia al incremento de la PAD demuestra, en nuestra opinión, la buena reacción compensatoria de los sujetos a los cuales se les aplicó la prueba ortostática.

Las reacciones normales de los deportistas bien entrenados muestran la tendencia a PAS bajas y un índice ortostático por debajo de 1 antes de recibir las cargas del entrenamiento, al igual que FC con ligero aumento no significativo. Después del entrenamiento, la FC aumenta ligeramente en posición vertical, la PAS muestra un aumento no significativo y la PAD se eleva igualmente sin significancia. El coeficiente ortostático disminuye después de la carga de forma más considerable, pero no así significativa, y tiende a mantenerse en valores inferiores o similares a 1.

Para la interpretación de las reacciones ortostáticas, las cuales son de gran importancia cuando se evalúa la condición circulatoria, se presentan a menudo dificultades. Los métodos propuestos por Lyublina (1933), Schellong (1938), Brehm y Wezler (1953), algunos de los cuales fueron los más comúnmente usados, proveen un conocimiento parcial acerca del carácter general de la reacción, no siendo capaces de dar información concerniente a los cambios dentro de los límites de uno u otro tipo de reacción. Los primeros estudios en evaluar las reacciones ortostáticas son de C. W. Crampton (1913). El índice que propuso estaba basado en los cambios sucedidos en la frecuencia cardíaca y la presión arterial sistólica, realizados en varias mediciones en diferentes sujetos. Por lo tanto, este índice es frecuentemente usado, es más corto, no tiene en cuenta la presión arterial diastólica y no toma los valores iniciales de frecuencia cardíaca y presión arterial en posición decúbito. Debe tenerse en cuenta en esta relación que un aumento en los mecanismos circulatorios compensatorios, los cuales son manifestados en formas distintas en sujetos entrenados, se relaciona con el tono vascu-

lar y el condicionamiento de la presión arterial diastólica por este, que comienza a mostrarse más y más importante para el mantenimiento de la presión sistólica después de su elevación (Dobrev, 1961).

El índice ortostático propuesto por Burkhart y Kirkchoff (1966) está libre de las simplezas descritas anteriormente, pero es aplicable solo en mediciones de reacción ortostática al mantenerse únicamente 10 minutos en posición de pies. La necesidad de medir la presión arterial diastólica llega a ser complicada también por el hecho de que existe en la reacción ortostática una correlación estrecha entre las presiones diastólica y sistólica, mas no así entre la presión sistólica y la frecuencia cardíaca. Los cálculos del coeficiente de correlación ( $r$ ) en cerca de 1.000 casos revelan una correlación entre la PAS y FC en posición acostado, de  $r = 0,147 \pm 0,03$ , y entre la PAS y la PAD de  $0,526 \pm 0,02$ . En posición de pies la correlación entre la FC y la PAS fue  $r = 0,036 \pm 0,03$  y entre PAS y PAD fue  $r = 0,057 \pm 0,02$ .

Al mismo tiempo, los cálculos de la correlación entre los valores de los cambios de posición de pies y acostado muestran que entre diferencias ortostáticas en PAS y FC se obtuvo un  $r = -0,078 \pm 0,03$  y entre PAS y PAD el  $r = 0,30 \pm 0,02$ . Esto evidencia que tanto en la PAS mantenida en posición decúbito y de pies, como también en los cambios ocurridos en esta después de pararse, existe una gran correlación entre la PAS y la PAD mucho mayor que entre la PAS y la FC. Por lo tanto, no debemos obviar los cambios en la PAD, ya que esto podría minimizar los cambios observados. Tomando en consideración la descripción hecha del carácter de la reacción ortostática, se propuso el coeficiente ortostático para este tipo de evaluación.

En la fórmula se pretende expresar el mecanismo de compensación de la PAS en la base de los cambios ocurridos inmediatamente al levantarse, tanto en la FC como en la PAD. Por otro lado, los valores iniciales para FC, PAS y PAD son tenidos en cuenta en esta fórmula, y el nivel de los cambios en cada uno de estos índices es tomado en dependencia de los valores iniciales. El crecimiento del valor del coeficiente en una próxima medición es considerado como un aumento en los mecanismos compensatorios, mientras que una disminución significará deterioro. Valores mayores de 1 significan, en nuestra opinión, una buena reacción, mientras que valores menores de 1 indican posibilidades compensatorias desfavorables. En mediciones comparativas, especialmente cuando se realiza el seguimiento de un mismo sujeto en un período definitivo, se propone un índice ortostático con el fin de

mirar la dirección de los cambios en los mecanismos compensatorios, por ejemplo, para ver la reacción vascular o la participación de la FC de una forma más o menos intensa. El índice ortostático expresa la interrelación de los cambios en la FC y las fluctuaciones de la PAD de acuerdo con la fórmula.

El crecimiento del índice indica un más grande incremento en el papel compensatorio de la actividad cardíaca, mientras que una disminución indica un aumento en la actividad del corazón.

#### Protocolo:

**Acostado:** 10 minutos, interrogatorio y auscultación, toma de FC y PA. Al final de los 10 minutos, EKG de control.

**De pies:** 1': FC, PAS y PAD; 3': FC, PAS y PAD; 5': FC, PAS y PAD más EKG de control.

Si existen alteraciones en el EKG, se trota 2 minutos y nuevo EKG de las derivaciones alteradas.

Durante el ejercicio el sistema nervioso simpático predomina sobre el parasimpático para modular el organismo y hacer que pueda cumplir tareas, desde suaves hasta extenuantes y, a veces, increíbles debido al volumen de la carga. A medida que el organismo se adapta a las exigencias físicas producidas por el entrenamiento deportivo, sufre cambios que obligan al sistema nervioso (SN), tanto autónomo como central, a realizar las modificaciones necesarias para mantener y lograr una estabilidad hemodinámica que permita un rendimiento óptimo durante el ejercicio. Este complejo sistema es el encargado de regular, de igual manera, la respuesta fisiológica ante las variaciones de posición corporal que se adoptan durante la actividad física. El conocimiento acumulado en los últimos años ha permitido identificar los cambios profundos que se suceden en el organismo del ser humano durante el entrenamiento físico y saber, por ejemplo, que las adaptaciones autonómicas son no solamente notables, sino también probablemente las más importantes. Todo esto se refleja en las variaciones de la frecuencia cardíaca (FC) y la presión arterial (PA) durante la prueba ortostática (PO), las cuales van a ser mucho más significativas en los deportistas de resistencia. Es por esto que la caracterización se realizará a partir del análisis de las pruebas ortostáticas de este grupo de deportes.

Si el organismo humano sobreentrenado no responde con la descarga simpática habitual al estrés del ejercicio, tampoco responderá al estrés ortostático prolongado y, por esta razón, se aplica este último buscando precisamente identificar precozmente cualquier desequilibrio autonómico, mediante una prueba ortostática, según las recomendaciones del Instituto de Medicina Deportiva de la Habana, Cuba.

Una de las grandes preocupaciones de los médicos encargados de cuidar la salud de los deportistas ha sido encontrar marcadores que permitan detectar precozmente el sobreentrenamiento. Hasta la fecha, en el mundo, la prueba ortostática se ha usado preferiblemente para el diagnóstico de enfermedades relacionadas con el sistema cardiovascular, sobre todo el síncope. Sin embargo, en los países de Europa Oriental su utilidad se amplía en la aviación y la cosmonáutica, y en el diagnóstico de sobrecarga deportiva es reconocida debido a la respuesta del sistema nervioso autónomo. La prueba ortostática ha sido utilizada como una forma de evaluar la respuesta de los deportistas a la adaptación de las cargas de entrenamiento. Desafortunadamente, en nuestro medio no existen en la literatura referencias acerca de los cambios y las reacciones ortostáticas con el ejercicio, en especial en los deportes de resistencia, en los cuales está involucrado el sistema cardiovascular y es de vital importancia su adecuada respuesta a las cargas de entrenamiento.

La caracterización de la respuesta ortostática en los deportistas permite establecer una referencia para la evaluación del sistema nervioso autónomo en este grupo de personas y definir las adaptaciones a las cargas para detectar el sobreentrenamiento en sus fases tempranas.

Según los cambios de la presión arterial y el pulso aparecidos durante la influencia ortostática, surge la posibilidad de valorar el carácter y la calidad de la regulación del sistema cardiovascular, como también la calidad de la adaptación del atleta a las distintas condiciones del entrenamiento.

Así, es necesario comparar los parámetros obtenidos durante la investigación de cada deportista con las magnitudes normales caracterizadas para los atletas bien entrenados.

## Metodología para aplicar LA PRUEBA ORTOSTÁTICA

Debe procurarse un ambiente calmado y confortable. El deportista debe estar en óptimas condiciones de salud. Debe acostarse en la cama inclinable usada para esta prueba y conectarse a un electrocardiógrafo y a un monitor.

Asistir al examen en condiciones muy cercanas a las basales, es decir, sin haber practicado deporte ese mismo día ni haber entrenado intensamente el día anterior.

Posterior a la explicación del examen, se diligencia un interrogatorio que incluye identificación, fecha de nacimiento, edad deportiva, entrenamiento el día anterior, horas y calidad de sueño la noche antes, antecedentes familiares de síncope, muerte súbita, epilepsia, disautonomía, enfermedad cardíaca, arritmias y enfermedades crónicas no transmisibles.

Así mismo, se indaga sobre antecedentes personales acerca de dolor precordial, taquicardias, disnea, mareos o desmayos durante el ejercicio. También se interroga por actuales enfermedades agudas, lesiones deportivas y estado psicológico.

La prueba inicia con la instalación de un monitor cardíaco, al cual debe permanecer conectado el deportista mientras dure el examen y la toma de un registro electrocardiográfico en posición de decúbito supino después de un reposo de cinco minutos. Se hace el primer registro de la frecuencia cardíaca y se mide la presión arterial en reposo.

Se sujeta al atleta acostado en la mesa inclinable con 2 correas, una a la altura de la cintura y otra sobre piernas, con el fin de asegurarlo a la camilla y evitar accidentes con los cambios de posición. Se procede a elevar la cabecera de la camilla hasta alcanzar una inclinación de 70 grados; en esta posición han de transcurrir 5 minutos, con el registro de la frecuencia cardíaca y la presión arterial al 1er, 3er y 5to minuto.

Mientras se hace la evaluación, se debe vigilar el monitor cardíaco con el fin de observar cambios en el ritmo, la frecuencia cardíaca y cualquier manifestación de signos y síntomas que el deportista presente.

Esta información se anota en el formato de prueba ortostática para ser incluida en la historia clínica.

Los resultados de la prueba analizan la frecuencia cardíaca según la edad deportiva, que en decúbito supino evidencia casi siempre una bradicardia sinusal como un cambio en la regulación del sistema nervioso autónomo demostrado por el aumento del tono vagal con relación al tono simpático, lo que corrobora la literatura en cuanto al mayor tiempo de entrenamiento sistemático y la habitual bradicardia sinusal.

El comportamiento de la frecuencia cardíaca en posición de pie comparada con la de decúbito supino puede llegar a alcanzar un incremento entre 0 y 30 latidos por minuto en las 3 oportunidades (minuto 1, 3 y 5), respecto de la frecuencia observada en la posición acostado.

La presión arterial sistólica en posición de pie no disminuye menos de 20 mm de Hg ni aumenta más de 10 mm de Hg en los 3 tiempos (minuto 1, 3 y 5) que se registran con relación a la posición acostado.

Los valores diferentes a los antes mencionados se consideran inadecuados para el deportista, al igual que la aparición de signos y síntomas muy marcados de origen vagal, lo que requiere la oportuna intervención por parte del médico especialista en deporte para orientar al entrenador y al atleta con respecto a las cargas de entrenamiento y a su proceso de recuperación de las mismas. Si los valores encontrados se asemejan a los referenciados, la prueba se considera adecuada y normal.

Al considerar los resultados del análisis de las diferentes variables incluidas en el estudio ortostático, se observa que la variación de las presiones arteriales, tanto sistólicas como diastólicas, y la frecuencia cardíaca de los deportistas bien entrenados con respecto a los valores basales no deben presentar una variación considerable, por lo que podemos deducir que presentan una adecuada adaptación cardiovascular al estrés ortostático, lo que pudiera correlacionarse con una buena adaptabilidad a las cargas de entrenamiento y una buena respuesta cardiovascular al momento de la competencia.

Es importante resaltar que durante la prueba ortostática la mayor variabilidad se obtiene en la frecuencia cardíaca, lo que significa que los deportistas realizan compensación cardiovascular a expensas de la velocidad de contracción cardíaca para mantener el gasto cardíaco durante el estrés ortostático, y no requirieron modificar las resistencias

vasculares periféricas para evitar el colapso cardiovascular, lo que pudiera indicar que durante un esfuerzo físico importante los deportistas responderían adecuadamente a la carga.

También en el momento de la prueba ortostática los deportistas sufren una redistribución del volumen sanguíneo intravascular producto de la gravedad. Al no existir variación significativa de las variables estudiadas ya descritas, se deduce que la compensación cardiovascular es adecuada gracias a la estimulación simpática, que es lo que le sucede normalmente a un deportista bien entrenado en el momento de la competencia.

## Valoración y hallazgos normales en el electrocardiograma del DEPORTISTA: ESTANDARIZACIÓN E INTERPRETACIÓN

El electrocardiograma es un examen que refleja la actividad eléctrica del corazón y constituye una herramienta muy útil para la evaluación de los atletas. Es importante diferenciar e interpretar los efectos fisiológicos del entrenamiento físico intenso de los patrones anormales que requieren intervenciones y pruebas adicionales para confirmar o desecher la sospecha de una condición cardiológica de muerte repentina.

El cuidado de la salud cardiovascular de los atletas parte de la comprensión de las adaptaciones fisiológicas cardíacas que se manifiestan en el electrocardiograma; este proporciona información muy valiosa si los cambios estructurales y eléctricos derivados de un entrenamiento físico regular son interpretados correctamente.

Diferenciar los hallazgos electrocardiográficos relacionados con el corazón de atleta, de los trastornos patológicos, es fundamental para la detección del riesgo de una muerte súbita.

Siendo el electrocardiograma un examen simple no invasivo, requiere tener presente algunas recomendaciones para su estandarización e interpretación, lo que permite mejorar la precisión, utilidad y conducta en la práctica clínica y evitar errores que pudieran desorientar una adecuada y correcta intervención terapéutica pues se considera un medio para diagnosticar los trastornos de conducción interventricular, las arritmias y algunas anomalías cardíacas genéticas a nivel eléctrico y estructural. Es un examen de rutina preoperatorio, para evaluar ocupa-

ciones de alto riesgo, para la participación de los deportes y también como herramienta de investigación.

En la actualidad, los electrocardiogramas son un registro hecho por máquinas digitales equipadas con un software automatizado. La Asociación Americana del Corazón (AHA) hizo una declaración de referencia en cuanto a las normas para la toma e interpretación del ECG de doce derivaciones.

El procesamiento del electrocardiograma tiene lugar a través de una serie de pasos cada uno de los cuales requieren del cumplimiento de normas. La estandarización registra las posibles diferencias entre los sitios presentes en la superficie del cuerpo que varían durante el ciclo cardíaco y evidencia las diferencias en los voltajes de transmembrana en las células del miocardio, que se producen durante la despolarización y repolarización en cada ciclo. El electrocardiógrafo procesa la señal de los electrodos en la superficie del cuerpo y seguidamente, debe eliminar el ruido de baja frecuencia que resulta del movimiento y la respiración y también de la alta frecuencia dada por la interferencia electromagnética y los filtros digitales.

Hoy en día existen en el mercado una amplia gama de electrocardiógrafos de última generación que cuentan con un monitor digital, diez latiguillos, un cable de electrodos, sistema de pinzas, broches o chupas y un cable de energía.

Estos dispositivos electrónicos están configurados internamente con un amplificador de biopotenciales para impedir que el voltaje se altere, al mismo tiempo que conservan niveles seguros de corriente para el paciente y muestra el estado de calibración. Cuentan con un circuito manejado de pierna derecha como polo a tierra situado en el miembro inferior derecho para reducir los voltajes comunes, lo que es posible por tener una menor impedancia. Está equipado con un selector de derivaciones que logra adquirir las señales de cada electrodo ponderando el aporte de cada uno a través de resistencias y se logra de esta forma la derivación deseada. Existe también el sistema de memoria que guarda la señal para luego imprimirla con la información previamente incluida al equipo por el operador. Incluye un microcontrolador que realiza análisis de ondas, determina la frecuencia cardíaca e identifica arritmias, guía todos los procesos ejecutados por el electrocardiógrafo, lo que le confiere al operador la opción de seleccionar diversos modos de funcionamiento. Finalmente el registrador que edita el trazado final en un papel termosensible.



En el electrocardiograma digital, las señales son transformadas de análogas a digitales mediante varias fases:

- **Adquisición de la señal:** se obtiene la señal mediante la exploración de los electrodos colocados en la superficie corporal. Paso seguido ocurre la amplificación que apunta a aumentar las señales para ser filtradas, eliminando ruidos ocasionados por los movimientos corporales y la respiración. Igualmente es eliminado el ruido de alta frecuencia producto de artefactos o interferencia ocasionada por la red eléctrica para lograr una señal lo más nítida posible.
- **Transformación de datos:** los equipos dispositivos digitales poseen unas plantillas que incrementan la precisión de las medidas acoplando las variaciones y los artefactos entre latidos a partir de complejos dominantes.
- **Reconocimientos de forma de onda:** el dispositivo lleva a cabo una fase sucesiva de para la determinación el punto de inicio y finalización de cada onda realizando mediciones de conformidad con los parámetros preestablecidos en el equipo.
- **Extracción de las características:** se realiza la medición de intervalos y amplitudes.
- **Clasificación diagnóstica:** empleando algoritmos estadísticos y determinísticos el equipo establece una comparación de la base de datos que tiene incorporada con las mediciones realizadas y genera un informe y un diagnóstico probable.

Con respecto a la estandarización, el electrocardiograma computarizado requiere de una preparación de la señal para el análisis. La fidelidad de las mediciones utilizada en algoritmos diagnósticos es determinada por los factores técnicos que afectan el proceso de la señal (muestreo, filtrado y plantilla de formación). La construcción de complejos representativos es crítica para la confiabilidad en la extracción de características y mediciones globales.

Otros dos aspectos del análisis para el procesamiento del ECG que se refieren a las reglas basadas en la experiencia son, en primer lugar, que sean determinantes e incorporen mediciones para criterios de decisión y en segundo lugar la probabilidad estadística para evitar inestabilidad en el diagnóstico.

La adherencia a estándares metodológicos puede minimizar los factores técnicos y sistemáticos para obtener una uniformidad de la medición e interpretación, así como la comparación seriada de los trazados electrocardiográficos.

El cumplimiento de las normas minimiza las diferencias entre dispositivos de diagnóstico que utilizan diferentes métodos de procesamiento con respecto a las mediciones globales.

Pese a que la interpretación de ECG por computador puede ser de utilidad, sigue siendo imprescindible que los reportes sean revisados cuidadosamente por un profesional entrenado con experiencia en el diagnóstico preciso.

Todo trazado electrocardiográfico requiere los datos de identificación que incluye nombre completo, edad, género, documento de identificación, motivo del examen y observaciones. Se estandariza generalmente el paso del papel a una velocidad de 25 mm/s con respecto al tiempo y el voltaje en el eje vertical debe mostrar una amplitud de 1 mV que equivale a 10 milímetros. Según la necesidad para ampliar o disminuir el tamaño de los complejos, se modifica automáticamente la sensibilidad del registro, lo cual debe verificarse para prevenir equivocaciones.

A hacer el examen es prudente esperar a que la persona repose un poco y logre relajarse y disminuir la inquietud corporal, tiempo en el cual se explica el procedimiento y se aclaran dudas con respecto a riesgos y actitud frente al examen. Los objetos metálicos y electrónicos deben ser retirados a la persona, lo mismo que impedir el roce con las superficies metálicas de la camilla para disminuir las interferencias. Un ambiente cálido y privado impide la tensión muscular y facilita un buen registro. La posición de la persona es en decúbito supino con ambas extremidades superiores alienadas a lado y lado del cuerpo, la cabecera de la camilla a 45° para impedir que los hemidiafragmas se eleven, el corazón se desplace hacia atrás, conservando la ubicación espacial dentro del tórax y evitar cambios en las amplitudes registradas, los ejes y las duraciones, que puedan llegar a ser tan grandes como para alterar criterios diagnósticos de rutina.

Es preciso descubrir el tórax anterior, la cara anterior de los brazos y la parte distal de los miembros inferiores si la persona tiene las cuatro extremidades completas; si presenta una amputación el electrodo

correspondiente, se colocará en el muñón de dicha extremidad o en la región del torso más cercana, es decir, hombros o región abdominal inferior; lo mismo ocurre en caso de presentar quemaduras (se buscará una piel sana), y si hay fracturas se ubicará debajo de yeso en contacto con la piel directamente. Los vellos del pecho donde se colocarán los electrodos deben ser rasurados para facilitar el contacto adecuado con la piel, que además deberá estar libre de grasa cutánea, suciedad o humedad, por lo que es preciso limpiar con alcohol y aplicar una abrasión suave con esponja, para reducir la interferencia y mejorar la calidad del trazado. De igual modo, la aplicación de un gel conductor en los puntos de ubicación de los electrodos mejora la conducción de la señal eléctrica.

Las posiciones normales de los electrodos precordiales son con orientación horizontal, pero si se colocan sin hacer referencia a las marcas óseas subyacentes, el patrón de colocación es de orientación vertical. Es un error común pegar los electrodos V2 y V3 en una posición muy superior en el segundo o tercer espacio intercostal que puede resultar en una reducción de la amplitud de la onda R, lo cual puede causar una pobre progresión o dar lugar a un complejo rSr con inversión de la onda T. También la posición en el sexto espacio intercostal del V5 y V6 puede alterar las amplitudes utilizadas en el diagnóstico de hipertrofia ventricular. A sí mismo, la colocación de los electrodos en las mujeres con senos grandes sigue siendo un problema, ya que estos se ubican por debajo de la mama, lo que reduce la atenuación de la amplitud a causa de la impedancia en el torso superior de las mujeres y parece favorecer la reproducibilidad de la posición durante la práctica de rutina.

Por lo tanto, es evidente que los efectos sobre el electrocardiograma normal dependerán del cuidado con que se coloquen los electrodos habitualmente, en la forma y tamaño del pecho y los pequeños cambios de posición del paciente.

Cuatro electrodos definen el plano frontal estándar de las derivadas definidas por Einthoven. El electrodo de la pierna derecha (RL), que actúa como una referencia electrónica que sirve para mejorar un patrón común o ruido indeciso y el de la pierna izquierda (LL), debe ubicarse exactamente en la extremidad definida, pues su trasposición altera el resultado del ECG. La ubicación errada de sus cables da como resultado una derivación DI con polaridad invertida. Al igual que DII y DIII. Al verificar la polaridad del complejo QRS de en DI en con las derivaciones V5 y V6 debe ser similar y el diagnóstico diferencial es una dextro-

cardia, imagen que se observa al invertir las derivaciones de miembro superior e inferior derechos.

La derivación I está definida como la potencia entre el brazo izquierdo y el derecho (LA- RA), la derivación II es definida como el potencial de diferencia entre la pierna izquierda y el brazo derecho (II- RA) y la derivación III es definida como el potencial de diferencia entre la pierna izquierda y el brazo izquierdo (LL-LA). Estas son las llamadas derivaciones estándar. Estas consideraciones promueven la apreciación de las características morfológicas espaciales del ECG y ayudan en su interpretación. A los pares de electrodos AVR, AVL y AVF se les llama derivaciones unipolares y se presentan en una amplitud relativamente baja.

V1 es la derivación precordial de referencia en el cuarto espacio intercostal derecho con línea para esternal derecha; al lado izquierdo al mismo nivel está V2, en el intermedio de V2 y V4 está V3, en el quinto espacio intercostal derecho con línea medio clavicular V4, en el quinto espacio intercostal derecho con línea axilar anterior va V5 y V6 en el quinto espacio intercostal derecho con línea axilar media.

En cuanto a lo que se considera como hallazgos normales en el electrocardiograma de un atleta se pueden enumerar los siguientes, y se reconoce como adaptaciones cardíacas fisiológicas al ejercicio regular y que reflejan un modelado estructural y eléctrico y las adaptaciones del sistema nervioso autónomo, dando lugar a lo que se denomina "Corazón del atleta".

Aproximadamente del 60 al 80% de los deportistas exhiben cambios electrocardiográficos, teniendo en cuenta aspectos como la edad, el género, la etnia, la disciplina deportiva, el nivel de entrenamiento y el tiempo de experiencia deportiva. Se evidencia esta prevalencia en descendientes caribeños o africanos de género masculino frente a atletas de otras razas o femeninas; del mismo modo, deportes que exigen una mayor resistencia cardiovascular como canotaje, ciclismo y maratón generan cambios mayores en el ECG con respecto a disciplinas deportivas de velocidad o fuerza y de poca resistencia cardiovascular. De acuerdo con lo anterior, es considerado normal un aumento del tono vagal e incremento del tamaño de la cámara cardíaca con la práctica regular del ejercicio y a largo plazo el ejercicio intenso.

La bradicardia sinusal es definida con una frecuencia cardíaca menor de 60 latidos por minuto; está presente hasta en un 80% de los

atletas, y se encuentran frecuencias de 30-40 latidos, con una anulación del latido sinusal por la hipertonía vagal, que puede dar lugar a episodios nodales con disociación aurículoventricular. Así mismo, es frecuente hallar arritmia sinusal, pausas sinusales, aumento del intervalo PR hasta 300 m y fenómeno de Wenckebach incluso durante el día, diferenciables de situaciones patológicas por no estar acompañados de síntomas y ausentarse al comenzar la práctica deportiva, lo cual corrobora su origen vagal.

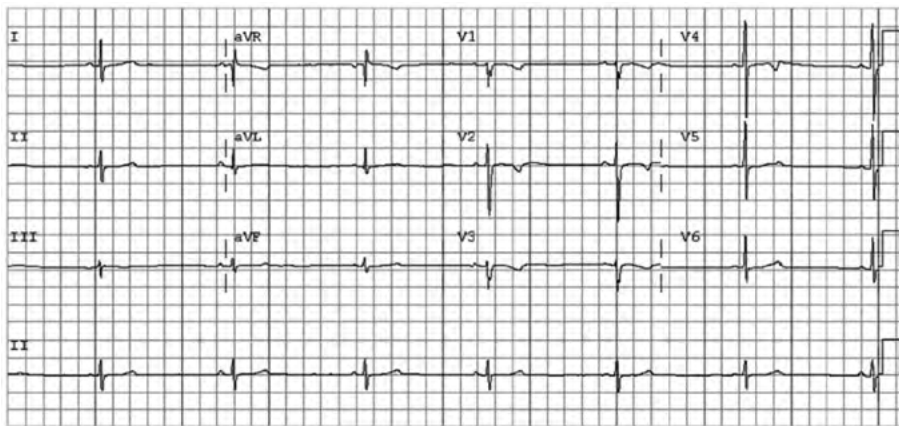


Figura 1. Bradicardia Sinusal en el deportista (Tomado de BJSM, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

La repolarización precoz está presente en un 50% a 80%; está relacionada con la modulación del sistema nervioso parasimpático sobre la repolarización. Más común en hombres y raza caucásica, cuyo patrón muestra una elevación cóncava del segmento ST que tiene una muesca en la porción descendente del complejo QRS llamada onda J. El ECG de los afrocaribeños con una elevación del ST, con una onda T negativa de V2 a V4. Este patrón podría confundirse con el patrón de Brugada y es preciso descartar una patología estructural y si está en otras derivaciones es patológico. Este patrón aparece y desaparece con el ejercicio. Y se hace visible en los primeros noventa días. Este patrón de repolarización temprana se asocia con un mayor riesgo de muerte súbita.

La evaluación del segmento T cóncavo presente en las derivaciones precordiales en un 45% de los deportistas caucásicos es lo que se conoce como repolarización precoz y en el 90% de los atletas caribeños y africanos. Del mismo modo, el bloqueo AV de primer grado y el Mobitz tipo I, bloqueo AV de segundo grado también se observan frecuentemente en los atletas.

En un 10% de las damas y en un 45% de los varones está presente el criterio de voltaje para hipertrofia ventricular izquierda que cumple el criterio de voltaje de Sokolow- Lyon; es un hallazgo normal relacionado con aumento fisiológico en el tamaño de las cavidades cardiacas o espesor de la pared. En caso de encontrar un crecimiento auricular izquierdo, depresión del segmento ST, desviación del eje a la izquierda, ondas Q patológicas o inversión de la onda U requiere evaluación médica adicional.

En ausencia de síntomas como mareo, fatiga o síncope una frecuencia cardiaca mayor o igual a 30 latidos por minuto, se debe considerar normal en un deportista bien entrenado; además desaparece con el incremento de la frecuencia cardiaca durante la actividad física.

Así mismo, durante la inspiración, puede elevarse la frecuencia cardiaca y disminuir con la espiración lo que da origen a un ritmo cardiaco irregular originado en el nodo sinusal.

## Ritmo de escape DE LA UNIÓN AV

Se presenta cuando el nodo sinusal deja de funcionar, el tejido de la unión auriculo-ventricular manifiesta su automatismo y se apodera del ritmo cardiaco. En los atletas por el aumento del tono vagal la tasa de QRS es más rápida que la onda P en reposo o frecuencia sinusal que se torna lenta.

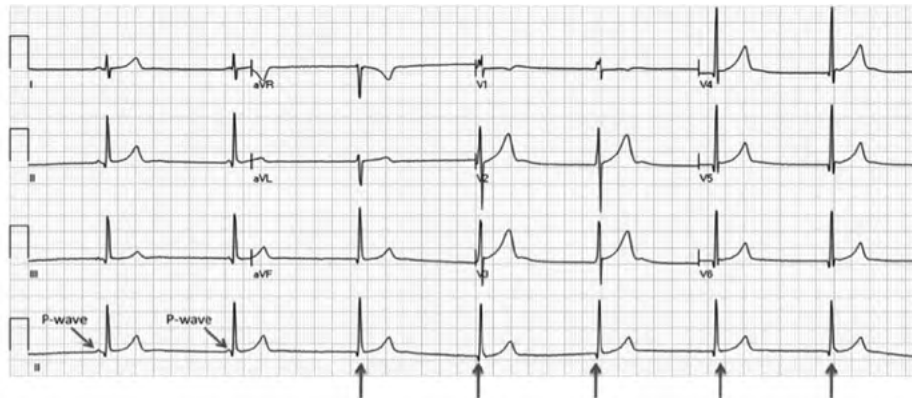


Figura 2. Ritmo de escape de la unión (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

### Ritmo auricular ECTÓPICO

Las ondas que están presentes pero su morfología es distinta a la onda P sinusal. Este ritmo ocurre por causa de un ritmo sinusal en reposo disminuido por el aumento del tono vagal, siendo este ritmo ectópico reemplazado por el sinusal durante el ejercicio una vez se aumenta el ritmo cardiaco. La frecuencia está cerca de 60 latidos por minuto y la onda P será negativa en las derivaciones II, III y aVF

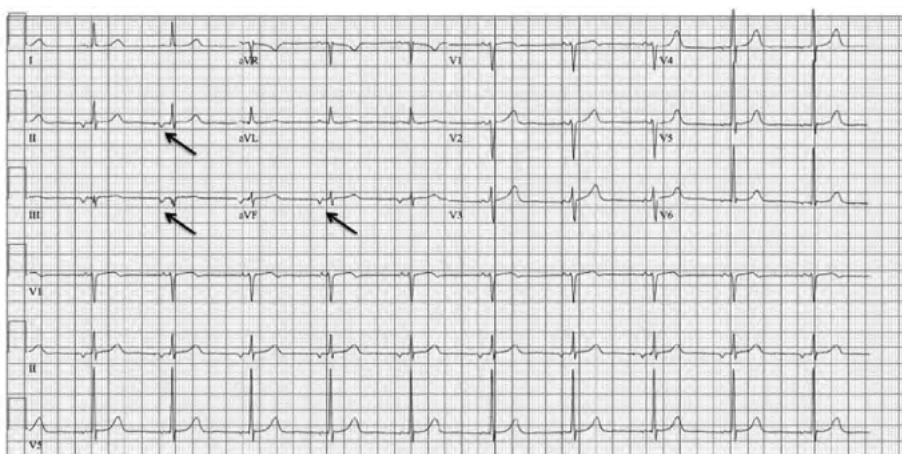


Figura 3. Ritmo auricular ectópico. (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

### El bloqueo AV de PRIMER GRADO

En los atletas el intervalo PR es prolongado, siendo superior a 200 m, por el aumento de la actividad vagal y generalmente se soluciona con el incremento del pulso durante el ejercicio.

Bloqueo Auriculo-ventricular de Segundo Grado Mobitz Tipo I (Wenckebach):

En este tipo de bloqueo se alarga el intervalo PR progresivamente hasta que aparece una onda P no conducida sin complejo QRS y es reversible.

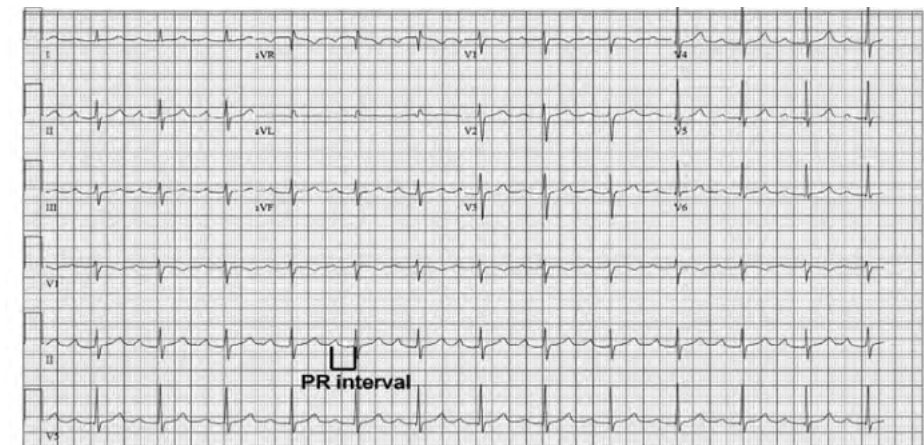


Figura 4. Bloqueo AV de primer grado (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

### Bloqueo incompleto DE RAMA DERECHA

Asociado con el aumento en el tamaño de cavidad ventricular derecha y en la masa muscular del ventrículo derecho. Tiene una duración mayor a 122 m con un patrón de rama derecha, con una onda R terminal en V1 (rSr) y ondas S anchas en DI y V6, se observa en el 40% de los atletas entrenados en resistencia y es muy común en los deportistas.

Si estos son asintomáticos, con antecedentes familiares negativos y el examen físico no muestra alteraciones en la auscultación cardiaca.

La repolarización temprana es un patrón que consiste en la elevación del segmento ST y una onda J presente en la rama descendente de la onda R.

Existe una nueva definición que muestra un complejo QRS con su rama descendente prolongada y una onda J sin elevación del ST. Es un hallazgo frecuente en atletas entrenados y un patrón benigno en personas sanas, aparece en los trazados electrocardiográficos del 35 al 90% de los atletas, más en jóvenes afrodescendientes. Se presenta en las derivaciones precordiales y es considerado una consecuencia directa del entrenamiento y no se asocia a muerte súbita. Es importante diferenciarlo de del patrón tipo 2 de Brugada.

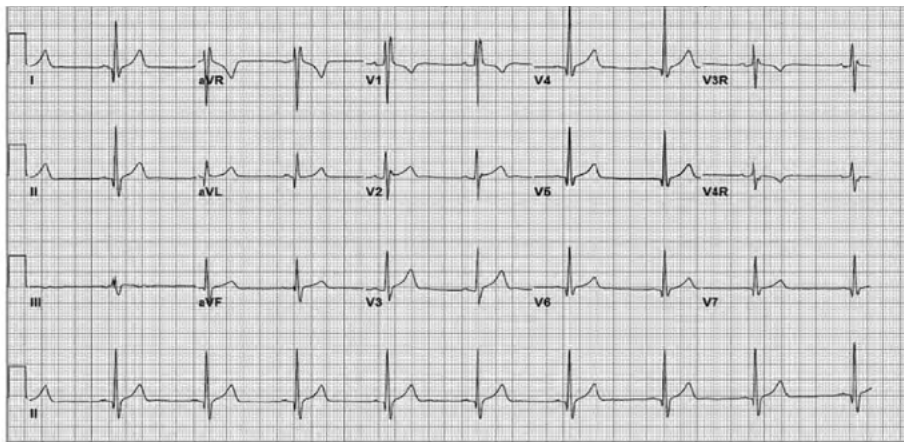


Figura 5. Bloqueo incompleto de rama derecha (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

El QRS del BIRDHH tiene una (r') con un descenso rápido comparado con los pacientes con patrón de Brugada tipo 2 siendo en estos el ángulo formado por la (r') mayor lo que sirve de criterio de diagnóstico diferencial.

## Criterios de voltaje hipertrofia DEL VENTRÍCULO IZQUIERDO

El más utilizado es el índice de Sokolow-Lyon; no obstante, el voltaje del QRS no es fiable completamente, puesto que el hallazgo de una hipertrofia ventricular depende de la medición de la actividad eléctrica del corazón de la superficie del cuerpo; pueden influir aspectos como el tamaño de la masa ventricular, el género masculino de raza negra que tienen mayor voltaje del QRS, entretanto la edad avanzada, la obesidad y la enfermedad pulmonar pueden causar un bajo voltaje.

En atletas las alteraciones morfológicas de crecimiento de cavidades y grosor de la pared cardíaca se asocia a un acondicionamiento físico intenso; por lo tanto, constituye una hipertrofia ventricular izquierda fisiológica hasta en un 45% de los atletas.

La repolarización temprana y la inversión de la onda T en las derivaciones anteriores en atletas negros es una adaptación étnica derivada del ejercicio regular. Más del 60% de los atletas presenta elevación del segmento ST y un 25% la inversión de la onda T, estos cambios están presentes sólo hasta V4; por lo tanto, una onda T invertida en V5 y V6 es considerado un resultado anormal y requiere valoración médica y pruebas adicionales.

El distintivo o señal es la elevación en cúpula del segmento ST como variante normal de la repolarización en deportistas africanos.

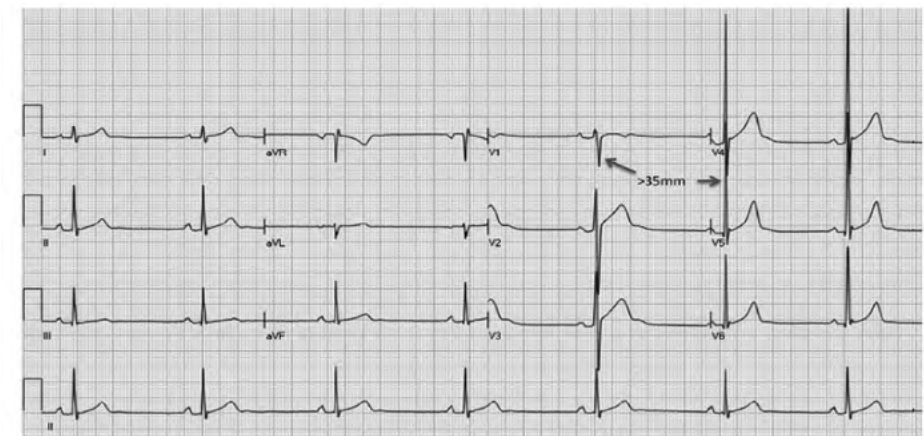


Figura 6. Hipertrofia del ventrículo izquierdo (Tomado de BJSJ, Normal electrocardiographic findings: recognising physiological adaptations in athletes, Drezner J, Fischbach P y Froelicher V.)

## REFERENCIAS

- Abhimanyu, U., et al.** (2011). Interpretación del electrocardiograma en deportistas jóvenes. *Circulación*, 124. 746-757.
- Beneditt, D.** et al. (1996). Tilt Table Testing for Assessing Syncope. Act Expert Consensus Document. *JACC*, 28, pp. 263-75.
- Calkins, H., et al.** (1995). Clinical presentation and long-term follow-up of athletes with exercise-induced vasodepressor syncope. *Am Heart J*, 129. 1159-64.
- Drezner D.** et al. (2013). Normal electrocardiographic findings: recognizing physiological adaptations in athletes. *Br J Sports Med*, 47. 125-136.
- Drezner J A,** et al. (2012). Standardised criteria for ECG interpretation in athletes a practical tool, *Br J sport Med* 46. 16-18.
- Duque, M., Díaz, C.** (2014) El Corazón del Atleta y la Electrocardiografía de 12 Derivaciones. En W .Uribe (2014) Electrocardiografía Clínica: De lo básico a lo complejo. Bogotá: Distribuna Editorial Médica. pp: 249-258.
- Dobrev, D.** (1970). Evaluación de la reacción ortostática mediante el coeficiente ortostático. *Agressologie* 12 C: 103-106. 1 Congrès Bulgare du Physiologie, Sofia.
- Grubb BP,** Syncope in the athlete. *Herzschr Elektrophys* 2012; 23. 72-75.
- Hall JE.** (2011) Guyton y Hall, *Tratado de fisiología médica*. 12 Ed. Elsevier Saunders, España.
- Heldt, T., Shim, E., Kamm, R. y Mark, R.** (2002). Computational modeling of cardiovascular response to orthostatic stress. *Journal of Applied Physiology*, 92.1239-1253.
- Jaramillo, C. J., Rico, M. y Becerra, M. M.** (1999). Evaluación del sistema nervioso autónomo en deportistas. Talleres XVIII Congreso Panamericano de Medicina Deportiva. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva*
- Karpman, U. L.** (1989). *La prueba ortostática. Medicina deportiva*. La Habana: Editorial Pueblo y Educación.
- Mallant, Z., Vicaut, E., Sangare, A. y Verschueren, J.** (1997). Predictions of head-up tilt test result by analysis of early heart rate variations. *Circulation*, 96(2). 581-4.
- Martín, J. y Potter, J.** (1999). Orthostatic blood pressure changes and arterial baroreflex sensitivity in elderly subjects. *Age and ageing*, 28. 522-230.
- Morales, C., Sánchez, A. y González, M.** (2002). Cambios posturales y variaciones de la tensión arterial y la frecuencia cardiaca: su relación con el consumo máximo de oxígeno. *Revista Digital - Buenos Aires*, 8(46).
- Pelliccia A,** et al. (2002). The Athlete's Heart: Remodeling Electrocardiogram and Preparticipación Screening. *CARDIOLOGY IN REVIEW*. 10(2). 85-90.
- Rabassa Lopez M.A.** et al. (2004) Estabilidad ortostática en deportistas de alto rendimiento. Memorias, III simposio de Hipertensión Arterial, Santa Clara, Cuba, 2006.
- Santa K, Chaverra I, Uribe W,** (2014) Recomendaciones esenciales para la realización, estandarización e interpretación de un ECG. En W .Uribe (2014) Electrocardiografía Clínica: De lo básico a lo complejo. Bogotá: Distribuna Editorial Médica. 39-48.
- Stoida, Y. y González, M.,** (1977). Investigaciones cardiológicas en los atletas cubanos. *Boletín científico-técnico*, (14).
- Sinelnikova, E. M.** (1984). *Fundamentos del control neurológico en el deporte*. Moscú: Ed. Vnezhorgizdat.
- Uribe W,** et al. (2005). Electrocardiografía y Arritmias. P.L.A. Export Editores Ltda. 11-14.
- Villegas J, García M,** (2005) El electrocardiograma del deportista En Manonelles P Cardiología del Deporte. Barcelona: Nexus médica S.L. 69-78

# EVA LUA CIÓN

FUNCIONAL EN EL LABORATORIO  
DE FISIOLÓGÍA, PROTOCOLOS  
PARA DETERMINAR  
LA CAPACIDAD AERÓBICA



Evaluación funcional  
en el laboratorio de fisiología,  
**PROTOCOLOS PARA**  
determinar la capacidad aeróbica

*Luis Hernando Valbuena Ruiz, Lic. EF. Esp.*

**E**xisten diferentes protocolos para determinar la capacidad aeróbica de los deportistas de rendimiento. Uno de los parámetros que más se ha estudiado es el consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> Max).

El consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> Max) se define como la mayor cantidad de oxígeno que un organismo puede extraer, transportar y utilizar durante la realización de un ejercicio máximo, a nivel del mar y durante el cual participa el mayor número posible de grupos musculares. Es el indicador más empleado para controlar la eficiencia en la utilización de los procesos energéticos aeróbicos por el organismo durante el trabajo físico, y puede alcanzar valores desde 35 ml/kg/min en una persona sedentaria, hasta 90 ml/kg/min, en un atleta entrenado. El VO<sub>2</sub> Max depende de varios factores: la genética, la edad, el sexo, la composición corporal y el grado de entrenamiento.

Para la medición del VO<sub>2</sub> Max en el laboratorio se requiere de equipos sofisticados y personal especializado; sin embargo, puede ser calculado en forma práctica y sencilla aplicando pruebas de campo, que tienen la ventaja de semejar las condiciones en las cuales se desempe-

ña el atleta, la especificidad para cada deporte, la simplicidad y la posibilidad de recursos y estrategias tales como nomogramas, ecuaciones y *software* para la predicción del VO<sub>2</sub> Max. Por lo cual, es un desafío para los investigadores, fisiólogos, entrenadores y técnicos la tarea de validar, promover y aplicar estas pruebas.

Investigadores interesados en la evaluación del VO<sub>2</sub> Max han encontrado una relación lineal directa entre esta variable y la intensidad del esfuerzo, lo que ha permitido establecer modelos matemáticos para calcular el VO<sub>2</sub> Max en función del trabajo realizado.

Entre las pruebas de campo más utilizadas por la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia (que permiten determinar VO<sub>2</sub> Max a partir de una ecuación o nomograma) están la de 2.000 metros (que consiste en recorrer esta distancia en el menor tiempo posible) y la *prueba de ida y vuelta* de Leger-Boucher o *la del yo-yo* test creado por Jens Bangsbo en Dinamarca (la cual ha probado ser una de las pruebas indirectas más fiables en todo el mundo). Su objetivo es muy claro: estimar el consumo máximo de oxígeno de forma progresiva (aumenta su dificultad en el tiempo) y maximal (termina cuando el atleta ya no puede continuar con la prueba).

Y el protocolo más empleado para medir el VO<sub>2</sub> Max en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio es la rampa, mediante el uso de la banda o la bicicleta, dependiendo de la modalidad deportiva.

## Protocolo utilizado para la ERGOESPIROMETRÍA EN BANDA RODANTE

Para la realización de esta prueba se utilizan dos protocolos incrementales o progresivos, con aumento gradual del trabajo, de forma más o menos brusca, hasta conseguir el agotamiento del deportista.

### Recomendaciones para su realización

- El deportista debe estar en buen estado de salud.
- El deportista no debe entrenar a altas intensidades por lo menos veinticuatro horas antes de la prueba.
- No haber ingerido comidas pesadas por lo menos dos horas antes de la prueba.

- Debe tener una ropa adecuada para realizar ejercicio.
- La persona que realice la evaluación debe estar capacitada y familiarizada con los equipos que va a utilizar.

## Protocolo en banda para determinar umbral ANAERÓBICO POR EL MÉTODO METABÓLICO

**Objetivo:** determinar la capacidad aeróbica y el umbral del lactato, y observar el comportamiento de la glicemia y algunas hormonas que se modifican con el ejercicio.

**Aplicación:** se utiliza para evaluar deportistas de maratón, media maratón, marcha y atletismo fondo.

### 1. Período de preparación

- Calentamiento y calibración del equipo analizador de gases.
- Examen médico general del deportista.
- Reposo del deportista durante 10 minutos.
- Frotar el lóbulo de la oreja del deportista con Finalgon (hiperhemizante) para facilitar una vasodilatación, asegurándose de esta manera una adecuada toma de muestras durante la prueba.
- Preparación del deportista y explicación de la prueba que va a realizar.
- Se toman los parámetros ergoespirométricos en reposo, estando el deportista en posición sentado durante 3 minutos.
- Se toma una muestra de 20 (ml) microlitros de sangre del lóbulo de la oreja, para determinar los valores del lactato en reposo.
- Se toma una muestra de sangre del pulpejo de uno de los dedos de la mano derecha, para determinar los valores de la glicemia en reposo.

### 2. Período de calentamiento

- Carga inicial de 3.5 mph durante 3 minutos, con una inclinación constante de la banda de 1 %.



### 3. Período de esfuerzo

- Incrementos de velocidad de 1 mph cada 5 minutos hasta el agotamiento (tener en cuenta los parámetros fisiológicos para suspender la prueba o cuando el deportista indique que no puede continuar).
- Registrar todos los parámetros ergoespirométricos cada 5 minutos o menos, si la prueba lo requiere.
- Se toma una muestra de 20 ml de sangre del lóbulo de la oreja 15 segundos antes de finalizar cada escalón de 5 minutos.
- Al terminar cada escalón el deportista debe señalar en la escala de Borg la percepción subjetiva al esfuerzo que está realizando.

### 4. Período de recuperación

- En este periodo el deportista continúa caminando con una intensidad y duración similar al calentamiento (3.5 mph) durante 3.
- Continuar 2 minutos más de recuperación pasiva en posición de pies.
- Registrar los valores a los minutos 1, 3 y 5 de recuperación.
- Se toma una muestra de 20 ml de sangre del lóbulo de la oreja al finalizar los minutos 1, 3 y 5.
- Finalizar la prueba desconectando al deportista del analizador de gases, grabar en el software del equipo y preparar el equipo para una nueva prueba.

## Protocolo en rampa o DE ESCALONES CORTOS

**Objetivo:** determinar el umbral ventilatorio y la potencia aeróbica máxima (VO<sub>2</sub> Max).

**Aplicación:** se utiliza para evaluar deportistas de atletismo fondo, medio fondo, conjunto, combate, velocidad y potencia.

### 1. Período de preparación

- Calentamiento y calibración del equipo analizador de gases.
- Examen médico general del deportista.
- Reposo del deportista durante 10 minutos.
- Preparación del deportista y explicación de la prueba que va a realizar.
- Se toman los parámetros ergoespirométricos en reposo, estando el deportista en posición sentado durante 3 minutos.

### 2. Período de calentamiento

- Carga inicial de 3.5 mph durante 3 minutos con una inclinación constante de la banda de 1 %.

### 3. Período de esfuerzo

- Incrementos de carga de 0.5 mph cada minuto hasta el agotamiento (tener en cuenta los parámetros fisiológicos para suspender la prueba, o cuando el deportista indique que no puede continuar).
- Registrar todos los parámetros ergoespirométricos cada minuto o menos si la prueba lo requiere.
- Al terminar cada 2 escalones, el deportista debe señalar en la escala de Borg la percepción subjetiva al esfuerzo que está realizando.

#### Parámetros ergoespirométricos

- Frecuencia cardíaca
- Frecuencia respiratoria
- Consumo máximo de oxígeno
- Volumen minuto respiratorio
- Equivalente respiratorio (VE)
- Pulso de oxígeno
- Cociente respiratorio



Protocolo en banda para determinar umbral anaeróbico por método metabólico.  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Protocolo en cicloergómetro con medición de ácido láctico para determinación del umbral metabólico.  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Protocolo en rampa o de escalones cortos.  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Protocolo de ergoespirometría indirecta en cicloergómetro.  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

#### 4- Período de recuperación

- En este periodo el deportista continúa caminando con una intensidad y duración similar al calentamiento (3.5 mph) durante 3 minutos.
- Continuar 2 minutos más de recuperación pasiva en posición de pies.
- Registrar los valores a los minutos 1, 3 y 5 de recuperación.
- Finalizar la prueba desconectando al deportista del analizador de gases, grabar en el software del equipo y preparar el equipo para una nueva prueba.

## ERGOMETRÍA

### Esfuerzo

Las pruebas indirectas realizadas en banda rodante deben regirse a los anteriores protocolos. La única diferencia es que no se utiliza el analizador de gases y el VO<sub>2</sub> Max es estimado mediante una fórmula.

### Parámetros ERGOMÉTRICOS

- Frecuencia cardíaca
- Capacidad de trabajo
- Consumo máximo de oxígeno estimado
- Percepción del esfuerzo
- Recuperación

### Fórmulas para estimar EL VO<sub>2</sub> MAX

Las fórmulas utilizadas para determinar el máximo consumo de oxígeno son:

**VO2 Max** =  $(V * 5.78) + 3.75$ ; V = velocidad de la banda en millas.

**VO2 Max** =  $(V * 3.656) - 3.99$ ; V = Velocidad de la banda en km (Pugh).

**VO2 Max** =  $[(V * 5.36) + 3.5] + [(V * 24.14 * \%incl)]$  Componentes horizontal y vertical.

La fórmula utilizada para la determinación del índice de recuperación (IR) es:

$$IR = \frac{FC \text{ max} - FC \text{ n}}{FC \text{ max} - FC \text{ r}} * 100$$

FC máx. = frecuencia cardíaca máxima.

FC n = frecuencia cardíaca del minuto que estamos averiguando.

FC r = frecuencia cardíaca en reposo.

## Protocolos utilizados para la Ergoespirometría EN CICLOERGÓMETRO

Para la realización de esta prueba se utilizan dos protocolos incrementales o progresivos, con aumento gradual del trabajo de forma más o menos brusca, hasta conseguir el agotamiento del deportista.

### Recomendaciones para su realización

- El deportista debe estar en buen estado de salud.
- No debe entrenar a altas intensidades por lo menos veinticuatro horas antes de la prueba.
- No haber ingerido comidas pesadas por lo menos dos horas antes de la prueba.
- Debe tener una ropa adecuada para realizar ejercicio.
- La persona que realice la evaluación debe estar capacitada y debe estar familiarizada con los equipos que va a utilizar.

## Protocolo en bicicleta para determinar umbral ANAERÓBICO POR EL MÉTODO METABÓLICO

**Objetivo:** determinar la capacidad aeróbica y el umbral del lactato, y observar el comportamiento de la glicemia y de algunas hormonas que se modifican con el ejercicio.

**Aplicación:** se utiliza para evaluar deportistas de ciclismo ruta, ciclismo pista, ciclomontañismo, bicigrós, natación, patinaje y triatlón.

### 1- Período de preparación

- Calentamiento y calibración del equipo analizador de gases.
- Examen médico general del deportista.
- Reposo del deportista durante 10 minutos.
- Frotar el lóbulo de la oreja del deportista con Finalgón (Hiperhemizante) para facilitar una vasodilatación, asegurándose de esta manera una adecuada toma de muestras durante la prueba.
- Preparación del deportista y explicación de la prueba que va a realizar.
- Se toman los parámetros ergoespirométricos en reposo, estando el deportista en posición sentado durante 3 minutos.
- Se toma una muestra de 20 ml de sangre del lóbulo de la oreja, para determinar el ácido láctico en reposo.
- Se toma una muestra de sangre del pulpejo de uno de los dedos de la mano derecha, para determinar la glicemia en reposo.

### 2- Período de calentamiento

- Carga inicial de 90 watts por minuto durante 4 minutos, con una frecuencia de pedaleo entre 60 y 70 revoluciones por minuto.

### 3- Período de esfuerzo

- Incrementos de carga de 30 watts cada 4 minutos hasta el agotamiento (tener en cuenta los parámetros fisiológicos para suspender la prueba o cuando el deportista indique que no puede continuar).

- Registrar todos los parámetros ergoespirométricos cada 4 minutos o menos, si la prueba lo requiere.
- Al terminar cada escalón, el deportista debe señalar en la escala de Borg la percepción subjetiva al esfuerzo que está realizando.
- Se toma una muestra de 20 ml de sangre del lóbulo de la oreja 15 segundos antes de finalizar cada escalón de 4 minutos.
- A los 300 watts y al finalizar la prueba, se toma una muestra de sangre para determinar la glicemia.

#### 4- Período de recuperación

- En este periodo el deportista continúa pedaleando con una carga y frecuencia de pedaleo inferiores a los del calentamiento.
- Continuar 2 minutos más de recuperación pasiva en posición sentado.
- Registrar los valores a los minutos 1, 3 y 5 de recuperación.
- Se toma una muestra de 20 ml de sangre del lóbulo de la oreja al finalizar los minutos 1, 3 y 5.
- Finalizar la prueba desconectando al deportista del analizador de gases, grabar en el software del equipo y preparar el equipo para una nueva prueba.

### Protocolo en rampa o DE ESCALONES CORTOS

**Objetivo:** determinar el umbral ventilatorio y potencia aeróbica máxima (VO<sub>2</sub> Max).

**Aplicación:** se utiliza para evaluar deportistas de natación carreras, natación aletas, polo acuático, patinaje carreras y patinaje artístico, ciclomontañismo, ciclismo pista y bicigrós.

#### 1- Período de preparación

- Calentamiento y calibración del equipo analizador de gases.
- Examen médico general del deportista.

- Reposo del deportista durante 10 minutos.
- Preparación del deportista y explicación de la prueba que va a realizar.
- Se toman los parámetros ergoespirométricos en reposo, estando el deportista en posición sentado durante 3 minutos.

#### 2- Período de calentamiento

- Carga inicial de 100 watts por minuto si es hombre y 80 si es mujer, con una frecuencia de pedaleo entre 60 y 70 revoluciones por minuto y una duración de 3 minutos.

#### 3- Período de esfuerzo

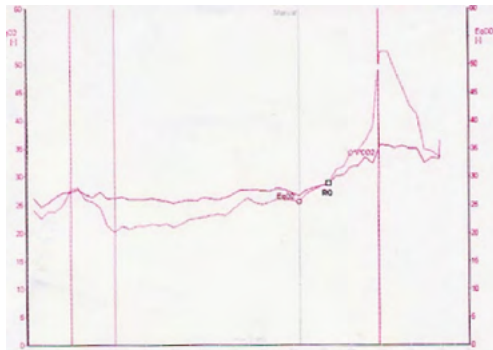
- Incrementos de carga de 10 watts cada 30 segundos hasta el agotamiento (tener en cuenta los parámetros fisiológicos para suspender la prueba o cuando el deportista indique que no puede continuar).
- Registrar todos los parámetros ergoespirométricos cada minuto o menos, si la prueba lo requiere.
- Al terminar cada 2 escalones, el deportista debe señalar en la escala de Borg la percepción subjetiva al esfuerzo que está realizando.

#### 4- Período de recuperación

- En este periodo el deportista continúa pedaleando con una intensidad y frecuencia de pedaleo inferiores a los del calentamiento.
- Continuar 2 minutos más de recuperación pasiva en posición sentado.
- Registrar los valores a los minutos 1, 3 y 5 de recuperación.
- Finalizar la prueba desconectando al deportista del analizador de gases, grabar en el software del equipo y preparar el equipo para una nueva prueba.



Protocolo en cicloergómetro en rampa o de escalones cortos.  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Determinación del Cociente respiratorio (QR) en una ergoespirometría.  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

## Ergometría en BICICLETA

### Parámetros ergométricos

- Frecuencia cardíaca
- Capacidad de trabajo
- Consumo máximo de oxígeno estimado
- Percepción del esfuerzo
- Recuperación

Las pruebas indirectas realizadas en la bicicleta ergométrica deben registrarse a los anteriores protocolos. La única diferencia es que no se utilizará el analizador de gases y el consumo de oxígeno se hallará mediante fórmulas.

### Fórmulas para estimar EL VO2 MAX

Las fórmulas utilizadas para determinar el máximo consumo de oxígeno son:

#### En rampa

$$\text{VO2 Max (l/min)} = 0.412 + 0.011 * \text{carga en watts}$$

$$\text{VO2 Max (ml/kg/min)} = 6,986 + 0.157 * \text{carga en watts}$$

#### En escalera

$$\text{VO2 Max (l/min)} = 0.209 + 0.013 * \text{carga en watts}$$

$$\text{VO2 Max (ml/kg/min)} = 4.685 + 0.207 * \text{carga en watts}$$

La fórmula utilizada para la determinación del índice de recuperación (IR) es:

$$IR = \frac{FC \text{ max} - FC \text{ n}}{FC \text{ máx.} - FC \text{ r}} * 100$$

FC máx. = frecuencia cardíaca máxima.

FC n = frecuencia cardíaca del minuto que estamos averiguando.

FC r = frecuencia cardíaca en reposo.

## REFERENCIAS

- Astrand, P., Rodalh, K.** (1992). *Fisiología del trabajo físico, Bases fisiológicas del ejercicio*. Buenos Aires: Editorial médica Panamericana.
- Caldas, R., Valbuena, L., Jaramillo, H.** (1998). Perfil funcional de mujeres deportistas de alto rendimiento. *Acta Médica Colombiana*, 23, pp. 151-155.
- Caldas, R., Valbuena, L. y Jaramillo, H.** (1996). Características funcionales de deportistas antioqueños de alto rendimiento. *Acta Médica Colombiana*, 21, pp.162-167.
- González J.** (1992). *Fisiología de la actividad física y el deporte*. Madrid: Editorial Interamericana Mc Graw – Hill.
- Jiménez, J. y Valbuena, L.** (2009). Relación entre el umbral anaeróbico y la escala de percepción subjetiva del esfuerzo en deportistas de rendimiento del departamento de Antioquia. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva*, 8(1).
- Lindner, W.** (1995). *Ciclismo en ruta*. Madrid: Ediciones Martínez Roca.
- López-Chicharro, L.** (2006). *Fisiología del ejercicio*. Panamericana.
- Marino, F., Contreras, L. y Valbuena, L.** (2001). *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva y Ciencias Aplicadas al Deporte*, 4: 29 - 36
- McDougall, J., Wenger, H. y Green, A.** (1991). *Physiological testing of the high-performance athlete*. Champaign: Human Kinetics.
- Mellerowics, J.** (1984). *Ergometría*. Buenos Aires: Editorial Médica Panamericana.
- Robert W. Pettitt, 1 Ida E. Clark, 1 Stacy m. Ebner, 1 Daniel T. Sedgeman, 1 and Steven R. Murray2; 1 Viola Holbrook Human Performance Laboratory, Minnesota State University, Mankato, Mankato; and 2 Department of Kinesiology, Colorado Mesa University, Grand Junction, Colorado. Journal of Strength and Conditioning Research, GAS EXCHANGE THRESHOLD AND VO2MAX TESTING FOR ATHLETES: AN UPDATE, Journal of Strength and Conditioning Research, volume 27, number 2, February 2013.**
- Shepard, R. J.** (1996). Consumo de oxígeno. En Shepard, R. J. y Astrand P. O. *La resistencia en el deporte* (pp.204-213). Barcelona: Paidotribo.
- Valbuena, L.** (2006). Ergoespirometría, y sistema muscular y ejercicio. En *Medicina del deporte*. Medellín: Ed CIB.
- Wasserman, K.** (1994). *Principles of exercise testing and interpretation*. Philadelphia: Lea and Febiger.
- Wilmore, J. y Costill, D.** *Physiology of Sport an Exercise*. Champaign: Human. Kinetics, 1994.



# EVA LUA CIÓN

**FUNCIONAL EN EL LABORATORIO  
DE FISIOLÓGÍA, PROTOCOLOS  
PARA DETERMINAR LA POTENCIA**



Evaluación funcional  
en el laboratorio de fisiología,  
**PROTOCOLOS PARA**  
determinar la potencia

*Luis Hernando Valbuena Ruiz, Lic.*

## Protocolo del **TEST DE BOSCO**



La acción de saltar es considerada como una de las cualidades básicas en un deportista. Esta determina ciertos niveles de potencia, rapidez, coordinación, fuerza y velocidad, cuando se evalúa funcionalmente su estado físico, su proyección y su retroalimentación.

En la mayoría de los casos la aplicabilidad del salto en las técnicas y tácticas deportivas es sencillamente espectacular. El hecho de aplicar una fuerza músculo esquelética que genera una velocidad inicial del cuerpo en un determinado ángulo de despegue y en completa resistencia o contrariedad de la fuerza de gravedad para obtener una determinada distancia establece la complejidad del mismo.

La saltabilidad es considerada como la capacidad de manifestar de una forma explosiva el esfuerzo muscular, para realizar una acción efec-

tiva sin apoyo en el aire; es decir, la saltabilidad es una cualidad compleja compuesta por fuerza, velocidad y habilidad. Así mismo, el salto es una actividad física que se caracteriza por los esfuerzos musculares cortos de carácter "explosivo" y que tiene muchos estilos; en este, el rigor muscular y la técnica adquieren primordial importancia (Postoev, 1991).

Existen diferentes tipos de saltos simples clasificados de acuerdo con el tipo de medición que se requiere y, en algunos casos, de acuerdo con el autor que diseñó y construyó el test. Hay saltos estándares, según la literatura reportada, y saltos tácticos o deportivos (Acero, 2000).

## Registro de SALTOS

1. Abalakov (ABK)
2. Countermovement Jump (CMJ)
3. Squat Jump (SJ)
4. Squat Jump con carga (SJw)
5. Drop Jump (DJ)
6. Saltos durante 15 segundos

## Abalakov (ABK)

**Objetivo:** estimar la participación del componente elástico, el componente contráctil, la fuerza elástico-explosiva y el porcentaje de participación de los músculos de los miembros inferiores.

### Período de preparación

- Calibrar el equipo que vamos a utilizar (fotoceldas, estera o plataforma de fuerza).
- Explicar al deportista las pruebas que va a realizar.

### Período de calentamiento

Se recomienda que el calentamiento sea de 15 minutos, haciendo énfasis en la musculatura de los miembros inferiores.

### Período de esfuerzo

El deportista debe realizar 3 saltos no consecutivos, desde la posición de pies, con el tronco y rodillas extendidas, manos sueltas y relajadas, con una flexión de rodillas de 90°. La altura se mide teniendo en cuenta el tiempo de vuelo.

- El descanso entre cada salto es de 20 segundos.
- De los 3 saltos realizados, se tiene en cuenta el de mayor tiempo de vuelo.

## Counter movement JUMP (CMJ)

**Objetivo:** estimar la participación del componente elástico, el componente contráctil y la fuerza elástico-explosiva de los miembros inferiores.

### Período de esfuerzo

El deportista debe realizar 3 saltos no consecutivos, desde la posición de pies, con el tronco y rodillas extendidas, manos en la cintura, con una flexión de rodillas de 90°. La altura se mide teniendo en cuenta el tiempo de vuelo.

- De los 3 saltos realizados, se toma en cuenta el de mayor tiempo de vuelo.
- Entre cada modalidad de saltos se deja descansar al deportista durante 1 minuto.



## Squat JUMP (SJ)

**Objetivo:** estimar la participación del componente contráctil y la fuerza explosiva de los miembros inferiores.

### Período de esfuerzo

El deportista debe realizar 3 saltos no consecutivos desde la posición de sentadillas en 90° de flexión de rodillas, con las manos en la cintura, sosteniendo la posición 5".

- De los 3 saltos realizados, se tiene en cuenta el de mayor tiempo de vuelo.

## Squat jump con CARGA (SJW)

**Objetivo:** estimar la capacidad contráctil y la capacidad de reclutamiento de los músculos de los miembros inferiores.

### Período de esfuerzo

- El deportista realiza 3 saltos SJ y 3 saltos con el 100 % del peso corporal.
- Se observa el comportamiento del SJw y la diferencia con el SJ.

## Drop JUMP (DJ)

**Objetivo:** estimar la participación del componente contráctil, elástico, reflejo y la fuerza reflejo-elástica explosiva de los miembros inferiores.

### Período de esfuerzo

- Efectuar un salto luego de una caída de una altura determinada (partiendo de una posición con piernas extendidas y con un movimiento hacia abajo).



Abalakov (ABK)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



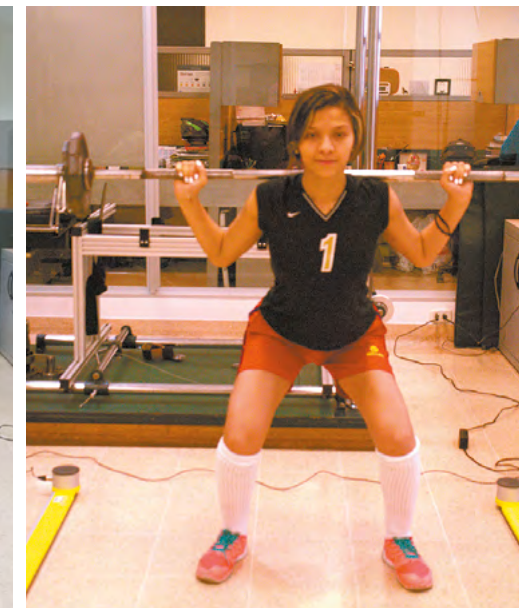
Counter mouvement jump (CMJ)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Squat jump (SJ)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Squat jump con carga (SJW)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

- El movimiento continuo debe efectuarse con las manos sobre las caderas y el tronco recto.
- El test está estandarizado sobre 5 alturas de caída: 20 cm - 40 cm - 60 cm - 80 cm - 100 cm.

## Saltos durante 15 SEGUNDOS

**Objetivo:** valorar la potencia mecánica (W/kg) del metabolismo anaeróbico aláctico, la relación entre el contacto y el vuelo (Q) y la resistencia a la fatiga.

### Período de esfuerzo

- El deportista debe realizar el mayor número de saltos consecutivos en un tiempo de 15 segundos con las características del CMJ.
- La potencia se calcula a partir del tiempo de vuelo, el tiempo de contacto y el número de saltos.



Drop jump (DJ)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Saltos durante 15 segundos

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

## Déficit BILATERAL (DBL)

El DBL es causado por la falta de una activación completa de las fibras motoras rápidas durante la tarea bilateral comparada con la tarea unilateral (Oda y Moritani, 1994).

“Durante la acción muscular bilateral máxima, la fuerza producida en esta condición ha sido reportada como menor que la suma de las acciones unilaterales máximas” (Challis, 1998)

Existen varias teorías sobre el por qué de la falta de fuerza máxima o de potencia cuando activamos al máximo una gran cantidad de grupos musculares. Entre estas, se dice que es por falta de capacidad del sistema nervioso central, por el fenómeno de la redundancia motora o por falta de capacidad de reclutamiento motor.



Déficit bilateral derecho (DBD)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Déficit bilateral izquierdo (DBI)

Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

De acuerdo con varios análisis de estudios y observaciones hechas en diferentes modalidades deportivas con deportistas de alto rendimiento del departamento de Antioquia, podemos concluir que los valores del **DBL** son diferentes y que esa relación se puede mejorar y acercar los valores a 0, logrando una buena facilitación.

Para obtener los valores del déficit bilateral es necesario realizar 18 saltos: 3 bipodales en la modalidad de ABK, 3 CMJ y 3 individuales con cada pierna en cada una de las modalidades mencionadas, con el fin de obtener el mejor resultado de cada uno de los 3 intentos.

Tabla 1. Procedimiento para la evaluación del DBL.

Técnica	Bipodal	P. Derecha	P. Izquierda
ABK	3	3	3
CMJ	3	3	3

Fuente: Acero e Ibarquén (2002).

La fórmula que se aplica es la siguiente, teniendo en cuenta la metodología propuesta por el doctor Jorge Acero y colaboradores.

$$DBL = \frac{Bipodal - (Pd + Pi)}{Bipodal} \times 100$$

*Pd = pierna derecha*

*Pi = pierna izquierda*

La clasificación de los valores la podemos hacer de acuerdo con la siguiente tabla, elaborada por la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Tabla 2. Clasificación de Valores para el DBL

VALORES	CATEGORÍAS
> = 0	Facilitación
0 a (-3,5)	Muy bueno
(-3,6) a (-12,5)	Bueno
(-12,6) a (-24,5)	Regular
< (-24,6)	Malo

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, Contreras LE. Valbuena LH., 2012.

## Simetría de EXTREMIDADES

Es normal que se encuentre cierta asimetría, descompensación o embalse entre grupos musculares a nivel unilateral, pero esta no debe ser de más del 10 %. Cuando se excede este valor, se deben buscar las posibles causas de esta asimetría, y cuando el valor sobrepasa el 15 %, se debe fortalecer el miembro afectado hasta lograr una buena compensación.

Para obtener estos valores de simetría se aplica cualquiera de estas fórmulas, teniendo en cuenta la fuerza o la distancia obtenida en la comparación de diferentes saltos de altura (ABK) O (CMJ) (Schiltz y Lechance, 2009).

$$Si = \left[ 1 - \frac{\text{Extremidad no dominante}}{\text{Extremidad dominante}} \right] * 100$$

$$Si = \left[ 1 - \frac{\text{Extremidad con historia de lesión}}{\text{Extremidad sin historia de lesión}} \right] * 100$$

$$Si = \left[ \frac{\text{Extremidad dominante} - \text{no dominante}}{\text{Extremidad dominante}} \right] * 100$$

**SI** mayor de 15 % es anormal.

Para obtener los índices y capacidades que caracterizan la combinación de las diferentes modalidades del salto podemos aplicar las diferentes fórmulas:

Potencia mecánica (W/kg):  $(G^2 * T_t * T_v) / (4 * n_s * T_t - T_v)$

Índice de elasticidad (%):  $(CMJ - SJ) * 100 / SJ$

Resistencia a la fuerza explosiva (%):  $(hSJ / hCMJ) * 100$

Índice de Bosco (%):  $(SJbw / SJ) * 100$

Diferencia entre miembros inferiores (%):  $(MID - MII) * 100 / MID$

Déficit bilateral (%):  $Bipodal - (p_i + p_d) / Bipodal * 100$

Índice de fatiga en saltos continuos (%):  $(P_i - P_f) / P_i * 100$

Capacidad de resistencia a la fuerza veloz  
 (CRFV):  $(hmed 15" / h CMJ) * 100$

Pérdida del trabajo muscular (PTM):  $(H45") / CMJ$

Índice Q:  $t_v / t_c$

## Perfil de manifestaciones DE LA FUERZA

Capacidad contráctil (CC %) = SJbw

Capacidad de reclutamiento (CRS %) SJ-SJbw

Capacidad elástica (CE%) CMJ-SJ

Capacidad de utilización de brazos (CB%)  $ABK - CMJ * 100 / CMJ$

Componente reflejo (CR %) DJ-ABK

Componentes totales del salto:

$CT = SJbw + (SJ - SJbw) + (CMJ - SJ) + (ABK - CMJ) + (DJ - ABK)$

## Datos de REFERENCIA

Componente muscular	80-90 %
Componente elástico	10-15 %
Componente coordinativo	5-15 %
Índice elástico	5-10 %
Déficit del componente	80-90 %

Estos estudios facilitan la rehabilitación o recuperación de los deportistas, permitiendo identificar los músculos que necesitan fortalecimiento o entrenamiento, para así lograr una activación más especializada y efectiva, propia de un deportista de alto rendimiento.

## Protocolo de la prueba de FUERZA-VELOCIDAD

**Objetivo:** evaluar la potencia muscular, la resistencia muscular y su fatigabilidad, determinando la potencia pico, la potencia promedio y el porcentaje de fatiga mediante una prueba sencilla, de bajo costo y fácil de realizar.

**Aplicación:** ciclismo pista, ciclismo ruta, bicirós, ciclomontañismo, triatlón, patinaje carreras, natación carreras y polo acuático.

### 1. Período de preparación

- Preparación del ergómetro.
- Cálculo de la carga que se va a colocar a la bicicleta, de acuerdo con el peso corporal del atleta.
- Explicar al deportista la prueba que se la va a realizar.

## 2. Período de calentamiento

- El calentamiento se debe realizar en la bicicleta donde se va a efectuar la prueba.
- El deportista debe pedalear durante 10 minutos. Cada 2 minutos intercambia a sprints máximos de 5 a 10 segundos de duración.
- La frecuencia cardiaca alcanzada durante el calentamiento debe estar cerca de las 160 ppm.
- Los sujetos deben descansar posteriormente de 3 a 5 minutos para eliminar fatiga asociada con el calentamiento.

## 3. Período de esfuerzo

- Con la orden de iniciar, el deportista empieza a pedalear tan rápido como le sea posible contra una resistencia baja, acción que puede durar entre 3 y 4 segundos.
- Acción seguida, el evaluador coloca la carga predeterminada y empieza a cronometrar el tiempo de la prueba (15, 30, o 45 segundos), momento en el cual se inicia el conteo del número de revoluciones.
- La carga predeterminada es de 0.090 kp/kg de peso para adultos no entrenados y de 0.100 kp/kg de peso para atletas adultos. O si se quiere ser más específico para determinar la carga óptima, se debe hacer en días previos a la prueba una evaluación para determinar la fuerza de frenado generada por la potencia pico.
- El deportista debe permanecer sentado todo el tiempo que dure la prueba y debe pedalear tan rápido como le sea posible, desde el principio hasta el final de esta.
- Durante la prueba debe existir una gran motivación verbal, especialmente durante los 10 a 15 segundos finales, que es el momento en el cual la fatiga muscular es enorme.

## 4. Período de recuperación

- Inmediatamente después de la prueba, se realiza un pedaleo durante un periodo de 2 a 3 minutos, contra una resistencia ligera.
- Caminar y realizar estiramientos.



Protocolo de la prueba de fuerza-velocidad  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia



Protocolo de la prueba de fuerza-velocidad  
Fuente: Archivo Indeportes Antioquia

- Si por cualquier circunstancia hay que repetir la prueba, se recomienda un intervalo de reposo de al menos 30 minutos.

## Índices de DESEMPEÑO

**Potencia pico (PP):** es la potencia mecánica más alta observada durante la prueba.

$$PP = \frac{D}{T}$$

**Potencia promedio (PM):** es la potencia promedio obtenida durante el periodo que dure la prueba. Se obtiene promediando los valores de la potencia logrados durante los segmentos de 3 o 5 segundos.

$$PM = \frac{\sum \text{Potencia de los periodos}}{\text{N}^\circ \text{ de periodos}}$$

**Índice de fatiga (IF):** es el grado de caída de la potencia durante la prueba y se expresa con la fórmula:

$$IF = PP - P_m / PP$$

**P<sub>m</sub>** = potencia mínima; **PP** = potencia pico

## REFERENCIAS

- Acero, J.** (2.000) Evaluaciones biomecánicas por tecnología de contactos. Rendimiento físico y rehabilitación. "Constructos científicos de las evaluaciones biomecánicas por tecnología de contactos".
- Bosco, C.** (1994). La valoración de la fuerza con el test de Bosco. *Deporte y entrenamiento*. Barcelona: Ed. Paidotribo.
- Cardona, O. M. y Valbuena, L. H.** (2011). Perfil del déficit bilateral del salto vertical en deportistas de rendimiento del departamento de Antioquia. *Revista Antioqueña de Medicina Deportiva*, 9(1).
- Christos S, Riganas I, Vrabas S, Papaevangelou E, and Mandroukas K.** (2012) "Isokinetic Strength and Joint Mobility Asymmetries In Oarsmen Experienced Oarsmen".
- Heller, J., Peric, T., Dlouha, R., Kohlikova, E., Melichna, J. y Novakova, H.** (1998). Physiological profiles of male and female taekwon-do (ITF) black belts. *J Sports Sci*, 16(3), pp. 243-9.

**Oded Bar-Or.** (1993). Test Anaeróbico Wingate. *Revista de Actualización en Ciencias del Deporte*, 1(3).

**Paul a. Jones And Theodoros M. Bampouras,** "A Comparison Of Isokinetic And Functional Methods Of Assessing Bilateral Strength Imbalance"; *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(4), 971-977. 2010 National Strength & Conditioning Association.

**Postoev, A. V.** (1991). *Atletismo*. Moscú: Vneshtorgizdat.

**Robert U. Newton, Aimee Gerber, Sophia Nimphius, Jae k. Shim, Brandon k. Doan, Mike Robertson, David R. Pearson, Bruce W. Craig, Keijo Ha" Kkinen, and William J. Kraemer** "Determination Of Functional Strength Imbalance Of The lower Extremities". *Journal of Strength and Conditioning Research*, 2006, 20(4), 971-977\_2006 National Strength & Conditioning Association.

**Schiltz, M., Lechance, C., et al.** (2009). Explosive Strength Imbalances in Professional Basketball Players. *Journal of athletic training*, 44, pp. 39-47.

**Scott, F. Nadler, Malanga, G., A., Feinberg, J., H., Prybicien, M., Stitik, T., P. DePrince, M.** Relationship Between Hip Muscle Imbalance and Occurrence of Low Back Pain in Collegiate Athletes. A Prospective Study. *Am. J. Phys. Med. Rehabil*, 80(8).

# CONTROL BIOMÉDICO EN EL ATLETISMO



Control  
**BIOMÉDICO**  
en el atletismo

*Óscar Mario Cardona Arenas, MD, MSc.*

## INTRODUCCIÓN



El atletismo es considerado como un deporte de base, tiene su origen en la antigüedad, donde fue considerado como una actividad vital en el desarrollo de la sociedad. La forma actual de competencia tuvo sus orígenes en los juegos olímpicos de Grecia 1896. La federación internacional de atletismo IAAF fue fundada en 1912. Durante un campeonato de atletismo se realizan pruebas de campo y pista. En el campo las actividades competitivas son los saltos (salto alto, salto triple, salto largo y salto con garrocha) y los lanzamientos (bala o peso, disco, jabalina y martillo). En la pista se llevan a cabo los eventos que tienen que ver con todas las carreras de diferentes distancias (carreras de velocidad, resistencia a la velocidad y el fondo). Es considerado un deporte de tiempo y marca,

la responsabilidad biológica del rendimiento depende básicamente del desarrollo del sistema cardiovascular en los eventos de más de 800 metros (fondo corto, medio y largo). Las pruebas por debajo de distancias menores a 800 metros y los eventos pertenecientes a los realizados en el campo (lanzamientos y saltos) dependen del desarrollo de la integración de los sistemas neuro muscular.

Por esto, es un deporte múltiple que engloba pruebas a veces incluso dispares y que comprende facetas muy variadas, tanto por su forma de ejecución como por las características atléticas requeridas para su práctica.

Por su tradición, universalidad y prestigio, así como por la gama de actitudes y funciones que abarca, es el deporte básico por excelencia.

También en los juegos olímpicos modernos constituye uno de los deportes más importantes. Se practica en todos los países por su valor educacional, por su funcionalidad en la mejora de la condición física del hombre (base necesaria para el rendimiento óptimo en los demás deportes) y también, por qué no decirlo, como arma política y ejemplo de desarrollo.

Además del mantenimiento físico, el atletismo es un campo de experimentación e investigación sobre el hombre, con la ventaja de poder constatar en forma exacta (merced a las marcas) el progreso, siendo muy diversas las ramas de la ciencia que se ocupan de este deporte.

## Características del deporte y REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS

El programa Olímpico y los campeonatos del mundo están compuestos de las siguientes pruebas:

Los siguientes son los grupos de eventos atléticos:

1. Sprints (60, 100, 200 y 400 m). Y relevos (4 x 100 y 4 x 400 m)
2. Carreras de media distancia (800-1.500 m)

3. Carreras de larga distancia (3.000-10.000 m) incluyendo carreras de obstáculos (2.000 y 3.000 m)
4. Carreras de cross country
5. Maratón, media maratón y carreras de calle
6. Marcha atlética (5, 10, 20 y 50 km)
7. Vallas (60, 100, 110 y 400 m)
8. Saltos (alto, largo, triple y garrocha)
9. Lanzamientos (disco, jabalina, martillo y bala –peso–)
10. Eventos combinados (pentatlón, heptatlón, octatlón y decatón)

### Generalidades de las diferentes modalidades

Las modalidades son las siguientes:

- Carreras
- Concursos. Saltos-lanzamientos
- Combinaciones. Decatlón y heptatlón

#### Carreras

El programa oficial comprende 11 pruebas individuales y los relevos de 4 x 100 m y 4 x 400 m, repartidas en los grupos siguientes:

- Velocidad (100 y 200 m).
- Velocidad prolongada (400 m).
- Medio fondo corto (800 y 1.500 m).
- Medio fondo largo (3.000 m para mujeres y 5.000 m para hombres, 3.000 m para carreras de obstáculos).
- Gran fondo (10.000 m y maratón, 42.195 m).
- Vallas (100, 110 y 400 m).

#### Concursos

Constan de 2 grupos de 4 pruebas:

- Saltos: altura (alto), longitud (largo), triple, pértiga (garrocha).
- Lanzamientos: bala (peso), disco, jabalina, martillo.



## Características generales de los saltos

Constan de una carrera previa y el salto propiamente dicho, que comprende la batida, el vuelo y la caída. Los saltos de altura, longitud y triple se ejecutan con las posibilidades dinámicas del aparato locomotor, y en el salto con pértiga se utiliza la ayuda de un utensilio, perdiendo desde la batida su similitud con los otros tres.

Elementos importantes:

- Velocidad horizontal (carrera de aceleración).
- Velocidad vertical (batida).
- Trayectoria del centro de gravedad.
- Fase de vuelo.

Desarrollo de los diferentes saltos y su asociación a los anteriores elementos referenciados:

- 1. Carrera de impulso:** Iniciación progresiva, alcance de la máxima velocidad. Preparación de la batida, descenso del centro de gravedad en el penúltimo apoyo del salto de altura, mucho menos en longitud, casi nada en triple e inexistente en pértiga.
- 2. Batida:** velocidad horizontal, fuerza del impulso, dirección del mismo y ayuda de los brazos; determinan la siguiente fase.
- 3. Vuelo y caída:**
  - a. Salto de longitud y triple salto. Movimiento de los segmentos en función de la toma de contacto lo más lejos posible.
  - b. Salto de altura y salto con pértiga. Esquivar listón.

### Lanzamientos

Suelen clasificarse en pesados (bala y martillo) y ligeros (disco y jabalina), y en lineales (bala y jabalina) y rotatorios (disco y martillo, a los que se une una variante de la bala). En el caso de los lineales predomina la impulsión, y en los rotatorios la tracción (fuerza centrífuga). La fuerza debe aplicarse con la mayor velocidad posible y en el ángulo más apropiado. La técnica depende de las condiciones reglamentarias, del peso del artefacto y de las leyes de la biomecánica.

Los factores más importantes son:

- Fase preparatoria (desplazamiento).
- Fase de aceleración (aplicación de la fuerza).
- Trayectoria (ángulo de proyección).

Intervienen inicialmente las piernas para vencer la fuerza de reposo como elemento locomotor, transmitiendo la aceleración a los brazos, quienes portan el implemento deportivo, segmentos más ligeros que ejecutan la rápida acción final. Todos los grupos trabajan en cadena, anticipándose el tren inferior, más dinámico al superior, más relajado a lo largo del gesto, para actuar conjuntamente en la fase final.

El recorrido de impulsión finaliza con el doble apoyo de pies, y cuanto más amplio, mayor es la aceleración.

El eje de lanzamiento es la línea seguida por el centro de gravedad en su desplazamiento en dirección al lanzamiento. La trayectoria la traza el propio artefacto en su recorrido y se prolonga en la fase de vuelo.

Las características técnicas son el progresivo aumento de la velocidad del artefacto y la amplitud y dirección del recorrido, condicionando de esta manera la distancia del lanzamiento, conjuntamente con el factor aerodinámico y el efecto de la gravedad (sobre todo en disco y jabalina).

## Características fisiológicas, metabólicas y FACTORES QUE INFLUYEN

### Carreras

- En carreras de velocidad y vallas: prima el sistema neuromuscular.
- En mediofondo y fondo: predomina el sistema cardiorrespiratorio.
- Capacidad basada en la resistencia aeróbica y anaeróbica.
- Adaptación fisiológica y metabólica, prevaleciendo sobre la técnica.

Tabla 1. Características fisiológicas, metabólicas y factores que influyen en las carreras

FACTORES QUE INFLUYEN	
Frecuencia (velocidad de movimiento)	Capacidad neuromuscular / 100-200-400-800 m
Potencia (fuerza rápida / fuerza explosiva)	Capacidad neuromuscular / 100-200-400-800 m
Amplitud (soltura / flexibilidad)	Elasticidad y flexibilidad / 100-200-400-800-1.500-5.000 m
Resistencia (aeróbica y anaeróbica)	Capacidad fisiológica y metabólica / Todas las distancias
Técnica (coordinación)	Máximo aprovechamiento / Hasta 800 m
	Economía funcional / Desde 1.500 m

Fuente: Ballesteros J.M. (1992). Manual de entrenamiento básico. International Amateur Athletic Federation

En cuanto a la necesidad de las diferentes cualidades (resistencias), podemos resumirlo de la siguiente manera para cada prueba:

Tabla 2. Necesidades de las diferentes cualidades (resistencias) para las diferentes pruebas de carrera

PRUEBA	VELOCIDAD	RESISTENCIA ANAERÓBICA	RESISTENCIA AERÓBICA
100 m	85 %	14 %	1 %
200 m	80 %	18 %	2 %
400 m	35 %	60 %	5 %
800 m	25 %	40 %	35 %
1.500 m	10 %	40 %	50 %
5.000 m	5 %	15 %	80 %
10.000 m	3 %	7 %	90 %
Maratón	1 %	1 %	98 %

Fuente: Ballesteros J.M. (1992). Manual de entrenamiento básico. International Amateur Athletic Federation

## Concursos

### Saltos y lanzamientos

Sus características más importantes son las siguientes:

- Predominio neuromuscular (coordinación, velocidad de reacción, potencia).
- Ejecuciones competitivas breves y el atleta no actúa a la vez que los demás.

- Preparación basada en lo muscular más que en lo orgánico.
- Aprendizaje de un correcto gesto técnico (automatización).
- Necesidad de instalaciones y artefactos adecuados.

## Protocolo de control biomédico del DEPORTE DE ATLETISMO

El siguiente es el protocolo de control biomédico del entrenamiento realizado con el deporte de atletismo en la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Previo reunión con cada uno de los entrenadores y el área metodológica, en la cual se discute el plan de entrenamiento (macrociclo, mesociclo, microciclo, unidades de entrenamiento y dinámica de las cargas), se construye el programa de control biomédico. Se ejecutan controles de etapa, puntuales y operativos.

### A. Controles por etapa

Realizados en los laboratorios de Medicina Deportiva.

**1. Examen médico deportivo:** examen completo realizado como conducta de entrada y al final de cada macrociclo.

En las diferentes modalidades del atletismo se hace énfasis en todos los sistemas orgánicos en este examen.

**2. Laboratorio clínico:** exámenes programados al inicio y final del macro. Se realizan dos tipos de control de acuerdo con el momento del control y la necesidad, y la batería completa o parcial. Estos son los diferentes controles bioquímicos realizados:

#### Batería completa

- Hemoleucograma y sedimentación
- Citoquímico de orina
- Glicemia
- Perfil lipídico (colesterol total, triglicéridos, HDL, VDL, etc.)
- Urea

- CPK
- Grupo sanguíneo
- Ácido úrico
- Creatinina
- Albumina
- Proteínas totales
- Transaminasas ALT (GPT) y AST (GOT)

En los controles posteriores de etapa (intermedios en el macro), se ejecutan los siguientes exámenes:

**Batería parcial**

- Hemoleucograma y sedimentación
- Citoquímico de orina
- Urea
- CPK
- Transaminasas ALT (GPT) y AST (GOT)

**3. Fisiología:** ejecutadas en cada control y a necesidad de los entrenadores. En el siguiente cuadro se observan las siguientes evaluaciones, dependiendo de la modalidad:

<b>Atletismo lanzamientos</b>	<p><b>Saltabilidad:</b> Detente vertical. Valoración de la potencia muscular de miembros inferiores. Test de Bosco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Squat jump. Componente contráctil del músculo</li> <li>- Conter movement jump. Componente elástico del músculo.</li> <li>- Drop jump. Componente reactivo del salto vertical.</li> <li>- Saltos continuos (SJ) en 15 segundos. Potencia muscular general, índice de resistencia a la fuerza explosiva y la fuerza reactiva.</li> <li>- Índice de elasticidad.</li> <li>- Déficit de componentes del salto vertical y del músculo.</li> <li>- Curvas fuerza-velocidad miembros superiores e inferiores.</li> <li>- Curvas potencia-fuerza miembros superiores e inferiores.</li> </ul>
	<p><b>Dinamometría:</b> Se valora la fuerza isométrica de los siguientes grupos musculares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensores y flexores de codo.</li> <li>- Extensores y flexores de rodilla.</li> <li>- Extensores y flexores de cadera.</li> <li>- Aductores / abductores de cadera.</li> <li>- Rotadores internos y externos de hombro.</li> <li>- Presión manual bilateral.</li> <li>- Halón.</li> </ul> <p>Para diagnóstico de imbalances e índice de fuerza isométrica.</p>

<b>Atletismo lanzamientos</b>	<p>Ergometría indirecta una vez al año. Estado de consumo máximo de oxígeno. Se valora:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia cardíaca de reposo, máxima o final, recuperación minutos 1, 3 y 5.</li> <li>- Consumo máximo de oxígeno (potencia aeróbica máxima).</li> <li>- Capacidad física máxima de trabajo (velocidad aeróbica máxima).</li> </ul>
<b>Atletismo saltos</b>	<p><b>Saltabilidad:</b> Detente vertical. Valoración de la potencia muscular de miembros inferiores. Test de Bosco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Squat jump. Componente contráctil del músculo.</li> <li>- Conter movement jump. Componente elástico del músculo.</li> <li>- Drop jump. Componente reactivo del salto vertical.</li> <li>- Saltos continuos (SJ) en 15 segundos. Potencia muscular general, índice de resistencia a la fuerza explosiva y la fuerza reactiva.</li> <li>- Índice de elasticidad.</li> <li>- Déficit de componentes del salto vertical y del músculo.</li> <li>- Curvas fuerza-velocidad miembros inferiores.</li> <li>- Curvas potencia-fuerza miembros inferiores.</li> </ul>
	<p><b>Dinamometría:</b> Se valora la fuerza isométrica de los siguientes grupos musculares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensores y flexores de codo.</li> <li>- Extensores y flexores de rodilla.</li> <li>- Extensores y flexores de cadera.</li> <li>- Aductores / abductores de cadera.</li> <li>- Presión manual bilateral.</li> <li>- Halón.</li> </ul> <p>Para diagnóstico de imbalances e índice de fuerza isométrica.</p>
	<p>Ergometría indirecta una vez al año. Estado de consumo máximo de oxígeno. Se valora:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia cardíaca de reposo, máxima o final, recuperación minutos 1, 3 y 5.</li> <li>- Consumo máximo de oxígeno (potencia aeróbica máxima).</li> <li>- Capacidad física máxima de trabajo (velocidad aeróbica máxima).</li> </ul>
<b>Atletismo carreras</b>	<p><b>Saltabilidad:</b> Detente vertical. Valoración de la potencia muscular de miembros inferiores. Test de Bosco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Squat jump. Componente contráctil del músculo.</li> <li>- Conter movement jump. Componente elástico del músculo.</li> <li>- Drop jump. Componente reactivo del salto vertical.</li> <li>- Saltos continuos (SJ) en 15 segundos. Potencia muscular general, índice de resistencia a la fuerza explosiva y la fuerza reactiva.</li> <li>- Índice de elasticidad.</li> <li>- Déficit de componentes del salto vertical y del músculo.</li> <li>- Curvas fuerza-velocidad miembros inferiores.</li> <li>- Curvas potencia-fuerza miembros inferiores.</li> </ul> <p><b>Dinamometría:</b> Se valora la fuerza isométrica de los siguientes grupos musculares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensores y flexores de codo.</li> <li>- Extensores y flexores de rodilla.</li> <li>- Extensores y flexores de cadera.</li> <li>- Aductores / abductores de cadera.</li> <li>- Rotadores internos y externos de hombro.</li> <li>- Presión manual bilateral.</li> <li>- Halón.</li> </ul> <p>Para diagnóstico de imbalances e índice de fuerza isométrica.</p>

## Atletismo carreras

Ergometría indirecta 2 veces al año en las carreras de velocidad y 3 en las carreras de fondo y semifondo. Estado de consumo máximo de oxígeno. Se valora:

- Frecuencia cardíaca de reposo, máxima o final, recuperación minutos 1, 3 y 5.
- Consumo máximo de oxígeno (potencia aeróbica máxima).
- Capacidad física máxima de trabajo (velocidad aeróbica máxima).
- Umbrales metabólicos y ventilatorios.
- Umbrales metabólicos.
- Test confirmatorios de umbrales metabólicos.

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, Protocolos de Control Médico, 2010.

En la modalidad de las pruebas múltiples se realiza una combinación de las 3 modalidades anteriores.

**4. Antropometría:** como control inicial. Permite reconocer 4 elementos fundamentales en el aspecto morfológico (composición corporal, forma, biotipo y proporcionalidad).

Se realizan 2 tipos de evaluación para todas las modalidades: completa y parcial.

**Completa:**

- Masa corporal
- Estatura
- Porcentaje de grasa (6 pliegues)
- Masa corporal activa
- AKS (índice de sustancia activa)
- Índice de masa corporal
- Somatotipo
- Proporcionalidad
- Tamaño mano
- Tamaño mano-brazo y antebrazo
- Tamaño tronco
- Altura trocantarea
- Longitud y ancho pie

**Parcial:** realizada en cada etapa

- Composición corporal
- Masa corporal
- Estatura (si se encuentra en proceso de crecimiento)
- Porcentaje de grasa (6 pliegues)
- Masa corporal activa
- Índice de sustancia activa
- Índice de masa corporal
- Somatotipo (si se encuentra en proceso de crecimiento)

**5. Nutrición:** igual para todas las modalidades

- Anamnesis de 24 horas (análisis del patrón de alimentación diario)
- Consulta nutricional postevaluación
- Plan de alimentación
- Apoyo nutricional villa deportiva
- Apoyo complemento nutricional

Estas consultas se repiten en un corto tiempo, según resultados encontrados en cada una de las evaluaciones anteriores.

**6. Fisioterapia:** control de entrada y al final. Para todas las modalidades.

- Postura
- Huella plantar
- Flexibilidad completa. Se repite en cada uno de los controles

**7. Cardiovascular:** para evaluar y realizar el seguimiento del comportamiento del sistema cardiovascular y del sistema nervioso autónomo.

Se procede de la siguiente manera:

- Prueba ortostática de 5 minutos
- Electrocardiograma

Controles realizados al principio y final del macrociclo y según estudios de posible sobreentrenamiento.

### Controles por etapa

Realizados en el terreno (pista de atletismo).

<b>Atletismo lanzamientos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para valorar fuerza test de 1RM.</li> <li>- Salto de diferentes distancias (3, 5, 9 y 12 pasos). Saltos alternos y con el mismo pie.</li> <li>- Lanzamientos con respectivos implementos a diferentes distancias (sin carrera, a 3 y 5 pasos).</li> <li>- Carreras de 30 y 60 m.</li> </ul>
<b>Atletismo saltos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para valorar fuerza test de 1RM.</li> <li>- Salto de diferentes distancias (3, 5, 9 y 12 pasos). Saltos alternos y con el mismo pie.</li> <li>- Carreras de 30 y 60 m.</li> </ul>
<b>Atletismo carreras</b>	<p><b>Carreras de velocidad:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Para valorar fuerza test de 1RM.</li> <li>- Salto de diferentes distancias (3, 5, 9 y 12 pasos). Saltos alternos y con el mismo pie.</li> <li>- Carreras de 30, 60, 100, 150, 300 y 500 m y las de competencia, controladas con lactato y frecuencia cardíaca.</li> </ul> <p><b>Carreras semifondo y fondo:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Carreras de 1.000 m. Controladas con frecuencia cardíaca y lactato al final. Se valora consumo máximo de oxígeno indirecto y velocidad máxima aeróbica.</li> <li>- Para distancias mayores de 10 000 m. Test de 5 * 2000m.</li> <li>- Se valora umbral anaeróbico. Se utiliza frecuencia cardíaca y lactato.</li> <li>- Longitud de zancada y frecuencia de zancada.</li> </ul>

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, Protocolos de Control Médico, 2010.

### B. Controles puntuales

Realizados en el laboratorio de Medicina Deportiva. Exámenes de tipo bioquímico:

- Urea.
- CPK.
- Controles nutricionales (seguimiento resultado evaluaciones).
- En el terreno controles factores de riesgo de sobreentrenamiento.

### C. Controles operativos

Realizados básicamente en el terreno.

- Frecuencia cardíaca postejercicio en diferentes sesiones de entrenamiento.

- Frecuencia cardíaca y velocidades de entrenamiento en programas de disminución de peso.
- Controles de distancias específicas de entrenamiento con frecuencia cardíaca y lactato, con el objetivo de observar el compromiso de cada una de las vías energéticas y definir pausas de descanso por repeticiones de entrenamiento.
- Observaciones entrenamientos. Control salud.

Luego de recoger la información aportada por cada uno de los controles (etapa – puntual y operativo), la información obtenida es discutida por el área científica de la asesoría de Medicina Deportiva inicialmente; luego, en presencia del entrenador y del área metodológica, se hace entrega del informe, para ser discutido y adoptar las recomendaciones pertinentes que beneficien al deportista y su plan de entrenamiento.

### Estructura del plan DE ENTRENAMIENTO

En la vida deportiva del atleta, como en cada una de las temporadas, existen unos ciclos o periodos de preparación, que están determinados por múltiples parámetros entre los cuales son de mucha importancia los siguientes:

- La edad deportiva (nivel de entrenamiento)
- Su nivel de preparación
- Nivel evolutivo en el que se encuentre el desarrollo biológico y motor del atleta
- El número de competencias y sus fechas de realización.
- La modalidad de atletismo
- Los objetivos de cada uno de los deportistas

Existen en la actualidad diferentes formas o múltiples formas de planificación, pero entre las que son más utilizadas en el atletismo, podemos referirnos a dos en particular:

- La planificación tradicional
- La planificación contemporánea

Estas son algunas de las características de cada una de ellas:

### Planificación tradicional

Tiene como características principales:

1. Puede ser utilizado por deportistas de todos los niveles de entrenamiento
2. Presenta unos periodos de tiempo de preparación del atleta, definidos como *macrociclos* (periodo de tiempo mayor, más de 3 meses), en el cual se realizan las fases de desarrollo de la forma deportiva. Este ciclo está constituido por periodos de tiempo de 1 a 6-8 semanas, conocidos como *mesociclos*; los ciclos de entrenamiento de 1 a 8 días, se conocen como *microciclos* y constituyen la estructura de los mesociclos. Los microciclos están constituidos por las *sesiones* de entrenamiento, que pueden tener una duración de 60 a 360 minutos.
3. Este tipo de planificación permite el desarrollo de todas las capacidades físicas al mismo tiempo.

En el Cuadro 3 se podrán observar los diferentes macrociclos y el número de cimas (competencias posibles) de acuerdo a las capacidades fisicomotrices determinantes del rendimiento deportivo.

Tabla 3. Tipos de macrociclos de acuerdo a las capacidades fisicomotrices determinantes del rendimiento deportivo por modalidad

MACROCICLO	Simple: 1 o 2 cimas de rendimiento (atletismo de resistencia, maratón)
	Doble: 2 o 3 cimas de rendimiento (atletismo de fuerza velocidad, carreras cortas, saltos, lanzamientos)
	Múltiple: 3 o más cimas de rendimiento (atletismo de alto rendimiento)

Fuente: Instituto de Medicina del Deporte, Documentos, Cuba, 1995.

En el Cuadro 4 se pueden observar las fases (periodos) y objetivos principales a desarrollar durante este tipo de planificación.

Tabla 4. Fases (periodos) y objetivos principales a desarrollar

Nro	Fase de desarrollo de la forma deportiva	Períodos de entrenamiento	Objetivos a desarrollar
1	Adquisición	Preparatorio	Desarrollar fundamentos para la forma deportiva Producir la acumulación de capacidades motoras y coordinativas multilaterales Desarrollo motor general
2	Estabilización	Competitivo	Mejora gradual de nivel de preparación Afianzar la estabilidad de la preparación Mejorar los resultados en el rendimiento deportivo
3	Pérdida temporal	Transición	Interrumpir el entrenamiento de cargas elevadas Facilitar la recuperación activa Renovar las reservas de adaptación del deportista

Fuente: Instituto de Medicina del Deporte, Documentos, Cuba, 1995.

### Planificación contemporánea

Tiene como características principales:

1. Puede ser utilizado solo por deportistas de alto nivel de entrenamiento.
2. Presenta unos periodos de tiempo de preparación del atleta, definidos como *macrociclos* (periodo de tiempo mayor, más de tres meses), que se estructura con tres mesociclos particulares, conocidos como ATR: A (mesociclo de acumulación), T (mesociclo de transformación) y R (mesociclo de realización). Los otros ciclos de entrenamiento son semejantes al sistema tradicional (microciclo y sesiones de entrenamiento)
3. Este tipo de planificación permite solo el desarrollo de determinadas capacidades fisicomotrices, que determinan el rendimiento.
4. Utilizan muy bien lo que tiene que ver con las direcciones del entrenamiento y los efectos residuales y no residuales de la carga de entrenamiento.
5. Normalmente la carga de entrenamiento es alta.

## Características ANTROPOMÉTRICAS

Los siguientes cuadros muestran la caracterización antropométrica de los deportistas de Antioquia y Colombia. Modalidades: velocidad, saltos, lanzamientos y pruebas múltiples.

**Modalidad Velocidad.** Los velocistas deben poseer un somatotipo mesoectomórfico o ectomesomórfico, una buena altura trocanterea y una talla alta, por lo menos de 10 a 15 cm arriba del peso.

Tabla 5. Características antropométricas de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Velocidad, 1996 - 2010

Nombre	Masa Corporal kg	Estatuta Cm	Altura Trocanterea cm	% Grasa	MCA	AKS	Somatotipo
XR 400 m planos Fem.	62	174.5	93.5	9	56.42	1.06	1.9-2.3-3.8 Ectomeso
NG 400 m planos fem.	58.9	173	95	9.9	52.3	1.01	2-2.5-4 Ectomeso
MB 100, 200 y 400 m fem.	61.5	166	86.4	11.6	54.37	1.18	
FP 100, 200 y 400 m fem.	60.5	170.2	88	11.07	53.81	1.09	
DLM 100 y 200 m fem.	60.5	160	83.3	11.9	53.28	1.3	2.6-5.5-1.3 Mesoendo
JP 400 m masc.	79.5	183	98	7.8	73.39	1.11	2.4-5.3-2.6 Mesoendo
LIR 400 m masc.	74.4	184	102	7	67.6	1.08	1.6-3.6-3.4 Mesoecto
JCh 400 m masc.	59	184	89	6	55.46	1	1.5-2.7-4.5 Ectomeso
PO 400m vallas fem.	54.3	165	88.2	11.6	48	1.06	Mesoecto

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

**Modalidad saltos.** Los deportistas de los saltos deben poseer un tren inferior potente (en pértiga también el superior), equilibrio peso-estatura, un bajo índice córmico, flexibilidad, amplitud y buena movilidad articular, gran velocidad de reacción y unas cualidades óptimas de detente.

Tabla 6. Características antropométricas de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Saltos, 1996 - 2010.

Nombre	Masa Corporal kg	Estatuta Cm	Indice Córmico	Altura trocanterea	% grasa	MCA	AKS	Somatotipo
GM salto alto masc.	74	189.8	47.9	102	6.7	69	1	1.9-8.5-4.4 mesoecto
LA salto triple masc.	66.9	175	48.6	97.9	5.5	63.2	1.18	1.5-5.9-2.4 mesoecto
Cl salto alto y triple fem.	56.1	175.7	50.5	100.8	15	47.7	1.02	2.6-2.7-4.1 ectomeso
ER garrocha fem.	58.2	165.6	51	84.5	11.4	51.6	1.12	2.9-4.4-2.6 mesoendo

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

**Modalidad lanzamientos y pruebas múltiples.** Las características físicas de los lanzadores son las siguientes: tener grandes dimensiones morfológicas y volumen muscular alto, fuerza, capacidad contráctil explosiva y dotes de relajación.

Tabla 7. Características antropométricas de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Lanzamientos y Pruebas múltiples, 1996 - 2010.

Nombre	Masa Corp. kg	Estatuta cm	Ind. Corm.	Ext. Sup. Cm	Env. cm	Largo mano cm	% grasa	MCA	AKS	Somatotipo
XC lanz. Mart. Fem.	93.3	174	54	73	173	16.5	27	68.11	1.29	Endomeso
LAP lanz. Jab. Masc.	81.2	176	52.8	80.9		21.8	6.8	75.7	1.38	1.8-6.7-1.1 mesoendo
NP lanz. Jab. Masc.	80	176.8	51	84.8			6.9	74.5	1.34	1.7-6.7-1.4 Mesoendo
LDCL lanz. disco	80.6	174		81.4		20.1	16.8	67	1.27	Mesoendo
ZA lanz. Jab. Fem.	81.1	172	51.6	75.9	150	14.7	22.4	62.9	1.23	Mesoendo
SM lanz. Jab. Fem.	68.7	160.6	52.8	74.8		18.2	17.6	56.6	1.36	Mesoendo
ZC pruebas múltiples fem.	73.4	171	50.1	77.1	187	18.6	15.9	61.9	1.24	Mesoendo
FV lanz. Martillo masc.	107.6	180		83.6		19.3	13.8	92.74	1.59	Mesoendo
JA lanz. martillo masc.	76.9	171	50.8	77.5			7.6	71	1.42	2.4-6.4-0.9 Mesoendo

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

**Modalidad Semifondo Fondo.** Las características físicas de los corredores de Semifondo y Fondo son las siguientes:

Tabla 8. Características antropométricas de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Fondo, 1996 - 2010.

Prueba	Masa Corporal kg	Estatura Cm	Índice Córnico	% grasa	MCA	AKS	Somatotipo
Marcha. Femenina	43.6	160	50	11.07	38.8	0.95	Ectomeso
800 y 1500 m. Fem.	47	161.2	51	10	42	1	Ectomeso
5000 - 10000 m. Fem.	50.7	161.3	52	10.4	45.4	1.08	Mesoecto
Maratón. Femenino	55.1	163	53	12	48.5	1.11	Mesoecto
800 y 1500 m. Masc.	69.4	188	49	5.6	65.5	0.98	Ectomeso
5000 - 10000 m. Masc.	56.9	171	52	7.6	52.6	1.05	Ectomeso
Maratón. Masculino	55	164	50	6.5	51.6	1.17	Ectomeso

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Características FUNCIONALES

### Modalidad velocidad

Tabla 9. Características funcionales de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Velocidad, 1996 - 2010.

Nombre	Salto Vertical cm	Comp. Musc. Salto semi-sentadilla	Comp. Elástico. Salto Contra-movimiento	Pot. Anaer. Alact. Kgm.	Pot. y Cap. An. Lact. T.300m T.500m	VO2 máx. MI/kg/min.
XR 400 m planos Fem.	64			139		58
NG 400 m planos fem.	66	44	3	137.3	21.2 mmoles lactato	52.7
FP 100, 200 y 400 m fem.	63			137.7		
DLM 100 y 200 m fem.	59	34	21	132.3	17.6 mmoles lactato	52.4
JP 400 m masc.	61	43	12	154.2	23.5 mmoles lactato	53.4
LIR 400 m masc.	77	66	1	167		54.8
JCh 400 m masc.	73	50	10	144		52.7
PO 400m vallas fem.	56	44	50	84.99	17.8 mmoles lactato	52.6

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

### Modalidad saltos

Tabla 10. Características funcionales de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Saltos, 1996 - 2010.

Nombre	Salto Vertical cm	Comp. Musc. Salto semi-sentadilla	Comp. Elástico. Salto Contra-movimiento	Pot. Anaer. Alact. Kgm.	VO2 máx. MI/kg/min.
GM salto alto masc.	83	74.5	Neg.	153.9	44.9
LA salto triple masc.	77	45.6	6.1	132.4	57
CI salto alto y triple fem.	56	48.5	6.3	92.6	44
ER garrocha fem.	56	39.8	1.4	98.6	44.7

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

### Modalidad lanzamientos y pruebas múltiples

Tabla 11. Características funcionales de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Lanzamientos y Pruebas múltiples, 1996 - 2010.

Nombre	Salto vertical cm	Comp. Musc. Salto SJ cm	Comp. Elast. Salto CMJ cm	Potencia Anaer. Alcat. Kgm.	Indice de Fuerza	VO2 máx. ml/kg/min.
XC lanz. Mart. Fem.	48	29.4	6.3	146.3	4.2	
LAP lanz. Jab. Masc.	83	70.8	0	163.8	6	52
NP lanz. Jab. Masc.	75	56.6	3.4	153.4	6.64	
LDCL lanz. disco	57	35.7	1.3	134.4	4.5	
ZA lanz. Jab. Fem.	56	50	0	125.7	4.5	36.5
SM lanz. Jab. Fem.	57	47	0	114.9	6.6	46.7
ZC pruebas múltiples fem.	56	37	2.8	106.7	5.6	46.7
FV lanz. Martillo masc.	66	45.6	0	193.5	5.7	46.7
JA lanz, martillo masc.	69	56.6	2.4	141.4	7.5	59.9

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.



## Modalidad Semifondo - Fondo

Tabla 12. Características funcionales de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidad Fondo, 1996 - 2010.

Nombre	VO2 máx. ml/kg/min.	% de Uso
800 y 1500 m. Femenino	66	81.5
5000 - 10000 m. Femenino	71.3	90
Maraton. Femenino	70	90
Marcha. Femenino	60	95
800 y 1500 m. Masculino	77.1	92
5000 - 10000 m. Masculino	80.1	96
Maraton. Masculino	77.1	85

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Recomendaciones NUTRICIONALES

En el siguiente cuadro se pueden observar las necesidades diarias de macronutrientes para lanzadores, saltadores y atletas de pruebas múltiples

Tabla 13. Requerimientos nutricionales de deportistas pertenecientes a la liga de atletismo de Antioquia, modalidades heptatlon, saltos y lanzamientos, 1996 - 2010.

Modalidad	n	Edad Años	Energía (Kj)	CHO % - Gr	PRO % - Gr	Grasas % - Gr	Método de evaluación	Referencia
Heptatlon Fem. Elite	19	21-29	9866	58 - 339	16 - 95	27 - 71	Registro 4 días	Mulins et al 2001
Saltadoras Fem. Nivel Nal.	4	21	8297	51 - 244	16 - 82	33 - 72	Registro 3 días	Sugiura and Kobayashi 1998
Lanzadoras Fem. Nivel Nal.	10	22	9285	46 - 255	17 - 94	38 - 94	Registro 7 días	Faber et al 1990
Lanzadoras Fem. Nivel Nal.	8	25	10955	54 - 336	14 - 93	32 - 94	Registro 3 días	Sugiura and Kobayashi 1998
Lanzadores Masc. Nivel Nal.	20	22	14612	41 - 357	19 - 166	40 - 155	Registro 7 días	Faber et al 1990

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Lesiones más FRECÜENTES

La Federación Internacional de Atletismo (IAAF) ha estado sistemáticamente vigilando las lesiones atléticas en sus competencias desde 2007 a 2012, en orden a desarrollar estrategias para proteger la salud de sus atletas. De estos estudios, se reportaron un total de 1.470 lesiones. Equivalente a un 81.1 +/- 4.2 de las lesiones por 1.000 registros. La pérdida de tiempo por las lesiones ocurrió más en competencia (29 +/- 2,6 horas) que entrenamiento (5,8 +/- 1.9 horas). La mayor pérdida se dio en eventos de corta distancia (32,5%). El diagnóstico de mayor frecuencia fue el desgarró de muslo (28,2%), seguido por desgarró de la pierna y esguinces de tobillo.

Básicamente de tejidos blandos, por sobreuso y por accidente en las competencias y entrenamientos.

Sitios más frecuentes: tobillo, rodilla, hombro, codo y columna lumbosacra.

Lesiones: tendinitis, esguinces, desgarró, contracturas y fracturas accidentales y por estrés.

## Plan de FISIOPROFILAXIS

Para mejorar los procesos de recuperación y tener un buen programa de prevención en lesiones deportivas, se ejecuta un plan de fisioprofilaxis. Esta actividad es realizada tres veces por semana: martes, jueves y viernes (11:00 - 12:00 a.m. o 4 a 5 p.m.). Las acciones son las siguientes:

- Crioterapia.
- Estiramientos.
- Fortalecimientos.
- Masaje dos veces por semana.
- Hidroterapia

## REFERENCIAS

- Ballesteros J.M.** (1992). Manual de entrenamiento básico. International Amateur Athletic Federation...
- Comité Olímpico Español. Real Federación Española de Atletismo** (1990)- Atletismo (I). Carrera y Marcha. España: Editorial Comité Olímpico Español .
- I.A.A.F.** (2001). Nuevos Estudios en Atletismo. Boletín técnico trimestral de la IAAF. 1, (0); p. 31 – 57. Santa Fe/Argentina
- Hernández, M. J.** Fundamentos del deporte. Análisis de estructuras del juego deportivo. INDE publicaciones. 16-31.
- Houtkooper L. Mauren Abbot J y Nimmo M.** (2007). Nutrition for throwers, jumpers and combined events athletes. Journal of sports Science;25 (S1): S39 – S47
- Feddermann Demont N, Junge A, Edourard P, Branco P, Alonso JM.** (April 2014). Injuries in 13 international Athletics championships between 2007-2012. British Journal sports Medicine 48 (7). 513-522
- Dalmonte, A.** (Julio 1989). Clasificación fisiológica biomecánica de la actividad deportiva. XII Congreso Panamericano de Educación Física. Guatemala. 151-168.
- Morgado J.J.** (Febrero 1994). Los sistemas energéticos en el entrenamiento de velocidad y vallas. Metodología práctica para su correcta utilización. Atletismo.. 54-58.
- Aspectos Biomédicos del Maratón.** Atletismo. Enero 1995.
- Bueno M.** (Mayo 1997). La resistencia en medio fondo. Velocidad Aeróbica máxima. Atletismo.. 44 – 47.
- De Hegedus J.** (Junio 1999). Estructura y fundamentos de la velocidad en el atletismo. Revista Digital. Buenos aires. (14).. [www.efdeportes.com/](http://www.efdeportes.com/).
- De Hegedus J.** (Febrero 2000). Estudio y entrenamiento de la velocidad. Revista Digital. Buenos aires. (18).. Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- De Hegedus J.** (Enero 2002). Anatomía de una carrera de 400m: El record mundial de Michael Jonson. Revista Digital. Buenos aires. (44). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- Timpka. T, Alonso JM et al.** (April 2014). Injury and illness definitions and data collection procedures for use in epidemiological studies in athletics (track and field): Consensus statement en British Journal sports Medicine 48 (7). 483-490



# CONTROL

# TROL

## BIOMÉDICO DEL BOXEO



Control  
**BIOMÉDICO**  
del boxeo

*Hugo Alexander Osorio Jaramillo, MD, Esp.*  
*Óscar Mario Cardona Arenas, MD, MSc.*

## HISTORIA

**P**or ser el ser humano la única especie que camina de forma habitual de manera erguida sus miembros inferiores pierden la función habitual de locomoción y se convierten en instrumentos con capacidad prensil que ha sido adaptado a través de su evolución como elemento de trabajo y de lucha para la subsistencia misma.

La lucha con los puños es entonces un elemento propio de la especie desde que la misma vive en comunidad y ha estado junto a nosotros a través de los diferentes periodos históricos que ha pasado la humanidad.

Como deporte, esta actividad púgil se empezó a desarrollar una vez se alcanzó independencia física y de orden económico lo cual permitió que en momento se ocio, los encuentros de combate cuerpo a cuerpo y en esencia, a puños, con fines netamente recreativos.

Algunas excavaciones llevadas a cabo en Creta han mostrado que hace aproximadamente 1.500 años A.C, se practicaba ya un tipo de boxeo primitivo y así mismo, el mismo Homero, 3.000 años A.C, ya hacía referencias a este tipo de espectáculo en la antigüedad.

En los albores del cristianismo en Roma, se tiene información de la aparición de guantes, que, a diferencia de los actuales, eran cubiertos con elementos corto-punzantes, para infringir mayor daño en los dueños que, en ese entonces, eran llevados a cabo por los gladiadores. Con la decadencia de este imperio y el nacimiento del reinado moral de la iglesia en la mayor parte del mundo occidental, esta manifestación recreativa desapareció de los espectáculos culturales y de masa. Sin embargo, esto no significó la desaparición del uso de las justas a base de golpes a puños para dirimir disputas entre los hombres.

En la época moderna, parece ser que fue en Londres en los años 1.700 D.C, que el boxeo como deporte comenzó a popularizarse nuevamente. Allí precisamente, el púgil James Figg fue reconocido como campeón de Inglaterra, dándose con él, el inicio del periodo de desarrollo de esta actividad recreativa a deporte. Es en 1866, cuando se escriben reglas para el mismo por medio del marqués de Queensberry, John Graham Chambers, quien fue miembro del club atlético de Inglaterra. Desde entonces, los combates son realizados usando guantes muy similares a los conocidos hoy en día.

Con la aparición de estas reglas, el boxeo logró una tecnificación y empezó su expansión a través del globo, desde Australia hasta Estados Unidos.

## EN COLOMBIA

No se cuenta en la actualidad con datos precisos con respecto a la aparición de este deporte en nuestro país. Existe información que sitúa la aparición a finales del siglo XIX en el departamento de Bolívar, en donde hacendados construyeron gimnasios para que los trabajadores pudiesen pasar su tiempo libre practicando algún tipo de actividad.

En 1898, Andrés Gómez Hoyos, quien es considerado el padre del boxeo en nuestro país, abrió las puertas de un gimnasio en la Universidad de Cartagena, pero el entusiasmo que este deporte comenzó a causar entre el estudiantado se vio suspendido por la Guerra de los

mil días, la cual hizo que el centro académico cerrase sus puertas de manera indefinida.

Fue después del tratado de paz luego de dicha Guerra civil en 1903, que el boxeo debió resurgir lentamente y en la década de los años 20, es creada la Federación de Boxeo en Colombia, se abren gimnasios modernos para su práctica en Cartagena y se establecen veladas boxísticas en esta ciudad.

La personería jurídica de la Federación Colombiana de Boxeo fue aprobada en enero de 1922 gracias al empeño de personas afines al deporte principalmente de origen cartagenero.

## Caracterización DEL DEPORTE

El boxeo es un deporte considerado de combate que se caracteriza por el enfrentamiento cuerpo a cuerpo, por presentar grandes variaciones de la intensidad del esfuerzo realizado; es un deporte acíclico, de esfuerzos aeróbicos-anaeróbicos alternos, donde se intercalan períodos de relativo reposo, con trabajo submáximo y esfuerzo máximo y donde las fuentes energéticas a emplear están en dependencia de la intensidad del trabajo y la duración del combate. (3)

Las posibilidades de éxito en esta disciplina dependen no solo de que se reciba una preparación técnico-táctica idónea, sino también que esta se sustente sobre un adecuado desarrollo de las capacidades físicas que son decisivas en el combate.(4)(5) Cabe también destacar, en este sentido, que como todos los deportes de combate es un deporte de amplia sollicitación cardiovascular, donde la capacidad aeróbica es de gran importancia, así como el mantenimiento de un nivel elevado de trabajo con altos porcentajes de la potencia aeróbica máxima.(6)

En acciones muy rápidas predomina la fuerza explosiva con actividad anaeróbica aláctica (sistema ATP-FC). El lactato al terminar los cuatro asaltos se ubica entre 8 a 12 mMol/L, promedio 10 mMol/L.

El desarrollo de la capacidad aeróbica garantiza la base para la obtención y conservación de un alto nivel de ejecución de las demás capacidades, además de que la capacidad de resistencia de estos de-

portistas tiene una particular importancia, debido a que los aspectos ofensivos y defensivos se han convertido en más dinámicos en los últimos años, a la vez que favorece la recuperación, lo que también resulta esencial, debido a lo seguido que pueden ser los combates.

## Características DE COMPETENCIA

A nivel competitivo, el boxeo olímpico está regido a nivel mundial por la AIBA (Asociación Internacional de Boxeo), que es la encargada de la normatividad del deporte. En la actualidad, el boxeo está clasificado teniendo en cuenta la edad y el peso de los deportistas.

### Clasificación por edad

- Hombres y mujeres entre los 19 y 40 años: Élites
- Niños y niñas entre los 17 y 18 años: Juveniles
- Niños y niñas entre los 15 y 16 años: Junior
- La edad del deportista estará determinada por el año de nacimiento

### Clasificación por peso (Reglamento de la AIBA para el año 2013)

- Para hombres élite y hombres juveniles existen diez categorías: 46 kg - 49 kg, 52 kg, 56 kg, 64 kg, 69 kg, 75 kg, 81 kg, 91 kg, + 91 kg
- Para mujeres élite y mujeres juveniles existen diez categorías: 45 kg - 48 kg, 51 kg, 54 kg, 57 kg, 60 kg, 64 kg, 69 kg, 75 kg, 81 kg, + 81 kg
- Para mujeres élite en juegos olímpicos son tres categorías: 48 kg a 51 kg, 57 kg a 60 kg, 69 kg a 75 kg
- Para categorías junior (hombres y mujeres) hay trece categorías: 44 kg - 46 kg, 48 kg, 50 kg, 52 kg, 54 kg, 57 kg, 60 kg, 63 kg, 66 kg, 70 kg, 75 kg, 80 kg y + 80 kg (6)

En todos los eventos élite de la AIBA para hombres y juveniles hombres se pelearán tres rounds de tres minutos de duración.

En las competencias de mujeres élite y juveniles mujeres serán cuatro rounds de dos minutos de duración.

En todos los eventos para hombres y mujeres junior, serán 3 rounds de 2 minutos de duración.

Para todas las competencias existirá un minuto de reposo entre rounds.

Dentro del combate el deportista puede vencer a su contendor de las siguientes maneras:

- Decisión que comprende el conteo de los puntos obtenidos a lo largo del combate.
- RSC (referee suspende conteo); RSC (M): médico.
- RSCH (referee suspende conteo) por golpe en cabeza.
- K.O.
- Descalificación.
- W.O. (no-presentación)

Antes de cada competencia el médico de evento será el encargado de realizar un examen previo al pesaje.

En esta valoración, el boxeador deberá presentar la cartilla de competencia de la AIBA donde se consignarán datos generales de la salud del deportista y en el caso de las mujeres, se certificará que no hay embarazo en curso (las mujeres menores de 18 años deberán presentar un certificado firmado por ella y por un representante legal de no embarazo). Aquellas mujeres que no presenten tal certificado no podrán competir.

El boxeador responde a una serie de preguntas acerca de su historia personal y deportiva, en donde se enfatiza sobre alguna historia previa de K.O. o episodios contusivos dentro o fuera del ring, en otras palabras, lesiones traumáticas craneales previas. La conducta del boxeador debe ser muy bien investigada. Cualquier alteración en la pronunciación de palabras, en los movimientos, se debe investigar profundamente.

El examen físico debe realizarse en un ambiente tranquilo para que el atleta no presente alteraciones nerviosas, principalmente o de otro tipo.

### Cabeza, ojos, oídos, nariz y garganta

Se debe realizar un examen en forma muy completa, donde se incluya fondo de ojo, desviación del tabique nasal e integridad de la membrana timpánica.

Se debe determinar hemorragias en retina aunque en los estadios iniciales es prácticamente imposible de diagnosticar, además de hematomas en la esclera (son muy comunes) y no es indicativo de suspensión del combate. Además, se debe determinar igualdad de las pupilas (descartar anisocoria y determinar si está presente). La desviación del tabique puede indicar una fractura o el estado previo a una lesión si está asociado a edema de partes blandas. La integridad de la membrana timpánica también debe ser reportada.

### Cardio-pulmonar

La evaluación debe ser precisa para determinar la presencia de ciertas patologías que pueden ser muy comunes en el boxeador. La presión arterial puede estar levemente elevada (hasta 160/95) y es aceptada como normal, ya que en los boxeadores se maneja mucho stress psicológico durante el tiempo previo al combate y está sola razón puede elevar las presiones arteriales. El hallazgo de soplos cardíacos no es indicativo para la suspensión de la pelea, ya que puede ser normal. Un pulso irregular puede ser una razón para la suspensión del combate, ya que esto podría indicar una patología asociada algo grave. Se debe tomar un electrocardiograma para descartar arritmias importantes (Síndrome de Wolff-Parkinson-White). Aunque hay que tener en cuenta que no son comunes las patologías cardiovasculares en este tipo de atletas.

### Musculoesquelético

Se debe revisar muy bien los nudillos y la muñeca para determinar la presencia de edema. La presencia de fracturas metacarpianas, tenosinovitis del extensor o sinovitis capsular pueden limitar el desempeño del boxeador durante el combate. Además, se deben descartar lesiones en las costillas ya que pueden evolucionar hacia un neumotórax.

### Abdominal

Se debe realizar un examen completo para descartar hepato o esplenomegalia, que puedan indicar patologías infecciosas, pero generalmente es normal durante el examen.

### Neurológico

Todo boxeador debe tener un examen neurológico completo en donde se incluya: examen del estado mental, evaluación de los pares craneanos, pruebas cerebelares y evaluación de reflejos osteo-tendinosos. Se puede realizar en pocos minutos y podría dar información de signos de focalización, importantes para determinar la integridad del atleta. Este examen podría determinar e identificar signos tempranos de encefalopatía traumática crónica del boxeador.

## Características antropométricas DEL BOXEO

En la caracterización antropométrica del boxeo se deben considerar aspectos tales como la composición corporal, el somatotipo y las proporcionalidades.

En la composición corporal este deporte se caracteriza por porcentajes de grasa que oscilan entre el 5,0 y 8 % de grasa por el método de Yuhazs y se deberá propender por que en ningún momento del macrociclo el deportista alcance niveles de porcentajes de grasa mayores de 12%. Así mismo el índice AKS deberá estar en el periodo de preparación general alrededor de 1,17 y en periodo competitivo alrededor de 1,22.

El somatotipo aceptable estará alrededor de 1,5 a 3 de endomorfia, 4,8 a 6,1 de mesomorfia y 1,8 a 3,0 de ectomorfia.

La proporcionalidad para este deporte debe contar con una musculatura bien desarrollada principalmente en miembros superiores con un índice córmico alrededor del 0,5 y un alcance de miembros superiores alto. Es importante para este grupo de combate particular que los deportistas tengan un ancho de mano y muñeca importante lo cual se traducirá en impactos más uniformes con una mayor superficie de contacto.

Por ser un deporte por divisiones de peso se deberá propender por que los deportistas en el periodo de preparación general tengan pesos hasta solo 2 k por encima del requerido para su categoría. Igualmente en el periodo de competencia se aceptarán solo niveles de 500 g sobre el peso de la división de competencia.

## Control biomédico DEL ENTRENAMIENTO

El siguiente es el protocolo de control biomédico del entrenamiento realizado con el deporte de Boxeo en la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Previa reunión con el entrenador y el área metodológica, donde se discute el plan de entrenamiento (macrociclo, mesociclo, microciclo, unidades de entrenamiento y dinámica de las cargas), se construye el programa de control biomédico. Se ejecutan controles por etapa, puntuales y operativos.

### Controles por etapa

Realizados en los laboratorios de Medicina Deportiva.

#### **Examen médico deportivo completo:**

Realizado como conducta de entrada y al final de cada macrociclo. En este se hace énfasis en los sistemas orgánicos que tienen que ver con la agudeza visual (campimetría y fondo de ojo). Se indaga por los antecedentes personales, familiares, medicamentos, quirúrgicos, alérgicos y osteomusculares. A cada deportista se le realiza un examen físico completo donde se buscan signos sugestivos de enfermedades generales y trastornos osteomusculares tales como retracciones musculares significativas, acortamiento en longitudes de extremidades, fuerza segmentaria, balance propioceptivo, examen articular general, lesiones cutáneas etc.

#### **Laboratorio clínico**

Realizados al inicio y final del macro.

- Hemoleucograma y sedimentación.
- Citoquímico de orina.
- Glicemia.
- Perfil lipídico.
- Urea.
- CPK.
- Grupo sanguíneo.

En los controles posteriores de etapa (intermedios en el macro), se ejecutan los siguientes exámenes:

- Hemoleucograma y sedimentación.
- Citoquímico de orina.
- Urea.
- CPK

### **Fisiología**

Ejecutadas en cada control y a necesidad del entrenador.

- Saltabilidad con test de Bosco para evaluar potencia de miembros inferiores
- Ergoespirometría (ergometría). Para evaluar la capacidad física resistencia en sus dos aspectos de potencia y capacidad.

Se obtienen los siguientes parámetros de control:

- Frecuencia cardíaca de reposo, máxima o final, recuperación minutos 1, 3 y 5 y las correspondientes a los umbrales ventilatorios 1 y 2.
- Consumo máximo de oxígeno (potencia aeróbica máxima).
- Capacidad física máxima de trabajo (velocidad aeróbica máxima).
- Umbrales ventilatorios 1 y 2.
- Test confirmatorios de los umbrales ventilatorios.

### Antropometría

Como control inicial. Permite reconocer cuatro aspectos fundamentales en el aspecto morfológico (composición corporal, forma, biotipo y proporcionalidad).

Se realizan dos tipos de evaluación: completa y parcial.

Completa:

- Masa corporal y peso óptimo.
- Estatura.
- Porcentaje de grasa óptimo (6 pliegues).
- Masa corporal activa.
- AKS (índice de sustancia activa).
- Índice de masa corporal.
- Somatotipo.
- Proporcionalidad.
- Relación estatura/peso (Mayor 10-15 cm)
- Largo y ancho de la mano.
- Alcance (mayor de 65 cm)

Parcial. Realizado en cada etapa.

- Composición corporal.
- Masa corporal.
- Estatura (si se encuentra en proceso de crecimiento).
- Porcentaje de grasa (6 pliegues).
- Masa corporal activa.
- Índice de sustancia activa.
- Índice de masa corporal.
- Somatotipo (si se encuentra en proceso de crecimiento).

### Nutrición

- Anamnesis de 24 horas (análisis del patrón de alimentación diario).
- Consulta nutricional post evaluación.
- Plan de alimentación.
- Apoyo nutricional en la Villa Deportiva.
- Apoyo con complemento nutricional.
- Seguimiento del peso y el porcentaje de grasa en los primeros tres mesociclos.
- Estos estudios se repiten en un corto tiempo, según resultados encontrados en cada una de las evaluaciones anteriores.

### Fisioterapia.

- Controles al inicio y final de cada macrociclo.
- Postura.
- Huella plantar.
- Flexibilidad completa. Se repite en cada uno de los controles.

### Cardiovascular.

Para evaluar y realizar el seguimiento del comportamiento del sistema cardiovascular y del sistema nervioso autónomo. Se procede de la siguiente manera:

- Prueba ortostática de cinco minutos.
- Electrocardiograma con determinación del índice de Chignon

Los controles son realizados al principio y al final del macrociclo y según los estudios existentes de posible sobre entrenamiento.

### A. Controles por etapa

Realizados en el terreno (pista de atletismo y coliseo de entrenamiento).

1. Test de Leger continuo.



El VO<sub>2</sub> máximo se calcula a partir de la velocidad de carrera que alcanzó el ejecutante en el último periodo que pudo aguantar, según la siguiente ecuación:

$$\text{VO}_2 \text{ máximo} = 5,857 \times \text{Velocidad (Km/h)} - 19,458$$

**2.** Test de veinte metros y veinte metros lanzados. Para evaluar la capacidad física velocidad y la aceleración. El test se realizará con la utilización de fotoceldas para marcar el inicio y el fin de la carrera previo calentamiento con carreras a diferentes velocidades. Se llevarán a cabo tres intentos en cada una de las modalidades del test y se consignará el mejor de los tres.

**3.** test de 3 por 3 por un minuto. Ejecución de tres carreras de tres minutos con un minuto de descanso entre repetición, valora la resistencia especial.

Se registran los siguientes parámetros:

- Distancia recorrida en cada repetición (semeja el asalto).
- Frecuencia cardiaca final en cada round (repetición).
- Frecuencia cardiaca al inicio del siguiente round (repetición).
- Frecuencia cardiaca de recuperación a los minutos 1, 2 y 3 de finalizadas las cuatro repeticiones.
- Lactato a los minutos 1, 3, 5, 7 y 9.

**4.** Test de golpes (rectos) al saco cojín de pared durante 15 segundos.

Se registran los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardiaca final y a los 15 segundos de finalizada la prueba.
- % de efectividad.

**5.** Control combate - *sparring*.

- Frecuencia cardiaca final cada round.
- Frecuencia cardiaca inicio de cada round.
- Frecuencia cardiaca al final de los cuatro round y a los minutos 1, 3 y 5.
- Lactato minutos 3, 5, 7 y 9 de finalizado el combate.

El objetivo es el de evaluar la seguridad táctica del deportista, la resistencia a la velocidad gestual y los procesos de recuperación.

**4.** Test de fuerza máxima 1 RM utilizando la medición con la prueba del isocontrol (T Force) para la construcción de curvas fuerza - velocidad

## B. Controles puntuales

Realizados en el laboratorio de Medicina Deportiva. Exámenes de tipo bioquímico:

- Urea
- CPK
  - Controles nutricionales (seguimiento resultado evaluaciones). Cada semana en las últimas cuatro semanas antes de competencia.
  - En el terreno se controlan los factores de riesgo de sobre entrenamiento.

## C. Controles operativos

Realizados principalmente en el terreno.

- Frecuencia cardiaca postejercicio en las diferentes sesiones de entrenamiento.
- Frecuencia cardiaca y velocidades de entrenamiento en los programas de disminución de peso.
- Observaciones de los entrenamientos. Control del estado de salud.
- Control de peso y porcentaje de grasa todos los días en el último microciclo.

Luego de recoger la información aportada por cada uno de los controles (etapa - puntual y operativo), la información obtenida es discutida por el área científica de la asesoría de Medicina Deportiva inicialmente, luego en presencia del entrenador y del área metodológica se hace entrega del informe, para ser discutido y adoptar las recomendaciones pertinentes que beneficien al deportista y su plan de entrenamiento.

## Lesiones más frecuentes EN EL BOXEADOR

### 1. Sistema musculoesquelético

Los principales sitios de lesiones se encuentran en la mano y la muñeca. Pueden aparecer en otros lugares pero no son muy comunes. Se pueden presentar desgarros del manguito rotador, ruptura aguda del músculo subescapular, además de lesiones meniscales o del ligamento cruzado anterior en la rodilla.

#### A. Mano y muñeca

Las lesiones musculoesqueléticas más comunes se localizan en la mano y la muñeca. Estas lesiones pueden terminar la carrera del boxeador en forma prematura.

La mano ha sido dividida en tres áreas:

**Area 1:** El pulgar que incluye la articulación carpometacarpiana y el escafoides.

**Area 2:** La base de los metacarpianos (2 al 5) incluyendo la articulación de la muñeca

**Area 3:** Las falanges y el resto de los metacarpianos excluyendo sus bases y el pulgar.

#### 1) Primer dedo (pulgar)

##### a) Lesión del ligamento colateral metacarpo-falángica:

Ocurre por la abducción forzada del pulgar. Manteniendo el puño bien cerrado puede prevenir esta lesión. El tratamiento es de aproximadamente 4-8 semanas de inmovilización (desgarros parciales). Para desgarros totales generalmente requieren tratamiento quirúrgico debido a que quedan con una inestabilidad metacarpo-falángica.

##### b) Lesión carpo-metacarpiana (primera unión):

Puede representar en una sinovitis traumática, subluxación o fractura. Estas lesiones se deben a los golpes que el oponente da al recibir los golpes del contrincante en la cabeza con el lado radial del puño.

La subluxación o la fractura de Bennett son tratados con una reducción cerrada y una fijación con un pin percutáneo.

#### 2) Muñeca

##### a) Lesiones del segundo al cuarto uniones carpo-metacarpianas:

Las lesiones en esta área pueden ser sinovitis traumática, subluxación o luxación, y/o fractura de la base metacarpiana.

Los más comunes son el segundo y el tercero; solos o combinados. Es producido por traumas directos sobre la cabeza del metacarpiano.

Las lesiones de subluxación y luxación son tratadas como las lesiones anteriores.

##### b) Esguince:

Esta lesión se debe a un estiramiento o desgarro de la cápsula dorsal o de los ligamentos de la muñeca. Los síntomas son muy vagos, pero se podrían incluir como dolor, edema y limitación funcional. Generalmente no se asocia a fracturas.

##### c) Fractura de escafoides y pseudoartrosis (no-unión):

Son lesiones benignas de los boxeadores. Diagnóstico diferencial de un esguince de muñeca. Con frecuencia, las no-uniones son casi asintomáticas y pueden pasar varias semanas antes de que el boxeador consulte al médico.

#### 3) Nudillos

**a) Desgarro de la banda sagital de la segunda a la cuarta unión metacarpo-falángica:**

Es causado por un golpe directo con toda la fuerza sobre los nudillos. Ocurren con frecuencia en el segundo nudillo. La patofisiología se debe a un estiramiento o desgarro de las bandas sagitales del mecanismo extensor. Estas lesiones tienden a ser recurrentes en los boxeadores.

**b) Desgarro capsular dorsal de la segunda a la cuarta unión metacarpo-falángica:** El cuadro clínico es similar al anterior. El tratamiento generalmente es quirúrgico.

c) Fractura metacarpiana: Pueden presentar fractura de los cuellos. Es causado por una técnica inapropiada de golpe. El tratamiento es una reducción cerrada y una fijación percutánea.

## B. Cuello

### 1) Fractura cervical

Todo boxeador que sea derrotado por K.O. y caiga inconsciente, debe ser tratado como una lesión de cuello potencial, aunque esta lesión sea muy rara (solo se han reportado tres casos de lesiones de fracturas cervicales en la literatura inglesa).

Se reportó un caso de lesión por hiperextensión que resultó en fractura de C6 asociado a cuadriplejía.

## 2. Lesiones oculares

Son lesiones muy raras pero que se deben de tener en cuenta ya que el trauma directo sobre el globo ocular produce varios mecanismos que pueden actuar en forma aislada o combinados (golpe, contragolpe, expansión ecuatorial). La lesión de golpe ocurre en el punto de impacto. La lesión de contragolpe ocurre en cualquier lugar distal al sitio directo del trauma. Las lesiones oculares resultan de una fuerza causadas por las ondas de choque que se originan en el sitio del impacto y que atraviesan el globo ocular, produciendo lesiones en los tejidos de diferentes densidades. La lesión de expansión ecuatorial es causada por una compresión del globo ocular en una dirección anterior-posterior con una obligada expansión a lo largo del plano ecuatorial; esto causa tracción sobre la retina periférica en la región de la base del vítreo, llevando a un desgarro o desprendimiento de retina.

### A. Tipos de lesiones

1. Cámara anterior:
  - a. Abrasiones corneales.
  - b. Lesiones de los lentes.
  - c. Hemorragia subconjuntival.
  - d. Lesión del cuerpo ciliar.
  - e. Recesión angular traumática:
    - Glaucoma crónico.

2. Cámara posterior:
  - a. Lesiones de retina, lesiones maculares.
  - b. Lesiones del complejo vítreo-coroideo.

Los signos clínicos del desprendimiento de retina incluyen disminución de la agudeza visual, pérdida visual del campo periférico y fotopsias. En el examen oftalmológico si se encuentra una base del vítreo con avulsión, se considera como signo patognomónico de un trauma directo en el globo ocular.

En un estudio, se encontró que el 100% de los boxeadores estudiados (74) no presentaban síntomas clínicos y el 24% de ellos, al examen oftalmológico, presentaban un desgarro de la retina.

Medidas de seguridad:

1. La examinación oftalmológica anual se debe realizar a cada boxeador incluyendo medidas de la agudeza visual y campos visuales, examen con lámpara de hendidura, medidas de la presión intraocular, gonioscopia, examinación vítreoretinal con oftalmoscopia indirecta.
2. Creación de una base de datos (registro para documentar y seguir la evolución de las lesiones oculares de los boxeadores).
3. Guantes apropiados para los combates (más acolchonados).
4. Actualización de los médicos sobre trauma ocular es necesario.

## 3. Lesiones raras

- a. Perforación faringe-esofágica secundario a trauma directo en el cuello.
- b. K.O. del seno carotideo.
- c. Otras.

## 4. Lesión cerebral aguda

### a. Muerte

Contrario a lo que la gente cree, la ocurrencia de la muerte como consecuencia directa al boxeo no es tan alta como ocurre en otros deportes. La incidencia en el boxeo se ha reportado de 0.13 por

1000 participantes, comparado con el 0.3 en el fútbol colegial, de 0.7 en deporte de motor (motocicleta), de 5.1 en ascenso de montaña, 12.8 en competencias a caballo, etc. Con el tiempo, la tendencia ha sido a la disminución.

### b. Hematoma

- Hematoma subdural agudo.  
75% de los boxeadores que mueren por traumas en el boxeo.
- Hematoma subdural subagudo.  
Después de varias horas o días del combate.
- Hematoma subdural crónico.  
Después de varias semanas después del combate.
- Hematoma epidural agudo.  
Ruptura de la arteria meníngea media. Es raro en lo boxeadores.

### c. Hemorragia intracerebral

La hemorragia intracerebral es el resultado de las fuerzas mecánicas que causa un movimiento diferencial entre el cerebro y el cráneo, que resulta de la fuerza del golpe y contragolpe propagados a través del cerebro. Puede consistir en pequeñas petequias en cualquier lugar del tejido cerebral. Es más común que el hematoma epidural agudo.

### d. Lesión axonal difusa

Es una lesión muy rara y consiste en una interrupción de los axones que probablemente ocurre en el momento del impacto o instantes después.

### e. Edema cerebral y/o isquemia cerebral

Es frecuentemente asociado a un hematoma subdural agudo y puede terminar en la muerte del boxeador, aún con el tratamiento apropiado.

### f. Concusión cerebral

Es la lesión neurológica aguda más común que ocurre en el boxeo. La conmoción cerebral es considerada un síndrome clínico caracterizado por un cambio postraumático fugaz e inmediato en la función neural, tales como la alteración de la conciencia, alteraciones de movi-

mientos o equilibrio. Puede ser vista como una pérdida aguda postraumática de la función neural con un retorno de la función generalmente rápida y completa.

Clasificación:

- **Leve:** sin pérdida de la conciencia.
- **Moderado:** pérdida de la conciencia con amnesia retrógrada.
- **Severo:** pérdida de la conciencia por más de cinco minutos.

Aunque esta clasificación no es muy específica y completa, es de gran ayuda para hacer un manejo inicial correcto.

Pero existen otros autores que la clasifican de otra manera, dependiendo del compromiso neurológico que tenga el boxeador.

Parkinson *et al.* (1978) la clasifican así:

- **Estado I:** alteración de la memoria.
- **Estado II:** estado I + alteración de la actividad motora somática.
- **Estado III:** cese de la actividad motora y alteración de la respiración.
- **Estado IV:** cese de la respiración.

La mejoría de los estado II al IV al estado I puede ocurrir en segundo pero la recuperación total del estado I puede tomar minutos y hasta horas.

Pero Jordan B.D. ha propuesto una clasificación específica para el boxeo que incluye:

- **Grado I:** alteración neurológica transitoria sin pérdida de la conciencia, que demore menos de diez segundos.
- **Grado II:** alteración neurológica transitoria sin pérdida de la conciencia, que demore más de diez segundos.
- **Grado III:** pérdida de la conciencia con una recuperación completa en menos de dos minutos.
- **Grado IV:** pérdida de la conciencia con una recuperación completa que demore más de dos minutos.

Esta clasificación proporciona un esquema práctico de trabajo para el boxeo.

### g. **Encefalopatía traumática crónica del boxeador (E.T.C.B.).**

#### Profilaxis

- **Calentamiento general y local:** estiramiento (*stretching*)
- **Técnica del golpe:** Corrección de la biomecánica.
  - Prevención de la abducción del pulgar.
  - Mantenimiento del puño (cerrado).
- **Protección:** Vendaje: correcto.
  - Pulgar: adecuada protección y acolchonamiento.
  - Muñeca: con adecuado soporte.
  - Guantilla: en los entrenamientos
  - Casco protector (amateur): protege de lesiones agudas, no de la E.T.C.B.
  - Protector genital.
  - Protector bucal.
- **Fisioterapia:** en forma diaria en las manos.
  - Parafina, hielo y masoterapia semanal

### Higiene del boxeo

La higiene en el deporte es un aspecto importante de la medicina deportiva. Algunos países y federaciones internacionales han determinado algunos de estos aspectos por medio de reglas.

#### 1. Largo del pelo

No debe sobrepasar la nuca, lóbulos de la oreja ni las cejas.

#### 2. Barba

Están prohibidas.

### 3. Deshidratación

Puede conducir a lesiones viscerales, principalmente del hígado y riñones, además por todas las implicaciones que tiene una deshidratación rápida.

### 4. Vaselina

Puede ser peligroso porque puede hacer contacto ocular y provocar lesiones.

### 5. Embrocación

Está prohibida porque puede penetrar en el ojo y producir lesiones.

### 6. Protectores bucales

Es personal.

### 7. Protector de cabeza

También es personal.

### 8. Esponjas y toallas

Es muy personal y no se debe usar con el oponente.

### 9. Sangramiento

Se deben tener las medidas biomédicas para el manejo de secreciones y líquidos corporales, como la sangre.

## REFERENCIAS

**Bermúdez T. A.** (2002). La anticipación en el deporte. Revista Digital. Buenos aires. Año 8. (48). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).

**Dalmonte A.** (1989). Clasificación fisiológica biomecánica de la actividad deportiva. XII Congreso Panamericano de Educación Física. Guatemala. pp. 151-168.

**Degtiariv I. P.** (1983). Boxeo. Moscú: Editorial Raduga.

**Fontanills Q. J.** (2002). Cosas del entrenamiento de boxeo y mucho más. Revista Digital. Buenos aires. Año 8. (47). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).

- Fontanills Q.J.** (2002). Experiencia de un entrenador de boxeo cubano en Tailandia. Revista Digital. Buenos aires. Año 8. (45). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- Gonzalez R, M. S.** (2001). Manual de recomendaciones para la evaluación y orientación de las percepciones especializadas del boxeador escolar cubano. Revista Digital. Buenos aires. Año 7. (34). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- González R, M. S.** (2001). La preparación psicológica y las percepciones especializadas en el boxeo escolar: Una reflexión necesaria. Revista Digital. Buenos aires. Año 7. (36). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- Hernández M. J.** (1994). Fundamentos del deporte. Análisis de estructuras del juego deportivo. INDE publicaciones. pp. 16-31.
- <http://www.aiba.org/>; AIBATechnical Rules. Asociación Internacional de Boxeo. 2014
- Izquierdo Z, Villanueva E, Rubio F, Fernández A, Giraldo F.** (1999). Control médico del entrenamiento: Deportes de combate, boxeo. "Cerro Pelado" La Habana, Cuba: Instituto De Medicina Del Deporte – C.E.A.R.
- López A, J. Mendivia O. L.** (Noviembre 2000). Utilidad del test de nivel subjetivo de preparación para valorar la preparación psicológica en deportes de combate. Revista Digital. Buenos aires. Año 5. (27). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).
- MacDougall JD, Howard AW, HowardJG.** (1989). El objetivo de la evaluación fisiológica. En Mac Dougall DJ, Howard AW, Howard JG, editors. Evaluación Fisiológica del Deportista. Barcelona: Paidotribo. pp. 1-19
- MacDougall JD, Wenger HA.** (1991). The purpose of physiological testing. En MacDougall JD, Wenger HA, Green HJ, editors. Physiological testing of the high performance athletes. Canadian Association of Sports Sciences. Champaign, IL: Human Kinetics. pp. 1-5
- Menshikov V, Volkov N.** (1990). Factores bioquímicos de la capacidad de trabajo deportiva. En Bioquímica. Vnesthogizdat Moscú., pp. 361-68
- Parkinson Dwigth, West Michael, Pathijara Tilak.** Concussion: Comparison of humans and rats. Neurosurgery September/October 1978 - Volume 3 - Issue 2
- Porto Cabrales, R.** (2002). Historia del boxeo colombiano. Cartagena: Litohermedin Ltda.
- Verlesi G.** (Diciembre 2001). El metodo intermitente en el boxeo y en las artes marciales. Revista Digital. Buenos aires. Año 7. (43). Recuperado de [www.efdeportes.com](http://www.efdeportes.com).



# CONTROL

## BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO EN CICLISMO BMX



### Control biomédico **DEL ENTRENAMIENTO** en ciclismo bmx

*Luis Eduardo Contreras Vergara, MD. Esp.*

#### Generalidades de las **PRUEBAS DE BMX**

**A**l ciclismo BMX, o Bicycle Motocross, surgió a finales de los años 60 del siglo pasado en California, inspirado en el motocross, que es una modalidad del motociclismo. En terminología castellana se conoce como Bicicross, pero dada la amplia difusión del término BMX, en este capítulo se empleará este último término.

El BMX solo hizo su aparición como deporte olímpico en los Juegos Olímpicos de Beijing de 2008. Debido a ello, este deporte era muy poco conocido por el público general hasta ese momento y había muy poca investigación científica sobre él.

Esta modalidad deportiva es regida en el mundo por la Unión Ciclista Internacional (UCI), que es la asociación de las federaciones nacionales de ciclismo. La UCI es una institución internacional no gubernamental sin fines lucrativos con sede en Suiza.

Las siguientes generalidades de las pruebas de BMX que se exponen a continuación (edad de los participantes, categorías de los corredores, campo de competición, ropa y equipo de seguridad y sistema de competición) han sido extractados de sección Regulaciones, Parte 6, BMX, de la página web de la UCI.

## Edad de los PARTICIPANTES

Para participar en eventos del calendario internacional la categoría de los corredores se determina por su edad, la cual se define por la diferencia entre el año del evento y el año de nacimiento del ciclista. Un corredor debe tener como mínimo 5 años de edad para competir en un evento aprobado por la UCI. El mínimo de edad de 5 se refiere a la edad de calendario real al día de comienzo de la carrera.

## Categorías de LOS CORREDORES

Los eventos de BMX se agrupan en tres niveles de competición: el nivel de Campeonato que comprende las categorías elite y junior, el Challenge y el Masters.

## Categorías de NIVEL CAMPEONATO

Se compite con bicicletas estándar de 20 pulgadas y existen las siguientes 8 categorías (4 para la especialidad de carreras y 4 para la de contrarreloj individual):

- Hombres Elite:  $\geq 19$  años
- Mujeres Elite:  $\geq 19$  años
- Hombres Junior: 17 y 18 años
- Mujeres Junior: 17 y 18 años

## Categorías de nivel Challenge

### *Bicicletas estándar de 20 pulgadas*

- Niños: 5 y 6 años, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 (11 categorías).
- Niñas: 5-7 años, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 (10 categorías).
- Hombres: Hombres: 17-24, 25-29, 30-34,  $\geq 35$  (4 categorías).
- Mujeres: 17-24,  $\geq 25$  (2 categorías).

### *Bicicletas crucero de 24 pulgadas*

- Niños y Hombres:  $\leq 12$ , 13 y 14, 15 y 16, 17-24, 25-29, 30-34, 35-39, 40-44, 45-49,  $\geq 50$  (10 categorías).
- Niñas y Mujeres:  $\leq 16$ , 17-29, 30-39,  $\geq 40$  (4 categorías).

NOTA: En el nivel Challenge sólo existe la especialidad de carreras, no la de contrarreloj individual.

## Categorías de nivel Masters

- Hombres:  $\geq 30$  años, solamente en bicicletas estándar de 20 pulgadas.
- Los masters también pueden competir en la categoría challenge crucero de 24 pulgadas correspondiente a su edad.
- Un corredor de 17 años o más puede escoger competir a nivel
- Campeonato, Challenge o Masters (solamente si tiene 30 o más años) al comienzo de la temporada en el grupo de edad y género apropiado.

Un ciclista no puede competir en ambos niveles Campeonato y Challenge durante la misma temporada; su licencia debe indicar la categoría a que pertenece.

## Campo de COMPETICIÓN

La pista de BMX debe ser de un diseño compacto, en bucle cerrado, con giros y obstáculos, formando un circuito en el cual la longitud, me-



didada a lo largo de su centro, no debe ser menor de trescientos metros ni mayor de cuatrocientos. La anchura de la pista debe tener un mínimo de diez metros en la salida y no debe disminuir a menos de cinco metros en ningún punto de su longitud. El recorrido debe tener un mínimo de tres giros y los obstáculos pueden ser simples o complejos, y ser más exigentes para las categorías más altas.

Como se desprende de lo anterior, es importante mencionar que en el BMX no existen pistas estándar. Las competiciones se llevan a cabo en escenarios diferentes, con una amplia variabilidad de características, en las cuales la dificultad se incrementa dependiendo del nivel del torneo. De acuerdo a ello, las pistas podrían clasificarse en tres niveles de dificultad (Mateo *et al*, 2011; Mateo *et al*, 2012 (1), Mateo *et al*, 2012 (2)):

- Pistas de elevada dificultad. Tienen rampa de salida más elevada, con pendiente mayor y más larga, lo que produce gran aceleración al inicio de la prueba, aunque reduce la posibilidad de desarrollar una potencia máxima en la fase de aceleración. Estas pistas tienen también un mayor número de obstáculos con los consiguientes tiempos de vuelo superiores cuando se saltan los obstáculos, y exigen por lo tanto muchas ejecuciones aéreas y acciones técnicas muy demandantes. Ejemplos son las pistas de los Juegos Olímpicos y las de supercross.
- Pistas de mediana dificultad. Poseen menor inclinación y longitud de la rampa de salida y amplia distancia entre los obstáculos, y tienen mayores posibilidades de pedaleo entre ellos. Como ejemplos están las pistas de los campeonatos del mundo.
- Pistas de baja dificultad. Tienen salida con poca pendiente, con obstáculos más fáciles de superar y en poco número. En ellas los atletas con menores destrezas técnicas, pero mayores habilidades para pedalear, pueden desempeñarse exitosamente. Estas pistas son comunes en los campeonatos europeos.

## Ropa y equipo DE SEGURIDAD

Durante la competencia los corredores deben usar cascos que protejan toda la cara, los cuales deben estar equipados con una visera de

diez centímetros como mínimo. Adicionalmente, la UCI recomienda que los ciclistas usen la siguiente protección:

- Protectores de espalda, codos, rodillas y hombros hechos de materiales rígidos.
- Protección de las vértebras cervicales.

## Sistema de COMPETICIÓN

Los corredores que compiten en un evento son clasificados de acuerdo a la edad, género, estilo de bicicleta y nivel de competición (Campeonato, Challenge y Masters), tal como fue mencionado atrás. Existen dos especialidades en el BMX: la carrera de BMX propiamente, y la contrarreloj. Se reconocen dos estilos de bicicletas: estándar de 20 pulgadas y crucero de 24 pulgadas; la prueba de contrarreloj solo puede correrse en una bicicleta estándar de 20 pulgadas.

Una carrera de BMX se compone de tres fases: las motos, las clasificaciones (1/32, 1/16, 1/8, 1/4 y semifinales, dependiendo del número de participantes) y la final. La fase de las motos se subdivide en tres rounds al final de los cuales los corredores con los mejores desempeños pasan a las clasificaciones.

La contrarreloj de BMX es un evento compuesto de dos fases: la clasificación y las superfinales; esta última define el resultado final.

La carrera de BMX comienza con una partida en un plano inclinado hacia abajo. Los corredores esperan detrás de un partidador mecánico localizado en la cima y la prueba se inicia cuando este partidador cae siguiendo un protocolo determinado. Los ciclistas compiten en carreras de hasta ocho corredores en las cuales los mejores van clasificando a las fases siguientes hasta llegar a la final, de acuerdo a unas normativas claramente establecidas. Usualmente existe un período de recuperación de aproximadamente treinta minutos entre las fases.

## Exigencias fisiológicas y de las capacidades FÍSICAS DURANTE LA CARRERA DE BMX

La carrera de BMX tiene una duración de 30-45 segundos dependiendo del tipo de pista (longitud y nivel de dificultad). En el BMX las demandas fisiológicas, biomecánicas y técnicas dependen de la combinación de las características físicas de las pistas y del manejo táctico que el corredor le dé a las circunstancias de la competencia (Mateo et al, 2012 (2)).

Esencialmente, el BMX puede ser caracterizado como una modalidad deportiva que contiene períodos cíclicos de pedaleo que alternan con fases acíclicas (sin pedaleo); estas últimas pueden ser tanto aéreas como en tierra. De acuerdo a ello, los sistemas energéticos de resíntesis de energía implicados, fundamentalmente, son el de los fosfágenos y la glicólisis anaeróbica.

Un análisis más detallado de la modalidad de BMX muestra que las exigencias fisiológicas, biomecánicas y técnicas durante la carrera no son siempre las mismas, y se pueden diferenciar tres fases de la competencia (Mateo et al, 2011):

- Fase inicial de aceleración. Es una fase que está determinada por el gradiente de la rampa y ampliamente condicionada por los valores de fuerza máxima y la potencia resultante de ella, las cuales son capacidades importantes para alcanzar la aceleración máxima.
- Fase central mixta. En ella los corredores combinan: a) acciones de impulso sin pedaleo cuando saltan los obstáculos, las cuales son actividades acíclicas con elevadas demandas de equilibrio, fuerza isométrica y coordinación con, b) cuando el terreno lo permite, pedaleo cíclico, enfocado a la obtención de la máxima potencia posible para incrementar o mantener la velocidad ya alcanzada.
- Fase final. Es una fase de resistencia a la velocidad en la cual los atletas tratan de mantener su máxima velocidad a través del pedaleo y la coordinación, y en la que la resistencia para mantener la potencia cíclica elevada (resistencia a la velocidad) juega un papel crucial en el desempeño final.

Teniendo en cuenta lo anterior, no es posible elaborar un perfil único de las demandas fisiológicas, biomecánicas y técnicas de la carrera

de BMX, pues ellas dependen del nivel de dificultad de las pistas (tal como fue descrito en la sección *Campo de competición*). Sin embargo sí existen unos referentes comunes a la gran mayoría de las pruebas, los cuales se expondrán en los párrafos siguientes.

## Capacidades FÍSICAS

En una investigación realizada durante la *competencia de contrarreloj* durante el Campeonato Mundial de BMX de 2010 en ciclistas Elite en pista de Supercross (Cowell et al, 2011) se encontró que los hombres evaluados emplearon  $39.67 \pm 0.81$  segundos en recorrer la distancia, dando  $30.45 \pm 3.2$  pedalazos; del total de la prueba solo pedalearon el 31% del tiempo ( $11.83 \pm 1.11$  segundos), en tanto que el resto del tiempo (o sea el 69%) lo emplearon realizando saltos e impulsándose a través de los obstáculos sin pedalear (estas últimas dos, en conjunto, se pueden denominar como acciones acíclicas). Por su parte, las mujeres emplearon  $40.95 \pm 0.91$  segundos, dando  $33.65 \pm 5.06$  pedalazos; del total de la prueba solo pedalearon el 38% del tiempo ( $14.4 \pm 2.17$  segundos), en tanto que el resto del tiempo (o sea el 62%) lo emplearon en acciones acíclicas. No obstante, no se pueden realizar comparaciones entre género, puesto que en las pistas de supercross las distancias y el tipo de recorrido realizado no son los mismos.

De otro lado, en análisis recientes llevados a cabo en competencias de BMX se encontró que durante la carrera de BMX se realizan aproximadamente 6 sprints máximos de aproximadamente 1 a 3 segundos de duración en los cuales se generan elevados niveles de potencia; adicionalmente, se ha establecido que la parte superior del cuerpo participa significativamente durante la realización de los numerosos saltos que se realizan para superar los obstáculos de la pista (Garvican et al, 2013).

Con base a lo anterior se hace aparente que para analizar el BMX desde las perspectivas fisiológicas, biomecánicas y técnicas se debe tener en cuenta que en esta modalidad deportiva las acciones son intermitentes o alternadas, existiendo acciones de pedaleo o cíclicas (que generan potencia externa medible en los atletas) y otras sin pedaleo (que generan velocidad, y que en este texto se denominarán acciones acíclicas). Las acciones de pedaleo se realizan en dos momentos: en la partida, para generar aceleración, y en aquellos momentos en que el re-

corrido permite pedalear. El resultado final durante una competencia de BMX se debe entonces a la contribución de cada uno de esos factores.

Los corredores de BMX son capaces de generar unos valores elevados de potencia en la fase inicial (partida) de la carrera, los cuales son de gran importancia para producir una aceleración elevada, que les permitirá tomar la delantera desde el comienzo del recorrido. Al respecto, se han descrito valores de potencia máxima que oscilan entre  $1340 \pm 240$  W en corredores franceses de nivel nacional y  $2087 \pm 156.8$  W en corredores americanos del equipo olímpico del 2008 (Bertucci *et al*, 2011).

Otra característica de los ciclistas de BMX es que producen su potencia pico muy rápidamente. En efecto, en estudios realizados en terrenos similares a los de competición se ha encontrado que la potencia pico se obtiene en los primeros 1.4 segundos de carrera (Mateo *et al*, 2011) y los primeros seis metros de ella (Herman *et al*, 2009).

Sin embargo, la generación de potencia durante la carrera de BMX no tiene un perfil homogéneo. En una investigación llevada a cabo en corredores de selección nacional española de género masculino en pistas de diferente nivel de dificultad (Mateo *et al*, 2011) se encontró que la potencia varía a través del tiempo, en función de las irregularidades del terreno y del tipo de dificultad de la pista, tal como puede apreciarse en la Figura 1, ya que solo se genera potencia en los momentos en que se patea.

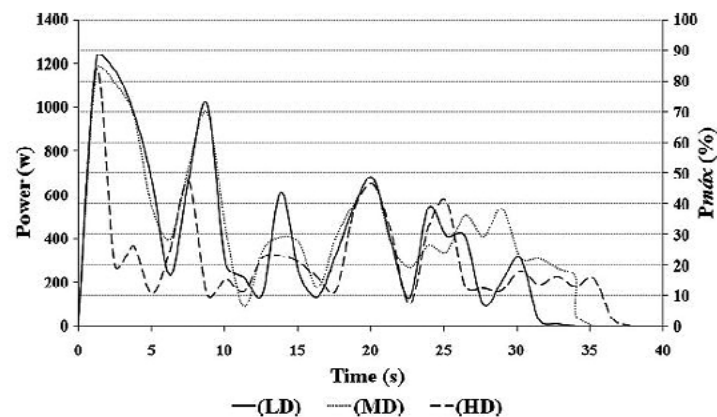


Figura 1. Curva potencia-tiempo durante una carrera de BMX en función de la dificultad de la pista (Mateo *et al*, 2011). Siglas: LD = Dificultad baja; MD= Dificultad media; HD = Dificultad elevada.

Fuente: The Journal of strenght and conditioning research, julio 2011.

La figura 1 muestra, además, cómo la potencia máxima se alcanza antes de los primeros dos segundos y luego cae considerablemente al final de la rampa de salida (más o menos a los tres segundos), siendo más abrupto el descenso en función de la pendiente de partida. Con el transcurso de la carrera la potencia sigue descendiendo, pero siempre los valores de potencia guardan una relación inversa con el nivel de dificultad de la pista, es decir, son menores en las pistas más exigentes, debido a la dificultad de pedalear; en efecto, los datos correspondientes a la Figura 1 muestran que las potencias promedios durante toda la prueba son de  $235.0 \pm 39.24$  W,  $360.34 \pm 39.29$  W y  $394.43 \pm 38.64$  W, en las de en las pistas de alta, media y baja dificultad, respectivamente.

En las pistas de baja dificultad, la menor inclinación de la rampa de salida afecta negativamente la aceleración en los primeros metros de la carrera, por lo cual se debe realizar mayor cantidad de pedaleos para poder alcanzar más prontamente el primer obstáculo (el cual se encuentra más alejado que en los otros tipos de pista). Adicionalmente, y debido al menor número de obstáculos que hay que sortear, se debe realizar mayor cantidad de ciclos de pedaleo a través de la carrera, lo que implica un grado de esfuerzo físico mayor que en las otras pistas. Es obvio que los corredores con mayores niveles de acondicionamiento fisiológico poseen una ventaja relativa para desempeñarse en este tipo de pistas que los más técnicos.

Por el contrario, en las pistas de dificultad elevada y media, las limitaciones para pedalear debido al número y complejidad de los obstáculos incrementa la utilización de acciones acíclicas y disminuye la posibilidad de generar altos valores de potencia. En este tipo de pistas, por lo tanto, los corredores más habilidosos y técnicos presentan mayores ventajas que los más acondicionados fisiológicamente.

En lo que respecta a la contribución del pedaleo y de las acciones acíclicas a la producción de la velocidad durante la carrera de BMX, Mateo y colaboradores (2011) estudiaron en pistas de diferente nivel de dificultad el aporte de esos factores en tres tipos de situaciones: en las que se permitía pedalear libremente, en las que sólo se permitía hacerlo en la salida, y en las que no estaba permitido (estas últimas evaluaban el componente acíclico). Los resultados de su investigación permitieron concluir que los gestos acíclicos (sin pedaleo) contribuían al 83.3% de la velocidad de la carrera, la salida sólo al 4.42% y el pedaleo durante el resto de la competencia al 12,28% restante.

## Exigencias FISIOLÓGICAS

Al momento actual la literatura científica sobre los aspectos fisiológicos de esta disciplina es escasa. La realización de esfuerzos relativamente cortos de alta intensidad para generar elevados niveles de potencia (6 sprints máximos de aproximadamente 1 a 3 segundos de duración) implica la participación en alto grado del sistema anaeróbico aláctico. Adicionalmente, dada la duración de la prueba, la glicólisis anaeróbica también contribuye a la producción de energía.

Recientemente, durante los campeonatos europeos de BMX, se encontraron valores promedios de lactato sanguíneo de  $8.55 \pm 3.74$  mM/l, sin que se observaran diferencias significativas entre las series realizadas, y en algunos corredores se hallaron cantidades máximas de 18.6 mM/l (Mateo et al, 2012 (1); Zabala et al, 2008).

No obstante, para comprender mejor el comportamiento del lactato sanguíneo durante las pruebas de BMX debe estudiarse la influencia que ejercen sobre sus valores las distintas acciones técnicas y el tipo de pista. Mateo et al, 2012 (1) investigaron el efecto de esos factores en una muestra de nueve atletas masculinos pertenecientes a la Selección Nacional Española de BMX a los cuales se les midieron las concentraciones de lactato sanguíneo extraído del lóbulo de la oreja, 3 minutos después del esfuerzo mediante un analizador *Lactate Pro*. Las variables dependientes estudiadas fueron el tipo de dificultad de la pista (Alta, Baja y Media, tal como fue descrito atrás) y el tipo de acciones empleadas (pedaleo libre, PL; pedaleo sólo hasta el final de la rampa de salida, PRS; y sin pedaleo, NP; también mencionado antes). Las principales conclusiones se exponen a continuación.

## Concentración de lactato con relación a la TÉCNICA EMPLEADA EN LA CARRERA

En todos los tipos de pistas la concentración de lactato sanguíneo está influenciada por cada una de las tres técnicas de carrera que se emplean en el BMX: Los valores promedios encontrados, considerando todas las pistas, fueron mayores en PL ( $11.46 \pm 0.48$  mM/l), que en

PRS ( $8.87 \pm 0.74$  mM/l) y que en NP ( $7.53 \pm 0.63$  mM/l). Como puede observarse, un hallazgo de gran significación encontrado fue que aún el hecho de no pedalear produce valores importantes de lactato sanguíneo ( $7.53 \pm 0.63$  mM/l), el cual representa el 65.7% del valor máximo obtenido en la carrera, el pedaleo en la rampa de salida aporta un 11.73% más, y el pedaleo durante el resto de la prueba contribuye con el 22.57% restante. De este modo, las actividades acíclicas contribuyen con el 65.7% de la producción de lactato, en tanto que las cíclicas de pedaleo sólo con el 34.3%, tal como se ilustra en la figura 2.

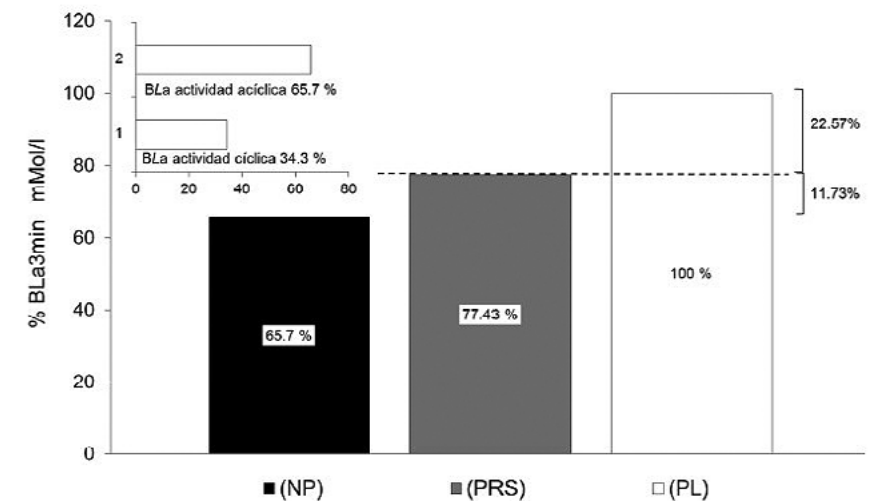


Figura 2. Diferencias en la concentración de lactato sanguíneo en relación al tipo de esfuerzo desarrollado durante la carrera de BMX (Mateo et al, 2012 (1)). Siglas: NP = No pedaleo. PRS = Pedaleo sólo durante la rampa de salida. PL = Pedaleo libre.

Fuente: Rev.int.med.cienc.act.fis.deporte- vol. 12 - número 45 - enero 2012

## Concentración de lactato con relación A LA DIFICULTAD DE LA PISTA

Durante las acciones cíclicas de pedaleo libre durante la carrera entera de BMX se han encontrado diferencias estadísticamente significativas, y en forma inversa, entre las concentraciones de lactato sanguíneo y la dificultad de las pistas (porque, como fue mencionado atrás, la potencia media durante una carrera guarda relación inversa con la

dificultad de las pistas). En efecto los valores encontrados son de  $10.94 \pm 1.72$  mM/l,  $11.52 \pm 2.69$  mM/l,  $11.90 \pm 1.68$  mM/l cuando se pedalea en pistas de alta, media y baja dificultad respectivamente.

De otro lado, durante las acciones acíclicas sin pedaleo las concentraciones de lactato *tienden* a ser mayores cuando las pistas son de mayor dificultad técnica, mientras que decrece cuando el nivel técnico es menor.

Como conclusión, las mediciones de las concentraciones de lactato sanguíneo muestran que durante las pruebas de BMX se producen importantes cantidades de este metabolito cuando se pedalea libremente durante toda la carrera ( $11.46 \pm 0.48$  mM/l en promedio para todos los tipos de pista y  $11.90 \pm 1.68$  mM/l para el caso de las pistas de baja dificultad), pero que sus valores están fuertemente influenciados por el tipo de pistas y el tipo de acciones técnicas empleadas (encontrándose incluso cifras de  $7.53 \pm 0.63$  mM/l cuando se corre sin pedalear), por lo cual su interpretación, cuando se hacen seguimientos y controles, y la aplicación de sus valores para la planeación del entrenamiento deportivo deben realizarse con mucho cuidado.

## Capacidades físicas específicas EN EL CICLISMO BMX

Si bien parece no haber discusión en que el rendimiento deportivo está en relación con el grado de desarrollo de las tres capacidades condicionales básicas (la fuerza, la velocidad y la resistencia), realmente en los corredores de BMX no se encuentran esas habilidades puras, sino mezcladas, formando combinaciones diferenciadas. A continuación se presentan las distintas habilidades atléticas específicas que se requieren en el BMX (Bompa T y Haff G, 2009; Ramírez *et al*, 2008).

1. Agilidad. Conjunto de habilidades interdependientes que convergen para que el corredor responda a los estímulos externos con desaceleraciones, cambios de dirección y re-aceleraciones, que le permite adaptarse a la incertidumbre generada por el circuito y por los otros pilotos (pudiendo cambiar de trazada en el aire, de dirección en un peralte, etc.).
2. Potencia. Manifestación específica de la fuerza aplicada como producto de fuerza y velocidad (González-Badillo y Gorostiaga, 2002),

que redundará en una capacidad de propulsión y en una velocidad de traslación mayor, lo que se aprecia especialmente en las arrancadas que deben realizarse a lo largo del circuito (principalmente en la salida).

3. Resistencia de corta duración, pues el corredor debe ser capaz de realizar esfuerzos máximos a lo largo de las diferentes zonas del circuito sin apenas descanso, máxime cuando debe llegar a los últimos 10 m de la prueba en condiciones de disputar un sprint que puede resultar decisivo de cara al resultado final.
4. Resistencia de larga duración: además de la anterior, hay que tener en cuenta la estructura eliminatoria de la prueba, y se deben realizar varias mangas para alcanzar la final (según el número de corredores) con lapsos de aproximadamente treinta minutos de recuperación entre cada una de ellas. Lo anterior significa que un piloto de BMX no sólo debe tener un rendimiento alto durante los 40-45 segundos que dura una carrera, sino que además deberá tratar de mantenerlo en las sucesivas series, máxime si se tiene en cuenta que sus rivales serán de mayor entidad cada vez, dado el carácter eliminatorio de estas pruebas. Hay que tener en cuenta que estas competiciones pueden durar en su totalidad desde la primera serie hasta la última, suponiendo que el corredor alcance la final, alrededor de 3h a 3h 30' (sin considerar los entrenamientos previos que pueden comenzar en torno a 3h antes).

## Fundamentos fisiológicos y desde las capacidades FÍSICAS PARA EVALUAR LOS CORREDORES DE BMX

Tal como lo mostró el estudio de Mateo *et al* (2011) el 83.3% de la velocidad media de la carrera depende de los gestos acíclicos sin pedaleo. Los entrenadores de BMX deberían considerar la implementación de test acíclicos de terreno.

Aunque los atletas de BMX tienen grandes necesidades de potencia para alcanzar la máxima velocidad en los primeros segundos y entrar en posiciones de avanzada en la recta al terminar la rampa de salida, la potencia máxima se obtiene en los primeros dos segundos de la partida. Ello sugiere que las evaluaciones de potencia máxima se pueden llevar a cabo empleando test de muy corta duración. Algunos investigadores han sugerido test de saltos (como el Squat y el Contramovi-

miento) y los de potencia en bicicleta (pedaleo a la máxima frecuencia posible contra una carga durante pocos segundos).

Aunque durante las pruebas de BMX se producen importantes cantidades de lactato sanguíneo no solamente cuando se pedalea libremente sino también cuando ello no se realiza, los valores de este metabolito están fuertemente influenciados por el tipo de pistas y de acciones técnicas empleadas, por lo cual su interpretación debe realizarse con mucho cuidado.

Aunque la duración de la carrera de BMX es de alrededor de cuarenta segundos, sólo se pedalea cerca de once segundos, en forma intermitente, y se realizan aproximadamente 30 pedalazos, los test de treinta a sesenta segundos de duración, como el de Wingate, son "largamente irrelevantes" (Cowell *et al*, 2011).

## Control biomédico del ENTRENAMIENTO EN EL BMX

### 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 presentadas; 3) determinar 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 la evaluación médica se realiza una actualización de lo acontecido en el estado de salud.

Cuando se evalúan ciclistas menores de edad o en fases de crecimiento y desarrollo es de particular importancia la determinación de la edad biológica a fin de realizar una adecuada consejería para la correcta prescripción de las cargas de entrenamiento.

#### *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 cara y cuello debidas a síndromes de mala oclusión, la cada vez más mencionada asociación entre infecciones en boca y lesiones deportivas, la frecuencia con la cual se presentan urgencias odontológicas en los atletas durante competiciones que afectan nocivamente el desempeño, durante el control de etapa se lleva a cabo una evaluación odontológica completa a fin 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, la cual 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 sangre, albúmina en 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 o en atletas considerados de la élite según la UCI: recuento de reticulocitos, gama glutamil transferasa, fosfatasas alcalinas, bilirrubinas total y directa, 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 en la bicicleta estática o en movimiento
- Evaluación del apoyo plantar estática

### Evaluación cineantropométrica

Parámetros específicos a determinar en los deportes de bicicleta:

- Estatura y peso corporal
- IMC e índice AKS
- Superficie corporal y área de superficie frontal
- Índice córmico
- Porcentaje de grasa corporal según los métodos apropiados (niños, adolescentes y adultos)
- Áreas musculares y perímetros corregidos (brazo, muslo, pierna)

### Evaluación nutricional

Fundamentalmente persigue dos objetivos:

- 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 modalidad.

### Evaluación psicológica

En la evaluación psicológica se realizan diversos abordajes a través del tiempo, 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).

### Laboratorio de Fisiología del Ejercicio

La evaluación funcional que se realiza a los ciclistas de BMX en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia va encaminada principalmente a la determinación de la potencia máxima de los miembros inferiores y al estudio de las relaciones entre la fuerza y la velocidad.

Con tal propósito se llevan a cabo las siguientes evaluaciones:

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*), salto con contramovimiento (*counter-movement jump*) y salto con la ayuda de los brazos (salto vertical o SV). Los valores encontrados en ciclistas de BMX de Antioquia (y que son la base 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 1.

Tabla 1. Valores de saltabilidad en corredores de BMX de Antioquia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como Media  $\pm$  DE

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Salto a partir de sentadillas, SJ (cms)	49.2 $\pm$ 7.2	33.4 $\pm$ 3.7
Salto con contramovimiento, CMJ (cms)	55.3 $\pm$ 6.9	37.0 $\pm$ 3.8
Salto vertical con ayuda de los brazos, SV (cms)	64.1 $\pm$ 8.8	43.5 $\pm$ 4.9

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

5. Determinación de la potencia máxima de los miembros inferiores en cicloergómetro en condiciones de laboratorio. En el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia la potencia máxima de los miembros inferiores se obtiene en un test máximo en cicloergómetro Monark Ergomedic-894E, con cargas de cinco segundos de duración, pedaleando a la máxima velocidad posible. La potencia se suele determinar tanto en términos absolutos (W) como en relación con el peso corporal (W/kg) y el área de superficie frontal (W/ASF, W/m<sup>2</sup>). El análisis de la potencia relativa al área de superficie frontal permite tener un mejor conocimiento fisiológico del corredor, pues esta valoración estima la producción de potencia por cada unidad de área corporal que entra en contacto con la fricción del aire, considerando que esta última es el elemento más importante, responsable del gasto energético en el ciclismo a grandes velocidades.

Los valores de potencia máxima que se han encontrado en ciclistas de BMX de Antioquia (que son la base 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 2.

Tabla 2. Valores de potencia máxima en corredores de BMX de Antioquia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como Media  $\pm$  DE

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Potencia máxima (W)	1461.3 $\pm$ 146.3	905.1 $\pm$ 59.5
Potencia máxima (W/kg)	18.8 $\pm$ 1.6	16.4 $\pm$ 1.1
Potencia máxima (W/ASF, W/m <sup>2</sup> )	3466.4 $\pm$ 255.8	2656.8 $\pm$ 174.8

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia

### 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 del 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

El control cotidiano se puede llevar a cabo mediante valoraciones subjetivas, por métodos fisiológicos y bioquímicos, y utilizando cargas-tests.

**Evaluación mediante métodos subjetivos.** Corrientemente se analizan 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 aspectos.

**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

### Control operativo

El control operativo del impacto de la carga de trabajo sobre el organismo de los ciclistas se realiza a partir de los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardíaca
- Lactato sanguíneo
- Desarrollo de la bicicleta
- Velocidad de desplazamiento
- Frecuencia de pedaleo (rpm)
- Potencia externa generada (Watts)



## Retroalimentaciones y ajustes al CONTROL DE 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 discusión de los resultados observados.

## REFERENCIAS

- Bartoli, L., y Fagioli, F. (1998). *Entrenamiento de pretemporada*. Madrid: Dorleta.
- Bertucci, W., y Hourde, C. (2011). Laboratory testing and field performance in BMX riders. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 417-419.
- Bompa, T., y Haff, G. (2009). *Periodization. Theory and Methodology of Training*. Champaign: Human Kinetics.
- Campillo, P., Doremus, T., y Hespel, J. (2007). Pedaling analysis in BMX by telemetric collection of mechanic variables. *Brazilian Journal of Biomotricity*, 1(2), 15-27.
- Cowell, J., Cronin, J., y McGuigan, M. (2011). Time motion analysis of Supercross BMX Racing. *Journal of Sports Science and Medicine*, 10, 420-421.
- Garvican, L., Ebert, T., Quod, M., Gardner, S., Gregory, J., Osborne, M., y Martin, D. (2013). High-Performance Cyclists. En T. Rebecca y C. Gore. (Eds.). *Physiological Tests of Elite Athletes*. Champaign: Human Kinetics.
- González-Badillo, J. J., Gorostiaga, E. (2002). *Fundamentos del entrenamiento de la fuerza*. Barcelona: Inde.
- Herman, C., McGregor, S., Allen, H., y Bolt, E. (2009). Power capabilities of elite bicycle motocross (BMC) racers during field testing in preparation for 2008 Olympics. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(5), 306-307.
- Hodgkins, T., Slyter, M., Adams, K., Berning, J., y Warner, S. A. (2001). Comparison of Anaerobic Power and Ranking among professional BMX racers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), S246.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., y Zabala, M. (2011). Pedaling Power and Speed Production vs. Technical Factors and Track Difficulty in Bicycle Motocross Cycling. *Journal of Strength and Conditioning Association*, 25(12), 3248-3256.
- Mateo, M., Zabala, M., Blasco-Lafarga, C. y Guzmán, J. (2012). Concentración de lactato versus diseño y dificultad de la pista en BMX. *Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte*, 12(45), 52-65.
- Mateo, M., Blasco-Lafarga, C., Doran, D., Romero-Rodríguez, R. y Zabala, M. (2012). Notational analysis of European, World, and Olympic BMX cycling races. *Journal of Sports Science and Medicine*, 11, 502-509.
- Mateo, M., Fernández, E., Blasco, C., Morente, J., y Zabala, M. (2014). Does a non-circular chainring improve performance in the bicycle motocross cycling start sprint? *Journal of Sports Science and Medicine*, 13, 97-104.
- Milasius, K., Dadeliene, R., Tubelis, L., y Skernevicius, J. (2012). Alternation of physical and functional powers of high performance female BMX cyclists during yearly training cycle. *Ugdymas. Kuno Kultura. Sportas*, 1(84), 36-41.
- Ramírez, J., Zabala, M., Sánchez, C., Hernández, M., Mateo, M. y Gutiérrez, A. (2008). Desarrollo de un protocolo simple para evaluar el rendimiento físico específico del piloto de BMX. *EFDeportes Revista Digital*, 12(116). Recuperado de <http://www.efdeportes.com/>.
- Rylands, L., Roberts, S., Cheetham, M., y Baker, A. (2013). Velocity production in elite BMX riders: A field based study using a SRM power meter. *Journal of Exercise Physiology*, 16(3), 40-50.
- Slyter, M., Pinkham, K., Adams, K., Durham, M., Poss, C., y Wenter, T. (2001). Comparison of Lower Body Power output between expert and professional bicycle motor cross racers. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(5), S157.
- Tanner, R., y Gore, C. (Eds.). (2013). *Physiological Tests for Elite Athletes*. Australian Institute of Sports. Champaign: Human Kinetics.
- Union Cycliste Internationale. (2017, 01 de enero). UCI cycling regulations. Part 6. BMX. Recuperado de [http://www.uci.ch/mm/Document/News/Rulesandregulation/16/61/41/6-BMX-EN-20170101\\_English.pdf](http://www.uci.ch/mm/Document/News/Rulesandregulation/16/61/41/6-BMX-EN-20170101_English.pdf)
- Zabala, M., Requena, B., Sánchez-Muñoz, C., González-Badillo, J., García, I., Vahur, O., y Pääsuke, M. (2008). Effects of sodium bicarbonate ingestion on performance and perceptual responses in a laboratory-simulated BMX cycling qualification series. *J Strength Cond Res*, 22(5), 1645-1653.
- Zabala, M., Sánchez, C., y Mateo, M. (2009). Effects of the administration of feedback on performance of the BMX cycling gate start. *Journal of Sports Science and Medicine*, 8, 393-400.

# CONTROL

# TROL

BIOMÉDICO  
DEL ENTRENAMIENTO  
EN LA MODALIDAD  
DE CROSS COUNTRY  
DEL CICLOMONTAÑISMO



Control biomédico del  
entrenamiento en la modalidad de  
**CROSS COUNTRY**  
del ciclismo

Luis Eduardo Contreras Vergara, MD. Esp.

## Caracterización del **CROSS COUNTRY**

**A**l ciclismo moderno comenzó en los Estados Unidos de Norteamérica en los años setenta, las competencias oficiales comenzaron a principios de los ochenta, y fue incluido como un deporte olímpico oficial en los Juegos Olímpicos de Atlanta en 1996.

En la literatura en lengua inglesa los términos *mountain biking* y *off-road cycling* se usan indistinta e intercambiamente para referirse al ciclismo.

El ente que regula en el ámbito internacional el deporte de ciclismo es la Unión Ciclista Internacional (UCI). En la actualidad la Unión Ciclista Internacional establece tres tipos de competencias de ciclismo: *cross country*, *downhill*, *four cross* y carreras por etapas.

## Demandas fisiológicas de las **COMPETICIONES DE *CROSS COUNTRY***

Este capítulo versará solamente sobre la modalidad de *cross country*, y en el texto emplearemos esta denominación inglesa porque se encuentra altamente difundida en todo el mundo.

## Características de la **CARRERA DE *CROSS COUNTRY***

Un carrera de *cross country* es una competición de resistencia que se realiza en grupo, que consiste en ejecutar (y completar) varias vueltas de un circuito, en su gran mayoría por fuera de la carretera. De acuerdo con las reglas de la UCI, el recorrido deberá usar un diseño atractivo, idealmente en forma de "hoja de trébol" para facilitar la visualización por parte de los espectadores y el cubrimiento televisivo. Según esas mismas disposiciones, el trayecto debe incluir una variedad de terrenos, tales como segmentos de carretera, recorridos por bosques, campos abiertos, caminos de tierra o grava, e incluir importantes cantidades de ascensos y descensos; en todo caso, la cantidad de recorrido por carreteras asfaltadas o pavimentadas no puede exceder el 15% del total.

En las carreras de *cross country* de formato olímpico de primera clase (Juegos Olímpicos, Copa del Mundo, campeonatos mundiales, campeonatos continentales) la longitud de las vueltas debe estar entre cuatro y seis kilómetros y la duración total de la competencia debe estar entre 1:00 y 1:15 horas para ciclistas junior (hasta 18 años de edad), 1:00 y 1:30 para sub-23 (entre 19 y 22 años de edad), y 1:30 y 1:45 para élites.

La salida de la competencia se hace en grupo pero los ciclistas se ubican en líneas de acuerdo a un sistema de puntos. Esta regla permite que los mejores ciclistas partan en el frente y no sean obstaculizados por corredores de menor nivel.

A diferencia del ciclismo de ruta, durante las carreras de *cross country* los corredores no pueden recibir ninguna asistencia mecánica. Por ello, los problemas mecánicos que ocurren durante la competencia a menudo causan retrasos que influyen negativa e irremediabilmente en el desempeño final.

## Perfil de intensidad **DEL EJERCICIO**

Los eventos de *cross country* se caracterizan por ser actividades en las que se realizan esfuerzos de elevada intensidad y en forma intermitente. En algunos estudios se ha encontrado que la frecuencia cardíaca promedio durante una carrera es del 90% de la máxima (correspondiente al 84% del consumo máximo de oxígeno en esas investigaciones) y se alcanzan valores de potencia entre 250 y 500 w durante las fases de ascenso. Con respecto a la intensidad del ejercicio en términos metabólicos, algunas investigaciones han mostrado que alrededor del 44% de la carrera se realiza a intensidades por encima del umbral anaeróbico individual (IAT), pero con grandes oscilaciones de la potencia generada (coeficiente de variación del 69%).

Cuando se comparan las carreras de *cross country* con las de ciclismo de ruta se hace evidente que la intensidad del ejercicio es más alta en esta modalidad del ciclomontañismo, con excepción de la de los ciclistas de ruta profesionales altamente motivados durante las competencias de contrarreloj individual. Esta diferencia puede ser explicada fácilmente por la mayor duración de las competencias de ruta y las diversas situaciones tácticas en el ciclismo de carretera. Adicionalmente, durante las competencias de ruta se puede reducir el gasto energético, disminuyendo la fricción del aire corriendo detrás de otros, lo cual es menos frecuente en el *cross country*. Otros factores también pueden contribuir a la elevada intensidad del ejercicio durante el ciclomontañismo: los repetidos ascensos y descensos en carreteras de grava, la superficie irregular del terreno que ocasiona mayor fricción de las llantas contra el piso, la gran cantidad de contracciones musculares isométricas de brazos y piernas que se requieren para absorber el impacto y la vibración causada por las condiciones del terreno, entre otras.

## Influencia del paso de competición sobre la **INTENSIDAD DE LA CARRERA DE *CROSS COUNTRY***

A diferencia de las carreras contra el reloj individuales del ciclismo de ruta, en las que un paso uniforme es lo más ventajoso para obtener resultados exitosos, en las de *cross country* se emplea una estrategia diferente. En efecto, la observación de las competencias y las conclusiones

de diversos estudios han mostrado que la parte inicial de la carrera se desarrolla a intensidades mucho más elevadas, pues los competidores procuran ubicarse en las posiciones de adelante desde el comienzo, con el fin de evitar quedar retrasados y ser obstaculizados por los demás rivales cuando el recorrido del circuito se estrecha; esta estrategia es crucial para el resultado final. En tal sentido, algunas investigaciones han mostrado que la frecuencia cardíaca durante la primera parte de la carrera es cercana a la máxima desde el mismo comienzo. Del mismo modo, en otros estudios se han encontrado valores de lactato sanguíneo de 10.0-11.0 mmol/L al término de los primeros 45 minutos de la carrera, y de solo 4.0-4.5 mmol/L en los últimos 20 minutos. De todo lo anterior se concluye que la contribución del metabolismo anaeróbico durante la producción de energía en las carreras de *cross country* es muy importante, sobre todo al comienzo del circuito.

## Perfil antropométrico y fisiológico de los corredores DE *CROSS COUNTRY* (GÉNERO MASCULINO)

### Características antropométricas

Diversos estudios han mostrado que la estatura promedio de los ciclistas de *cross country* de nivel internacional varía entre 175.0 y 180.0 cm, y la masa promedio entre 64.0 y 72.0 kg. Sin embargo, lo que parece más importante (que la estatura y el peso) es la composición corporal. En efecto, se ha reportado que el porcentaje de grasa corporal promedio de ciclistas de *cross country* de alto nivel se encuentra por debajo del 6.4%, lo cual sugiere una asociación entre la composición corporal y el nivel competitivo. Lo anterior se explicaría porque tener baja masa corporal inerte representa una ventaja para ascender las cuevas características de los circuitos de *cross country*.

### Consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> Max)

En la literatura se ha encontrado que los corredores de *cross country* presentan valores altos de VO<sub>2</sub> Max, usualmente entre 66.5 y 78 mL/kg/min; usualmente se considera como un prerrequisito para el desempeño exitoso de alto nivel disponer de valores superiores a 70 mL/kg/min.

### Umrales ventilatorios y de lactato

Tal como se ha expresado atrás, el perfil de intensidad del ejercicio de las carreras de *cross country* requiere que los corredores de esta disciplina posean la habilidad de soportar exigencias de elevada intensidad durante períodos prolongados de tiempo. En efecto, en algunos estudios se han encontrado intensidades a nivel del LT (definido como el punto en el cual el lactato se incrementa en forma exponencial por encima de la línea de base) y del OBLA (intensidad del trabajo correspondiente a un valor de lactato de 4 mmol/L), correspondientes al 75%-77% y 85%-89% del VO<sub>2</sub> Max respectivamente. Asimismo, otras investigaciones han reportado valores de umbral ventilatorio 2 correspondientes al 87% del VO<sub>2</sub> Max en corredores de *cross country* de elevado nivel. Los valores anteriores son similares a los que se encuentran en corredores profesionales de ciclismo de carretera.

Aún considerando las diferencias metodológicas de los distintos estudios, lo cierto del caso es que todos ellos demuestran que los ciclistas de *cross country* pueden utilizar un porcentaje alto de su potencia aeróbica máxima para producir las elevadas y prolongadas ratas de trabajo que se requieren en esa disciplina.

### Potencia anaeróbica máxima

Aunque este asunto no ha sido muy analizado, los pocos estudios llevados a cabo, en los que se ha medido la potencia anaeróbica en una serie de tests máximos en bicicleta de diez segundos de duración, han mostrado que los corredores de *cross country* de nivel nacional presentan valores de potencia anaeróbica máxima entre 14.2 y 14.9 W/kg.

## Comparación de los corredores de *cross country* CON LOS DE CICLISMO DE RUTA

En diversas investigaciones en las que se han comparado las características fisiológicas y de potencia, tanto máximas como submáximas, de los corredores de *cross country* y de los de ruta no se han encontrado diferencias estadísticamente significativas cuando dichas variables se han medido en términos absolutos (VO<sub>2</sub> Max, % del VO<sub>2</sub> Max en niveles submáximos de trabajo, potencia en watts en indicado-

res máximos y submáximos). Sin embargo, cuando esos parámetros se han escalado a la masa corporal, se ha encontrado que los corredores de *cross country* presentan valores significativamente más altos que los de ruta, y adicionalmente, poseen menores valores de grasa corporal. Todas esas características hacen similares en términos fisiológicos y antropométricos a los ciclistas de *cross country* y los ruteros escaladores.

Otras investigaciones que han comparado a los ciclistas de *cross country* de élite con los de ruta profesionales, pero subdivididos estos últimos en escaladores, todoterreno y especialistas en el terreno plano, han mostrado que la masa corporal, el VO<sub>2</sub> Max, la potencia máxima de trabajo expresada tanto en términos absolutos como relativos de los corredores de *cross country* son similares a los de los escaladores y a los de los todoterreno, pero significativamente diferentes a los de los especialistas en terreno plano.

De este modo, los resultados de la literatura sugieren que los ciclistas de *cross country* presentan características fisiológicas similares a las de los de ruta escaladores y todoterreno, lo cual es importante y debe ser tenido en consideración cuando los deportistas deseen alternar o cambiar de modalidad entre el ciclomontañismo y el ciclismo de ruta.

## Perfil antropométrico y fisiológico de las corredoras DE *CROSS COUNTRY* (GÉNERO FEMENINO)

Son pocos los estudios publicados sobre los aspectos antropométricos y funcionales de las corredoras de *cross country*. Los valores promedio que se han encontrado en las distintas investigaciones en corredoras de nivel nacional o internacional han variado de la siguiente manera: 26 a 30 años de edad, 162.0 a 167.0 cms de estatura, 52.5 a 57.5 kg de peso, VO<sub>2</sub> Max entre 57.4 y 57.9 mL/kg/min, potencia máxima absoluta entre 306 y 313 W, y potencia máxima relativa entre 5.4 y 5.9 W/kg. En conjunto, estos datos son similares a los que han reportado ciclistas de ruta de élite de género femenino, y demuestran que las mujeres también necesitan poseer potencias aeróbicas máximas (absolutas y relativas al peso corporal) elevadas para competir con éxito en las pruebas de *cross country*.

## Relaciones entre los resultados en los tests fisiológicos y EL DESEMPEÑO EN LAS CARRERAS DE *CROSS COUNTRY*

La validez de la utilización de las evaluaciones fisiológicas para determinar el rendimiento exitoso en las carreras de *cross country* ha sido demostrada en diversos estudios. En resumen, se han encontrado dos conclusiones grandes:

En corredores con grandes diferencias en su rendimiento se ha observado una elevada correlación entre VO<sub>2</sub> Max, potencia máxima en vatios, potencia en vatios en el LT y potencia en vatios en el OBLA durante un test incremental en bicicleta en el laboratorio y el tiempo empleado durante un circuito oficial de *cross country*. Sin embargo, estas correlaciones son mucho más fuertes si esos parámetros fisiológicos se normalizan con respecto al peso corporal.

En ciclistas de *cross country* de elevado nivel y con pocas diferencias en el rendimiento los parámetros fisiológicos máximos no se correlacionan en forma importante con el desempeño en competición; por el contrario, los únicos tests fisiológicos asociados con el tiempo gastado durante una carrera son la potencia en vatios y el VO<sub>2</sub> en el umbral ventilatorio 2, relativos a la masa corporal (o a la masa corporal elevada a la potencia de 0.79).

Estos dos estudios confirman que: 1) la potencia aeróbica alta y la habilidad de utilizar un porcentaje elevado de ella (umbrales metabólicos y ventilatorios cercanos al rendimiento máximo) son prerequisites para competir exitosamente en carreras de *cross country*, y 2) los tests que valoren estos dos parámetros fisiológicos son válidos para evaluar a los corredores de esta modalidad del ciclomontañismo, sobre todo cuando son normalizados con respecto al peso corporal. Debido a lo anterior, los tests mencionados atrás son la base de las evaluaciones que se llevan a cabo en el área de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

## Control biomédico del entrenamiento EN EL CROSS COUNTRY

### 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 presenten, 3) determinar la presencia de factores de riesgo de 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 de la evaluación médica se realiza una actualización de lo acontecido en el estado de salud.

Cuando se evalúan ciclistas menores de edad o en fases de crecimiento y desarrollo es de particular importancia la determinación de la edad biológica, con el fin de realizar una adecuada consejería para la correcta prescripción de las cargas de entrenamiento.

#### *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 o en atletas considerados de élite según la UCI: Recuento de reticulocitos, gama glutamil transferasa, fosfatasas alcalinas, bilirrubinas total y directa, 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 en la bicicleta estática o en movimiento
- Evaluación del apoyo plantar estática

### Evaluación cineantropométrica

Parámetros específicos a determinar en los deportes de bicicleta:

- Estatura y peso corporal
- IMC e índice AKS
- Superficie corporal y área frontal
- Índice córmico
- Porcentaje de grasa corporal según los métodos apropiados (niños, adolescentes y adultos)
- Áreas musculares y perímetros corregidos (brazo, muslo, pierna)

### Evaluación nutricional

Persigue dos objetivos fundamentalmente:

- Ofrecer al atleta asesoría en la adecuada alimentación, antes, durante y después del entrenamiento y de la competencia.
- Realizar la modelación de una composición corporal óptima de acuerdo a la modalidad.

### Evaluación psicológica

En la evaluación psicológica se realizan diversos abordajes a través del tiempo, 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).

### Laboratorio de Fisiología del Ejercicio

En la evaluación funcional que se realiza en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia se cuenta con la posibilidad de practicar tanto valoraciones metabólicas con mediciones de lactato, empleando diversos tests y protocolos, como ergoespiométricas, con

determinaciones instantáneas de parámetros cardíacos y respiratorios (como la frecuencia cardíaca, la ventilación, la producción de CO<sub>2</sub>, el consumo de O<sub>2</sub>, y el cálculo de otros indicadores derivados de los anteriores).

### Ergometría con tomas de lactato

#### Determinación de parámetros máximos

- VO<sub>2</sub> Max absoluto y relativos (a la M<sup>1</sup>, a la M<sup>0.79</sup>)
- PWCmax absoluto y relativos (a la M<sup>1</sup>, a la M<sup>0.79</sup>)
- Lactato
- Frecuencia cardíaca

#### Determinación de parámetros en el umbral anaeróbico

- VO<sub>2</sub>
- PWC absoluto y relativos (a la M<sup>1</sup>, a la M<sup>0.79</sup>)
- Lactato
- Frecuencia cardíaca

### Ergoespiometría con medición directa de gases respiratorios

#### Determinación de parámetros máximos y en el umbral anaeróbico

- VO<sub>2</sub>
- PWC absoluto y relativos (a la M<sup>1</sup>, a la M<sup>0.79</sup>)

### Frecuencia cardíaca

#### Tests de potencia anaeróbica máxima

Medición de la potencia anaeróbica máxima en un Test de Wingate de treinta segundos, o mediante una serie de cargas máximas de diez segundos de duración (test de fuerza-velocidad).

Test de remoción de lactato (toma de lactato en los minutos 1, 3, 5, 7, 12 y 20, luego de un esfuerzo anaeróbico láctico máximo).

## Controles integrales de terreno en bicicleta con medidores de potencia

Tienen como objetivo estudiar las posibilidades de los distintos sistemas orgánicos que determinan el nivel de desarrollo de las principales cualidades físicas del deportista. Con este propósito, en los controles de terreno se utilizan diversos métodos de investigación, tomados de la fisiología, la bioquímica, la biomecánica, la cineantropometría y la psicología, entre otras disciplinas. Una justificación de valor incalculable de estos controles es que permiten confrontar los resultados obtenidos en las condiciones del laboratorio (de Fisiología del Ejercicio) con las condiciones reales de entrenamiento y competición de los ciclistas.

Los principales controles de terreno que se realizan en esta disciplina son los siguientes:

- Tests de potencia aeróbica máxima en el terreno (de duración y características similares a los "prólogos" en el ciclismo de ruta)
- Tests de umbral anaeróbico (de duración y características similares a las pruebas contra el reloj individuales en el ciclismo de ruta)

### *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

El control cotidiano se puede llevar a cabo mediante valoraciones subjetivas, por métodos fisiológicos y bioquímicos, y utilizando cargas-tests.

Evaluación mediante métodos subjetivos. Corrientemente se analizan 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 aspectos.

**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

**Utilización de cargas-tests.** Consiste en utilizar el entrenamiento como un instrumento de evaluación, en el que el contenido de la sesión es un componente de la evaluación, con la ventaja adicional de que se realiza en las condiciones naturales de trabajo. En ese caso, los índices fisiológicos y/o bioquímicos convenientemente escogidos de control puntual (frecuencia cardíaca y concentración de lactato en la sangre) permiten determinar, a partir de sus transformaciones, el estado del organismo de los deportistas.

## Control operativo

El control operativo del impacto de la carga de trabajo sobre el organismo de los ciclistas se realiza a partir de los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardíaca
- Lactato sanguíneo
- Desarrollo de la bicicleta
- Velocidad de desplazamiento
- Frecuencia de pedaleo (rpm)
- Potencia externa generada (Watts)

## Retroalimentaciones y ajustes al **CONTROL DE 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 las ciencias aplicadas al deporte, en todo el proceso de entrenamiento, y su participación en el análisis y la discusión de los resultados observados.

## REFERENCIAS

- Wilber, R., Zawadzki, K., Kearney, J., et al.** (1997). Physiological profiles of elite off-road and road cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 29(8), 1090-1094.
- Baron, R.** (2001). Aerobic and anaerobic power characteristics of off-road cyclists. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33(8), 1387-1393.
- Lee, H., Martin, D., Anson, J., Grundy, D., y Hahn, A.** (2002). Physiological characteristics of successful mountain bikers and professional road cyclists. *Journal of Sports Sciences*, 20(12), 1001-1008.
- Impellizzeri, F., Sassi, A., Rodríguez-Alonso, M., Mognoni, P., y Marcora, S.** (2002). Exercise intensity during off-road cycling competitions. *Medicine and Science in Sports & Exercise*, 34(11), 1808-1831.
- Impellizzeri, F., Rampinini, E., Sassi, A., Mognoni, P., y Marcora, S.** (2005). Physiological correlates to off-road cycling performance. *Journal of Sports Sciences*, 23(1), 41-47.
- Impellizzeri, F., Marcora, S., Rampinini, E., Mognoni, P., y Sassi, A.** (2005). Correlations between physiological variables and performance in high level cross country off road cyclists. *Br J Sports Med*, 39(10), 747-751.
- Impellizzeri, F., Marcora, S.** (2007). The Physiology of Mountain Biking. *Sports Medicine*, 37(1), 59-71.
- Prins, L., Terblanche, E., y Myburgh, K.** (2007). Field and laboratory correlates of performance in competitive cross-country mountain bikers. *Journal of Sports Sciences*, 25(8), 927-935.



# CONTROL BIOMÉDICO EN EL CICLISMO DE PISTA DE VELOCIDAD



Control biomédico en el  
**CICLISMO DE PISTA**  
de velocidad

Luis Eduardo Contreras Vergara, MD. Esp.

## Generalidades de las **PRUEBAS DE PISTA**

**A**l ciclismo de pista es regido en el mundo por la Unión Ciclista Internacional (UCI), que es la asociación de las federaciones nacionales de ciclismo. La UCI es una asociación internacional no gubernamental sin fines lucrativos, con sede en Suiza.

El *ciclismo de pista* es un concepto genérico para todos los eventos que se llevan a cabo en la pista de un velódromo que normalmente tiene una longitud de 333 metros o menos. El ciclismo de pista se puede dividir en dos grandes categorías: velocidad (<1000 metros) y carreras de resistencia o semifondo (>1000 metros). En este texto vamos a referirnos solamente a la primera de ellas. Las categorías de los corredores que se exponen a continuación han sido extractadas de la sección Regulaciones, Parte 3, Carreras de Pista, de la página web de la UCI.

## Categorías de LOS CORREDORES

Las categorías de los corredores en el plano internacional están determinadas por la edad de los practicantes, que se define por el año de nacimiento. Solamente los corredores de 17 años o más, a los que se les entregue una licencia para una de las categorías internacionales que se exponen a continuación, tienen el derecho a participar en las pruebas del calendario internacional. A continuación se presentan las distintas categorías de acuerdo al sexo del ciclista.

**Hombres:** Se consideran las siguientes categorías:

1. Jóvenes: A esta categoría pertenecen los corredores con 16 años o menos. Este ciclismo se rige exclusivamente por las federaciones nacionales.
2. Juniors: Esta categoría acoge a los corredores de 17 y 18 años.
3. Menos de 23 años (sub-23): Esta categoría cobija a los corredores de 19 a 22 años. Un corredor de esta categoría que forme parte de un grupo deportivo UCI Pro Team será calificado inmediatamente como élite. En caso de que ese corredor deje de pertenecer al equipo Pro Team, en virtud de lo cual estaba clasificado como élite, será reclasificado nuevamente como sub-23.
4. Élite: Esta categoría designa a los corredores de 23 años y más.
5. Máster: De esta categoría hacen parte los corredores de 30 años y más que elijan este estatuto. A dicha elección no podrán optar los corredores que formen parte de un grupo deportivo registrado ante la UCI.
6. Paraciclistas: A esta categoría pertenecen los corredores con discapacidad, según lo especificado por la clasificación funcional de la UCI.

**Mujeres:** Se consideran las siguientes categorías:

1. Jóvenes: Esta categoría incluye a las corredoras con 16 años o menos. Este ciclismo se rige exclusivamente por las federaciones nacionales.
2. Juniors: A esta categoría pertenecen las corredoras de 17 y 18 años.
3. Élite: Esta categoría designa a las corredoras de 19 años y más.
4. Máster: Incluye a las corredoras de 30 años y más que elijan este estatuto. La escogencia del estatus de máster no les es permitida a las corredoras que pertenezcan a un equipo registrado por la UCI.

5. Paraciclistas: A esta categoría pertenecen las corredoras con discapacidad, según lo especificado por la clasificación funcional de la UCI.

Los corredores de la categoría sub-23 pueden tomar parte en competiciones de los élite. Los juniors con edad de 18 años pueden tomar parte en competiciones de las categorías sub-23 y élite.

## Tipos de pruebas de ciclismo de PISTA DE VELOCIDAD

### La prueba de 200 metros lanzados

Consiste en cubrir en el menor tiempo posible la distancia de 200 metros en la pista. Para ello el corredor va aumentando la velocidad progresivamente a lo largo de una distancia previa que depende de la longitud del velódromo. Esta prueba se usa para seleccionar a los participantes y su clasificación para la carrera del *sprint*.

### El *sprint* (la velocidad)

Es una carrera entre dos y cuatro corredores sobre dos o tres vueltas. La competencia del *sprint* inicia con la prueba de 200 metros lanzados; durante la Copa del Mundo clasifican los 16 mejores corredores, en el Campeonato Mundial los mejores 24 y en los Juegos Olímpicos, 18. La competencia se lleva a cabo mediante enfrentamientos entre los corredores, y los ganadores van pasando a instancias sucesivas hasta llegar a la final por los lugares quinto y octavo, a las finales por el tercer y el cuarto puesto, y a las finales por el primer y el segundo lugar, de acuerdo a un procedimiento previa y claramente establecido por la UCI.

### Carrera del kilómetro y quinientos metros contrarreloj

Son carreras individuales contrarreloj con partida detenida. Durante la Copa del Mundo y el Campeonato del Mundo los hombres recorren una distancia de 1000 metros y las mujeres de 500 metros. La carrera se corre directamente como final a tiempos, y obviamente el lugar ocupado estará determinado por el tiempo invertido en cubrir la distancia.

### El keirin

Es una carrera de *sprint* entre varios corredores después de completar un número determinado de vueltas detrás de un motociclista que marca el paso (*pacer*) y quien abandona la pista 600-700 metros antes de la línea de meta. La competencia incluye como mínimo doce corredores, una ronda de clasificación (dos series de seis corredores), una final por los puestos 7 a 12 y una final por los puestos 1 a 6. La UCI tiene definido un procedimiento muy preciso que reglamenta la competición dependiendo del número de corredores.

El *pacer* corre dentro de la denominada línea del *sprinter* (esta es de color rojo y se encuentra marcada 85 centímetros hacia afuera del borde interior de la pista), empezando a 30 km/h y aumentando la velocidad progresivamente hasta 50 km/h, y finalmente abandona la pista por orden de los comisarios de la carrera, 600-700 metros antes del final. Para el caso de las mujeres junior y las mujeres élite las velocidades respectivas serán 25 km/h y 45 km/h. La competencia del *keirin* se rige por las reglas de la carrera del *sprint*.

### La velocidad por equipos

Es una carrera entre dos equipos rivales enfrentados, en la que cada corredor debe conducir durante una vuelta. El evento de hombres se corre sobre tres vueltas de la pista con un equipo de tres ciclistas y el de mujeres sobre dos vueltas con un conjunto de dos miembros.

Esta competencia se organiza en dos series:

1. La fase de clasificación para seleccionar los cuatro mejores equipos sobre la base de sus tiempos
2. Las finales, en las que los equipos que hayan realizado los mejores tiempos correrán por el primer y el segundo lugar; los otros dos disputarán la final por el tercer y el cuarto puesto

### Procedimiento de la carrera

La salida del equipo se hace en la mitad de la recta del velódromo y los corredores se alinean uno al lado del otro o escalonados en un ángulo de 45° detrás de la línea de partida, conservando una distancia igual y entre 1.5 y 2 metros. El corredor que se ubica en la parte interna

de la pista se mantiene sostenido por un partidador y se le denomina corredor líder. Cuando se inicia la competencia conduce la primera vuelta, seguido por los otros compañeros; al terminarla se dirige hacia afuera de la pista y luego la abandona sin obstaculizar al otro equipo. En la prueba masculina el corredor que salió en la segunda posición conduce la siguiente vuelta y luego se retira de la misma manera que el líder, y el tercer corredor realiza la última vuelta solo. En la prueba femenina la segunda corredora realiza sola la segunda vuelta.

## Exigencias corporales del ciclismo DE PISTA DE VELOCIDAD

A diferencia del ciclismo de ruta, el de pista de velocidad, requiere que el corredor exija el máximo tanto del sistema aeróbico como del anaeróbico. Las relaciones entre los diferentes eventos del ciclismo de pista de velocidad, y las fuentes primarias de energía utilizadas que se han propuesto dependen de la duración de la prueba, asumiendo que se realiza

Tabla 1. Récor­ds mundiales actuales para eventos de ciclismo pista, velocidad, estimaciones de las contribuciones de los sistemas energéticos e intensidades estimadas de trabajo. Los récor­ds del mundo que se presentan son los vigentes en 2014.

Evento	Récord del mundo (min:seg)	Contribución de los sistemas energéticos (%)			Intensidad del trabajo (%VO2 Max)
		Aláctico	Anaeróbico glicolítico	Aeróbico	
<b>200m sprint</b>					
Hombres	0:09.347	40	55	5	280
Mujeres	0:10.384	40	55	5	235
<b>Velocidad por equipos (hombres)</b>					
1ª posición	0:41.871	40	55	5	355
2ª posición		30	60	10	290
3ª posición		20	40	40	245
<b>Carreras contrarreloj</b>					
1000m (Hombres)	0:56.303	10	40	50	180
500m (Mujeres)	0:29.481	20	45	35	245

Fuente: Adaptado de Craig N. y Norton K. 2001.

un esfuerzo máximo durante ese tiempo. Aunque las diversas investigaciones han mostrado resultados muy variables en pruebas de ciclismo de pista menores de 4000 metros, en la tabla 1 se presentan estimaciones de las contribuciones de los sistemas energéticos a los eventos de velocidad.

## Características antropométricas de los ciclistas de PISTA DE VELOCIDAD

En distintas investigaciones se ha encontrado que los corredores de velocidad son más pequeños, más pesados y tienen perímetros de tórax, brazo, muslo y pantorrilla más grandes que los ciclistas de resistencia. En la figura 1 se presentan los perfiles de tamaño corporal correspondientes a todos los corredores de ciclismo de pista que compitieron en los Juegos Olímpicos de Sidney 2000. En ella se muestran los valores medios de cada variable en cada uno de los eventos (●), los promedios de los ciclistas que ocuparon los primeros cuatro lugares (○), los promedios de los restantes (□), y la línea de mejor ajuste entre las disciplinas (—). Para cada evento existen unas formas corporales óptimas y los ganadores tienden a ser más grandes en eventos de 4000 m o menores.

En lo que se refiere a la composición corporal, se ha visto que mientras menor es la duración de la prueba de ciclismo de pista, mayor es la importancia de la mesomorfia; por el contrario, a mayor longitud de la prueba más relevante es la ectomorfia.

En el ámbito de los deportes se acepta, en general, que un porcentaje bajo de grasa corporal es deseable para el desempeño exitoso en casi cualquier modalidad. Con respecto al ciclismo de pista, el incremento de la masa grasa tiene un triple efecto sobre la disminución del rendimiento, dado que ello aumenta el costo de la aceleración, la resistencia del rodamiento de la bicicleta contra el piso y la fricción del aire debido a la mayor área de superficie frontal. Como es entonces de esperar, los valores de porcentaje de grasa de los ciclistas de pista de élite, tanto hombres como mujeres, se encuentran dentro de los más bajos de los deportes.

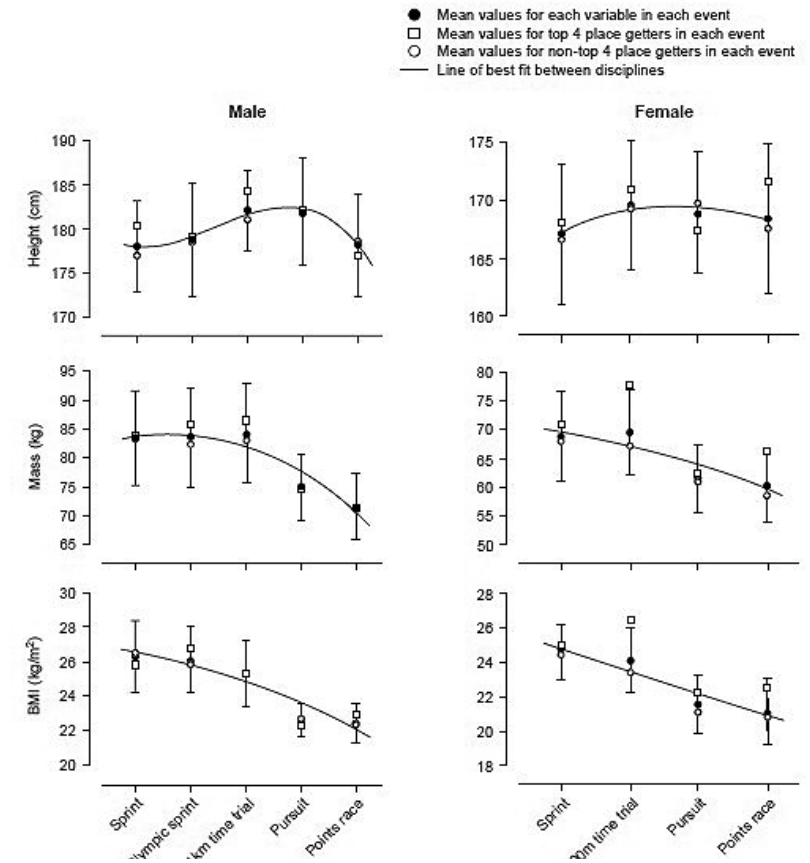


Figura 1. Perfiles de tamaño corporal de todos los ciclistas de pista que compitieron en los Juegos Olímpicos de Sidney 2000. Fuente: Adaptado de Craig y Norton, 2001.

## Características fisiológicas y bioquímicas de los CICLISTAS DE PISTA DE VELOCIDAD

### Potencia y capacidades alácticas

Debido a la corta duración de las pruebas, el ciclismo de pista de velocidad requiere que se produzca la máxima cantidad de energía posible y una elevada tasa de su resíntesis. En particular, y tal como se expresó en la tabla 1, la prueba de 200 m lanzados y la de velocidad son eventos que duran entre diez y doce segundos y en los cuales la

vía metabólica dominante es la del sistema anaeróbico aláctico. Este sistema energético es también relevante en la partida de los 500 m y los 100 m contrarreloj.

En la fisiología del ejercicio corrientemente se denomina capacidad anaeróbica aláctica al trabajo total realizado durante esfuerzos máximos de diez segundos de duración (expresado en Kilojoules, KJ), y potencia anaeróbica aláctica máxima a la mayor producción de energía por segundo obtenida durante ese tipo de esfuerzos (expresada en Watts, W). Para el caso del ciclismo de pista de velocidad, los valores de capacidad y de potencia se suelen expresar en términos absolutos (KJ, W) o escalados a la masa corporal (M, M<sup>1</sup>) o al área de superficie frontal (ASF, m<sup>2</sup>). Esta última se suele calcular de acuerdo a la ecuación de McLean:

$$\text{Área de Superficie Frontal (ASF, m}^2\text{)} = 0.00215 \cdot \text{Masa corporal (kg)} + 0.18964 \cdot \text{Estatura (m)} - 0.07961.$$

En la tabla 2 se presentan los valores de capacidad y potencia anaeróbicas alácticas en ciclistas de pista de velocidad de alto rendimiento obtenidos durante un test máximo en cicloergómetro de diez segundos de duración (Craig, Walsh, Martin, et al., 2000).

Tabla 2. Valores de potencia máxima y capacidad anaeróbicas alácticas en ciclistas de pista de velocidad de alto rendimiento. Los valores se expresan como Media ± DE

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Potencia máxima (W)	1701 ± 163	1072 ± 66
Potencia máxima (W/kg)	18.56 ± 2.28	14.63 ± 0.42
Potencia máxima (W/ASF)	3805 ± 256	2668 ± 106
Capacidad (KJ)	13.9 ± 1.3	8.8 ± 0.6
Capacidad (J/kg)	157.1 ± 31.1	119.6 ± 5
Capacidad (KJ/ASF)	31.1 ± 1.9	21.8 ± 1.2

Fuente: Adaptado de Craig, Walsh y Martin, 2000.

En el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia la potencia anaeróbica aláctica máxima se evalúa mediante un test máximo en cicloergómetro Monark Ergomedic-894<sup>E</sup> con cargas de cinco segundos de duración; no se suele medir la capacidad anaeróbica aláctica.

En la tabla 3 se presentan los valores correspondientes a ciclistas de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia de la categoría mayores.

Tabla 3. Valores de potencia anaeróbica aláctica máxima en ciclistas de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Los valores se expresan como Media ± DE

Variable	Hombres mayores	Mujeres mayores
Potencia máxima (W)	1530 ± 116.3	986 ± 95.2
Potencia máxima (W/kg)	18.3 ± 1.8	16.4 ± 1.5
Potencia máxima (W/ASF)	3430 ± 291.3	2785 ± 255.9

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia. 2010.

## Consumo máximo DE OXÍGENO (VO2 MAX)

Como se ilustró en la tabla 1, la contribución del sistema aeróbico a la producción de energía en las distintas pruebas de ciclismo de pista de velocidad oscila entre el 5% en el *sprint* y el 50% en la prueba de 1000 m masculina. En comparación con los ciclistas de ruta, en los de pista de velocidad existe una menor información con respecto a los valores de VO2 Max. Craig, Norton, Bourdon, et al. (1993) encontraron valores de VO2 Max. de 62.4 mls/kg/min en ciclistas de género masculino de *sprint* y 71.5 mls/kg/min en los de pista de semifondo.

## Sistema anaeróbico GLICOLÍTICO

Tal como se presentó en la tabla 1, el metabolismo anaeróbico contribuye con la mayor parte de la producción de energía durante las pruebas de ciclismo de pista de velocidad. Distintos investigadores han estimado la participación del sistema anaeróbico glicolítico en esos eventos a partir de los valores de lactato obtenidos al final de las distintas pruebas. Se ha encontrado que los mayores valores promedio se presentan en la prueba de mil metros contrarreloj; se observan también cifras significativamente elevadas con respecto al reposo en

competencias de velocidad (de alrededor de once segundos de duración). En la tabla 4 se presentan los valores de lactato sanguíneo luego de distintos eventos de ciclismo pista; estos valores fueron obtenidos de vena antecubital cinco minutos después de terminado el esfuerzo, luego de un pedaleo suave durante 1-2 minutos y de permanecer sentados otros 3-4 minutos (Burke, 1981). Es de notar que los tiempos que en la actualidad realizan los ciclistas en esos eventos son sustancialmente más cortos, razón por la cual los valores de lactato sanguíneo podrían ser distintos.

Tabla 4. Valores máximos de lactato sanguíneo (mM/L) obtenidos en competición en distintos eventos de ciclismo de pista

Lactato sanguíneo	Persecución por equipos	Enfrentamientos de velocidad	Persecución individual	1 kilómetro contrarreloj
Promedio ± DE	12.08 ± 2.17	13.65 ± 1.45	15.18 ± 1.67	16.94 ± 0.87
Rango	1.80 - 2.23	11.40 - 15.11	13.55 ± 17.31	15.69 ± 18.22
Tiempo promedio (seg)	288.0	11.0	303.1	70.9

Fuente: Adaptado de Burke L., (1981).

## Habilidades atléticas avanzadas EN LOS CICLISTAS DE PISTA DE VELOCIDAD

Basándonos en la conceptualización y la terminología presentadas en el capítulo sobre el control biomédico del entrenamiento, en el ciclismo de ruta se presentan a continuación las distintas habilidades atléticas avanzadas que exhiben los ciclistas de pista velocidad (Bartoli y Fagioli, 1996):

Ciclistas de velocidad (*sprint*):

- Fuerza-máxima
- Resistencia a la velocidad con predominio de la velocidad
- Fuerza-velocidad con predominio de la velocidad
- Carrera del kilómetro y quinientos metros contrarreloj:
- Fuerza-máxima

- Fuerza-velocidad con predominio de la fuerza
- Fuerza-velocidad con predominio de la velocidad
- Resistencia a la velocidad con predominio de la resistencia

## Control biomédico del entrenamiento EN EL CICLISMO DE RUTA

### 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 presenten, 3) determinar la presencia de factores de riesgo de 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 de la evaluación médica se realiza una actualización de lo acontecido en el estado de salud.

Cuando se evalúan ciclistas menores de edad o en fases de crecimiento y desarrollo es de particular importancia la determinación de la edad biológica, con el fin de realizar una adecuada consejería para la correcta prescripción de las cargas de entrenamiento.

#### 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 o en atletas considerados de élite, según la UCI: Recuento de reticulocitos, gama glutamil transferasa, fosfatasa alcalinas, bilirrubinas total y directa, 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 en la bicicleta estática o en movimiento
- Evaluación del apoyo plantar estática

### Evaluación cineantropométrica

Parámetros específicos a determinar en los deportes de bicicleta:

- Estatura y peso corporal
- IMC e índice AKS
- Superficie corporal y área de superficie frontal
- Índice córmico
- Porcentaje de grasa corporal según los métodos apropiados (niños, adolescentes y adultos)
- Áreas musculares y perímetros corregidos (brazo, muslo, pierna)

### Evaluación nutricional

Persigue dos objetivos fundamentalmente:

- 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 modalidad

### Evaluación psicológica

En la evaluación psicológica se realizan diversos abordajes a través del tiempo, 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)

### Laboratorio de Fisiología del Ejercicio

La evaluación funcional que se realiza a los ciclistas de pista de velocidad en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antio-



quia va encaminada principalmente a la determinación de la potencia máxima de los miembros inferiores y al estudio de las relaciones entre la fuerza y la velocidad.

Con tal propósito se llevan a cabo las siguientes evaluaciones:

1. 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), salto con contramovimiento (countermovement jump) y salto con la ayuda de los brazos.
2. Curva fuerza-velocidad: Además de determinar la potencia máxima (en watts), persigue valorar las relaciones entre la fuerza y la velocidad, la fuerza y la potencia, y la velocidad y la potencia. Se lleva a cabo en la forma descrita en la sección "Potencia y capacidades alácticas".

Los valores de potencia máxima que se han encontrado en ciclistas de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia, en evaluaciones que se han realizado en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia, se presentaron en la tabla 3.

De otro lado, y como fue mencionado antes, la potencia se suele determinar tanto en términos absolutos (watts) como en relación con el área de superficie frontal. El análisis de la potencia relativa al área de superficie frontal permite tener un mejor conocimiento fisiológico del ciclista de pista de velocidad, pues esta valoración estima la producción de potencia por cada unidad de área corporal que entra en contacto con la fricción del aire, considerando que esta última es el elemento más importante, responsable del gasto energético en el ciclismo de pista a grandes velocidades.

En la figura 2 se compara la potencia expresada en términos absolutos (watts) y la fuerza de varios ciclistas de selección nacional de pista de velocidad, y en la figura 3 esas mismas relaciones pero en términos relativos.

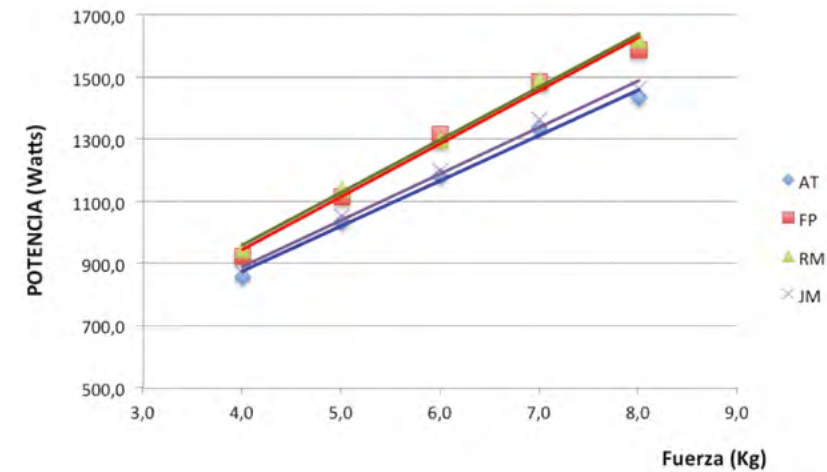


Figura 2. Relaciones entre la potencia (watts) y la fuerza (Kg) en términos absolutos en ciclistas de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia).

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia. 2010.

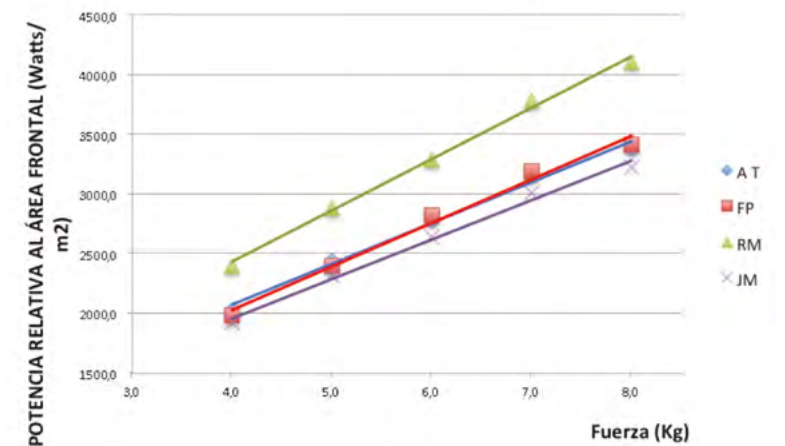


Figura 3. Relaciones entre la potencia relativa al área de superficie frontal (watts/m2) y la fuerza (Kg) en ciclistas de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia).

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia. 2010.

En la figura 4 se presenta la relación entre la velocidad (rpm) y la fuerza (Kg) en un ciclista de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia), y en la figura 5 la relación entre la potencia absoluta (watts) y la fuerza (Kg) en el mismo corredor.

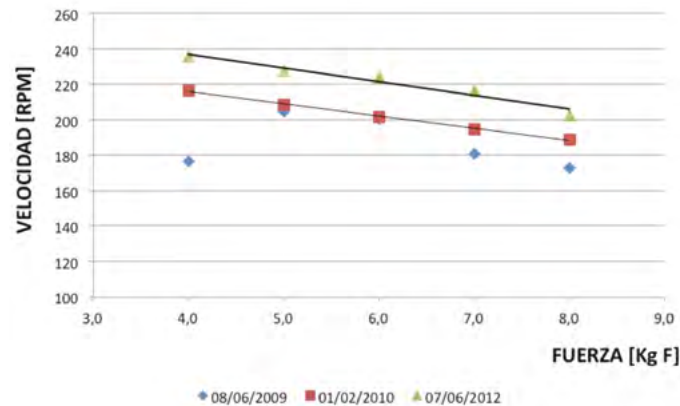


Figura 4. Relación entre la velocidad (rpm) y la fuerza (Kg) en un ciclista de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia. 2010.

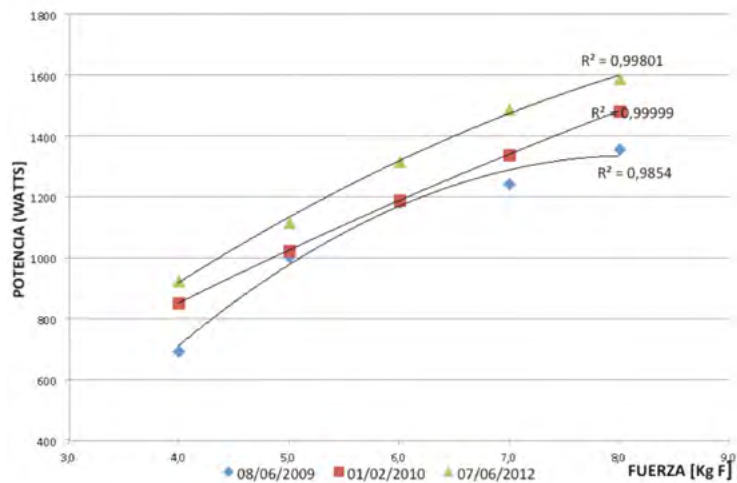


Figura 5. Relación entre la potencia absoluta (watts) y la fuerza (Kg) en un ciclista de pista de velocidad de la selección nacional de Colombia (datos obtenidos en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia). Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia. 2010.

### 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

El control cotidiano se puede llevar a cabo mediante valoraciones subjetivas, por métodos fisiológicos y bioquímicos, y utilizando cargas-tests.

**Evaluación mediante métodos subjetivos.** Corrientemente se analizan el estado general, el ánimo, el sueño, el apetito, el peso, los deseos de entrenar y la autopercepción frente a 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.** Se establece 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

### Control operativo

El control operativo del impacto de la carga de trabajo sobre el organismo de los ciclistas se realiza a partir de los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardíaca
- Lactato sanguíneo
- Desarrollo de la bicicleta
- Velocidad de desplazamiento
- Frecuencia de pedaleo (rpm)
- Potencia externa generada (Watts)

## 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

- Astrand, P., y Rodahl, K.** (1986). *Textbook of Work Physiology*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Bartoli, L., y Fagioli, F.** (1998). *Entrenamiento de pretemporada*. Madrid: Dorleta.
- Batterham, A., George, K., Whyte, G., Sharma, S., y McKenna, W.** (1999). Scaling Cardiac Structural Data by Body Dimensions: A Review of Theory, Practice, and Problems. *Int J Sports Med*, 20, 495-502.
- Bompa, T.** (1994). *Theory and methodology of training*. Dubuque: Kendall/Hunt.
- Burke, E.** (1992). *Cycling health and physiology*. Brattleboro: Vitesse Press.

- Burke, E.** (1992). The physiology of cycling. En E. Burke. (Editor). *Science of cycling*, pp. 1-19, Champaign: Human Kinetics.
- Burke, E., Fleck, S., y Dickson, T.** (1981). Post-competition blood lactate concentrations in competitive track cyclists. *Brit J Sports Med*, 15(4), 242-245.
- Cavanagh, P., y Sanderson, D.** (1986). The biomechanics of cycling: Studies of the pedalling mechanics of elite pursuit riders. En E. Burke. (Editor). *Science of cycling*, pp.91-122. Champaign: Human Kinetics.
- Craig, N., Norton, K., Bourdon, P., et al.** (1993). Aerobic and anaerobic indices contributing to track endurance cycling performance. *Eur J Appl Physiol*, 67, 150-158.
- Craig, N., Walsh, Ch., Martin, D., et al.** (2000). Protocols for the Physiological Assessment of High-Performance Track, Road, and Mountain Cyclists. En C. Gore. (Editor). *Physiological tests for elite athletes/Australian Sports Commission*, pp. 258-277. Champaign (Il): Human Kinetics.
- Craig, N., y Norton, K.** (2001). Characteristics of Track Cycling. *Sports Med*, 31(7), 457-468.
- Foley, J., Bird, S., y White, J.** (1989). Anthropometric comparison of cyclists from different events. *Br. J. Sports Med*, 13(1), 30-33.
- Mishenko, V., y Monogarov, V.** (1995). *Fisiología del deportista*. Barcelona: Paidotribo.
- Neumann, G.** (1988). Special performance capacity. En A. Dirix, H. Knuttgen y K. Tittel. (Editores). *The Olympic Book of Sports Medicine*, pp.97-108. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Norton, K., et al.** (1996). Anthropometry and sports performance. En K. Norton y T. Olds. (Editores). *Anthropometrica*, pp.287-364. Sidney: Unsw press.
- Polishuk, D.** (1993). *Ciclismo. Preparación, teoría y práctica*. Barcelona: Paidotribo.
- Swain, D.** (1994). The influence of body mass in endurance bicycling. *MSSE*, 26(1), 58-63.
- Swain, D., Coast, R., Clifford, P., Milliken, C., y Stray-Gundersen, J.** (1987). Influence of body size on oxygen consumption during bicycling. *J Appl. Physiol*, 62(2), 668-672.
- Swain, D., y Wilcox, J.** (1992). Effect of cadence on the economy of uphill cycling. *MSSE*, 24(10), 1123-1127.
- Union Cycliste Internationale.** (2014, 7 de mayo). *UCI cycling regulations. Part 3. Track races*. Recuperado de <http://www.uci.ch/Modules/BUILTIN/getObject.asp?MenuId=MTY2NjU&ObjTypeCode=FILE&type=FILE&id=OTQ3OTY&LangId=1>.
- Welsman, J., Armstrong, N., Nevill, A., Winter, E., y Kirby, B.** (1996). Scaling peak VO2 for differences in body size. *MSSE*, 28(2), 259-265.

# CONTROL BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO EN EL CICLISMO DE RUTA



Control biomédico de  
**ENTRENAMIENTO**  
en el ciclismo de ruta

*Luis Eduardo Contreras Vergara, MD. Esp.*

## Generalidades de las PRUEBAS DE RUTA



El ciclismo de ruta es regido en el mundo por la Unión Ciclista Internacional (UCI), que es la asociación de las federaciones nacionales de ciclismo. La UCI es una asociación internacional no gubernamental sin fines lucrativos, con sede en Suiza. Las categorías de los corredores y los tipos de pruebas de ciclismo ruta que se exponen a continuación han sido extractadas de la sección Regulaciones, Parte 2, Carreras de Ruta, de la página web de la UCI.

## Categorías de LOS CORREDORES

Las categorías de los corredores en el plano internacional están determinadas por la edad de los practicantes, que se define por el año de nacimiento. Solamente los corredores de 17 años o más, a los que se les entregue una licencia para una de las categorías internacionales que se exponen a continuación, tienen el derecho a participar en las pruebas del calendario internacional. Las distintas categorías se presentan de acuerdo al sexo del ciclista.

**Hombres:** Se consideran las siguientes categorías:

1. Jóvenes: A esta categoría pertenecen los corredores con 16 años o menos. Este ciclismo se rige exclusivamente por las federaciones nacionales.
2. Juniors: Esta categoría acoge a los corredores de 17 y 18 años.
3. Menos de 23 años (sub-23): Esta categoría cobija a los corredores de 19 a 22 años. Un corredor de esta categoría que forme parte de un grupo deportivo UCI Pro Team será calificado inmediatamente como élite. En caso de que ese corredor deje de pertenecer al equipo Pro Team, en virtud de lo cual estaba clasificado como élite, será reclasificado nuevamente como sub-23.
4. Élite: Esta categoría designa a los corredores de 23 años y más.
5. Máster: De esta categoría hacen parte los corredores de 30 años y más que elijan este estatuto. A dicha elección no podrán optar los corredores que formen parte de un grupo deportivo registrado ante la UCI.
6. Paraciclistas: A esta categoría pertenecen los corredores con discapacidad, según lo especificado por la clasificación funcional de la UCI.

**Mujeres:** Se consideran las siguientes categorías:

1. Jóvenes: Esta categoría incluye a las corredoras con 16 años o menos. Este ciclismo se rige exclusivamente por las federaciones nacionales.

2. Juniors: A esta categoría pertenecen las corredoras de 17 y 18 años.
3. Élite: Esta categoría designa a las corredoras de 19 años y más.
4. Máster: Incluye a las corredoras de 30 años y más que elijan este estatuto. La escogencia del estatus de máster no les es permitida a las corredoras que pertenezcan a un equipo registrado por la UCI.
5. Paraciclistas: A esta categoría pertenecen las corredoras con discapacidad, según lo especificado por la clasificación funcional de la UCI.

**Desarrollos:** Para la categoría junior, tanto masculina como femenina, el desarrollo máximo autorizado es de 7.93 metros (por ejemplo, 52\*14). Para las categorías de edades superiores a las anteriores, el desarrollo será de libre elección por parte del corredor.

## Tipos de pruebas de CICLISMO DE RUTA

### Pruebas de ruta de un día

Las pruebas de ruta de un día son competiciones que se llevan a cabo en un solo día, con una sola salida y una única llegada. Las distancias máximas de estas pruebas son determinadas por la UCI, y su longitud depende del tipo de evento (por ejemplo, Juegos Olímpicos, campeonatos del mundo, etc.), de la categoría a la que pertenece el corredor (élite, sub-23, etc.) y del género del atleta (masculino, femenino); por ejemplo, en el caso de la prueba individual de ruta masculina de los Juegos Olímpicos y los campeonatos del mundo la longitud es de hasta 280 km.

Las pruebas de ruta de un día pueden organizarse en un circuito o también pueden ser en línea y terminar en un circuito. En el primer caso, si la prueba se organiza en un circuito, este debe tener una longitud mínima de 10 kilómetros. En la segunda situación las pruebas pueden terminar en un circuito, cuya longitud debe ser como mínimo de 3 kilómetros y el número de vueltas totales a realizar dependerá de la longitud del circuito.

## Pruebas contrarreloj individuales (CRI)

Las pruebas CRI se corren sobre las distancias que aparecen en la tabla 1.

Tabla 1. Distancia máxima de las pruebas CRI

Categoría		Campeonatos mundiales o Juegos Olímpicos	Otras pruebas
Hombres	Juniors	20-30	30
	Sub-23	30-40	40
	Élite	40-50	80
Mujeres	Juniors	10-15	15
	Élite	20-30	40

Fuente: Union Cycliste Internationale (2014).

## Pruebas por etapas

Las pruebas por etapas se disputan sobre un mínimo de dos días y utilizan una clasificación general por tiempos para determinar los puestos obtenidos por los participantes. Se corren mediante etapas en línea e incluyen pruebas contrarreloj individuales; también puede haber una etapa contrarreloj por equipos, la cual deberá llevarse a cabo durante el primer tercio de la carrera. Salvo disposición particular, las etapas en línea se corren bajo la reglamentación establecida por la UCI para las pruebas de un día y las pruebas contrarreloj individuales se rigen por las disposiciones de las pruebas contrarreloj.

En las pruebas por etapas se puede incluir un prólogo con las siguientes características:

1. No debe exceder los 8 km; para mujeres élite o para juniors de ambos sexos el prólogo debe tener menos de 4 km.
2. Debe disputarse a título de contrarreloj individual.
3. Debe contar para la clasificación general individual.
4. Un corredor accidentado en el prólogo y que no haya podido terminar la carrera podrá partir al día siguiente. En ese caso, se le asignará el último tiempo.

5. No se puede programar una segunda prueba el mismo día del prólogo.
6. El prólogo cuenta como día de carrera.

Las distancias a recorrer en las pruebas por etapas se determinan considerando que no se debe exceder una determinada longitud promedio del total de las etapas ni sobrepasar unos valores máximos para las etapas en línea y en la contrarreloj individual. Es necesario decir que para el cálculo de los promedios diarios no se tiene en cuenta la longitud del prólogo. La reglamentación existente al respecto aparece en la tabla 2.

Tabla 2. Distancias máximas para las carreras de ruta en línea

Categorías		Distancia media máxima diaria	Distancia máxima por etapa	Distancia máxima en las etapas CRI
Hombres	Juniors	100	120	30
	Sub-23	150	180	40
	Élites	180	240	60
Mujeres	Juniors	60	80	15
	Élites	100	130	40

Fuente: Union Cycliste Internationale (2014).

## Cráteriums

El *criterium* es una prueba sobre ruta, en circuito cerrado a la circulación y que se disputa siguiendo una de las fórmulas siguientes:

1. Clasificación en la llegada de la última vuelta.
2. Clasificación con base en el número de vueltas completadas y el número de puntos obtenidos en los *sprints* intermedios.

Distancias: El circuito debe medir entre 800 y 10000 metros. La distancia máxima de la prueba depende de la longitud de cada circuito (según una tabla determinada por la UCI).

La clasificación se establece del modo siguiente:

1. El vencedor será aquel que haya realizado el mayor número de vueltas.

2. En caso de igualdad de vueltas, desempatará el número de puntos adquiridos.
3. En caso de empate en vueltas y puntos, el número de victorias en los *sprints* intermedios servirá para desempatar.
4. En caso de nuevo empate, el puesto obtenido en el último *sprint* servirá para desempatar.

## Exigencias fisiológicas y bioquímicas DEL CICLISMO DE RUTA

Pocos deportes son tan variados y tan demandantes fisiológicamente como el ciclismo de ruta. El caso extremo lo representa el Tour de France, el cual demora 23 días y cubre alrededor de 5000 kilómetros. Durante el Tour de France se atraviesan pasos elevados en los Alpes que tienen alta exigencia aeróbica, pero en ellos se requiere también realizar aceleraciones (embalajes) al final de cada puerto, los cuales implican unos grandes requerimientos anaeróbicos.

Como se sabe, la adaptación del organismo al estrés del entrenamiento es específica, razón por la cual los ciclistas deben entrenar en forma diferente para eventos distintos. En el ciclismo de ruta, la combinación del *sprint* con la exigencia aeróbica de largo aliento, tal como se observa en los embalajes al final de las etapas de muchas horas de duración, es, al decir de algunos autores, un "doble imposible bioquímico", porque las demandas energéticas de esos dos eventos son distintas. En esos casos, los ciclistas deben poseer el potencial aeróbico para desarrollar un ejercicio prolongado y la habilidad anaeróbica necesaria para ejecutar una aceleración desde el grupo, imponer un elevado ritmo en el ascenso hacia los puertos de montaña y realizar un embalaje al final de la competencia.

Un resumen de las exigencias fisiológicas y bioquímicas más representativas de las distintas pruebas que componen el ciclismo de ruta se presenta en la tabla 5. Es importante decir que los datos que aparecen en ella sirven esencialmente de orientación. Por ejemplo, la frecuencia cardíaca es influenciada por distintos factores, como la frecuencia de pedaleo, el desarrollo utilizado, la topografía del terre-

no, la posición sobre la bicicleta, la deshidratación, la altura, el nivel de entrenamiento, etc. Una frecuencia cardíaca de 170 pulsaciones/minuto puede ser mantenida incluso durante más de 60 minutos si se corre en subida, pero difícilmente se sostiene durante 20 minutos si el terreno es totalmente llano y el desarrollo utilizado es relativamente alto. Algo parecido sucede con las distintas concentraciones de lactato, que pueden variar ampliamente dependiendo de algunos de los factores mencionados antes.

Tabla 3. Utilización de los sistemas funcionales durante las distintas pruebas ciclísticas de ruta

Parámetro	Tipo de prueba			
	Prólogos	CRI (Mujeres, juveniles)	CRI (Hombres, mayores)	Ruta
Duración (min:seg)	≤10:00	10:00-35:00	35:00-90:00	90:00-360.00
Frecuencia cardíaca	190-200	170-190	160-180	140-160
Lactato medio	8-15	4-8	3-5	2-4
Lactato final	8-15	8-15	6-10	6-8
Consumo energético (Kcal/min, Kcal/h)	45, 2700	28, 1700	25, 1500	20, 1200
Relación anaerobio/aerobio	60/40 a 40/60	30/70 a 20/80	10/90	5/95
% Aláctica	0-5	—	—	—
% Láctica	40-55	20-30	5-10	<5
% Aeróbica (carbohidratos)	40-60	60-70	70-75	60-50
% Aeróbica (grasas)	—	10	20	40-50
Sustrato energético principal	Glucógeno	Glucógeno	Glucógeno + grasas	Grasas + glucógeno + proteínas

Fuente: Adaptado de Newmann (1988) y Zintl (1991).

## Caracterización psicológica DEL CICLISMO

El ciclismo de ruta es un deporte en el que priman las características individuales del atleta, tanto psicológicas como físicas, pero las acciones del ciclista requieren una interrelación con los compañeros.

Las exigencias particulares que posee la ruta demandan que sus practicantes posean perfiles psicológicos acordes con este tipo de requerimientos, como la coordinación del movimiento, el esfuerzo y el ritmo. En el ciclismo, por el carácter cíclico de los movimientos, cobran un papel determinante el ritmo y la coordinación entre los movimientos fundamentales de todo el cuerpo (piernas, brazos, tronco, cabeza), y todo ello en estrecha vinculación con la orientación visual. Este deporte requiere una posición básica que posibilite el sentido de comodidad y de naturalidad (posición predispuesta y sin esfuerzo), pedalear con rapidez sin recurrir a movimientos descompuestos, la satisfacción de maniobrar la bicicleta y la seguridad (dominio de la conducción), una óptima respiración y el aerodinamismo.

En el ciclismo de ruta existen diferentes recorridos, distancias, altitudes, cambios geográficos, condiciones climáticas, estado de las rutas, entre otros factores, que determinan distintas circunstancias de competencia. Por estas condiciones particulares de entrenamiento y competición se presentan elevadas cargas físicas y psíquicas.

Entre las demandas psicológicas más importantes del ciclismo de ruta se destacan las siguientes:

1. Se requiere el perfeccionamiento de las cualidades volitivas: una férrea decisión, perseverancia, autovaloración, dominio de sí mismo, valor, orientación hacia un objetivo, entre otras, que le permitan al deportista movilizar todas sus energías y posibilidades para lograr los fines propuestos.
2. La motivación es un indicador central por el proceso largo e intenso del entrenamiento.
3. Se necesita conservar permanentemente el deseo, para el perfeccionamiento y el mantenimiento de un nivel alcanzado.

4. Lograr la estabilidad psíquica es fundamental para cualquier ciclista, pues ella guarda íntima relación con el esfuerzo de características anaeróbicas, con el que la fatiga, el dolor muscular, el mareo, la náusea, la sensación de pérdida del conocimiento, entre muchos otros síntomas, se hacen comunes para el ciclista. También se requiere dicha estabilidad cuando se exigen la resistencia y la velocidad, así como en el trabajo que demande resistencia a la fuerza y resistencia a la velocidad.
5. El ciclista debe poseer una excitación emocional positiva que le permita asumir una disposición óptima para el logro de su rendimiento.
6. Requiere de tranquilidad y relajación antes de la competición, como signo de su mejor disposición.
7. Es necesario que el deportista que practica este deporte posea una gran capacidad de concentrar voluntariamente la atención. Sin embargo, para la ejecución de las acciones deportivas se necesita poseer la capacidad de desplazar la atención rápidamente desde las sensaciones internas hasta los acontecimientos externos.
8. El deportista debe ser capaz de poseer un gran volumen de atención y de concentración externa.
9. Es necesario un gran autocontrol para manejar los ritmos de competencia.
10. Se requieren el desarrollo y el perfeccionamiento de las percepciones especializadas para garantizar la precisión de las relaciones espacio-temporales y el sentido de la distribución de las fuerzas en cada tramo del evento.
11. El ciclista debe experimentar y tolerar el dolor y la fatiga para poder ser capaz de proseguir con un trabajo intenso (entrenamiento y competencia).
12. El ciclista debe poseer estrategias en autosugestión que ayuden a superar la fatiga y las sensaciones de dolor.
13. Es necesario el desarrollo de habilidades de trabajo en equipo y una total identificación del ciclista frente a las metas y objetivos de su grupo deportivo.



## Características antropométricas de los ciclistas DE LAS DISTINTAS ESPECIALIDADES DEPORTIVAS

Los ciclistas de ruta deben desempeñarse en una gran variedad de terrenos (por ejemplo, plano, en subida, en bajada) y situaciones competitivas (por ejemplo, en forma individual o protegidos de la fricción del aire detrás de otros corredores). En cualquiera de esas situaciones el desempeño de un ciclista estará determinado por sus características antropométricas. De hecho, el peso corporal tiene una influencia muy importante en el rendimiento en los ascensos dado que determina la resistencia dependiente de la gravedad, mientras que el área frontal afecta el desempeño cuando los ciclistas corren individualmente en terrenos planos, debido a su influencia en la resistencia aerodinámica.

Las diferencias en las características morfológicas de los ciclistas han contribuido a la aparición de especialistas en función del tipo morfológico en el ciclismo profesional, con roles claramente diferenciados durante las distintas fases de las carreras. Ellos incluyen:

1. Corredores de terreno plano o "rodadores". Su objetivo es contribuir a controlar la carrera principalmente en terrenos planos.
2. Escaladores. Ciclistas cuya virtud principal es sobresalir en las etapas de montaña.
3. Todoterrenos. Tienen desempeños bastante buenos en todos los terrenos.
4. Especialistas en la contrarreloj individual o "contrarrelojeros". Son capaces de obtener desempeños individualmente sobresalientes en las etapas contrarreloj individual.

Embaladores o *sprinters*. Su fortaleza es disputar las pruebas imprimiendo altas velocidades al final de las etapas en terreno plano.

Debido a lo anterior, las variables antropométricas podrían variar en forma importante dependiendo de la especialidad de cada ciclista. En el ámbito del alto rendimiento deportivo internacional, y para el caso de los hombres, los ciclistas contrarrelojeros y los rodadores usualmente son más altos y pesados (185 cm de estatura, 70 a 75 kg de peso, BMI alrededor de 22 kg/m<sup>2</sup>) que los escaladores (175 a 180 cm de al-

tura, 60 a 66 kg de peso y BMI de aproximadamente 19-20 kg/m<sup>2</sup>). Por su parte, las características morfológicas de los campeones actuales en las pruebas más importantes del ciclismo mundial, quienes se desempeñan exitosamente tanto en terreno plano como en cuesta, son muy similares a las de los contrarrelojeros (180 cm de estatura y alrededor de 70 kg de peso).

Sin embargo, cuando se analizan más estrechamente las distintas especialidades ciclísticas, aparecen diferencias en la forma y la composición corporal, tal como se desprende del análisis antropométrico efectuado a través del somatotipo y de la proporcionalidad.

Los ciclistas *sprinters*, como grupo, son significativamente más pesados (fundamentalmente porque poseen un mayor desarrollo de la masa muscular) y más "cortos" que los otros ciclistas de pista y de ruta. Se ha especulado (Astrand y Rodahl, 1986; Foley, Bird y White, 1989) que los atletas con extremidades cortas pueden desarrollar una rapidez de movimiento mucho mayor, por lo cual los ciclistas con miembros inferiores pequeños y radios de mesomorfia elevados presentan ventajas para la generación de potencia y para la obtención de elevadas frecuencias de pedaleo. De otro lado, los deportistas especializados en las pruebas contrarreloj son los más altos de todos y presentan, comparativamente con los otros ciclistas, una relación pierna/estatura más elevada. Ello reduce la resistencia aerodinámica de la parte superior del cuerpo y permite usar relaciones mecánicas en las bicicletas más altas que las de los demás ciclistas, probablemente porque poseen brazos de palancas más largos.

El porcentaje de grasa corporal en los hombres no varía significativamente entre los diferentes tipos de ciclistas: comenzando la temporada los corredores, sin distinción de su especialidad, presentan valores cercanos al 10% (estimados antropométricamente por el método de Faulkner) y a medida que se avanza dentro del plan de entrenamiento y competición los niveles porcentuales van descendiendo hasta lograr un 9% a mitad del período de preparación y un 8% durante las grandes y principales competiciones.

En el caso de las mujeres no existen tantos estudios como en el caso de los hombres, pero algunos trabajos reportan que las ciclistas de nivel internacional tienen de 162 a 174 cm de estatura, de 55.4 a 58.8 kg de peso y porcentajes de grasa entre el 7% y el 12% (Martin *et al.*, 2001).

## Características fisiológicas y bioquímicas DE LOS CICLISTAS DE RUTA

En los apartados siguientes se presentan algunas de las características más importantes que presentan los ciclistas de alto nivel desde el punto de vista fisiológico y bioquímico. Sin embargo, es importante mencionar que numerosos investigadores han planteado que la utilización de características modélicas como base para la preparación de los deportistas de alto nivel es problemática, porque dichos deportistas se caracterizan por rasgos muy individualizados que superan los límites de los valores medios.

## Fuentes energéticas en EL CICLISMO DE RUTA

La participación de las distintas fuentes energéticas en el ciclismo de ruta será estudiada analizando la contribución de cada uno de los sistemas responsables de la producción de energía: el sistema aeróbico a través del consumo máximo de oxígeno y de otros indicadores de la utilización de esta vía a niveles submáximos, y el anaeróbico a partir de la capacidad y la potencia anaeróbica. También se le dará particular importancia al análisis del umbral anaeróbico.

## Sistema AERÓBICO

### Consumo máximo de oxígeno en ciclistas de ruta

Existen multitud de estudios que muestran la alta correlación entre valores altos del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{Max}}$ ) y el rendimiento en ciclismo de fondo. En ese sentido, en la tabla 4 se presentan los valores correspondientes al  $VO_{2\text{Max}}$  en ciclistas de ruta de distintos niveles de rendimiento, según los datos de Terreros (1991) y referidos por Algarra (1996).

Tabla 4. Valores de consumo máximo de oxígeno en ciclistas de distinto nivel de rendimiento

Nivel del rendimiento	Valor del $VO_2$ máximo (mls/kg/min)
Ciclistas excepcionales	83
Élites	77
Aficionados	70
Mujeres	60

Fuente: Algarra y Gorrotxategi (1996).

## Otros parámetros fisiológicos a nivel submáximo

El estudio del comportamiento del sistema aeróbico a nivel submáximo en el ciclismo de ruta se fundamenta en el hecho ya descrito (tabla 3) de que los ciclistas durante la mayor parte de las pruebas se ejercitan por debajo de sus posibilidades máximas. Cuando se han realizado evaluaciones en las que se han comparado el comportamiento del consumo de oxígeno ( $VO_2$ ), la producción de lactato y el tipo de sustrato energético empleado (establecido a partir del RER) en tests ergométricos incrementales en ciclistas con distintos niveles de rendimiento, se ha encontrado lo siguiente (Lucía *et al.*, 1998):

Tendencia a una mejor economía en los ciclistas de mejor nivel de rendimiento (valores de  $VO_2$  más bajos a cualquier nivel de carga submáxima y máxima).

Mayor contribución del metabolismo de los lípidos en la producción aeróbica de energía en los ciclistas de mejor calificación (valores de RER con tendencia a ser más bajos).

Respuesta similar del lactato en ciclistas con diferentes niveles de rendimiento a intensidades de trabajos bajas y moderadas, pero significativamente más elevado en intensidades elevadas en los ciclistas de menor desempeño.

En forma breve, estos resultados sugieren que algunas de las adaptaciones principales al entrenamiento y la competición que se observan en los ciclistas de niveles de rendimiento más elevados (por ejemplo, en los ciclistas profesionales) son: una mejoría en la economía del

sistema aeróbico y un incremento en el metabolismo de las grasas a cualquier nivel de intensidad submáximo.

## Umbral ANAERÓBICO

A pesar de la elevada asociación que existe entre el  $VO_{2\text{Max}}$  y el rendimiento, mencionada atrás, en estudios relativamente recientes se ha podido comprobar que, en realidad, el rendimiento en el ciclismo de fondo está más altamente correlacionado con el umbral anaeróbico que con el  $VO_2\text{Max}$ . Este hallazgo ha generado cambios no solo en la elección de los parámetros utilizados para evaluar a los ciclistas sino también en los criterios de valoración de los resultados de las pruebas. Es por eso que actualmente se le da más importancia a la determinación del umbral anaeróbico, que tiene una ventaja adicional y es que representa un punto de referencia importante para la elaboración de los programas de entrenamiento.

Con base en todo lo anterior, se puede concluir que, aunque se necesiten elevados valores del  $VO_{2\text{Max}}$  para la competición de alto nivel en el ciclismo, el consumo máximo de oxígeno de por sí no es necesariamente un buen predictor del desempeño. Por el contrario, el porcentaje del  $VO_{2\text{Max}}$  al cual ocurre el umbral anaeróbico (por ejemplo, el VT2) puede representar un mejor y más importante factor de desempeño en el ciclismo de ruta. Ello se debe a que los ciclistas con umbral anaeróbico más elevado tienen la capacidad de trabajar con intensidades de trabajo más elevadas y durante períodos de tiempo más prolongados antes de que se presente una acidosis importante en la sangre.

## Sistema ANAERÓBICO

Debido a la duración general de las pruebas de ciclismo de ruta, hasta hace poco tiempo se consideró que esta modalidad deportiva era casi exclusivamente aeróbica. En ese sentido, algunos autores pensaban que la participación anaeróbica en el suministro de energía en esta modalidad era solamente del 1-2% del total. Sin embargo, dado que las pruebas de ruta de varios días actualmente incluyen distintos

kilometrajes, los cuales se corren con diferentes ritmos, otros autores (entre los que se incluyen Algarra y Gorrotxategui, 1996) afirman que la contribución de este sistema asciende hasta el 5% en las pruebas en línea, al 10% en las etapas contrarreloj individuales (en torno a los 40 kilómetros) y hasta el 40-60% en los prólogos.

Pero aún suponiendo que la participación del metabolismo anaeróbico sea tan solo del 5%, este sistema es determinante en los momentos cruciales de la carrera, por ejemplo en las aceleraciones que se presentan en las escapadas, las persecuciones, los premios de montaña, las metas volantes y las llegadas a la meta. Todo lo anterior, más el elevado ritmo impuesto en los últimos kilómetros de las etapas, ha obligado a que la contribución anaeróbica en el suministro de energía se incremente cada vez más, lo cual también ha cambiado la comprensión de las exigencias impuestas al organismo de los ciclistas. Ello también ha generado modificaciones en los criterios de evaluación y los sistemas de entrenamiento de estas modalidades ciclísticas.

## Habilidades atléticas avanzadas EN LOS CICLISTAS

Si bien parece no haber discusión en cuanto a que el rendimiento deportivo está relacionado con el grado de desarrollo de las tres capacidades condicionales básicas, la fuerza, la velocidad y la resistencia, la realidad es que es muy difícil encontrar un atleta que tenga esas habilidades puras. En la práctica, los ciclistas tienen una mezcla de ellas, razón por la cual algunos autores, como Friel (1996), prefieren utilizar el concepto de *habilidades atléticas avanzadas*. Cada combinación genera habilidades muy específicas, lo cual conduce a la aparición de ciclistas con grados de especialización muy personal y particular. A continuación se presentan las distintas habilidades atléticas avanzadas junto con los tipos de corredores que las representan (Bartoli y Fagioli, 1996):

1. Fuerza-resistencia con mayor propensión a la fuerza: Está presente en ciclistas escaladores. El sistema energético predominante en estas actividades es el aeróbico, aunque también participa el sistema anaeróbico láctico en grado variable.
2. Fuerza-resistencia con mayor propensión a la resistencia: En lo que respecta al ciclismo de ruta, esta habilidad caracteriza a los ciclistas rodadores y a los especialistas en etapas contra el reloj

de duración superior a los 30-40 kilómetros. En lo que se refiere al ciclismo de pista, se encuentran grandes representantes en aquellos corredores con aptitudes para intentar batir los récords de la hora. El sistema energético que prevalece en estas actividades es el aeróbico, con intervención en grados variables del sistema anaeróbico láctico.

3. Resistencia a la velocidad con mayor empleo de la resistencia: Caracteriza a los especialistas en circuitos cortos y en pruebas contra el reloj de corta duración. Los sistemas energéticos empleados por este tipo de especialistas son tanto el aeróbico como el anaeróbico, en grados variables.
4. Resistencia a la velocidad con predominio de la velocidad: Dignos representantes de este grupo son los especialistas en circuitos cortos y en embalajes largos. Estos deportistas presentan buenos valores de potencia y capacidad anaeróbica y una buena predisposición a sostener ritmos elevados de pedaleo.
5. Fuerza-velocidad con predominio de la velocidad: Aquí se encuentran los *sprinters* puros de final de etapa o de metas volantes. Estas demandas necesitan de un empleo elevado del sistema anaeróbico láctico.
6. Fuerza-velocidad con predominio de la fuerza: Esta habilidad se caracteriza por una potencia y una capacidad anaeróbica lácticas elevadas. En el ciclismo de ruta se presenta en los especialistas en pruebas cortas pero de elevada intensidad, como las etapas contra el reloj individuales de pocos kilómetros, principalmente si ocurren en cuestas, y en el ciclismo de pista aparece en los persecutores individuales.

## Alometría y escalamiento en el CICLISMO DE RUTA

Cuando los médicos del deporte tratan de evaluar de la manera más acertada posible los factores involucrados en el rendimiento en el ciclismo de ruta, se encuentran frecuentemente ante varios "asuntos álgidos", dentro de los cuales se destacan los siguientes:

1. ¿Cuáles son los mejores parámetros para evaluar la habilidad para desempeñarse exitosamente en el ciclismo de ruta?
2. ¿De qué manera se puede predecir el rendimiento en el terreno a partir de evaluaciones llevadas a cabo en condiciones de laboratorio?
3. ¿Cómo comparar correctamente las capacidades responsables del desempeño entre sujetos que tienen diferente tamaño?
4. ¿Cómo llevar a cabo el seguimiento de los parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento de un deportista que a lo largo de un período de preparación experimenta modificaciones en su masa corporal?

Tradicionalmente, la valoración de los ciclistas de ruta se ha encaminado a determinar el consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2\text{Max}}$ ); sin embargo, conviene expresar que este parámetro tiene dos grandes inconvenientes: 1) se modifica poco con el entrenamiento, y 2) su correlación es más fuerte con pruebas que tienen una duración de entre 3 y 12 minutos. Por ello, el  $VO_{2\text{Max}}$  por sí solo, presenta debilidades a la hora de utilizarse para realizar el seguimiento a las adaptaciones ocurridas como efecto del entrenamiento y para correlacionar con el rendimiento en pruebas de larga duración o en aquellas que se ejercitan en el umbral anaeróbico.

A diferencia del anterior, el umbral anaeróbico ha mostrado dos grandes ventajas: 1) tiene mejor correlación con el rendimiento en pruebas de resistencia de larga duración (y obviamente con aquellas que se llevan a cabo en el ámbito del umbral anaeróbico), y 2) es más entrenable que el  $VO_{2\text{Max}}$ , es decir, experimenta más modificaciones con el entrenamiento.

Sin embargo, y como se verá más adelante, la sola determinación del umbral anaeróbico tampoco es suficiente para resolver los "asuntos álgidos" enunciados anteriormente.

Para el caso de la evaluación de los factores relacionados con el desempeño en el ciclismo de ruta, se presentan algunas dificultades grandes, dentro de las cuales se destacan:

1. Las condiciones de laboratorio son muy diferentes a las que se presentan en la carretera (fricción del piso y del aire, fuerza de gravedad, evaporación del sudor, entre otras).

2. Las dimensiones corporales (como la masa, la superficie corporal y el área frontal) tienen elevada incidencia en el desempeño en el ciclismo de ruta.
3. Muchos parámetros fisiológicos (como el  $VO_{2\text{Max}}$ , por ejemplo) varían en función de las dimensiones corporales, sin que necesariamente eso implique que las modificaciones que se presenten en ellos en sujetos que simultáneamente han experimentado cambios en el tamaño corporal se deban realmente a una mejoría en el funcionamiento del organismo.

Debido a lo anterior, para poder llevar a cabo comparaciones entre sujetos de diferente tamaño, o hacer acertadamente el seguimiento a lo largo de un período de preparación a deportistas que presentan simultáneamente modificaciones en la masa corporal y de los parámetros fisiológicos relacionados con el rendimiento, se hace necesario efectuar el escalamiento de dichos parámetros fisiológicos con respecto a las dimensiones corporales. El escalamiento es el examen de cómo ciertos objetos de aspectos similares geoméricamente difieren; debe advertirse que su aplicación a los seres humanos es precisa solamente cuando se consideran atletas con diferente tamaño, pero proporciones similares.

Para relacionar variables antropométricas y fisiológicas en biología se ha usado la alometría. Esta estudia los patrones de los tamaños de los órganos y las funciones corporales en forma relativa al tamaño corporal total. Un análisis profundo de la metodología y su aplicación en el ciclismo de ruta excede los alcances de este texto. En forma resumida, a continuación se presentan los aspectos más relevantes acerca del análisis alométrico del ciclismo de ruta, que constituyen el sustento de la valoración fisiológica que se emplea en Indeportes Antioquia:

1. Las comparaciones de la capacidad aeróbica y la potencia (máxima y submáxima), como parámetros de suministro energético y potencia generada, respectivamente, entre distintos ciclistas, y el seguimiento de un mismo deportista a través de un periodo de preparación deberían considerar los efectos de la masa corporal sobre el tipo de terreno.

2. Para predecir la habilidad para desempeñarse en terreno plano (incluyendo las pruebas contrarreloj), el  $VO_{2\text{Max}}$  y la potencia (máxima y submáxima), como parámetros de suministro energético y potencia generada, respectivamente, deben escalarse con  $M^{0.32}$  (Swain, 1994; Padilla *et al.*, 1999).
3. Para juzgar la habilidad para los ascensos largos en condiciones aeróbicas de estado estable y para predecir el rendimiento en las CRI largas en cuesta, el  $VO_{2\text{Max}}$  y la potencia a nivel del umbral anaeróbico individual se deben escalar con  $M^{0.79}$  o  $M^1$  (Swain, 1994; Padilla *et al.*, 1999).

Sin embargo, se debe recordar que la masa corporal es solamente uno de los factores que afectan el desempeño.

Como un resumen de todo lo discutido, en la tabla 5 se presenta un compendio de los principales parámetros fisiológicos máximos y submáximos, y el escalamiento de la potencia generada en el umbral ventilatorio 2, obtenidos en pruebas ergoespirométricas con determinación de los umbrales por métodos ventilatorios en ciclistas de ruta de nuestra región, Antioquia, de distintas categorías.

Tabla 5. Escalamiento de variables fisiológicas en ciclistas de ruta. Valores promedio en ciclistas de género masculino de distintas categorías evaluados en Indeportes Antioquia

Categoría	Edad (Años)	Peso (Kg)	VO2 Max (mls/kg/min)	% del VO2 Max en el UV2	WUV2 (Watts)	Watts/Kg0.32 en el UV2	Watts/Kg0.79 en el UV2
Élite (n = 25)	26,5	63,3	76,3	87,0	350,0	13,2	92,8
Sub-23 (n = 36)	20,5	62,0	78,5	84,0	324,0	12,4	86,5
Juvenil (n = 20)	17,6	61,3	75,7	82,0	301,0	11,7	80,6
Prejuvenil (n = 7)	15,8	53,3	71,0	83,0	253,0	10,9	70,8

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Control biomédico del entrenamiento EN EL CICLISMO DE RUTA

### 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) establecer un diagnóstico del estado de salud, 2) determinar clínicamente la recuperación de eventuales traumas o lesiones presentadas, 3) determinar 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 de la evaluación médica se realiza una actualización de lo acontecido en el estado de salud.

Cuando se evalúan ciclistas menores de edad o en fases de crecimiento y desarrollo es de particular importancia la determinación de la edad biológica, con el fin de realizar una adecuada consejería para la correcta prescripción de las cargas de entrenamiento.

#### *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, cuyas características se han 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 o en atletas considerados de la élite según la UCI: recuento de reticulocitos, gama glutamil transferasa, fosfatasas alcalinas, bilirrubinas total y directa, 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 en la bicicleta estática o en movimiento.
- Evaluación del apoyo plantar estática.

### Evaluación cineantropométrica

Parámetros específicos a determinar en los deportes de bicicleta:

- Estatura y peso corporal.
- IMC e índice AKS.
- Superficie corporal y área frontal.
- Índice córmico.
- Porcentaje de grasa corporal según los métodos apropiados (niños, adolescentes y adultos).
- Áreas musculares y perímetros corregidos (brazo, muslo, pierna).

### Evaluación nutricional

Persigue dos objetivos fundamentalmente:

- 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 modalidad.

### 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).

### Laboratorio de Fisiología del Ejercicio

En la evaluación funcional que se realiza en el Laboratorio de Fisiología del Ejercicio de Indeportes Antioquia se cuenta con la posibilidad de practicar tanto valoraciones metabólicas con mediciones de lactato empleando diversos tests y protocolos, como ergoespirométricas con determinaciones instantáneas de parámetros cardíacos

y respiratorios (como la frecuencia cardíaca, la ventilación, la producción de CO<sub>2</sub>, el consumo de O<sub>2</sub> y el cálculo de otros indicadores derivados de los anteriores).

### Ergometría con tomas de lactato

Determinación de parámetros máximos

- VO<sub>2</sub> Max absoluto y relativos (a la M1, a la M0.32, a la M0.79).
- PWCmax absoluto y relativos (a la M1, a la M0.32, a la M0.79).
- Lactato.
- Frecuencia cardíaca.

Determinación de parámetros en el umbral anaeróbico

- VO<sub>2</sub>.
- PWC absoluto y relativos (a la M1, a la M0.32, a la M0.79).
- Lactato.
- Frecuencia cardíaca.

### Ergoespirometría con medición directa de gases respiratorios

Determinación de parámetros máximos y en el umbral anaeróbico

- VO<sub>2</sub>.
- PWC absoluto y relativos (a la M1, a la M0.32, a la M0.79).
- Frecuencia cardíaca.

### Tests de potencia anaeróbica máxima

Medición de la potencia anaeróbica máxima en un Test de Wingate de 30 segundos, o mediante una serie de cargas máximas de 10 segundos de duración (test de fuerza-velocidad).

Test de remoción de lactato (toma de lactato en los minutos 1, 3, 5, 7, 12 y 20 luego de un esfuerzo anaeróbico láctico máximo).

### Controles integrales de terreno en bicicleta con medidores de potencia

Tienen como objetivo estudiar las posibilidades de los distintos sistemas orgánicos que determinan el nivel de desarrollo de las principa-

les cualidades físicas del deportista. Con este propósito, en los controles de terreno se utilizan diversos métodos de investigación tomados de la fisiología, la bioquímica, la biomecánica, la cineantropometría y la psicología, entre otras disciplinas. Una justificación de valor incalculable de estos controles es que permiten confrontar los resultados obtenidos en las condiciones del Laboratorio (de Fisiología del Ejercicio) con los obtenidos en las condiciones reales de entrenamiento y competición de los ciclistas.

Los principales controles de terreno que se realizan en esta disciplina son los siguientes:

- Tests de potencia aeróbica máxima en el terreno (de duración y características similares a los prólogos en el ciclismo de ruta).
- Tests de umbral anaeróbico (de duración y características similares a las pruebas contra el reloj individuales en el ciclismo de ruta).

### 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

El control cotidiano se puede llevar a cabo mediante valoraciones subjetivas, por métodos fisiológicos y bioquímicos, y utilizando cargas-tests.

**Evaluación mediante métodos subjetivos.** Corrientemente se analizan el estado general, el ánimo, el sueño, el apetito, el peso, los deseos de entrenar y la autopercepción frente a 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.

Se realiza 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

**Utilización de cargas-tests.** Consiste en utilizar el entrenamiento como un instrumento de evaluación, en el que el contenido de la sesión es un componente de la evaluación, con la ventaja adicional de que se realiza en las condiciones naturales de trabajo. En ese caso, los índices fisiológicos y/o bioquímicos convenientemente escogidos de control puntual (frecuencia cardíaca y concentración de lactato en la sangre) permiten determinar, a partir de sus transformaciones, el estado del organismo de los deportistas.

### Control operativo

El control operativo del impacto de la carga de trabajo sobre el organismo de los ciclistas se realiza a partir de los siguientes parámetros:

- Frecuencia cardíaca
- Lactato sanguíneo
- Desarrollo de la bicicleta
- Velocidad de desplazamiento
- Frecuencia de pedaleo (rpm)
- Potencia externa generada (Watts)

## 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

- Algarra, J.** (1993). *Preparación física para la bicicleta*. Bilbao: Dorleta.
- Algarra, J., y Gorrotxategi, A.** (1996). *Ciclismo total. 1. Fundamentos del ciclismo*. Madrid: Gymnos.
- Astrand, P., y Rodahl, K.** (1986). *Textbook of Work Physiology*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Bartoli, L., y Fagioli, F.** (1998). *Entrenamiento de pretemporada*. Madrid: Dorleta.
- Batterham, A., George, K., Whyte, G., Sharma, S., y McKenna, W.** (1999). Scaling Cardiac Structural Data by Body Dimensions: A Review of Theory, Practice, and Problems. *Int J Sports Med*, 20, 495-502.
- Bompa, T.** (1994). *Theory and methodology of training*. Dubuque: Kendall/Hunt.
- Burke, E.** (1992). *Cycling health and physiology*. Brattleboro: Vitesse Press.
- Burke, E.** (1992). The physiology of cycling. En E. Burke. (Editor). *Science of cycling*, pp.1-19. Champaign: Human Kinetics.
- Cavanagh, P., y Sanderson, D.** (1968). The biomechanics of cycling: Studies of the pedalling mechanics of elite pursuit riders. En E. Burke. (Editor). *Science of cycling*, pp.91-122. Champaign: Human Kinetics.
- Foley, J., Bird, S., y White, J.** (1989). Anthropometric comparison of cyclists from different events. *Br. J. Sports Med*, 13(1), 30-33.
- Friel, S.** (1996). *The cyclist's training bible*. Boulder: Velopress.
- Gregor, R., y Rugg, S.** (1986). Effects of saddle height and pedalling cadence on power output and efficiency. En: E. Burke. (Editor). *Science of cycling*, pp.69-90. Champaign: Human Kinetics.
- Grosser, M., et al.** (1991). *El movimiento deportivo*. Barcelona: Martínez Roca.
- Lucía, A., et al.** (1998). Physiological differences between professional and elite road cyclists. *Int. J. Sports Med*, 19, 342-348.
- Lucía, A., Hoyos, J., y Chicharro, J.** (2001). Physiology of Professional Road Cycling. *Sports Med*, 31(5), 325-337.
- Lindner, W.** (1995). *Ciclismo en ruta*. Barcelona: Martínez Roca.
- Massagrande, A.** (1994). *Dilettanti e professionisti*. Milano: Edi-ermes.
- Martin, D., et al.** (2001). Physiological Characteristics of Nationally Competitive Female Road Cyclists and Demands of Competition. *Sports Medicine*, 31(7), 469-477.
- Mishenko, V., y Monogarov, V.** (1995). *Fisiología del deportista*. Barcelona: Paidotribo.
- Mujica, I., y Padilla, S.** (2001). Physiological and Performance Characteristics of Male Professional Road Cyclists. *Sports Med*, 31(7), 479-487.
- Neumann, G.** (1998). Special performance capacity. En A. Dirix, H. Knuttgen y K. Tittel. (Editores). *The Olympic Book of Sports Medicine*, pp.97-108. Oxford: Blackwell Scientific Publications.
- Norton, K., et al.** (1996). Anthropometry and sports performance. En K. Norton y T. Olds. (Editores). *Anthropometrica*, pp.287-364. Sidney: Unsw Press.
- Olds, T., Norton, K., Lowe, L., Olive, S., Reay, F., y Ky, S.** (1995). Modeling road-cycling performance. *J. Appl. Physiol*, 78(4), 1596-1611.
- Padilla, S., Mujica, I., Cuesta, G., y Goiriena, J.** (1991). Level ground and uphill cycling ability in professional road cycling. *MSSE*, 31(6), 878-885.
- Pérez, J.** (1995). *Ciclismo agonístico*. Valencia: Motivos gráficos.
- Polishuk, D.** (1993). *Ciclismo. Preparación, teoría y práctica*. Barcelona: Paidotribo.
- Rasch, P., y Burke, R.** (1986). *Kinesiología y anatomía aplicada*. Buenos Aires: El Ateneo.
- Swain, D., Coast, R., Clifford, P., Milliken, C., y Stray-Gundersen, J.** (1987). Influence of body size on oxygen consumption during bicycling. *J Appl. Physiol.*, 62(2), 668-672.
- Swain, D., y Wilcox, J.** (1992). Effect of cadence on the economy of uphill cycling. *MSSE*, 24(10), 1123-1127.
- Swain, D.** (1994). The influence of body mass in endurance bicycling. *MSSE*, 26(1), 58-63.
- Union Cycliste Internationale.** (2014, 25 de abril). *Uci cycling regulations. Part 2. Road races*. Recuperado de <http://www.uci.ch/Modules/BUILTIN/getObject.asp?MenuId=MTY2NjU&ObjTypeCode=FILE&type=FILE&id=34028&LangId=1>.
- Welsman, J., Armstrong, N., Nevill, A., Winter, E., y Kirby, B.** (1996). Scaling peak VO2 for differences in body size. *MSSE*, 28(2), 259-265.
- Zintl, F.** (1991). *Entrenamiento de la resistencia. Fundamentos, métodos y dirección del entrenamiento*. Barcelona: Martínez Roca.

# CONTROL 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 compite 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 cinesiología, la de la biomecánica, la de la fisiología, 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°.

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°. 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° a 110°, 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 multsegmentarios 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
Envi3n (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 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 trocantérea 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 predeterminada 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).
- Complexión (McArdle, Katch, Katch).
- Índice córmico.
- 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., Harackiewicz, 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.



# CONTROL

# TROL

## BIOMÉDICO

## EN LA LUCHA OLÍMPICA



Control biomédico  
**EN LA LUCHA**  
olímpica

*Óscar Mario Cardona Arenas, MD. MSc.*

### INTRODUCCIÓN

**A**l deporte de la lucha tiene una historia que se remonta a los tiempos antiguos, como uno de los deportes olímpicos originales (1)

Es un deporte clásico moderno cuyas raíces se remontan al año 708 A de C. en los antiguos Juegos Olímpicos en Grecia. Sus orígenes se remontan en la historia a hace +/- 15000 años. En cavernas francesas se observan imágenes semejantes a la lucha de hoy en día.

En la Grecia estaba muy asociada con el entrenamiento militar y era más violenta que en los actuales días.

No solamente es practicada por hombres, en los últimos 20 años se ha abierto la práctica al sexo femenino. (2)

En 1912 es fundada la F.I.L.A. (Federación Internacional de Lucha Aficionada)

En Colombia, la lucha llega en el año 1936 por Barranquilla, por marineros norteamericanos. De allí, pasa a Bogotá y en 1950 se conoce



el primer entrenador de Bogotá apodado "Masiste". El 24 de junio de 1967 es creada la Federación Colombiana de Lucha con sede en Cali. Primer presidente el señor Jaime Zapata.

En Antioquia se inicia desde 1972 con miras a los juegos Nacionales de Pereira. Se aprobaron estatutos, personería jurídica y comité ejecutivo el 18 de febrero de 1974. Primer presidente Dr. Hugo Upegui Zapata.

## Características del deporte y REQUERIMIENTOS METODOLÓGICOS

Existen dos formas internacionalmente reconocidas para competencia o competir en la lucha, **la libre** (practicada por hombres y mujeres), es la más popular, en este tipo de lucha se les permite a los atletas usar su cuerpo entero en la competencia (se pueden usar tanto el tren inferior como superior). Y la lucha **Grecoromana** (practicada solo por los hombres), los atletas solamente pueden atacar y utilizar la parte superior del cuerpo, desde la cintura pélvica hacia arriba (tren superior), los miembros inferiores se utilizan solamente como base de sustentación. (2)

La lucha olímpica es un deporte de combate, individual, acíclico, de variada intensidad y con cambios bruscos en las situaciones de competencia.

En este deporte el rendimiento deportivo depende del desarrollo de las capacidades condicionales y coordinativas, de las habilidades técnica-tácticas y de la motivación del atleta (parte psíquica).

Es considerado un deporte de combate (Matveev, 1975; Bouet, M. 1968; Durand, G. 1969; Fitts, P.M. 1965; Tessie, 1971) (3)

Dalmonte lo clasifica como una actividad de empeño aeróbico - anaeróbico alternado. Con un elevado empeño de masa muscular, requerimientos de fuerza elevados, por lo tanto una alta actividad neuromuscular. Es un deporte variable. (4) y desde el orden metodológico, es un deporte clasificado como altamente técnico - táctico.

Deporte individual y clasificado desde el orden social como de oposición contra adversarios (oposición directa) (Parlebas, 1981) (3)

Este deporte se caracteriza por el combate a tres distancias corta (cuerpo a cuerpo), distancia media y distancia larga, con el fin de imponer la superioridad y el estilo propio al contrario. En las acciones desempeñan un papel determinante los miembros superiores (brazos), el cuello, tronco y extremidades inferiores. Es un deporte eminentemente técnico, el éxito no depende solo de la preparación técnica-Táctica, sino también de la preparación física y psicológica.

Deporte acíclico, caracterizado por momentos de relativo reposo que se alternan con periodos de ataque, acciones rápidas y potentes de corta duración (los tacles, los volteos, los derribes, los suples -arcos-, las viradas en el piso y los desbalances). Las posiciones estáticas se alternan frecuentemente con desplazamientos o pasos cortos. Siendo en esta fase el gasto energético bajo (observación del contrincante), el gasto se aumenta en el momento del ataque explosivo, durante el cual se puede agarrar y derivar el contrincante, colocándolo en posición de pérdida del combate (espalda sobre la colchoneta). La estructura de los combates en las categorías Junior y Mayores se establecen en 2 periodos de 3 minutos con 30 segundos intermedios de descanso, en las categorías Infantil y Cadetes dos periodos de 2 minutos con 30 segundos de descanso.

Durante los 30 segundos de estadía en la esquina cada luchador puede contar con dos personas. Durante este tiempo el atleta solo puede ingerir agua, recipiente transparente. Cada luchador debe tener una toalla en su respectiva esquina.

Teniendo en cuenta esta descripción las cualidades físico- motrices rapidez, fuerza (fuerza explosiva y resistencia a la fuerza), resistencia general junto a las coordinativas tienen una gran importancia. La responsabilidad biológica de estas cualidades más importante recaen en la presencia de un buen consumo máximo de oxígeno, pero con excelente umbral anaeróbico individual, importante en el momento de las pausas de recuperación y entre los dos días de los respectivos combates, además en la capacidad de controlar la fatiga para que las capacidades coordinativas de orientación, diferenciación espacial, percepción de la lateralidad, coordinación dinámica, diferenciación dinámica, control de equilibrio y la anticipación, estén en óptimas condiciones y se puedan mantener la capacidad perceptiva y el componente integrativo de la coordinación. La resistencia anaeróbica de corta duración, potencia, capacidad anaeróbica aláctica y la capacidad láctica son de vital importancia por ser las responsables de la posibilidad de mante-

ner una correcta rapidez gestual (fuerza explosiva) y una muy buena resistencia a la velocidad gestual (resistencia a la fuerza). No debemos olvidar lo que tiene que ver con la capacidad de reacción, donde es importante hablar de la anticipación, elemento del orden cognitivo, cuyo responsable es el sistema nervioso.

La flexibilidad funcional de los hombros, la espalda y de las muñecas son determinantes en el rendimiento deportivo.

En resumen es un deporte de combate, donde predominan las capacidades físico-motrices fuerza (fuerza explosiva, resistencia a la fuerza explosiva -fuerza resistencia y las fuerza elásticos- explosivas), la rapidez, la resistencia aeróbica. Considerado desde el orden energético predominante anaeróbico aláctico - láctico con una buena base aeróbica. Fisiológicamente los sistemas cardiovascular y pulmonar son de vital importancia en el mantenimiento de un consumo de oxígeno y el umbral anaeróbico individual. Su sistema neuromuscular es igualmente vital en el mantenimiento de la posibilidad de concentración, reacción y coordinación (aspectos netamente técnicos) con predominio de fibras rápidas y un muy buen porcentaje de fibras lentas. (5)

## Características de LA COMPETENCIA

- Se compite durante tres días (el primer día 5.00 p.m. revisión médica y a las 6 pm. Pesaje oficial de las diferentes categorías) y dos de competencia. Se presentan combates diarios por división, dependiendo del número de participantes en cada categoría cada luchador puede combatir máximo 4 combates en el día.
- Un combate está compuesto de 2 tiempos de tres minutos con 30 segundos de descanso en la categoría mayores.
- Las siguientes son las divisiones en la categoría mayores:

## MASCULINO

### Divisiones de peso en el estilo libre masculino categoría senior

- Categorías Olímpicas: 57-65-74-86-97-125 kg

- Categorías No Olímpica: 61-70 kg.

### Divisiones de peso en el estilo greco-romano categoría senior

- Categorías Olímpicas: 59-66-75-85-98-130.
- Categorías NO Olímpica: 71-80.

## FEMENINO

### Divisiones de peso en el estilo libre femenino categoría senior

- Categorías Olímpicas: 48-53-58-63-69-75
- Categorías NO Olímpica: 55-60.

## Características de las dimensiones del RING - DE LA IMPLEMENTACIÓN

### Ring

- Es una colchoneta cuya área es de 12 x 12m. Tiene tres zonas, una de combate (círculo con diámetro de 7m), una de pasividad (con un ancho de 1m) y la de protección (el resto de la colchoneta). Y un espesor de 5 cm
- Presenta 2 esquinas, una roja y una azul, por donde salen los deportistas.
- Su piso es blando.

### Implementos

- Una trusa roja y azul. Debe ir hasta la mitad del muslo. Lo más liviana posible.
- Cada deportista debe portar un pañuelo.
- Unas botas livianas especiales para lucha.
- No se permite el uso de aceites o ungüentos para la piel.

## Protocolo control BIOMÉDICO DEPORTE LUCHA

El siguiente es el protocolo de control biomédico del entrenamiento realizado con el deporte de lucha en la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Previa reunión con los entrenadores y el área metodológica, donde se discute el plan de entrenamiento (macrociclo, mesociclo, microciclo, unidades de entrenamiento y dinámica de las cargas), se construye el programa de control biomédico. Se ejecutan controles de etapa, puntuales y operativos.

### Controles por etapa

Realizados en los laboratorios de Medicina Deportiva.

**1. Examen médico deportivo.** Completo realizado como conducta de entrada y al final de cada macrociclo.

En todas las modalidades de la lucha, en este examen se hace énfasis en todos los sistemas orgánicos.

**2. Laboratorio clínico.** Realizados al inicio y final del macro. Se realizan dos tipos de control de acuerdo al momento del control y a la necesidad, batería completa o parcial. Estos son los diferentes controles bioquímicos realizados:

### Batería completa

- Hemoleucograma y sedimentación
- Citoquímico de orina
- Glicemia
- Perfil lipídico (Colesterol total, Triglicéridos, HDL, VDL etc.)
- Urea
- CPK
- Grupo sanguíneo
- Ácido úrico
- Creatinina

- Albumina
- Proteínas totales
- Transaminasas ALT (GPT) y AST (GOT)

En los controles posteriores de etapa (intermedios en el macro), se ejecutan los siguientes exámenes (**batería parcial**):

- Hemoleucograma y sedimentación.
- Citoquímico de orina.
- Urea.
- CPK.
- Transaminasas ALT (GPT) y AST (GOT)

**3. Fisiología.** Ejecutadas en cada control y a necesidad de los entrenadores.

En el siguiente cuadro se observan dependiendo de la modalidad, las siguientes evaluaciones:

<b>Lucha</b>	<p><b>Saltabilidad.</b> Detente vertical. Valoración de la potencia muscular de miembros inferiores. Test de Bosco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Squat jump. Componente contráctil del músculo.</li> <li>- Countermovement jump. Componente elástico del músculo.</li> <li>- Drop jump. Componente reactivo del salto vertical.</li> <li>- Saltos continuos (SJ) en 15 segundos. Potencia muscular general, índice de resistencia a la fuerza explosiva y la fuerza reactiva.</li> <li>- Índice de elasticidad.</li> <li>- Déficit de componentes del salto vertical y del músculo.</li> <li>- Curvas fuerza-velocidad miembros superiores e inferiores.</li> <li>- Curvas potencia-fuerza miembros superiores e inferiores.</li> </ul>
	<p><b>Dinamometría.</b> Se valora la fuerza isométrica de los siguientes grupos musculares.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Extensores y flexores de codo.</li> <li>- Extensores y flexores de rodilla.</li> <li>- Extensores y flexores de cadera.</li> <li>- Aductores / Abductores de cadera.</li> <li>- Rotadores internos y externos de hombro.</li> <li>- Presión manual bilateral.</li> <li>- Halón.</li> </ul> <p>Para diagnóstico de imbalances e índice de fuerza isométrica.</p>
	<p>Ergometría indirecta dos veces al año. Estado de consumo máximo de oxígeno. Se valora:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Frecuencia cardíaca de reposo, máxima o final, recuperación minutos 1, 3 y 5.</li> <li>- Consumo máximo de oxígeno (potencia aeróbica máxima).</li> <li>- Capacidad física máxima de trabajo (velocidad aeróbica máxima).</li> </ul>

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

**4. Antropometría.** Como control inicial. Permite reconocer cuatro aspectos fundamentales en el aspecto morfológico (composición corporal, forma, biotipo y proporcionalidad).

Se realizan dos tipos de evaluación: completa y parcial. Para todas las modalidades.

#### Completa:

- Masa corporal.
- Estatura.
- Porcentaje de grasa (6 pliegues).
- Masa corporal activa.
- AKS (índice de sustancia activa).
- Índice de masa corporal.
- Somatotipo.
- Proporcionalidad.
  - Tamaño mano.
  - Tamaño mano – brazo y antebrazo.
  - Tamaño tronco.
  - Longitud y ancho pie.

**Parcial.** Realizado en cada etapa.

- Composición Corporal.
- Masa corporal.
- Estatura (si se encuentra en proceso de crecimiento).
- Porcentaje de grasa (6 pliegues).
- Masa corporal activa.
- Índice de sustancia activa.
- Índice de masa corporal.
- Somatotipo (si se encuentra en proceso de crecimiento).

Un mes antes de cada competencia se realiza control semanal de peso, hasta faltando una semana que se realiza a diario. Objetivo evitar las grandes pérdidas de peso a expensas de agua.

Al deportista se le permite tener 3 kg. Por encima de su peso de competencia faltando un mes y un solo kg a una semana de esta.

#### 5. Nutrición. Igual para todas las modalidades.

- Anamnesis de 24 horas (análisis del patrón de alimentación diario).
- Consulta nutricional post evaluación.
- Plan de alimentación.
- Apoyo nutricional villa deportiva.
- Apoyo complemento nutricional.

Estas consultas se repiten en un corto tiempo, según resultados encontrados en cada una de las evaluaciones anteriores.

#### 6. Fisioterapia. Control de entrada y final. Para todas las modalidades.

- Postura.
- Huella plantar.
- Flexibilidad completa. Se repite en cada uno de los controles.

**7. Cardiovascular.** Para evaluar y realizar el seguimiento del comportamiento del sistema cardiovascular y del sistema nervioso autónomo.

Se procede de la siguiente manera:

- Prueba ortostática de 5 minutos.
- Electrocardiograma.
- Controles realizados al principio y final del macrociclo y según estudios de posible sobreentrenamiento.

#### Controles por etapa

Realizados en el terreno (pista de atletismo o gimnasio (colchoneta).

<b>Lucha</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Para valorar fuerza test de 1RM.</li> <li>- Realización curvas fuerza-velocidad para miembros inferiores y superiores.</li> <li>- Carreras de 20 metros detenidos y lanzados.</li> <li>- Test de saltos (vertical, CMJ) y de saltos con sobrepeso. Objetivo encontrar peso para la altura de 20 cm Peso para el entrenamiento de la media sentadilla y de los saltos con sobrepeso.</li> </ul>
--------------	---

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Controles puntuales

Realizados en el laboratorio de Medicina Deportiva. Exámenes de tipo bioquímico:

- Urea.
- CPK.
- Controles nutricionales (seguimiento resultado evaluaciones).
- En el terreno controles factores de riesgo de sobreentrenamiento.

## Controles operativos

Realizados básicamente en el terreno.

- Frecuencia cardíaca post ejercicio en diferentes sesiones de entrenamiento.
- Frecuencia cardíaca y velocidades de entrenamiento en programas de disminución de peso.
- Controles de test de terreno, como realización de diferentes gestos deportivos en lapsos de tiempo de acuerdo a las solicitado por el entrenador, con frecuencia cardíaca y lactato, con el objetivo de observar el compromiso de cada una de las vías energéticas y definir pausas de descanso por repeticiones de entrenamiento.
- Observaciones entrenamientos. Control salud.

Luego de recoger la información aportada por cada uno de los controles (etapa - puntual y operativo), la información obtenida es discutida por el área científica de la asesoría de Medicina Deportiva inicialmente, luego en presencia del entrenador y del área metodológica se hace entrega del informe, para ser discutido y adoptar las recomendaciones pertinentes que beneficien al deportista y su plan de entrenamiento.

## Estructura del plan DE ENTRENAMIENTO

- Deporte de iniciación temprana 8 - 12 años.
- Categorías Infantil (13 - 15 años), cadetes (16 a 17 años), junior (18 a 20 años) y mayores de 20 años en adelante. Los deportistas de 17 años pueden participar en mayores bajo una prescripción médica.

- Se entrenan dos sesiones por día, entre 4 - 4.30 horas. Entre 10 - 12 sesiones por semana. El total de horas de entrenamiento por semana son 20 - 24 horas.
- Los macros son de 9 a 12 meses. Para la competencia fundamental, es necesario y muy importante tener un número alto de competencias de preparación. En la actualidad el sistema de planificación contemporáneo es utilizado en la planeación del entrenamiento, la existencia de múltiples copas nacionales e internacionales, obliga al uso de este sistema.
- Los dos sistemas de planificación más utilizados en el entrenamiento deportivo son utilizados respetando sus diferentes características.
- Tipos de ejercicios:
- Ejercicios especiales. Su duración e intensidad dependen del plan de entrenamiento.
  - De los topes de control, de estudio y de competencia.
  - De los topes con cambios de contrarios.
  - De la técnica individual.
  - De los topes variables. (Dos minutos arriba, un minuto abajo en piso para un total de 9 minutos).
- Ejercicios generales.
- Ejercicios de Aparato vestibular.

Gestos más frecuentes (Los tacles, los volteos, los derribes, los suples - arcos -, las viradas en piso y los desbalances).

Los desplazamientos son laterales (un paso por cada pierna), de frente (ataque, un paso por cada pierna), hacia atrás (rechazo, un paso), círculos en un diámetro que se corresponda al ancho de los hombros, giros conservando el ancho de los hombros. El número de ellos depende del tipo e intensidad del combate.

## Características ANTROPOMÉTRICAS

Las características del orden morfológico y antropométricos "desarrollo físico" más importantes son las que tienen que ver con el somatotipo, la composición corporal y las proporciones corporales (La envergadura).

Nombre	Talla cm	Enverg. cm	Long. M. Sup. cm	Long. Mano cm	Ancho mano cm	I. Corm.	Tamaño cuello cm	% grasa	AKS	Somatotipo
DM. 84 - 97 kg. Libre	181.3	188	81.3	21.3	10.8	50	42.1	6.81	1.3	2.4-6.9-1.1 Mesoecto
CM M. 84 kg. Greco	179.8	189.3	82.4	21	10.6	52	42.5	7	1.4	1.9-5.8-3.8 Mesoecto
EE. 66 kg. Greco	166.4	170.4	73	18.1	8.4	51	37	7.05	1.32	2.2-4.6-2.8 Mesoecto
YM 60 kg.	168.5	171	74.2	18.8	8.3	46	37.5	5.97	1.27	1.6-5.7-2.1 Mesoecto
IL. 48 kg.	143.5			15.2	5.4			12.98	1.3	3.5-5.1-0.9 Mesoendo
AB. 58 kg.	161.5	158.5	70.7	16.5	7.9	52	33.5	17.28	1.19	4.2-4.5-1.3 Mesoendo
PP. 67 kg.	158.6	153	69.2	16.8	7.7	50	34.5	26.87	1.34	6.9-6.4-0.5 Endomeso

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Características FUNCIONALES

El siguiente cuadro muestra las características de nuestros luchadores.

Nombre	Salto vertical cm	Potencia anaeróbica kg	VO2 máx. ml/kg/min.	Índice de fuerza	Lactato máx. Test pedagógico de combate
DM.84 kg libre.	63	159.9	45.3	6.07	15.6 mM. Lactato
CM. 84 kg Greco.	72	164.3	57.4	6.37	17.2 mM. Lactato
EE. 66 kg. Libre	71	121.9	67	6.36	
YM. 60 kg. Greco	65	115.6	60	6.29	
IL. 48 kg. Libre	49	71.3	46.7	5.65	
AB 58 kg. Libre	45	91	48.9	5.74	
PP. 67 kg. Libre	42	107.1	48.3	3.72	

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Recomendaciones NUTRICIONALES

Las recomendaciones nutricionales esta modalidad deportiva parten de inicialmente respetar los requerimientos basales de energía y el ajuste que se debe realizar por ser eventos deportivos donde el peso de la categoría es de vital importancia a la hora de competir, sobre todo cuando los deportistas se pasan de dicho peso y en la mayoría de las veces se encuentran con porcentajes de grasa baja y es la masa corporal activa, básicamente la que es afectada con estos procesos de disminución de peso.

Las fórmulas utilizadas para la determinación de dichos requerimientos mínimos son las definidas por la OMS- FAO.

Para las hombres:

- Edad 18 - 30 años: GER= 15,3 x peso + 679
- Edad 30 - 60 años: GER= 11,6 x peso + 879

Para las mujeres:

- Edad 18 - 30 años: GER= 14,7 x peso + 496
- Edad 30 - 60 años: GER= 8,7 x peso + 829

Al momento de prescribir dietas estas no podrán estar por valores de menos 800 calorías, se recomiendan a la hora de prescribir dichas dietas que oscilen entre 800 y 1300 calorías.

Se hace de suma importancia el control de peso realizado en este deporte, se recomienda para ello lo siguiente:

- A un mes de competencia se permite a lo sumo tres kg. Por encima de la categoría de peso.
- Faltando una semana 1 kg. De peso.
- Acostarse el día anterior en el peso de competencia.

Cuando se realizan pérdidas de peso, dependiendo de la duración, de la diferenciación realizada entre la reducción de peso rápida (ej. 24 - 72 horas), de la moderada (entre 72 horas y ciertas semanas) y de la gradual (de semanas a meses). La pérdida de peso rápida a moderada de aproximadamente el 5% o más puede llevar a una falla en la capa-

cidad de rendimiento de luchadores bien entrenados. Los datos de algunas investigaciones sugieren que altas cargas de carbohidratos así como la suplementación de creatina con ingestión concomitante de glucosa promueve la recuperación del rendimiento físico después de esta pérdida rápida/moderada de peso.

La recuperación de fluidos perdidos debido a la deshidratación puede tomar de 24 a 48 horas, a veces este tiempo suele ser comúnmente más largo, siendo esto apreciado por los atletas y entrenadores. Por eso los atletas que tengan menos de 24 horas para la recuperación de líquidos después de la pérdida de peso, no deberían perder más del 2% de su peso corporal a través de la deshidratación. La recuperación ocurre más rápidamente si los fluidos consumidos contienen electrolitos primordialmente sodio. La suplementación dietaria con citrato de sodio durante la recuperación después de una rápida pérdida de peso incrementa la capacidad buffer sanguínea y el volumen plasmático y estimula la recuperación en luchadores entrenados. (5)

## Lesiones MÁS FRECUENTES

Las comunes lesiones sostenidas en la lucha están relacionadas con la fuerza músculo esquelética, la flexibilidad y el nivel de habilidades.

En estudios realizados en los años 2007 (1), y de datos recogidos por el sistema de vigilancia de lesiones de la asociación nacional de colegios atléticos, por un periodo de 16 años, se encontró, un porcentaje de lesiones de un 9,6% de lesiones por 1000 atletas expuestos. Las lesiones en su mayoría no eran catastróficas. Las lesiones más comunes fueron los esguinces, las distensiones y las contusiones. Los momentos de mayor lesión son los derribos y el combate propiamente. El mecanismo más común de lesión, ocurría cuando el rango de movimiento de la articulación forzada era sobrepasado. Las lesiones ocurren de una forma similar en combates como en entrenamientos. Se presentan de igual manera en combate como en los entrenamientos. El mayor % de lesión se da en el momento del contacto directo de los luchadores en los derribos. Ya sea en etapas de preparación y de la propia competencia las lesiones están muy asociadas a las pérdidas de peso.

En la tabla 1 se puede observar a la luz del artículo referenciado las características de la ocurrencia de las lesiones.

Tabla 1. Sitio de lesión, razón, posición más común en la lucha y estrategias de prevención.

Sitio	Razón	Posición más común en la lucha	Estrategias de prevención
Hombro	Ligamentos tensos, "torcimientos", apalancamientos	Posición de derribo	Condicionamiento, flexibilidad, educación
Codo	Hiperextensión	Posición de derribo	Educación del luchador en una práctica segura de la lucha
Oro facial	La no utilización de los protectores bucales y las orejeras	La mayoría ocurren en las prácticas y no en los combates	Uso de equipamiento protector en los entrenamientos y en los combates
Espina Cervical	Golpe de la cabeza con cuello en una hiperextensión Mala supervisión	Posición de defensa en el derribo	Apropiada educación y entrenamiento de los nuevos atletas y entrenadores

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2012.

De tejidos blandos (músculos, ligamentos y cápsulas articulares).

Localización hombros, rodilla y columna lumbar.

Tendinitis, luxaciones, distensiones y Lumbalgia.

## Plan de FISIOPROFILAXIS

Estos planes incluyen las prácticas educativas ya mencionadas en el numeral de las lesiones, los programas de actividades luctatorias realizadas por los atletas en unión de sus entrenadores en los calentamientos, los programas de 15 minutos durante del calentamiento dirigidas a la propiocepción de los miembros superiores e inferiores, al trabajo del centro del cuerpo, al ajuste corporal y a la reacción. Un buen programa de control de peso.

A continuación se puede observar un programa de prevención de lesiones, en los que tiene que ver a lo ya citado.

### Circuito 1: Lucha olímpica

#### Programa de prevención de lesiones

#### Indeportes Antioquia

**Objetivo:** Control postural y centro del cuerpo

**Materiales:** Fitball

**Dosificación:** Tiempo total 15 min 30seg/1 min

- Arrodillados sobre el balón: mantener el equilibrio, brazos sueltos
- Arrodillados sobre el balón: mantener el equilibrio, manos apoyadas en el balón
- Arrodillados sobre el balón: mantener el equilibrio, manos apoyadas en el balón levanta al frente brazo y atrás extensión de cadera contraria
- Abdominales con balón entre las piernas
- Acostados sobre el balón boca abajo separa las piernas con rodilla extendida
- Acostados sobre el balón boca abajo junta planta con planta y luego extiende de nuevo rodillas
- Inicio de parada de manos con las puntas de los pies en el balón
- Apoya brazos en el piso rodillas en el balón y trabaja oblicuos
- Cambia por apoyo de brazos en el balón pies en el piso y trabaja oblicuos cruzados
- Abdominales con espalda apoyada en el balón, rodillas flexionadas a 90° y apoyo total en el piso
- Sujeta el balón entre las piernas, de cúbito lateral, trabaja oblicuos
- Arrodillados sobre el balón: mantener el equilibrio, brazos sueltos lanza y recibe objetos

### Circuito 2: Lucha olímpica

#### Programa de prevención de lesiones

#### Indeportes Antioquia

**Objetivo:** Fortalecimiento Isquiotibiales, control neuromuscular pelvis y cadera

**Materiales:** Fitball,

**Dosificación:** Tiempo total 15 min 30seg/1 min

- Acostado en el piso boca arriba, eleva cadera bilateral simultáneo con talones apoyado en el balón y rodilla en flexión de 30°
- Acostado en el piso boca arriba, eleva cadera bilateral alternando con talones apoyado en el balón y rodilla en flexión de 30°
- Sentado en el balón, pies con apoyo total en el piso, mete y saca la cadera
- Acostado en el piso boca arriba, eleva cadera con apoyo total en el balón, flexiona y extiende rodillas simultáneo
- Arco con cabeza apoyada en el balón ( el reloj)
- Arco con talones apoyados en el balón manos en el piso con codo extendido (arco)
- Sentadilla con balón en la espalda, apoyado en el compañero, trabaja a 45°-90°- profunda, alternando
- Acostado sobre el balón, boca arriba, avanza hacia adelante con pelvis arriba y glúteo apretado
- Arrodillado, ejercicio curl nórdico o ruso, con ayuda del compañero

## REFERENCIAS

Halloran, L. Wrestling injuries. Orthopedic Nursing. 2008. Vol. 27, N. 3: 189-192

Khalili - Borna, D; Honsik K. Wrestling and Sports Medicine. Current Sports Medicine Reports. 2005. 4: 144 - 149

Hernández Moreno J., Fundamentos del Deporte: Análisis de la estructura del juego deportivo. Barcelona. INDE, 1994.



**Dal Monte A., Faína M.**, Valutazione dell'atleta. Analisi funzionale e biomeccanica della capacità di prestazione (Scienze dello sport), UTET Ed. 1999.

International Journal of Wrestling Science. Sept. 2013 Volume 3 Issue 2.

**Schumann JC.** Algunas cualidades del temperamento fundamentales para el desempeño deportivo de atletas de élite de lucha libre. Edeportes.com. Revista digital. Argentina.

**Moreno SLE, Ramos OZH.** Los medios físicos como métodos profilácticos en la lucha grecorromana. Revista digital. Argentina.

Metodología del Entrenamiento en la Lucha. Liga Antioqueña de Lucha.

Instituto de Medicina del Deporte, CONTROL MÉDICO DEL ENTRENAMIENTO EN LA LUCHA. Documentos de maestría, Cuba. 1995.



# CONTROL

## BIOMÉDICO DE LA NATACIÓN DE CARRERAS



### Control biomédico **DE LA NATACIÓN** de carreras

*Felipe Eduardo Marino Isaza, Md. Esp. MSc.*

## INTRODUCCIÓN

La natación carreras es uno de los deportes olímpicos que más público atrae y que tiene singular importancia en los diferentes países competidores debido al alto número de medallas que se disputan. En los años 70 se inició por parte de los países de Europa oriental un desarrollo de los sistemas de entrenamiento de este deporte dando suma importancia a la determinación de los parámetros bioquímicos como respuesta a las cargas del entrenamiento. En los países occidentales, Estados Unidos ha marcado una gran diferencia en este deporte y ha sido comúnmente el mayor acumulador de medallas de oro en las olimpiadas y sus deportistas han sido reconocidos en todo el mundo por sus resultados. En Colombia, aunque no tenemos un desarrollo efectivo

de este deporte, si hemos tenido deportistas que esporádicamente han conseguido su clasificación a algunos eventos importantes en este deporte como Juegos Panamericanos, Juegos Centroamericanos y los Juegos Olímpicos (Pablo Restrepo, Alejandro Bermúdez, Omar Pinzón, etc.) con algunos resultados relevantes. Este capítulo pretende aportar al proceso del control biomédico de la natación pretendiendo una organización de las ideas sobre cómo trabajar con la masa de nadadores buscando la adecuada selección y el control de las cargas de entrenamiento.

## Generalidades sobre el control médico en la NATACIÓN DE CARRERAS

Los objetivos del control médico del entrenamiento en la natación de carreras están relacionados con los siguientes aspectos importantes:

**a. Estudio del estado de salud y funcional de los deportistas:** El objetivo del médico del deporte es vigilar la salud del deportista y que las cargas de entrenamiento no lo afecten produciendo alguna patología. Es por esto que la valoración inicial del sujeto debe concentrarse en un adecuado estado de salud, con un buen examen médico apoyado en pruebas de laboratorio clínico, pruebas de función neuromuscular, cardiovascular, respiratoria y osteomuscular que garanticen que el estado de salud está en buenas condiciones generales para la práctica del entrenamiento y la competencia.

**b. Corrección de las cargas y medios de seguimiento médico:** Mediante las pruebas específicas realizadas en el sitio de entrenamiento, conocidas también como pruebas de terreno, que nos permiten hacernos una idea de la adaptación a las cargas del entrenamiento y las pruebas de evaluación de la forma deportiva realizadas en los laboratorios de fisiología de los centros de medicina del deporte, llamadas también controles de etapa, podemos percatarnos de la respuesta orgánica al proceso del entrenamiento y de las adaptaciones producto de este, en su orientación hacia el resultado deportivo.

**c. Preparación hacia la más alta capacidad de trabajo:** El objetivo fundamental del proceso de seguimiento y control de las adaptaciones al entrenamiento deportivo es la capacidad de producción del más alto desempeño sin alterar la salud. Esto quiere decir cómo el deportista puede ser sometido a altas cargas de trabajo esperando más y mejores resultados deportivos, reflejados en sus marcas de competencia.

**d. Profilaxis de las consecuencias negativas como enfermedad o lesión:** El proceso de vigilancia del deportista debe ir acompañado siempre de un programa de fisioprofilaxis, esto es, una serie de ejercicios y métodos de recuperación que permiten no solo el descanso de los procesos adaptativos sino la recuperación apropiada de todas las molestias y riesgos de lesión ocasionados por las altas cargas de entrenamiento a las cuales es sometido. Es importante recordar siempre que el equilibrio entre la carga de entrenamiento y la recuperación es lo que garantiza el buen desempeño de la forma deportiva obtenida y en mucha parte la buena salud del deportista.

En términos generales, se debe garantizar un estado de la homeostasis del organismo, realizando pruebas que nos evalúen el tono y la reactividad del sistema neurovegetativo, la regulación de las funciones cardiovascular y respiratoria por el sistema nervioso central, los procesos de generación y transmisión de calor durante el ejercicio, el volumen y la composición de la sangre y los mecanismos de regulación hormonal producto del alto nivel de entrenamiento.

## Caracterización DEL DEPORTE

La natación como deporte se realiza en el agua, un medio diferente al hábitat natural del ser humano. Comprende varios movimientos utilizados para el desplazamiento en el agua, llamados *estilos*, y distintas distancias de competencia, lo que la hace rica en variedad tanto fisiológica como técnica. Se considera un deporte de inicio temprano, es decir, su aprendizaje se realiza en las primeras etapas de la vida, lo que permite la generación de hábitos motores básicos para el desarrollo de la técnica y la sensibilidad con el agua, y se lleva a cabo en una piscina de 50 m de largo, como medida oficialmente reconocida para la homologación de los resultados.

Los estilos reconocidos en la natación dentro del programa de las competencias olímpicas son: libre, espalda, pecho y mariposa. Existen además algunas pruebas combinadas, en las que se mezclan los diferentes estilos, así como existen pruebas ejecutadas por más de un nadador, conocidas como relevos. En Colombia se participa en las siguientes pruebas:

- 50, 100, 200, 400, 800 y 1500 m Libre, Damas y Varones.
- 50, 100 y 200 m Espalda, Damas y Varones.
- 50, 100 y 200 m Pecho, Damas y Varones.
- 50, 100 y 200 m Mariposa, Damas y Varones.
- 200 y 400 m Combinado Individual, Damas y Varones.
- 4x50 Relevos Libre y Combinado Mixto en Campeonatos Inter-clubes.
- 4x100 Relevos Libre y Combinado Mixto en Campeonatos Inter-ligas.
- 4x50 Relevos Libre y Combinado, en el Campeonato por Categorías.
- 4x100 Relevos Libre y Combinado, en el Campeonato Abierto.
- 4x200 Relevos Libre, en el Campeonato Abierto.

Existen otras distancias, conocidas como *aguas abiertas*, que se llevan a cabo en sitios abiertos, como lagunas, represas e incluso en el mar, y sus distancias oscilan entre 5 y 20 km. Estas competencias aún no están consideradas dentro del esquema olímpico.

La natación es un deporte muy exigente, no solo porque implica vencer la resistencia del agua con una técnica depurada, sino porque comprende grandes volúmenes de entrenamiento que oscilan entre los 12 y los 15 km diariamente, en unidades de entrenamiento cuya duración es de seis a ocho horas.

La caracterización de la natación de carreras comprende los siguientes aspectos:

1. Componente aeróbico-anaeróbico, dependiendo de las distancias
2. Carácter cíclico, por las características de sus movimientos repetitivos
3. Gran desarrollo de la resistencia básica, por la forma del entrenamiento y la dificultad de vencer la resistencia del agua como elemento externo (llamado por algunos entrenadores *sensibilidad al agua*)

4. Intensidad variable, no por las características de cada competencia, el número de competencias, los estilos y las distancias, sino por la generación de potencia en cada una de ellas
5. Resistencia a la velocidad, lo cual permite el desempeño en el entrenamiento y la competencia
6. Se realiza en un medio ajeno al ser humano, como lo es el agua

## Medios y métodos DE ENTRENAMIENTO

El entrenamiento de la natación de carreras es considerado como un entrenamiento fuerte debido a la característica del acto repetitivo de nadar en uno o varios estilos. Las distancias que se utilizan en las unidades de entrenamiento son considerables: llegan a ser de 12 a 15 km/día dependiendo de la etapa del entrenamiento. Esto suele llevar entre cuatro y seis horas de entrenamiento diario y predominan los rangos de velocidad aeróbica sobre los de velocidad anaeróbica. Este volumen de entrenamiento, así como el vencer la resistencia del agua, posibilita un carácter de desarrollo de la resistencia aeróbica muy aceptable aún en los velocistas. Fundamentalmente se logra un gran aporte de oxígeno y una gran recuperación con el adecuado manejo de los descansos entre cargas de entrenamiento.

La natación es un deporte de origen temprano y cada vez estamos viendo una mayor participación en edades preescolares entre los cuatro y los cinco años. Los mejores logros se encuentran en edades en las que se ha cumplido con éxito todo el proceso de desarrollo deportivo, las mejores marcas se encuentran entre los 22 y los 25 años de edad.

## Cineantropometría de la NATAción DE CARRERAS

Uno de los estudios más grandes que se han hecho sobre la composición corporal en nadadores es el reportado por Carter y Ackland en 1994, donde se analizan de forma rigurosa las características cineantropométricas de las diferentes modalidades de la natación mundial.

Este estudio fundamentalmente se centra en el tamaño, la composición corporal y la forma.

- 1. Tamaño:** El nadador de carreras de nivel internacional tiene unas características de tamaño corporal que han venido progresando desde los Juegos Olímpicos de Tokio en 1964, estos deportistas han venido aumentando su talla y por ende su peso. Hay varios estudios hechos con muestras pequeñas debido a la dificultad de los procesos de selección (Garay, Hebbelinck) en los que se describe que en los nadadores de libre predominan la talla, las piernas largas y las caderas más anchas, con respecto a los nadadores de estilo pecho y espalda. Las mujeres no varían mucho entre los estilos en los estudios reportados. En términos generales un nadador debe tener buenas dimensiones en la estatura, las piernas, las manos y los pies, como características fundamentales de su deporte.
- 2. Composición Corporal:** en estudios realizados por Drikwater y Maza en el campeonato mundial de Perth, Australia, 1991, se aprecia que los nadadores de distancias cortas tuvieron menor porcentaje de grasa que sus similares de fondo. El porcentaje de masa muscular, al contrario, fue significativamente mayor en las modalidades de velocidad al igual que la masa esquelética. Podría decirse que la estatura fue superior a menor distancia recorrida pero solo hubo diferencia significativa tomando la velocidad contra las largas distancias. Para las mujeres el comportamiento de la composición corporal fue similar.
- 3. Forma:** El somatotipo general para los nadadores presenta predominio mesoectomórfico (80%) en la somatocarta (2 - 5 - 3) y un porcentaje no despreciable, la mesomorfia balanceada (20%). La mesoectomorfia se caracteriza por bajo porcentaje de grasa, moderado a alto componente muscular y moderada linealidad. Algunos contrastes entre las largas distancias y las pruebas de velocidad van a ser encontradas siempre, pues las primeras son más mesoendomórficas. Comparando entre los estilos, el estilo de pecho es predominantemente mesoectomórfico mientras que el estilo mariposa es más mesomorfo balanceado, los otros dos, libre y espalda se asemejan más al primero. En los diferentes estudios se encuentra un alto porcentaje de nadadores con mesomorfia balanceada (20%).

## Características fisiológicas Y METABÓLICAS

Si clasificáramos la natación como un deporte de una sola característica fisiológica estaríamos cometiendo un gran error, ya que las diferentes distancias de competencia y los estilos que se utilizan para su desempeño varían enormemente los sistemas de entrenamiento. Dal Monte y cols. (1976) plantearon una clasificación funcional de los deportes que hoy en día es referenciada en muchas bibliografías. Personalmente pienso que es una clasificación que da bastante claridad sobre las vías energéticas utilizadas y permite entender la relación de las intensidades con la producción energética requerida. Podríamos decir, entonces, que existen en la natación de carreras manifestaciones que van desde los 50 m libres, con una duración inferior a los 45", como una ejecución preferentemente anaeróbica; los 100-200 m entre 50" y 4', como ejecuciones de tipo aeróbico anaeróbico masivos; y las pruebas largas de 400 m, 800 m y 1500 m, como prevalentemente aeróbicas.

Los sistemas que participan en el desarrollo de la natación como deporte son, entre otros, la fuerza, la flexibilidad, la resistencia, la velocidad y la mecánica de ejecución de los estilos. Es importante recalcar que las fuerzas de empuje, la frecuencia de brazada, la relación hombro-cadera están relacionadas directamente con la técnica en el proceso de aprendizaje de la natación, lo que hace de esto un componente importantísimo en el resultado deportivo.

## Programa de control biomédico en el entrenamiento DE LA NATACIÓN DE CARRERAS

Comprende un conjunto de acciones médicas, psicológicas, bioquímicas y fisiológicas, desarrolladas por personal especializado en las diferentes etapas preparatorias del deportista, con el fin de realizar un diagnóstico de la salud y del rendimiento sin alterar la salud. Esto nos permite emprender el control adecuado para incidir de manera decisiva en los resultados que se deben obtener en el objetivo final del deporte.

El control médico del deporte de la natación de carreras se realiza de acuerdo a la organización que el entrenador hace de su plan

de entrenamiento. Con base en esto el médico del deporte puede programar las evaluaciones respectivas para encontrar la información adecuada, que le permita analizar la respuesta a las cargas del entrenamiento y la competencia de tres formas: control operativo o inmediato, control puntual o de respuesta tardía y control de etapa o adaptaciones funcionales duraderas.

**a. Control operativo:** Varía con la aplicación directa de las cargas. En natación, los controles operativos más usados serían:

- La frecuencia cardíaca (FC)
- La dosificación de la acumulación del lactato sanguíneo (AL) con las cargas de entrenamiento, conociendo las intensidades de carga
- La proteinuria antes y después del entrenamiento
- La prueba ortostática antes y después del entrenamiento, como evaluador de la influencia de la carga sobre el sistema nervioso autónomo y la homeostasis del deportista

**b. Control puntual:** Varía bajo el efecto de una o más unidades de entrenamiento. En natación se usan con mucha frecuencia:

- La dosificación de la urea sanguínea
- La creatin fosfoquinasa (CPK)

Ambos como indicadores de adaptación a las cargas de entrenamiento.

**c. Control de etapa:** Es la evaluación del estado permanente o de larga duración de las adaptaciones del deportista a las cargas de entrenamiento. En el control de etapa se evalúa el conjunto de respuestas físicas, metabólicas y psicológicas del deportista.

- Controles de laboratorio clínico: Hemograma completo, glicemia en ayunas, perfil lipídico completo, citoquímico de orina. Si se sospecha fatiga o sobreentrenamiento, se solicita testosterona libre y cortisol relacionados directamente con este fenómeno.
- Electrocardiograma y prueba ortostática para ver adaptaciones, alteraciones o respuestas adaptativas a las cargas de entrenamiento.

- Cineantropometría y nutrición: Para estudiar la composición corporal, la proporcionalidad y el somatotipo del nadador, hacer su seguimiento, garantizar sus fuentes energéticas y mantener el peso adecuado por modalidad deportiva.
- Pruebas de laboratorio de fisiología: Test de saltos (ergosaltos), ergoespirometría en banda rodante o cicloergómetro, dependiendo de los métodos de entrenamiento más usados.
- Evaluación psicológica como respuesta al entrenamiento.
- Examen médico de rutina para evaluar la condición de salud, la presencia de lesiones, si las hubiera, y algunos factores a tener en cuenta dentro del proceso del entrenamiento, como resultados, estado de motivación del deportista, relación con su entorno, etc.
- Control odontológico para hacer profilaxis y recomendaciones o intervención directa con tratamientos, para garantizar un buen estado de salud oral.

## Pruebas de control de terreno mediante DETERMINACIÓN DEL ÁCIDO LÁCTICO

La cuantificación de la producción y la remoción del ácido láctico en la sangre es uno de los métodos utilizados por años en la determinación de la respuesta a las intensidades del entrenamiento. Esto está muy relacionado con la utilización de la vía metabólica anaeróbica láctica en las intensidades del entrenamiento y también con la utilización del lactato como combustible, por las fibras tipo 1 y cardíacas, responsables de la remoción de las altas concentraciones de este producto de los carbohidratos.

El ácido láctico es el mejor reflejo de la intensidad del entrenamiento, es usado con estos fines desde 1970 y da una idea bastante fiel de la producción, la distribución y la eliminación de este producto metabólico en la sangre, en una relación directa con la activación y la contribución por los sistemas energéticos en la obtención de energía. De esto se desprende su participación en el rendimiento, en dependencia de la velocidad obtenida por el deportista, y permite la evolución de las concentraciones de lactato en el músculo y la sangre durante y después del ejercicio.

Cuando se elabora un protocolo para evaluar la intensidad del ejercicio mediante la medición del ácido láctico se debe tener en cuenta que las pruebas tengan la mayor especificidad posible y la modalidad del deportista. Así, las más altas concentraciones de lactato posejercicio serán usadas para evaluar no solo la adaptación a las intensidades del entrenamiento, sino la utilización de la vía metabólica que lo produce.

Los primeros trabajos que se conocen en el mundo occidental datan de 1970, cuando el alemán Alois Mader mostró la particularidad de que el lactato se acumulaba en la sangre del deportista después de que pasaba de cierto nivel de intensidad y estos valores estuvieron alrededor de 4 mmol/l. A partir de estos hallazgos numerosas investigaciones fueron realizadas sobre los criterios de lo que fue llamado el *umbral anaeróbico*, relacionando de una manera directa las características aeróbicas y anaeróbicas del deportista.

Más adelante, Jan Olbrech, alumno de Mader, aportó mucho al entendimiento del comportamiento del lactato en la natación, aplicando métodos que todavía hoy son usados para el control del entrenamiento en este deporte. Olbrech redefinió, mediante el seguimiento con curvas de lactato, la forma tradicional de interpretación de los resultados de los niveles en la sangre, y expresó que no era solo el desplazamiento de la curva hacia la derecha lo que definía la mejoría en los niveles de entrenamiento, como se creía hasta ese momento. La posibilidad de darle trece interpretaciones a la curva en la relación del consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> máx.) y el lactato propicia un mejor entendimiento y el estudio de los fenómenos observados en el entrenamiento.

De acuerdo a la posición de la curva de lactato, podemos analizar el aumento excesivo del volumen de las cargas o el aumento inadecuado de la intensidad, mirando los desplazamientos hacia la izquierda o la derecha de los puntos sensibles de la curva, el lactato máximo y la zona aeróbica, además de la pendiente de la curva.

Los objetivos de las pruebas con lactato son:

- Determinar la capacidad aeróbica y anaeróbica del deportista
- Detectar las fortalezas y debilidades del deportista con respecto a estas capacidades
- Determinar los objetivos, la dosificación y la configuración de algunos ejercicios para el próximo período de entrenamiento

- Estimar la intensidad y el volumen apropiados para los diferentes entrenamientos
- Evaluar los cambios en el rendimiento metabólico para asegurar la efectividad del entrenamiento
- El test debe ser lo más similar al objetivo deseado
- Las muestras de sangre deben ser suficientes de acuerdo con el equipo con el que se midan
- Es preferible una serie de esfuerzos simples espaciados por un buen período de recuperación
- No se debe haber realizado un entrenamiento de fuerza o trabajos exhaustivos 24 horas antes de la prueba
- Se debe procurar realizar la prueba en condiciones similares siempre (pista, hora, período de entrenamiento)

Según los resultados de las pruebas, se puede clasificar al deportista teniendo en cuenta su respuesta, así:

- Alta capacidad aeróbica y alta capacidad anaeróbica
- Alta capacidad aeróbica y baja capacidad anaeróbica
- Baja capacidad aeróbica y alta capacidad anaeróbica
- Baja capacidad aeróbica y baja capacidad anaeróbica

### Test de intensidades variables en natación

Se han definido 5 zonas de lactato en natación, denominadas así:

- R1: 2 - 4 mM/l, zona de resistencia básica
- R2: 4 - 6 mM/l
- MCO: 6 - 9 mM/l zona considerada de máximo consumo de oxígeno
- RL: 9 - 11 mM/l zona de resistencia al lactato
- TL: >12 mM/l, zona de tolerancia al lactato

Dichas zonas ayudan a clasificar la característica del esfuerzo en el entrenamiento. La prueba de lactato de intensidades variables nos ayuda a observar el comportamiento del lactato en diferentes intensidades, a partir del mejor tiempo posible en una distancia de 200 m en su mejor estilo. El tiempo empleado en nadar estas distancias está entre 1:50 y

2:10 minutos, lo que nos permite efectuar una muy buena evaluación de la vía anaeróbica y el componente aeróbico que la acompaña. Los períodos de descanso empleados en esta prueba están relacionados con la utilización de la vía metabólica y su velocidad de remoción del lactato. Esto quiere decir que en las cargas más aeróbicas, 80% por ejemplo, se requiere tomar la muestra de una forma más rápida, para que sea más fidedigna del lactato producido antes de ser removido, y en las más intensas, 95% 100%, se debe tardar un poco más para estar seguro de que los niveles de lactato presentes se corresponden con la salida al espacio vascular desde la célula muscular. Los componentes del protocolo de lactato de intensidades variables se aprecian en el siguiente cuadro:

Tabla 1. Control del entrenamiento con intensidades variables.

Serie	Intensidad %	Descanso Min.	Toma Min.	Lactato Mmol/L	Tiempo Min.	Frecuencia Brazada
1	80%	3'	1'			
2	80%	3'	1'			
3	85%	3'	1'			
4	90%	5'	3'			
5	95%	20'	3'			
6	100%	-----	5'			

Nota: Los espacios en blanco son para llenar en la ejecución del test.

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, 2000.

El descanso en la carga al 95% es de 20 minutos para que, en forma activa, el deportista disminuya sus niveles de lactato sanguíneo y así pueda manifestar su máximo potencial fisiológico en el momento de hacer su serie al 100%.

Propongamos un ejemplo de cómo sería el control médico de un nadador en un microciclo cualquiera:

- a. Urea: Se realiza la toma una vez por semana al final del microciclo, antes del primer entrenamiento del día.

- b. Toma del pulso diariamente antes y después del entrenamiento.
- c. Frecuencia y efectividad de la brazada.
- d. Las series comprobatorias con lactato se realizan semanalmente una vez. Se usa la determinación de las intensidades de entrenamiento en las zonas definidas para ese mesociclo.
- e. Prueba de intensidades variables con determinación del lactato sanguíneo cada 6-8 semanas, para ver las adaptaciones a las cargas de entrenamiento

### Lesiones más frecuentes en la natación

La realización de un buen examen clínico en la natación de carreras es una ayuda fundamental para el médico del equipo y su comprensión de las lesiones más frecuentes en este deporte. Por ser un deporte de carácter cíclico, ejecutado en un medio diferente al hábitat normal del ser humano, la mayoría de las causas de consulta están directamente relacionadas con este medio.

Si bien los motivos de consulta en un deporte que se realiza en un medio acuático suelen ser enfermedades comunes que cualquier médico general podría atender, es cierto también que el conocimiento del deporte, sus medios y métodos de entrenamiento y el manejo de los medicamentos adecuados deben ser del dominio de un buen especialista en deportes, para evitar que esto interfiera con la adecuada preparación y las competencias del deportista.

Los principales motivos de consulta en natación por enfermedad común son:

- a. Otitis externa, media o supurativa
- b. Rinitis alérgica
- c. Amigdalitis crónica
- d. Infecciones cutáneas por hongos
- e. Conjuntivitis alérgica

Todas estas están relacionadas con la temperatura del agua, la temperatura corporal y el estado de inmunosupresión ocasionado por los largos períodos de entrenamiento y la intensidad de las competencias.



Los deportes cíclicos se ven afectados fundamentalmente por las lesiones por sobreuso, es decir, aquellas lesiones que tienen relación directa con el movimiento del gesto deportivo, que se transforma en un microtrauma a repetición y en el que la técnica del movimiento juega un papel fundamental para su prevención. La natación como deporte presenta una incidencia muy baja en el número de lesiones, comparativamente con otras modalidades deportivas, pero no hay duda de que el hombro es la región anatómica más afectada en este. Las lesiones más frecuentemente observadas son:

1. **Lesiones del hombro:** Llamadas también "hombro del nadador", producidas por el movimiento continuo por encima de la cabeza, en los estilos libre, mariposa y espalda. Casi siempre están relacionadas con el fenómeno de *pinzamiento*, con el ligamento coraco-acromial, y afectan directamente los tendones del manguito de los rotadores. En algunos casos se afecta la bursa subacromial debido al esfuerzo constante de la resistencia del agua y puede inflamarse también el tendón de la porción larga del bíceps braquial en su función estabilizadora articular.
2. **Lesiones de la espalda:** La lumbalgia mecánica es una de las causas más frecuentes de consulta en natación, debido fundamentalmente al gesto deportivo en estilos como pecho y mariposa, y también al trabajo de gimnasio con pesas que deben ejecutar los nadadores como parte de su preparación física, orientada a la fuerza muscular. Son esporádicos en nuestro medio los casos de patologías congénitas o traumáticas, como la espondilólisis y la espondilolistesis, las cuales están reportadas en la literatura del trauma deportivo.
3. **Lesiones de rodilla:** Principalmente relacionadas con algunos estilos, como pecho, en los que se combinan giros violentos con el desplazamiento en el agua, lo que en algunas ocasiones lleva a lesiones de los meniscos. Las manifestaciones tendinosas debidas al entrenamiento con pesas o a rutinas largas de entrenamiento se han observado como producto del sobreesfuerzo o la mala técnica en la ejecución de los estilos.

## REFERENCIAS

- Hernández A, Historia de la natación, [www.i-natacion.com](http://www.i-natacion.com) 2002/2015
- Vandewalle Affiliated with Laboratoire de physiologie du travail UA CNRS 385 H, Peres G, Heller J, Panel J, Monod H. Force-velocity relationship and maximal power on a cycle ergometer, Correlation with the height of a vertical jump, *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, September 1987, Volume 56, Issue 6, pp 650-656
- Newton R, Jones J, Kraemer WJ, Wardle H, Strength and Power Training of Australian Olympic Swimmers; *Strength & Conditioning Journal*, Volume 24, Number 3, pages 7-15. 2002.
- Lindsay Carter JE, Ackland TR, Kinanthropometry in Aquatic Sport: A Study of World Class Athletes, HK Sport Science Monograph Series Vol. 5, 1994.
- Hernández Teuma L, Control Médico de la Natación carreras, Instituto de Medicina del Deporte, La Habana, Cuba, Documentos de Maestría. 1994.
- Nicot G, Metodología para la programación de pruebas médicas en el macrociclo típico de entrenamiento en natación, Instituto de Medicina del Deporte, La Habana, Cuba, Documentos de Maestría. 1994.
- Marino FE, Plan de control médico de la natación en Antioquia, División de Medicina Deportiva de Deportes Antioquia, documentos de trabajo, 2000.
- González RI, Necesidad de los programas de desarrollo a largo plazo en la iniciación deportiva, Club Calamares Pilsen, Liga de Natación de Antioquia, 2000.
- Fonseca Aguilar I, Téllez Armas M, Mesa Núñez R, Indicadores para la selección de talentos en natación, [www.monografias.com](http://www.monografias.com), 2014.
- McLeod I, (2010) *Swimming anatomy*, Human Kinetics Publ. Champaign, USA.
- Levy A, Fuerst M, (1993) *Sport Injuries Handbook*, Human Kinetics Publ. Human Kinetics Publ. Champaign, USA.
- Troup JP, Hollander AP, Strasse D, Trappe SW, Cappaert JM, Trappe TA, *Biomechanics and Medicine in Swimming*, E and FN Spon Ed. London, 1996.
- Weltman A, (1995) *The Blood lactate Response to Exercise*, Human Kinetics Monograph 4, Champaign, USA.
- Olbrecht J. (2000) *The Science of Winning*, Swimshop, Luton, England.
- Janssen P, (2001) *Lactate Threshold Training*, Human Kinetics Publ. Champaign, USA.

# CONTROL

## BIOMÉDICO DEL PATINAJE DE CARRERAS



Control biomédico  
**DEL PATINAJE**  
de carreras

*Felipe Eduardo Marino Isaza, MD, Esp. MSc.*

### INTRODUCCIÓN

**AS** i bien el deporte del patinaje de carreras en Colombia data de 1957, el desarrollo de este deporte en este país se dio en los años 80 en los cuales no solo se participó por un grupo de patinadores en las principales competencias a nivel continental y mundial, sino que se ofició como sede de torneos importantes como la vuelta a Colombia en patines, evento que tuvo varias etapas donde participaron deportistas de varios países del mundo, y el campeonato mundial en 1984 en la ciudad de Bogotá. En 1990, la ciudad de Bello, Colombia, fue sede del mundial de patinaje de carreras en la modalidad de ruta. Allí Colombia consiguió por primera vez en su historia 3 medallas de oro con sus patinadores Claudia Ruiz, Luz Mery Tristán y Guillermo León Botero, abriendo un camino

de triunfos innumerables a nivel mundial que se mantiene hasta el día de hoy. En el año 1996, la ciudad de Barrancabermeja, Colombia, fue la sede del primer campeonato mundial juvenil donde se inició el camino del triunfo colombiano siendo por primera vez, campeón mundial por equipos, en una competencia de este tipo. Este resultado se repitió en la misma ciudad en el año 2000 pero en la categoría de mayores donde Colombia alcanzó su primer triunfo general en esta categoría. Las características del entrenamiento de este deporte sumada a la impresionante popularidad del mismo, ha hecho de Colombia una potencia mundial en el patinaje de carreras.

## Caracterización DEL DEPORTE

A pesar de que el patinaje sobre ruedas está clasificado dentro de los deportes llamados de "resistencia", debido a que se fundamenta específicamente en una gran base aeróbica, requisito fundamental sin el cual no podría haber adecuados procesos metabólicos de recuperación en el entrenamiento y la competencia, la mayoría de sus pruebas son de componente mixto, por su duración e intensidad, lo que lo hace un deporte algo complejo dentro de su plan de entrenamiento.

El patinaje es un deporte cíclico por su movimiento, que requiere una dosis importante de fuerza plasmada en la generación de velocidad, principalmente en sus pruebas rápidas (200, 300 y 500 m), y el componente de la resistencia a la velocidad, en sus pruebas de mayor distancia (1000, 5000, 10000 y 20000 m). De acuerdo a su producción energética es considerado como un deporte aeróbico-anaeróbico masivo, de generación de potencia máxima en las pruebas más cortas (300 m en pista y 200 m en ruta), hasta potencias bajas (en competencias como los 42 km). Entre ambos tipos de generación de potencia existe

una amplia gama de competiciones, caracterizadas por su intensidad variable, en las que se conjugan la resistencia básica, la resistencia a la velocidad, la potencia muscular, gran capacidad aeróbica, destreza absoluta, coordinación, anticipación y un gran desarrollo de los analizadores motor, vestibular, visual, músculo-tendinoso y de equilibrio.

Podríamos decir que el aparato locomotor en el patinaje se apoya en la velocidad, que se transforma en un elemento algo complejo si tenemos en cuenta que el deslizamiento va a estar muy relacionado con el material de las ruedas, el material de la pista, la posición adoptada por el patinador (cerca de 90° del tronco respecto a las extremidades), la mecánica de sus empujes y el manejo del centro de gravedad durante la carrera.

## Pruebas en las que se compete

Tabla 1. Caracterización fisiológica de las pruebas en patinaje de carreras

PISTA	TIEMPO	CLASIFICACIÓN	Componente aeróbico	Componente anaeróbico
300 m CRI	23"- 26"	Prevalentemente anaeróbica	3%	97%
500 m	40'- 45"	Prevalentemente anaeróbica	5%	95%
1000 m	1':23"- 1':27"	Aeróbica-anaeróbica masiva	35%	65%
10.000 m Combinada	14'- 15'	Aeróbica-anaeróbica masiva	70%	30%
15.000 m Eliminación	22'- 23'	Prevalentemente aeróbica	95%	5%
3.000 m Relevos	4'- 6'	Aeróbica - anaeróbica alternada	80%	20%
RUTA	TIEMPO	METABOLISMO		
200 m CRI	15"- 19"	Prevalentemente anaeróbica	2%	98%
500 m Grupo	38"- 43"	Prevalentemente anaeróbica	5%	95%
10.000 m Puntos	13'- 16'	Aeróbica-anaeróbica masiva	70%	30%
20.000 m Eliminación	28'- 31'	Prevalentemente aeróbica	95%	5%
5.000 m Relevos	8' - 10'	Aeróbica - anaeróbica alternada	60%	40%
42.000 m Maratón	1:00 h - 1:10'h.	Prevalentemente aeróbica	98%	2%

Fuente: Medicina Deportiva, Indeportes Antioquia, Marino F.E., 2010.

## Medios y métodos DE ENTRENAMIENTO

El entrenamiento del patinaje de carreras ha venido desarrollando formas que lo hacen cada vez más científico y más competitivo en el medio. Aunque todavía no es un deporte olímpico, sí participa en competencias que pertenecen a este ciclo, como los Juegos Centroamericanos, Suramericanos y Panamericanos, además del Campeonato Mundial, de calendario anual; esto hace que se mantenga el criterio de organización del entrenamiento como de un deporte muy importante por su desarrollo en nuestro país, en relación con la obtención de resultados deportivos.

La teoría y la metodología del entrenamiento actual hablan de la elaboración de varios macrociclos en un año e incluso de ondulaciones de la carga con mantenimientos de la forma deportiva varias veces al año, consideradas como objetivos clave dentro de la obtención de resultados. Así mismo, la alta cantidad de competencias en el transcurso del año hace inevitable este medio para el mantenimiento de la forma deportiva en los patinadores de alto rendimiento.

Las formas más usuales de entrenar en patinaje de carreras se muestran a continuación:

**Ciclismo de distancias:** Su objetivo principal es el desarrollo aeróbico y la fuerza en los miembros inferiores.

**Entrenamiento con pesas:** Pretende el desarrollo de la fuerza muscular.

**Ejercicios pliométricos:** Conocidos también como *off skate*, son una serie de ejercicios relacionados con el ciclo estiramiento-acortamiento, que aumentan la fuerza elástico - explosiva y ayudan a mejorar la técnica al patinar.

**Trabajo específico en patines:** Existen las pistas planas y las que tienen peraltes. En ambas se entrenan la técnica, la estrategia, la táctica y las cualidades propias del deporte para las competencias de pista. El patinaje en la ruta, al igual que en la pista, se usa para desarrollar las cualidades para las competencias que no se realizan en la pista.

## Cineantropometría del PATINAJE DE CARRERAS

La cineantropometría es el área de la antropología que estudia la relación que existe entre la estructura humana y su función. Este estudio constituye una de las bases fundamentales para la identificación del potencial atlético, con proyección hacia el deporte de élite.

Desde 1920, se han realizado varias investigaciones acerca de las características físicas y fisiológicas que podrían contribuir en los resultados de los deportistas en la amplia variedad de deportes. El patinaje de carreras no puede ser una excepción, ya que la popularización de este deporte y el nivel desarrollado por los patinadores de diferentes países del mundo hacen muy probable su pronta incursión en los Juegos Olímpicos.

La función de los entrenadores, aparte de diseñar un adecuado plan de entrenamiento que lleve a sus deportistas hacia los más altos niveles de rendimiento, consiste también en mantenerse asesorados por un cuerpo científico que permita analizar y concluir cuáles deben ser los métodos óptimos para lograr estos resultados. Es así como las características físicas del deportista se suman a las fisiológicas, psicológicas y técnicas, para aspirar a un buen desempeño en cualquier deporte; además, si se tienen adecuados tiempos de recuperación y la aplicación correcta de las cargas de entrenamiento, no es errado pensar en excelentes resultados deportivos.

En la literatura acerca del patinaje de carreras no existe un abundante material al cual se pueda tener acceso para comparar diferentes estudios sobre las características particulares de este deporte, y menos aún si lo fraccionamos en sus componentes y pensamos aisladamente en las características cineantropométricas.

Se realizó un estudio sin precedentes en varios campeonatos mundiales haciendo un seguimiento antropométrico a los patinadores participantes desde la I Copa Mundo de clubes en Bogotá, 1997; Chile 1999, Colombia 2000, Venezuela 2003 y Colombia 2007, cuyos resultados se presentan en las siguientes tablas.

Se siguieron las recomendaciones técnicas de la Sociedad Internacional para el Avance de la Cineantropometría (ISAK); las mediciones

fueron realizadas por personal entrenado en este tipo de procedimientos y las variables tenidas en cuenta fueron las siguientes:

Sexo, modalidad, país, tiempo de práctica del patinaje, edad, peso, longitudes (talla total, talla sentado, talla de tronco, talla acromial y talla dactílea), diámetros (biacromial, bicrestal, envergadura, muñeca, codo, rodilla femoral y tobillo), perímetros (tórax, abdomen inferior, cadera, brazo normal, brazo tenso, antebrazo, muñeca, muslo superior, muslo medio, pierna y tobillo), pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, suprailíaco, supraespinal, abdominal, bíceps, muslo medio y pierna medial).

A partir de estas variables, se calcula:

**% Grasa Corporal:** Según la fórmula de Yuhasz, que se calcula a partir de seis pliegues cutáneos (tríceps, subescapular, supraespinal, abdominal, muslo y pierna).

**Kilogramos de grasa:** Calculados a partir del peso corporal y el porcentaje de grasa.

**Masa corporal activa:** Restando del peso corporal, el peso de la grasa.

**Índice A.K.S.:** Según el método de Tittel y Wutscherk, tomando el porcentaje de grasa según Yuhasz.

**Composición corporal:** Calculada de acuerdo al modelo de cuatro componentes (peso residual, peso óseo, peso muscular y peso graso).

**Somatotipo:** Según el método de Heath y Carter, con sus componentes, endomorfia, mesomorfia y ectomorfia.

**Índice córmico:** Propuesto por Eveleth y Tanner (1976), relaciona la altura sentado y la estatura, buscando la influencia de las extremidades inferiores en la talla total.

**Composición corporal:**

- Porcentaje de grasa: Hombres: 6.0%-8.0%. Mujeres: 10.0%-12.0% (Yuhasz).
- Masa corporal activa: Hombres: 92%-94%. Mujeres: 89%-91%.

- Índice AKS: Hombres velocistas: 1.25-1.30, fondistas: 1.15-1.20.
- Mujeres velocistas: 1.20-1.25, fondistas: 1.10-1.15

Somatotipo:

- Hombres velocistas: mesomorfia balanceada
- Hombres fondistas: mesoectomórficos
- Mujeres velocistas: mesomorfia balanceada
- Mujeres fondistas: mesoectomórficas

Los requerimientos nutricionales del patinaje se relacionan directamente con:

- El período de entrenamiento
- La especialidad de las pruebas
- La composición corporal
- Los objetivos del plan de entrenamiento

En general, podemos afirmar que los requerimientos van desde 3500 hasta 5000 Kcal/día, dependiendo del período de entrenamiento.

Tabla 2. Composición corporal de patinadores de nivel mundial.

M	n	Edad (años)	Peso (kg.)	Talla (cm.)	T.M.C. (kg/m <sup>2</sup> )	I.Cor	Grasa (%)	Peso Grasa	AKSg/cm <sup>2</sup>	Peso Magr (%)	Peso Magr (kg)	Endo	Meso	Ecto	X	Y
SVF	20	23,9 ± 3,1	68,3 ± 5,2	172,9 ± 4,7	22,8 ± 1,07	52,6 ± 1,0	7,57 ± 1,17	5,18 ± 0,96	1,22 ± 0,06	92,4 ± 1,17	63,08 ± 4,7	2,1 ± 0,45	4,72 ± 0,77	2,41 ± 0,52	0,31 ± 0,79	4,93 ± 1,73
SDF	11	22,6 ± 2,0	57,2 ± 7,3	163,3 ± 6,5	21,4 ± 1,7	53,0 ± 1,15	14,0 ± 3,2	8,15 ± 2,7	1,12 ± 0,06	85,9 ± 3,2	49,0 ± 5,3	3,05 ± 1,05	3,62 ± 0,54	2,5 ± 0,79	-0,55 ± 1,78	1,7 ± 1,09
JVF	15	16,6 ± 0,7	62,9 ± 5,5	170,5 ± 5,8	21,6 ± 1,12	52,6 ± 1,0	7,7 ± 1,2	4,8 ± 0,76	1,17 ± 0,06	92,3 ± 1,25	58,1 ± 5,2	2,13 ± 0,58	4,4 ± 0,65	2,82 ± 0,68	0,7 ± 1,16	3,85 ± 1,64
JDF	14	16,4 ± 1,2	53,8 ± 4,1	160,5 ± 3,6	20,86 ± 1,2	53,2 ± 1,4	15,5 ± 2,9	8,38 ± 1,9	1,09 ± 0,06	84,5 ± 2,9	45,4 ± 3,34	3,5 ± 0,82	3,7 ± 0,66	2,57 ± 0,62	-0,92 ± 1,27	1,34 ± 1,62
SVV	10	23,2 ± 5,5	70,8 ± 7,5	171,8 ± 6,9	23,9 ± 1,45	52,3 ± 0,86	7,45 ± 1,2	5,3 ± 1,2	1,29 ± 0,10	92,5 ± 1,1	65,5 ± 6,6	2,2 ± 0,49	5,21 ± 0,70	1,88 ± 0,62	-0,32 ± 0,67	6,34 ± 2,21
SDV	8	22,2 ± 2,25	60,3 ± 5,2	165,0 ± 4,8	22,2 ± 2,36	53,97 ± 1,55	14,6 ± 3,0	8,9 ± 2,5	1,14 ± 0,11	85,4 ± 3,0	51,4 ± 2,97	3,21 ± 0,83	3,72 ± 1,10	2,32 ± 1,26	-0,88 ± 2,08	1,91 ± 2,65
JVV	11	16,8 ± 0,8	66,2 ± 6,3	172,0 ± 8,8	22,4 ± 1,1	52,9 ± 0,67	7,06 ± 0,94	4,65 ± 0,6	1,21 ± 0,10	92,9 ± 0,9	61,6 ± 6,2	1,92 ± 0,74	4,82 ± 0,94	2,56 ± 0,82	0,63 ± 1,4	5,16 ± 2,26
JDV	12	16,4 ± 0,73	57,6 ± 6,8	162,2 ± 4,3	22,43 ± 2,07	54,05 ± 0,83	16,3 ± 2,76	9,7 ± 2,3	1,16 ± 0,10	83,7 ± 2,76	49,2 ± 5,13	3,83 ± 0,92	4,15 ± 1,07	2,0 ± 0,92	-1,83 ± 1,62	2,46 ± 2,6

Fuente: Alexander P., Marino F.E., Quiroz O.L., Congreso mundial de ISAK, Murcia, España, 2014.

Tabla 3. Valores promedio de edad, peso y estatura de acuerdo al sexo en los deportistas estudiados.

Modalidad	N	Edad (años)	Peso (Kg)	Talla (cm)
Varones fondo	67	20,3 ± 5,2	61,2 ± 8,5	169,6 ± 6,7
Varones velocidad	21	19,7 ± 4,7	65,5 ± 8,6	170,6 ± 8,0
Damas fondo	40	16,7 ± 3,0	53,2 ± 4,5	157,9 ± 5,3
Damas velocidad	27	17,3 ± 4,3	55,1 ± 4,8	159,6 ± 4,2

Fuente: Alexander P., Marino F.E., Quiroz O.L., Congreso mundial de ISAK, Murcia, España, 2014.

Tabla 4. Valores de masa corporal activa (MCA), índice de sustancia activa (AKS) e índice córmico en los deportistas de patinaje.

Modalidad	N	M.C.A. (Kg)	A.K.S. (g/cm3)	I. Córmico%
Varones fondo	67	56,8 ± 7,7	1,16 ± 0,1	52,7 ± 1,3
Varones velocidad	21	61,0 ± 8,0	1,22 ± 0,1	52,7 ± 1,0
Damas fondo	40	45,4 ± 3,3	1,16 ± 0,09	53,1 ± 3,1
Damas velocidad	27	47,2 ± 4,0	1,16 ± 0,07	53,4 ± 1,2

Fuente: Alexander P., Marino F.E., Quiroz O.L., Congreso mundial de ISAK, Murcia, España, 2014.

El cálculo del porcentaje de grasa mostró diferencias significativas entre hombres y mujeres, pero no entre las modalidades con respecto al mismo sexo ( $P > 0,05$ ). El modelo de cuatro componentes descrito por Matiegka (1921) y posteriormente modificado por De Rose et al., tomando el porcentaje del peso residual como constante, nos permite observar las diferencias entre el peso óseo y el peso muscular de acuerdo al sexo y a la modalidad. La poca diferencia encontrada entre los porcentajes calculados para el mismo sexo se relaciona con las variaciones en el peso corporal total, que dan cuenta de que los velocistas siempre tuvieron la tendencia a ser más "pesados" y más altos que los fondistas (tabla 3). El peso muscular mostró una diferencia significativa ( $P < 0,05$ ) entre las modalidades de fondo y velocidad en los hombres, mas no entre las mujeres.

Tabla 5. Descripción de la composición corporal de acuerdo al modelo de cuatro componentes en los patinadores estudiados.

Modalidad	Grasa kg.	% Grasa	Peso residual Kg.	% Residual	Peso óseo Kg	% Peso óseo	Peso muscular Kg	% Músculo
Fondo varones	4,40 ± 1,10	7,13 ± 1,19	14,8 ± 2,0	25,4	8,8 ± 1,6	14,3 ± 0,9	32,4 ± 4,0	53,1 ± 1,6
Velocidad varones	4,57 ± 0,95	6,94 ± 1,0	15,8 ± 2,1	25,4	9,7 ± 2,0	14,7 ± 1,2	34,5 ± 3,9	52,9 ± 1,8
Fondo damas	7,79 ± 1,94	14,5 ± 2,6	12,8 ± 1,1	25,4	6,4 ± 0,7	12,1 ± 0,6	25,4 ± 1,7	47,9 ± 2,7
Velocidad damas	7,95 ± 1,33	14,3 ± 2,7	13,3 ± 1,7	25,4	6,9 ± 0,9	12,5 ± 0,8	26,2 ± 2,1	47,6 ± 1,9

Fuente: Alexander P., Marino F.E., Quiroz O.L., Congreso mundial de ISAK, Murcia, España, 2014.

Los valores del somatotipo muestran un predominio mesomórfico en los hombres y endomórfico en las mujeres; se encuentra una diferencia entre las dos modalidades deportivas de los hombres con predominio hacia la velocidad. En el caso de las mujeres existe similitud en los valores obtenidos por modalidad (tabla 6).

Tabla 6. Valores del Somatotipo Antropométrico según el método de Heath y Carter en patinadores de élite

Modalidad	n	Endomorfia	Mesomorfia	Ectomorfia
Velocidad varones	67	2,32 ± 0,6	4,1 ± 0,7	3,0 ± 0,9
Fondo varones	21	2,3 ± 0,5	4,7 ± 0,9	2,4 ± 0,8
velocidad damas	40	3,7 ± 0,9	3,6 ± 1,1	2,2 ± 0,9
Fondo damas	27	3,7 ± 0,9	3,8 ± 0,6	2,1 ± 0,6

Fuente: Alexander P., Marino F.E., Quiroz O.L., 2014.

## Características fisiológicas Y METABÓLICAS

### Características metabólicas

La variedad de competencias dentro del patinaje de carreras hace que la evaluación de este deporte sea compleja, debido a que los deportistas participan en más de una forma de competencia. A pesar de esto, la amplia experiencia de las evaluaciones realizadas en la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia da cuenta de la participación de los siguientes componentes metabólicos:

- Eficacia aeróbica (cercanía del UMAN al máximo trabajo)
- Capacidad anaeróbica glicolítica (máxima acumulación de lactato, o tolerancia)
- Potencia anaeróbica glicolítica (lactato máximo/tiempo, o intensidad)
- Potencia anaeróbica alactácida (potencia máxima/tiempo, sin producción de lactato)
- Potencia aeróbica (VO<sub>2</sub> máximo relativo, se da en ml/kg.min)
- Capacidad anaeróbica alactácida (contenido total de fosfatos de alta energía en la célula muscular)
- Capacidad aeróbica (disponibilidad total de O<sub>2</sub> en ejercicio)

El patinaje de carreras es un deporte en el que se involucra la participación de los diferentes sistemas del cuerpo:

**Fuerza:** Se presenta un gran desarrollo de la fuerza isométrica debido a la posición que se asume al patinar. Hay una participación efectiva de los glúteos, los cuádriceps, los aductores de cadera, los isquiotibiales y los músculos del compartimiento anterior y lateral de la pierna –tibial anterior y peroneos–, en los miembros inferiores, y de los erectores de columna, en el tronco. Además, la resistencia a la fuerza es necesaria para el empuje constante durante la ejecución de los movimientos, en los entrenamientos y en las competencias, lo que produce una gran hipertrofia en esta musculatura.

**Equilibrio:** Se realiza sobre un objeto que rueda sobre una superficie con un coeficiente de fricción muy bajo, y es ejecutado a altas velocidades. La dureza de las ruedas varía conforme a la superficie sobre la

que se desplaza; esto es, a mayor dureza de la rueda, menor es la dureza de la superficie y viceversa. Las superficies duras y lisas requieren durezas “blandas” para garantizar el agarre; así mismo, las superficies porosas permiten el uso de ruedas duras. El equilibrio requiere igualmente del desarrollo de los sistemas visual y vestibular, como estímulos de hábitos motores adquiridos en edades tempranas (respuestas fijas y complejas del sistema motor).

**Coordinación:** Es la integración de los sistemas visual, vestibular y motor, necesarios para el adecuado desempeño del gesto deportivo.

**Flexibilidad:** El gesto deportivo del patinador es muy complejo y necesita trabajar la flexibilidad en general; pero es más necesaria en grupos musculares como los isquiotibiales y la fascia lumbosacra, los peroneos y los gemelos. En el patinaje de carreras en línea la estructura rígida de la bota y el equilibrio sobre el chasis del patín, además de la posición del cuerpo durante el entrenamiento y la competencia, provocan grandes tensiones sobre estos grupos musculares.

**Resistencia:** Se requiere de un excelente desarrollo de las cualidades aeróbicas debido a los procesos de recuperación, ya que los medios utilizados para los entrenamientos (ciclismo y patinaje p.e.) implican gran cantidad de kilómetros recorridos; además, los torneos son largos y exigentes, pues incluyen varias competencias al día durante varios días.

**Velocidad:** Es quizás el componente decisivo en los resultados de la competencia, debido a las características de las carreras, sobre todo el desarrollo de los aspectos de resistencia a la velocidad y la potencia muscular.

### Características biomecánicas y de postura

Básicamente, la posición adoptada al patinar se caracteriza por una flexión del tronco de aproximadamente 90°, las rodillas se ubican de igual forma y se establece una relación entre la primera rueda del patín y la cabeza del patinador.

La acción desarrollada en el patinaje consta de tres fases:

- Fase de impulso
- Fase de estabilidad
- Fase de doble empuje simultáneo

En el patinaje de carreras, como deporte de resistencia, cobra gran importancia su característica de desplazamiento, y por lo tanto se deben analizar las condiciones del suelo que se tiene (es diferente en la mayoría de las pistas), lo que determina la dureza de las ruedas a utilizar (como fue discutido anteriormente). Esto hace más compleja la homologación de las marcas a nivel mundial, pero da las posibilidades de realizar los pronósticos por parte de los técnicos dependiendo del tipo de ruedas que se utilicen. Los factores biomecánicos que debemos analizar en el patinaje estarán relacionados entonces con la velocidad, la fuerza y el manejo del centro de gravedad.

### Características fisiológicas del patinador de carreras

La capacidad aeróbica del patinador está entre las más altas en todos los deportes. El consumo de oxígeno oscila entre 3.5 y 4.0 l/min. en las damas, hasta 4.5-5.0 l/min. para los varones; esto representa un consumo de oxígeno relativo mayor de 60.0 ml/kg min. en las damas y más de 65.0 ml/kg min. en los varones. La recuperación cardiovascular cumple con los parámetros establecidos para una buena preparación aeróbica:

30% al primer minuto, 55% al tercer minuto y 65% al quinto minuto.

La condición de la fuerza está representada específicamente por la fuerza explosiva, producto de largas horas de entrenamiento en los gimnasios, y complementada con las sesiones de pliometría específica, denominada por los entrenadores del patinaje como *off skate*, rutina obligatoria para los patinadores de alto rendimiento al menos tres veces por semana. La fuerza isométrica desarrollada por estos deportistas alcanza entre 70 y 100 kgf. en los extensores de rodilla, y 40-60 kgf. en los flexores de la misma articulación. La saltabilidad presenta valores de más de 60.0 cm para varones y más de 50.0 cm para las damas, de acuerdo a la modalidad de fondo o velocidad.

La potencia generada en el patinaje dependerá del tipo de prueba con la que se evalúe. En los corredores de 300 m se encuentran valores de 14-16 watt/kg, como resultado para la prueba de Wingate de 30 s, mientras que los corredores de fondo presentan entre 12 y 14 watt/kg. Esto corresponde a potencias absolutas superiores a los 1000 watt, en velocistas, y algo más de 700 watt en fondistas.

### Características bioquímicas

Los criterios bioquímicos del patinaje son:

- Criterios de potencia: Relacionados con la liberación de energía.
- Criterios de capacidad: Tiene en cuenta la reserva de los substratos.
- Criterios de eficacia: Se refieren a la energía liberada con relación al trabajo muscular.

Según la clasificación de varios autores, el patinaje es considerado como un deporte de resistencia y esto es quizás sustentado por los hallazgos de los altos consumos de  $O_2$  en las evaluaciones realizadas a nuestros patinadores, aunque persiste la duda de si se debe dar importancia capital al entrenamiento de las vías metabólicas aeróbicas o al de las vías que nos desarrollan una alta tolerancia al lactato y las cuales son indispensables para el resultado deportivo. Debemos hablar mejor de un deporte de características mixtas, que requiere un alto consumo de oxígeno que garantice una adecuada recuperación frente a la deuda que ocasiona la alta intensidad con la que se compite y un porcentaje de utilización del consumo máximo de oxígeno bastante elevado, que permita altas velocidades sostenidas sin que el deportista se encuentre en una fatiga temprana.

Dentro de estos criterios, los que priman según los diferentes autores que han estudiado las implicaciones bioquímicas que influyen en el resultado deportivo serían la eficacia aeróbica, con un 35.7%, y la capacidad anaeróbica láctica, con un 21.0 %. Estos criterios, entonces, deben ser desarrollados si queremos obtener un buen patinador, aparte de la técnica depurada, que es fundamental en los resultados propuestos. Estas características hacen de la medición de la producción de ácido láctico en la sangre un excelente método de control de las cargas de entrenamiento.

## Programa de control médico en el PATINAJE DE CARRERAS

### Control de etapa

Es el estado que se conserva durante un tiempo largo (semanas o meses) como adaptación a las cargas del entrenamiento. La carac-



terística integral del estado del deportista por etapas, que refleja sus posibilidades para demostrar los resultados deportivos, se llama *nivel de preparación* y el estado de preparación óptima *forma deportiva* (Zatziorski, 1989).

El control de etapa para el deporte del patinaje consta de las siguientes pruebas de acuerdo al período de preparación y a la etapa de entrenamiento:

- Examen médico general al inicio y al final del macrociclo.
- Laboratorio clínico: Evaluación completa cada año, que incluye hemograma, citoquímico de orina, glicemia y perfil lipídico completo.
- Control nutricional y seguimiento mensual.
- Fisioterapia: Evaluación de la postura y la flexibilidad dos veces al año.
- Laboratorio de fisiología: Prueba de esfuerzo en cicloergómetro para la medición del consumo máximo de oxígeno, la determinación del umbral ventilatorio y el porcentaje de utilización del  $VO_{2\text{Max}}$ . Prueba de fuerza en dinamómetro isométrico de grupos musculares de miembros inferiores, haciendo énfasis en la relación de extensores y flexores de la rodilla, así como también el índice dinamométrico de Morhause. Prueba de salto vertical en un tablero electrónico con el cálculo de la potencia anaeróbica aláctica. Prueba de Wingate de 45 segundos, en la que se calculan la potencia máxima, la potencia promedio, la potencia relativa y el índice de fatiga.
- Control antropométrico: Determinación de la composición corporal mediante el método de dos componentes y el cálculo del porcentaje de grasa según el método de Yuhasz. Además, la determinación del somatotipo según el método de Heath y Carter.
- Evaluación cardiológica: Se realiza la prueba ortostática con el cálculo del índice y del coeficiente ortostáticos de Dobrev.
- Prueba de 1500 metros con intensidades variables cada 8 a 10 semanas, para determinar velocidades de entrenamiento.

### Control puntual

Es el que se efectúa con el objeto de evaluar las fases tardías de la recuperación después del entrenamiento, al día siguiente y en días sucesivos. En patinaje se utiliza:

- Control de urea sanguínea y CPK diario durante un microciclo.
- Evaluación de la proteinuria antes y después de cada entrenamiento durante un microciclo dado.
- Reacción ortostática antes y después del entrenamiento.

### Control operativo

Es aquel que se realiza durante cada unidad de entrenamiento evaluando la respuesta a la carga asignada. Los métodos más usados son:

- Estudio de la frecuencia cardíaca con pulsómetro.
- Determinación del lactato sanguíneo al inicio y al final del entrenamiento y durante la recuperación.

### Plan de fisioprofilaxis

Por ser el patinaje de carreras un deporte cuyo entrenamiento está basado en gran medida en la capacidad aeróbica, el plan de fisioprofilaxis debe ir encaminado hacia la recuperación del patinador, debido al alto gasto energético que realiza. El plan debe comprender lo siguiente:

- Asistencia a los entrenamientos por parte del fisioterapeuta para supervisar un adecuado estiramiento y realizar algunos ejercicios de fisioprofilaxis en el terreno.
- Aplicación de ultrasonido en miembros inferiores para controlar la inflamación de músculos tibiales y peroneos, dos veces por semana a los patinadores de élite.
- Se recomienda el uso del sauna, una vez por semana a los patinadores de élite.
- Aplicación de la vacuna antigripal para todos, una vez al año.
- Masaje semanal para todos, en períodos de cargas altas y estadios de fatiga.

### Lesiones más FRECUENTES

Entre las lesiones más frecuentes del patinaje de carreras se encuentran las siguientes:

**Bursitis maleolar:** Se presenta debido al material rígido de la bota y a que su diseño es supramaleolar; se realiza una compresión sobre el maléolo y se produce una inflamación de las bursas.

**Lumbalgia:** Es debida principalmente a la posición que se adopta al patinar y a las altas cargas que en ocasiones requiere el entrenamiento con pesas.

**Tendinitis de los músculos peroneos:** Como la fuerza del cuerpo y del empuje sobre el patín se produce sobre una hilera de ruedas, se ejerce gran tensión sobre los músculos del compartimiento lateral de la pierna, sobre todo en los peroneos, para mantener una eversión constante del pie. En algunas ocasiones, la cronicidad de la lesión puede producir síndrome compartimental crónico, el cual es tratado en forma quirúrgica.

**Trauma de tejidos blandos:** Es quizás la lesión más común en el patinaje y se presenta debido a las caídas durante los entrenamientos y las competencias.

## Plan de RECUPERACIÓN

Se elaborará un plan de recuperación del deportista, que consiste en el suministro de productos farmacológicos de acuerdo al plan de entrenamiento y a la etapa en que se encuentre, además de medios que aceleren la recuperación en competencia. Los productos sugeridos son:

- Creatina: Período preparatorio general y precompetitivo.
- Aspartato de arginina: Período competitivo y de entrenamiento de la fuerza.
- Sustitutos alimenticios: Período especial y competitivo.
- Hidratación adecuada y permanente.
- Masaje diario en competición
- Inmersión en piscina de hielo posterior a la competencia por períodos de 2 a 4 minutos.

## Criterios para la selección de TALENTOS EN PATINAJE

El concepto de la Comisión Técnica de Patinaje de Carreras tiene definidos los siguientes criterios para la selección de los talentos deportivos:

- **Técnico:** 50%
- **Antropométrico:** 20%
- **Funcional y psicológico:** 30%

También se cuenta con una serie de pruebas o **tests** de aptitud física para clasificar inicialmente los patinadores que llegan a la escuela de una liga. Tales pruebas son: carrera de 50 m, carrera de 1000 m, abdominales en 30 s, flexiones en 30 s, salto largo sin impulso, salto de altura y **shuttle run**. Se deben implementar proyectos con las organizaciones deportivas del patinaje para desarrollar programas de selección y seguimiento de estos talentos deportivos.

## Evaluación en el laboratorio DE FISIOLÓGÍA

Los controles médicos en el laboratorio constan de las siguientes pruebas, de acuerdo al período de preparación y a la etapa de entrenamiento:

- Examen médico general.
- Hemoglobina y hematocrito, ferritina cuando es necesario.
- Control nutricional y seguimiento mensual.
- Evaluación de la postura y la flexibilidad.
- Test de resistencia en cicloergómetro.
- Test de fuerza en dinamómetro.
- Test de potencia en cicloergómetro.
- Test de saltabilidad en tablero electrónico.
- Control de la composición corporal mensual.
- Somatotipo dos veces al año.

## Plan de FISIOPROFILAXIS

Por ser el patinaje de carreras un deporte de resistencia, el plan de fisioprofilaxis debe ir encaminado hacia la recuperación del patinador, debido al gran gasto energético que realiza. El plan debe comprender lo siguiente:

- Asistencia a los entrenamientos por parte del fisioterapeuta para supervisar un adecuado estiramiento y realizar algún tipo de fisioterapia en el terreno.
- Ultrasonido en tren inferior, dos veces por semana a los patinadores de élite.
- Sauna, una vez por semana a los patinadores de élite.
- Vacuna antigripal anual para todos.
- Masaje semanal para todos.

### Pruebas de terreno

#### Test de intensidades variables:

- 1500 m al 80% - 85% - 90% - 95% y 100%.
- Tiempos de descanso de 3', 3', 5', 5' y 20' entre cargas.
- Tomas de lactato a 1', 1', 3', 5' y 5' de terminar la carga.
- Elaboración de la curva con AL, V, y FC.

## Selección de PRUEBAS

La selección de pruebas para evaluar los resultados del patinador en los entrenamientos y las competencias regulares que realiza debe hacerse preferiblemente en dos formas, en las que la información recibida sirva de pronóstico para el deportista. En nuestro medio usamos dos formas básicamente:

- **Forma empírica:** Relación entre los resultados de las evaluaciones y los ejercicios. Es más utilizada por entrenadores que se basan en los resultados del entrenamiento y la competencia para proyectar nuevos resultados a futuro. No es la forma más adecuada.

- **Forma lógica:** A través de factores condicionantes, criterios pedagógicos, fisiológicos, bioquímicos y biomecánicos, y el análisis estadístico. Esta forma es la más precisa, ya que el análisis estadístico de los resultados obtenidos nos lleva a proyecciones más reales.

## Seguimiento en EL TIEMPO

Una de las formas precisas para evaluar el control del entrenamiento de un deportista de alto nivel es el seguimiento en el tiempo de las variables observadas. Dicha observación de este fenómeno nos permitirá conocer los cambios fisiológicos, antropométricos y de entrenamiento del deportista que está siendo evaluado.

## REFERENCIAS

- Bompa, T. O.** (1983). *Theory and Methodology of training*. Dubuque: Kendall and Hunt Publ. Comp.
- Carter, J. L.** (1980). *The Heath-Carter Somatotype Method*. San Diego: San Diego State Syllabus Services.
- Drinkwater, D. T., Ross, W. D.** (1980). Anthropometric fractionation of body mass. En G. Beunen, M. Ostyn y J. Simon. (Eds.). *Kineanthropometry III*. Baltimore: University Park Press.
- Eveleth, P. B., Tanner, J. M.** (1976). *Worldwide variation in human growth*. London: Cambridge University Press.
- Marino, F.** (1997). Control médico en el patinaje de carreras. *Memorias del Seminario Internacional i Copa Mundo de Patinaje de Carreras, Santa Fe de Bogotá*.
- Marino F.E., Contreras L.E., Cardona O.M., Quintero M.A.**, (2006) Control médico de diferentes deportes, Medicina del Deporte, Editorial CIB, Medellín. Pp.265 - 277.
- Marino, F., Quiroz, O. L., Valbuena, L. H., Múnera, J. L.** (1998). Descripción de variables antropométricas y funcionales del patinaje de carreras, Selección Colombia 1996-1997. *Rev. Ant. De Med. Dep. y Cien. Apl. a la Act. Fis.*, 1(1), pp. pp.
- Matiegka, J.** (1921). The testing of physical efficiency. *Am. J. Phys. Anthropol.*, 4, 223-230.
- Rodríguez, C.** (1992). *Composición corporal y deporte*. La Habana: Instituto de Medicina del Deporte.
- Rodríguez, C.** (1991). *Perfil antropométrico del patinador panamericano*. La Habana: Instituto de Medicina del Deporte.
- Tittel, K., Wutscherk, H.**, (1972). *Sportanthropometric*. Leipzig: Johann Ambrosius Bart Ed.
- Yuhasz, M. S.** (1974). *Physical fitness manual*. Ontario: Ed. University of Western.
- Alexander P, Marino F, Quiroz OL, Peña J**, (2014) Somatotype variations in World Champion roller speed skaters. Memorias, Congreso Mundial de la ISAK, Murcia, España.

# CONTROL

# TROL

## BIOMÉDICO DEL ENTRENAMIENTO EN TIRO CON ARCO



Control biomédico del entrenamiento  
**EN TIRO CON ARCO**



*Hugo Alexander Osorio Jaramillo, MD. Esp.*

### INTRODUCCIÓN



El uso del arco ha estado unido al desarrollo de la humanidad desde hace mucho tiempo. Ruzt, en 1952, descubrió en sus estudios arqueológicos alrededor de Hamburgo cien flechas de madera y dos fragmentos con una datación de aproximadamente treinta mil años de antigüedad. Desde el punto de vista antropológico, el dominio del arco y la flecha constituyó un gran avance en el tránsito al estado superior del salvajismo.

Con el desarrollo de la humanidad, esta herramienta pasó de ser un instrumento de caza a ser un arma de guerra, y es así como aparecen reportes de su uso en textos como *La Ilíada*, de Homero (siglo XI A.C), de cómo los soldados en sus momentos de ocio organizaban competencias de tiro al blanco.

Al avanzar la humanidad el tiro con arco dejó de ser uno de los elementos fundamentales de batalla y giró su curso hacia lo que hoy en día conocemos. Fue así como en 1442 aparecieron las primeras compañías deportivas, y es en los Juegos Olímpicos de París de 1900 donde el tiro con arco hace su aparición como parte de estas justas. En 1931 se crea la FITA, órgano rector del deporte a nivel mundial en la actualidad.

## Características del deporte Y LA COMPETENCIA

A nivel competitivo existen dos tipos de arco: arco compuesto y arco tradicional o recurvo, los cuales difieren en su forma y nivel de precisión.

El arco recurvo (también conocido como olímpico) tiene un golpe final más fuerte y por ende la fuerza inicial de salida de la flecha es mayor; así mismo, las patas de este arco tienen una disposición curvilínea, que va a darle al equipo mayores posibilidades físicas al lanzar la flecha.

El arco compuesto (también conocido como arco con poleas) tiene las patas del arco con poleas, que desmultiplican la fuerza; en esta modalidad se usan visores con lentes y soltadores automáticos de cuerda (disparador), por lo que el tiro es de mayor precisión.

En la actualidad los arcos están fabricados principalmente con fibras de carbón, pero la madera sigue siendo el material básico; ambos tipos de arco comparten algunos elementos, tales como la empuñadura, la ventana, el plato y el apoyo de la flecha, las patas, la cuerda, la mira y los estabilizadores.

Existen dos modalidades de competencia: las llevadas a cabo al aire libre y las que se realizan en sala (*indoor*).

En la modalidad al aire libre se compite como se muestra en el siguiente gráfico:

En esta modalidad se compite de manera individual y por equipos con la siguiente estructura:

Tabla 1. Distancias de competencias de tiro con arco al aire libre

Distancias (m) competencias al aire libre	Categorías (edades)									
	Pioneril		Escolares				Juveniles		Mayores	
	11-12		13-14		15-16		17-18		>18	
	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas	Fem	Mas
20	X		X							
30	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
40		X	X	X	X					
50			X	X	X	X	X	X	X	X
60				X	X	X	X		X	
70						X	X	X	X	X
90								X		X

Fuente: Tomado de: Historia, metodología y salud vinculadas al tiro con arco, Ledesma D., 2008.

- **Primer día:** Práctica oficial (calibre)
- **Segundo día:** Distancias largas (ronda FITA)
- **Tercer día:** Distancias cortas (ronda FITA)
- **Cuarto día:** Ronda olímpica (hasta octavos de final en eventos internacionales y en eventos nacionales hasta cuartos de final)
- **Quinto día:** Semifinales y finales
- **Sexto día:** Equipos

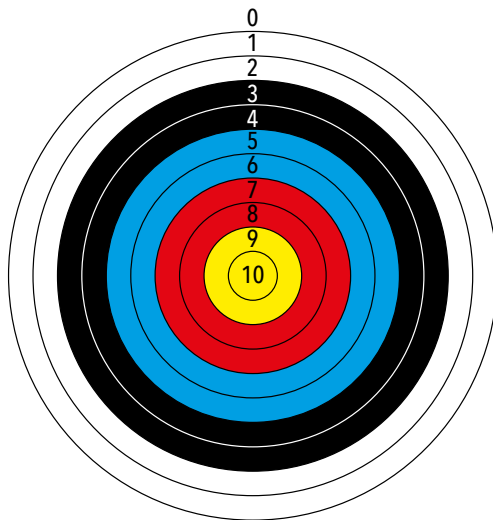
En la ronda FITA se establece un *ranking* en cada división y por equipos. En las dos distancias largas cada arquero dispara seis flechas en cuatro minutos, a una diana de 122 cm, y en distancias cortas a una diana de 80 cm en dos minutos. El top de cada modalidad pasa a la ronda eliminatoria. En esta ronda solo hay una distancia de setenta metros para ambos géneros y se disparan cuatro series de tres flechas o dos series de seis flechas (doce flechas con dianas de 122 cm), con dos o cuatro minutos de tiempo según el tipo de serie. Los ocho ganadores pasan a cuartos de final, donde cada arquero con una diana dispara doce flechas por juego. En las semifinales se dispara de manera alternada con treinta segundos de tiempo y en las finales con similar dinámica.

En el tipo de competencia en sala solo se hace lanzamiento en distancia de 18 y 25 metros.

La puntuación va a consistir en la sumatoria total de puntos obtenidos en cada una de las rondas de lanzamiento, según el área donde la flecha quede incrustada (figura 3).

Figura 3. Sistema de puntuación del blanco

Color	Zona	Valor
Amarillo	Interna	10
	Externa	9
Rojo	Interna	8
	Externa	7
Azul	Interna	6
	Externa	5
Negro	Interna	4
	Externa	3
Blanco	Interna	2
	Externa	1



Fuente: Tomado de [www.nutriciondeportiva-gnd.blogspot.com.co](http://www.nutriciondeportiva-gnd.blogspot.com.co) (2013)

## Caracterización DEL DEPORTE

El deporte puede ser caracterizado desde varios puntos de vista, todos ellos de vital importancia para el proceso de control técnico y médico.

- **Pedagógicamente:** Es considerado un deporte de precisión y un arte competitivo
- **Metabólicamente:** Es un deporte aeróbico-anaeróbico alterno, con predominio en sus acciones del metabolismo anaerobio aláctico
- **Biomecánicamente:** Se caracteriza por su componente acíclico y asimétrico
- **Psicológicamente:** Se presenta como un deporte de alto nivel de concentración y autocontrol

Se han descrito valores de  $VO_2$  máx. para hombres de 40-60 ml/kg/min y para las mujeres de 35-40 ml/kg/min.

El dominio de la técnica se establece sobre la base de los reflejos condicionados que se forman como resultado de la repetición consecutiva. Por la intensidad y el tipo de trabajo se considera de moderada a alta demanda estática y baja demanda dinámica y su gasto energético está informado entre 7-10 Kcal/min de actividad específica del arquero, que es la apertura y suelta del arco, según lo cual es importante considerar los desplazamientos para el análisis de la puntuación en las dianas, la duración de la competencia y las condiciones climatológicas.

- Las capacidades motoras que se deben desarrollar en este tipo de deporte incluyen:
  - Condicionales: Fuerza, fuerza-velocidad, resistencia general y resistencia a la fuerza
  - Coordinativas: Coordinación, equilibrio, precisión, acoplamiento, capacidad de aprendizaje motor
  - Intermedias: Flexibilidad y velocidad de reacción

Se debe poner especial atención en el nivel de estabilidad y fuerza corporal central, que hace parte del control postural durante el gesto deportivo, ya que si existe una descompensación funcional a este nivel podría darse lugar a descompensaciones musculares, lo cual podría asociarse con un mayor riesgo de lesiones deportivas.

## Control MÉDICO

Depende de la etapa deportiva en la que se encuentra el arquero e incluye los siguientes elementos:

- Historial médico deportivo: Se indagará por los antecedentes personales patológicos, los antecedentes familiares, los antecedentes de lesión asociada al deporte, el uso de medicación actual y en los últimos tres meses, entre otros aspectos comunes a cualquier valoración médica general. En el examen físico se prestará especial atención a imbalances musculares, alteraciones en la columna axial, retracciones musculares, apoyo plantar, trastornos de la agudeza visual, que al ser identificados se deben estudiar para mejorar el rendimiento físico del arquero.
- Exámenes complementarios: Hemoglobina, hematocrito, glicemia, perfil lipídico, citoquímico de orina al comienzo de la temporada
- Antropometría y composición corporal
- Determinación del consumo máximo de oxígeno de manera indirecta
- Dinamometría de los miembros superiores
- Pruebas de coordinación y equilibrio
- Estabilidad Core

Las valoraciones del control médico del tiro con arco que se llevan a cabo en la Oficina de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia tienen los siguientes componentes:

- Laboratorio clínico: Completo-parcial
- EKG de reposo y prueba ortostática de cinco minutos
- Valoración nutricional
- Evaluación postural
- Evaluación médica
- Dinamometría de miembros superiores
- Evaluación psicológica deportiva

En la valoración médica se hace énfasis en la pesquisa de medicamentos considerados por la WADA (World Anti Doping Agency) como prohibidos para el deporte, como en el caso de los beta bloqueadores y el alcohol.

A partir de nuestra experiencia en traumatología deportiva se ha podido establecer que la mayor parte de las lesiones en este deporte son lesiones por sobreuso, y que las regiones anatómicas más afectadas son el hombro y la zona dorsal.

En el hombro con mayor frecuencia se observan:

- a. Contracturas musculares de deltoides y trapecio  
Causas: Déficit de musculación específica, defectos de la técnica y entrenamiento intensivo.
- b. Tendinitis de los músculos rotadores del brazo, sobre todo del supraespinoso  
Causas: Defectos de la técnica y entrenamiento intensivo.
- c. Tendinitis de la porción larga del bíceps braquial y de los rotadores  
Causas: Defectos de la técnica y entrenamiento intensivo.

A nivel dorsal se observan:

- a. Alteraciones de la estática (híperlordosis).  
Causas: Posición estática de la práctica deportiva e incompetencia del plano muscular anterior.
- b. Alteraciones por sobrecarga (pinzamientos intervertebrales sobre todo L4-L5 y L5-S1).  
Causas: Posición estática del tiro con arco, falta de potencialización de los músculos abdominales y de la espalda, y la posición de tiro descompensada de la columna vertebral.

Otros trastornos osteomusculares incluyen epicondilitis, fascitis plantar y contractura de Dupuytren.

Es importante resaltar que desde el campo de la psicología deportiva las intervenciones a este nivel permiten a los arqueros responder mejor a las exigencias mentales tan altas del deporte, según las cuales el balance entre la concentración y el control mental juega un papel preponderante en la obtención de los resultados deportivos.

Se llevan a cabo en este aparte intervenciones desde la concentración de la atención, la autoconfianza, la maestría de sí mismo, el control de las emociones, la representación ideomotora y el desarrollo de las cualidades volitivas: perseverancia, valentía y autodominio.

## REFERENCIAS

**Archery Skills.** (2000). Attention and concentration. *Psychology Seminar Winnipeg.*

**Body Balance.** (2000). Program for the elite archers. *NAC 1.*

**COI.** (1985). Stretching, standard session for archers. *Enciclopedia Olímpica Gimnasia y Tiro con Arco, 47-72.*

**Colmaire, P.** (2005). *Adaptability and self management.* International Seminar for Archers.

**Colmaire, P.** (2005). *Muscular Development for Archers.* International Seminar for Archers.

**Colmaire, P.** (2005). *Preliminary equipment set up.* International Seminar for Archers.

Dee Wilde Seminar. Championship of America. Havana, Cuba. Jun 23, 1998.

**Guanche, R.** (2001). *Programa de preparación del deportista en el tiro con arco. Propuestas de normativas físico-técnicas.* (Trabajo de diploma). La Habana: ISCF Manuel Fajardo.





# CONTROL

## BIOMÉDICO DE LOS DEPORTES DE CONJUNTO



### Control biomédico **DE LOS DEPORTES** de conjunto

*Hugo Alexander Osorio Jaramillo, MD. Esp.  
Óscar Mario Cardona Arenas, MD. MSc.*

## INTRODUCCIÓN



El baloncesto es un deporte de equipo, en el que dos conjuntos de cinco jugadores cada uno intentan anotar puntos, también llamados canastas o dobles y/o triples, introduciendo un balón en un aro colocado a 3,05 m del suelo.

Inventado por James Naismith, un profesor de educación física, en diciembre de 1891 en la YMCA de Springfield, Massachusetts, EEUU. Un partido de baloncesto en categoría absoluta, según la FIBA (Federación Internacional de Baloncesto), se juega con dos equipos de cinco personas cada uno, dura cuarenta minutos (divididos en cuatro periodos de diez min.) a tiempo parado, es decir, existen varias pausas importantes debido al carácter reglamentario. Para Cometti (2002) la duración de un partido es aproximadamente de 63 min. Analizando los trabajos de Colli y Faina (1982), Hernández (1985) y Blanco (1987) (citados por Zaragoza, 2006) se puede concluir que el tiempo de intervalos de juego de 0-20 seg. constituye el 40%, de 20-40 seg., el 30%, y más de 40 seg. sin pausa, el 30%.

El balonmano tuvo su origen en deportes semejantes jugados en Grecia y en Roma. Sus primeras reglamentaciones se dieron a finales del siglo xix y su estandarización se realizó en el año 1926. Se convirtió en un deporte de los Juegos Olímpicos en Múnich, en 1972. Realmente su práctica comenzó a principios del siglo xx. Es un deporte de equipo, en el que se enfrentan dos equipos, cada equipo está conformado por siete jugadores (seis jugadores de campo y un portero), con siete jugadores de reserva. El objetivo es transportar una pelota a través del campo, valiéndose fundamentalmente de las manos, para introducirla dentro de la portería. El partido está estructurado en dos partes de treinta minutos, con diez minutos de descanso. El número de minutos que un jugador juega en cada partido es muy variable, porque cualquier jugador puede ser sustituido y puede volver a jugar en cualquier momento del partido. En un estudio realizado en los años setenta, Mikkelsen y Olesen (1976) encontraron que los jugadores de élite jugaban una media de 34-39 minutos por partido oficial. Sin embargo, el rango de minutos jugados por un jugador puede oscilar entre unos pocos segundos y sesenta minutos.

El fútbol, cuya historia indica que comienza en 1863, año en el que se funda la asociación de fútbol aunque sus orígenes se remontan varios siglos en el pasado, específicamente en las Islas Británicas durante la Edad Media. Si bien existían puntos en común entre diferentes juegos de pelota que se desarrollaron desde el siglo iii a. C., el fútbol actual, el deporte tal como se lo conoce hoy, tiene sus orígenes en las Islas Británicas. En 1863 en Londres se oficializaron las primeras reglas del fútbol.

Desde entonces el fútbol ha tenido un crecimiento constante, hasta llegar a ser el deporte más popular del mundo, con unas 270 millones de personas involucradas. La FIFA se fundó en 1904. A partir de 1930 se comienzan a disputar las copas mundiales de fútbol, que se convertirían en los eventos deportivos con mayor audiencia del mundo.

Es un deporte jugado entre dos conjuntos de once jugadores cada uno. Se juega en un campo rectangular de césped, con una meta o portería a cada lado del campo. Creado en Inglaterra, sus reglas actuales se basaron en las emitidas en 1863, controladas por la FIFA.

De él se deriva el *futsal*, deporte colectivo, practicado entre dos equipos de cinco jugadores cada uno, dentro de una cancha de suelo duro.

El voleibol (que inicialmente se llamó *mintonette*) nació el 9 de febrero de 1895 en Estados Unidos, en Holyoke, Massachusetts. Su inventor fue William George Morgan, un profesor de educación física de la YMCA. Se trataba de un juego de interior por equipos, semejante al tenis o al balonmano. Aunque próximo en su alumbramiento al baloncesto, por tiempo y espacio, se distancia claramente de este en la rudeza, al no existir contacto entre los jugadores. La Federación Internacional de Voleibol (FIVB) se fundó en 1947 y los primeros campeonatos mundiales tuvieron lugar en 1949 (masculino) y 1952 (femenino). Desde 1964 ha sido deporte olímpico. El vóley playa se incorpora a la FIVB en 1986 y a los Juegos Olímpicos de verano desde 1996. Recientemente se han introducido cambios sustanciales en el voleibol, buscando un juego más vistoso. En 1998 se introduce la figura del jugador líbero. En 2000 se reduce de forma importante la duración de los encuentros al eliminar la exigencia de estar en posesión del saque para puntuar; se puede ganar punto y saque en la misma jugada, mientras que antes se podía estar robando saques de forma alternativa sin que el marcador avanzara. Se ha permitido el toque con cualquier parte del cuerpo o se permite que el saque toque la red siempre que acabe pasando a campo contrario. Es decididamente importante para un jugador de voleibol estar en condiciones de realizar movimientos explosivos e intensos por un largo período de tiempo (dos o tres horas). En este deporte se alternan acciones de poco tiempo de duración pero de altísima intensidad, seguidas de períodos de pausa y, por ende, de baja intensidad. Aparentemente, los jugadores pasan más tiempo descansando que en fases de juego activo. Bosco (1996), al analizar detalladamente el voleibol, establece que este tipo de actividad está condicionada por una insólita variabilidad de movimientos que puede durar hasta 120-150 minutos. Maza (2005), en un intento por analizar las variables más significativas del voleibol, encontró que la duración media de los puntos era entre cuatro y ocho segundos, que la duración de la pausa intrajuego era entre doce y 20 segundos, que la relación trabajo-descanso o esfuerzo-pausa era de 1/2.5-1/3, que la duración de los sets era entre 18 y 25 minutos y que la duración de los encuentros era entre 80 y 120 minutos.

El sóftbol es un deporte de conjunto o de equipo, con raíces en una versión popular del béisbol, jugado de forma *indoor* y no a campo traviesa. Su nombre se hizo oficial en los años 1930. Es un juego disputado entre dos equipos de nueve jugadores, en un terreno de juego conocido como diamante de sóftbol. Se juega a un máximo de siete entradas, en las cuales cada equipo alternamente juega a batear

y el otro a coger la pelota de juego y buscar ir al bateo. El equipo ganador será el que más carreras realice, siendo una carrera un recorrido completo de todas las bases (72 m). Es una actividad deportiva muy similar al béisbol en muchos aspectos, pero se juega en un campo con menores dimensiones. Las distancias entre las bases son solo de 18,28 m. La distancia de lanzamiento también es menor, 12,91 o 13,10 m, de acuerdo a la liga.

### Características del deporte

De acuerdo al contenido metodológico estos deportes son clasificados como pedagógicos, no educativos y que no influyen en la formación del hombre, y su objetivo es la lucha y la explotación. Son conocidos como deportes de juego con pelota, psicológicamente altamente tácticos, bioquímicamente aeróbicos-anaeróbicos, fisiológicamente no energéticos, biomecánicamente acíclicos y sociológicamente colectivos.

### Estructura del plan de entrenamiento

Los planes de entrenamiento presentan estructuras similares en cuanto al contenido, los medios y la duración (4-5 meses). En los deportes del baloncesto y el fútbol en nuestro medio se debe estructurar el plan de entrenamiento de forma diferente, realizando preparaciones de desarrollo en temporadas al inicio del año y luego, de acuerdo al sistema de competencia, semana a semana.

### Requerimientos físicos y otros

El ejercicio intermitente de alta intensidad es una de las formas de actividad más frecuentes en la mayor parte de los deportes de equipo. En estos la actividad del jugador se caracteriza por un volumen considerable de desplazamientos de intensidad media y baja, donde la energía es suministrada por el sistema aeróbico, numerosos esfuerzos de corta duración y máxima intensidad en los que la contribución principal procede del metabolismo anaeróbico aláctico y períodos cortos e irregulares de recuperación (Barbero, 2002).

Son disciplinas de esfuerzos variables, en las que predomina la información visual. Resulta muy importante el pensamiento táctico y su especialización se inicia entre los diez y los doce años.

Tabla 1. La participación porcentual de los sistemas energéticos.

	ATP - CP y L.A	L.A - O2	O2
Béisbol	80	20	
Baloncesto	85	15	
Fútbol			
Portero/Atacante	80	20	
Central medio/Defensa	60	20	20

Fuente: Tomado de Mathews y Fox (1984)

Según Dalmonte se caracterizan de la siguiente manera:

- **Baloncesto:** Actividad en la cual viene empeñado un elevado porcentaje de la masa muscular corpórea, con requerimientos de fuerza elevados o no elevados.
- **Voleibol:** El empeño de la masa muscular corpórea es medio (igual ocurre para el fútbol y el balonmano).

Según Parlebas, estos deportes, por la situación motriz, son de una incertidumbre provocada por la relación del participante con el medio exterior o el entorno físico, con una incertidumbre provocada por la presencia del compañero o la comunicación motriz, y por la incertidumbre provocada por la presencia de adversarios o contra la comunicación motriz.

Igualmente, son sociomotrizmente de cooperación y oposición, de espacio común y participación simultánea el baloncesto, el balonmano y el fútbol. De espacio separado y participación alternada es el sóftbol.

Según Matveiv (1975), son deportes de equipo, de gran intensidad y posibilidad de cambio de jugadores; de gran participación y breves interrupciones.

Según Bethesda, son moderadamente dinámicos y poco estáticos, entre ellos el béisbol, el sóftbol y el voleibol.

Entre los altamente dinámicos y poco estáticos se encuentra el fútbol.

Entre los altamente dinámicos y moderadamente estáticos, el baloncesto.

Tabla 2. Clasificación de los deportes

Estáticos			Dinámicos		
Poco	Moderadamente	Altamente	Poco	Moderadamente	Altamente
< 20 % de la contracción voluntaria máxima	20-50% de la contracción voluntaria máxima	>50% de la contracción voluntaria máxima	<40% del consumo máximo de oxígeno	40-70% del consumo máximo de oxígeno	<70% del consumo máximo de oxígeno

Fuente: Tomado de Bethesda conference (2004)

Son deportes acíclicos, aeróbicos-anaeróbicos (mixtos), de diversidad de acciones.

El siguiente es el protocolo de control biomédico del entrenamiento realizado con los deportes de conjunto en la Asesoría de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia.

Previa reunión con los entrenadores y el área metodológica, en la que se discute el plan de entrenamiento (macrociclo, mesociclo, microciclo, unidades de entrenamiento y dinámica de las cargas), se construye el programa de control biomédico. Se ejecutan controles de etapa, puntuales y operativos.

### Controles por etapa

Realizados en los laboratorios de medicina deportiva.

- 1. Examen médico deportivo.** Completo, realizado como conducta de entrada y al final de cada macrociclo. En este examen se hace énfasis en todos los sistemas orgánicos.
- 2. Laboratorio clínico.** Realizado al inicio y final del macro. Se realizan dos tipos de control de acuerdo al momento y a la necesidad, batería completa o parcial. Estos son los diferentes controles bioquímicos realizados:

#### Batería completa

- Hemoleucograma y sedimentación
- Citoquímico de orina

- Glicemia
- Perfil lipídico (colesterol total, triglicéridos, HDL, VDL etc.)
- Urea
- CPK
- Grupo sanguíneo
- Ácido úrico
- Creatinina
- Albúmina
- Proteínas totales
- Transaminasas ALT (GPT) y AST (GOT)

En los controles posteriores de etapa (intermedios en el macro) se ejecutan los siguientes exámenes:

#### Batería parcial

- Hemoleucograma y sedimentación
- Citoquímico de orina
- Urea
- CPK
- Transaminasas ALT (GPT) y AST (GOT)

**3. Fisiología.** Ejecutados en cada control y de acuerdo a la necesidad de los entrenadores.

Se realizan las siguientes evaluaciones:

Saltabilidad:

- **Detente vertical:** Para la valoración de la potencia muscular de los miembros inferiores
- **Test de Bosco:**
  - **Squat jump:** Estimación indirecta del componente contráctil del músculo
  - Salto en contramovimiento: Estimación indirecta del componente elástico del músculo
  - **Drop jump:** Estimación indirecta del componente reactivo de la integración neuromuscular del salto vertical

- Saltos continuos (CMJ) en cinco y quince segundos. Estimación indirecta de la potencia anaeróbica aláctica y láctica; de la potencia muscular en general y del índice de resistencia a la fuerza explosiva y la fuerza reactiva
- Índices de elasticidad y déficit del componente del salto vertical y del músculo
- Evaluación de la fuerza dinámica: Valoración de la fuerza dinámica máxima y la fuerza dinámica máxima relativa
- Test de 1 RM predicha, mediante *encoder* lineal
- Curvas fuerza-velocidad de miembros superiores (*press* banca) y de miembros inferiores (sentadilla)
- Curvas fuerza-potencia de miembros superiores (*press* banca) y de miembros inferiores (sentadilla)
- Evaluación de la fuerza isométrica: Valoración de la fuerza isométrica máxima
- Dinamometría de:
  - Fuerza isométrica de los siguientes grupos musculares:
  - Extensores y flexores de codo, rodilla, cadera
  - Aductores y abductores de cadera
  - Rotadores internos y externos de hombro
  - Prensión manual unilateral y bilateral
  - Halón

#### Para diagnóstico de imbalances e índice de fuerza isométrica

**Ergometría indirecta dos veces al año.** Con el objetivo de valorar el consumo máximo de oxígeno (potencia aeróbica máxima), la frecuencia cardíaca de reposo, máxima o final, el índice de recuperación de la frecuencia cardíaca en los minutos 1, 3 y 5, y la capacidad máxima de trabajo (velocidad aeróbica máxima). Igualmente a deportistas de niveles de entrenamiento elevados se les controla el tiempo límite, tanto para la potencia aeróbica máxima como para el umbral anaeróbico.

**Carreras de 20 m detenidos y lanzados.** Con el objetivo de valorar la velocidad de *sprint* y la aceleración.

**4. Antropometría.** Como control inicial. Permite reconocer cuatro componentes fundamentales del aspecto morfológico (composición corporal, forma, biotipo y proporcionalidad).

Se realizan dos tipos de evaluación: completa y parcial, para todas las modalidades.

Completa:

- Masa corporal
- Estatura
- Porcentaje de grasa (seis pliegues)
- Masa corporal activa
- AKS (índice de sustancia activa)
- Índice de masa corporal
- Somatotipo
- Proporcionalidad. Altura trocantérea, longitud y ancho del pie

Parcial. Realizado en cada etapa:

- Composición corporal
- Masa corporal
- Estatura (si se encuentra en proceso de crecimiento)
- Porcentaje de grasa (seis pliegues)
- Masa corporal activa
- Índice de sustancia activa
- Índice de masa corporal
- Somatotipo (si se encuentra en proceso de crecimiento)

**5. Fisioterapia.** Control de entrada y final.

- Postura
- Huella plantar
- Flexibilidad completa. Énfasis en la cadera y los miembros inferiores

**6. Cardiovascular.** Para evaluar y realizar el seguimiento del comportamiento del sistema cardiovascular y del sistema nervioso autónomo.

Se procede de la siguiente manera:

- Prueba ortostática de cinco minutos
- Electrocardiograma

Controles realizados al principio y al final del macrociclo y según estudios de posible sobreentrenamiento.

### Controles puntuales

Realizados en el laboratorio de medicina deportiva. Exámenes de tipo bioquímico: - urea - CPK

- Controles nutricionales (seguimiento, resultado, evaluaciones)
- En el terreno se hacen controles de los factores de riesgo de sobreentrenamiento

### Controles operativos

Realizados básicamente en el terreno.

- Frecuencia cardiaca postejercicio en diferentes sesiones de entrenamiento.
- Controles de test de terreno, como realización de diferentes esquemas de juego en lapsos establecidos de acuerdo a lo solicitado por el entrenador, con frecuencia cardiaca y lactato, con el objetivo de observar el compromiso de cada una de las vías energéticas y definir pausas de descanso por repeticiones de entrenamiento.
- Observaciones de los entrenamientos. Control de la salud.

Luego de recoger la información aportada por cada uno de los controles (etapa, puntual y operativo), la información obtenida es discutida por el área científica de asesoría de medicina deportiva inicialmente. A continuación, en presencia del entrenador y del área metodológica, se hace entrega del informe, para discutirlo y adoptar las recomendaciones pertinentes, que beneficien al deportista y su plan de entrenamiento.

## Características MORFO-FUNCIONALES

Las siguientes son las características morfofuncionales del deportista, correspondientes a los deportes de conjunto del departamento de Antioquia (n: 194 deportistas. 2014).

**Tabla 3.** Características antropométricas en los deportes de conjunto de género femenino (promedio y desviación estándar)

Deporte	Edad años	Peso kg	Talla m	IMC	Sumatoria 6 pliegues	% grasa	Grasa gr	MCA kg	AKS
Voleibol playa n:7	24.2/4.02	61.04/6.05	170.5/0.05	20.95/1.46	108.5/38.69	17.65/3.76	10.85/2.83	50.18/4.62	1.01/0.5
Sóftbol n: 23	21.92/5.14	60.51/5.85	159.7/0.05	23.75/2.38	138.2/39.13	20.81/4.34	12.76/3.52	47.75/3.44	1.16/0.09
Futsal n: 6	21.48/2.60	58.1/8.51	161/0.05	22.41/2.35	82.8/27.42	16.39/4.26	9.52/3.81	48.57/5.06	1.16/0.09
Voleibol n: 30	18.79/3.42	65.69/4.55	174/0.07	21.72/1.96	113.58/24.94	17.36/3.31	11.48/2.73	54.20/3.10	0.99/0.09
Balonmano n: 15	16.42/1.01	60.68/7.35	162.3/0.06	23.11/3.23	147.74/37.15	60.86/4.49	12.89/3.97	47.78/4.20	1.12/0.12
Baloncesto n: 16	16.48/1.20	63.23/7.37	169.7/0.08	21.95/2.04	127.71/32.88	17.54/3.59	11.08/2.59	52.14/6.27	1.09/0.13

Fuente: Medicina deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

**Tabla 4.** Características antropométricas en los deportes de conjunto de género masculino (promedio y desviación estándar)

Deporte	Edad años	Peso kg	Talla m	IMC	Sumatoria 6 pliegues	% grasa	Grasa gr	MCA kg	AKS
Voleibol playa n:9	23.9/4.22	77.7/8.99	186/0.07	22.29/1.27	64.8/13.68	8.49/1.35	6.67/1.59	71.07/7.71	1.08/0.04
Sóftbol n: 8	25/7.15	75.22/12.9	174/0.07	24.51/3.43	109.16/43.92	11.29/3.19	8.73/3.70	66.48/10	1.23/0.14
Futsal n: 14	19.1/1.46	68.1/8.93	170/0.04	22.8/2.40	70.9/27.21	8.3/2.09	5.7/1.98	62.3/7.70	1.2/0.10
Voleibol n: 12	22/2.71	81.3/9.93	190/0.08	22.9/2.25	79.3/28.53	9/2.23	7.4/2.72	73.9/7.83	1.1/0.13
Balonmano n: 18	18.2/0.92	77.2/7.10	180/0.05	24/2.35	86.4/30.75	9.6/2.64	7.5/2.67	69.7/5.19	1.2/0.11
Baloncesto n: 13	22.1/4.74	88.3/15.25	190/0.10	24.8/2.53	103/39.08	11/3.28	10.1/4.51	78.3/11.54	1.2/0.09
Fútbol n: 23	16.6/0.49	69.8/5.60	180/0.06	22.3/1.51	66.8/15.53	8/1.24	5.7/1.19	64.2/4.72	1.2/0.09

Fuente: Medicina deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

Tabla 5. Características funcionales en los deportes de conjunto de género femenino (promedio y desviación estándar)

Deporte	20m Detenidos (s)	20m Lanzados (s)	Salto vertical cm	Salto contra-movimiento cm	Salto media sentadilla cm	VO2 max. (ml/kg.min)	RM sentadilla (kg)	RM T Force (kg)	Potencia máxima (watts)
Voleibol playa n: 7	3.34/0.16	2.90/0.14	38.57/4.87	34.17/4.31	30.22/2.92	51.02/4.11	49.42/9.25	40.33/1.52	190.33/30.89
Sóftbol n: 23	3.48/0.17	2.96/0.186	34.86/6.83	28.48/5.24	24.80/5.04	47.08/4.28	47.34/14.49	41.22/13.41	195.09/69.89
Voleibol n: 30	3.41/0.16	2.96/0.16	36.24/6.29	30.58/5.07	25.89/4.75	49.06/4.70	48.89/15.75	41.92/14.66	196.0/77.58
Balonmano N: 15	3.61/0.18	3.03/0.11	30.86/3.73	26.6/3	22.76/3.63	48.09/3.81	46.14/2.20	40.41/9.79	193.58/5.4
Baloncesto n: 16	3.47/0.16	2.94/0.15	31.08/4.43	26.6/4.50	22.93/5.42	51.46/3.92	47/9.90	40.56/9.39	185.81/59.39

Fuente: Medicina deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

Tabla 6. Características funcionales en los deportes de conjunto de género masculino (promedio y desviación estándar)

Deporte	20m Detenidos (s)	20m Lanzados (s)	Salto vertical (cm)	Salto contra-movimiento (cm)	Salto media sentadilla (cm)	VO2 max. (ml/kg.min)	RM sentadilla (kg)	RM T Force (kg)	Potencia máxima (watts)
Voleibol playa n:9	2.96/0.12	2.54/0.13	52.84/8.69	43.63/6.28	36.71/5.35	60.4/7.27	90.77/11.32	81.5/12.09	418.12/82.40
Sóftbol n: 8	3.03/0.17	2.55/0.10	40.05/5.75	33.83/2.48	29.8/4.34	53.98/6.56	78.62/24.41	69.42/21.52	352.57/113.72
Futsal n: 14	3/0.10	2.5/0.09	44.8/5.64	38.6/6.25	34.6/6.63	61.6/5.98	79.8/17.07	72.3/16.83	357.9/82.36
Voleibol n: 12	3.1/0.18	2.6/0.11	52.5/3.14	43.3/3.94	36.7/4.84	57.1/6.22	96.4/15.2	87.3/12.79	448.0/75.53
Balonmano n: 18	3.1/0.19	2.6/0.17	45.9/7.84	37.1/6.79	31.7/5.35	56.9/3.86	94.1/19.6	91.3/18.41	462.1/102.42
Baloncesto n: 13	3/0.11	2.5/0.09	48.7/5.24	39.5/4.21	35.3/3.38	56.7/4.73	94/21.72	90.2/21.83	473/122.6
Fútbol n: 23	3/0.13	2.5/0.10	48.2/4.39	41.1/3.6	35.1/3.46	62.2/4.34	79.4/11.64	75.6/11.80	385/66.97

Fuente: Medicina deportiva, Indeportes Antioquia, 2010.

## Lesiones más frecuentes en los DEPORTES DE CONJUNTO

Dada la naturaleza multifactorial de los componentes que se suceden de manera simultánea en un juego de conjunto, la descripción de cada una de las lesiones de mayor ocurrencia dependerá del deporte que se desee analizar.

En nuestro medio a nivel de balonmano encontramos:

- **Lesiones ligamentarias:** Esguince de tobillo, de dedos de la mano y de rodilla. Hemos evidenciado una alta incidencia de lesiones de ligamento cruzado anterior en los equipos femeninos, lo que supone que deben implementarse programas estructurados de propiocepción, trabajos de la fuerza y la pliometría en este deporte particularmente.
- **Lesiones músculo-tendinosas:** Sobrecarga de abductores, tendinitis del hombro, rotura de fibras del gemelo, contusión de cuádriceps.

En deportes tales como el baloncesto, el voleibol y el balonmano, que comparten elementos técnicos y de ejecución pueden observarse lesiones de los siguientes tipos:

- **Dedo en martillo:** Por traumas directos en las falanges al recibir o bloquear el balón, que produce una ruptura en el mecanismo extensor profundo de alguno de los dedos.
- **Esguince de tobillo:** Por las superficies de juego, asociado a los cambios de dirección y los elementos de saltabilidad en los cuales puede presentarse una inestabilidad mientras se está en el aire o problemas en el momento de apoyarse de nuevo en el piso.
- **Pubalgia:** Por el estrés mecánico repetitivo en el la zona de origen de los músculos de la cadera, que se presenta como respuesta a los cambios de dirección frecuente, asociados con la fatiga o la debilidad muscular.
- **Rodilla del saltador:** Esta patología que incluye la tendinopatía cuadricepsal y rotuliana, obedece básicamente a la sobrecarga en estos tendones como consecuencia de los elementos de saltabilidad de estos deportes. Ocurre básicamente una degeneración de las fibras colágenas que forman los tendones, debido a

alteraciones en los procesos de depósito por los fibroblastos en rodillas sometidas constantemente a sobrecarga.

- **Hombro doloroso:** Lanzamientos por encima de la cabeza, que pueden generar inflamación en los elementos del manguito rotador y los músculos adyacentes debido a sobrecarga.
- **Esguince de rodilla:** Puede ocurrir como consecuencia de un trauma directo sobre una de las caras de la rodilla o de manera indirecta por apoyos del pie con inadecuado control muscular en la rodilla.

Con la práctica del fútbol aparecen lesiones similares a las descritas previamente, pero además es común hallar las siguientes:

- **Lesiones musculares de aductores, cuádriceps e isquiotibiales:** Pueden presentarse debido al déficit en la flexibilidad, a la técnica incorrecta y la debilidad o fatiga muscular en el momento del impacto del balón.
- **Lesiones de los ligamentos del tobillo y de la rodilla:** Por mecanismos intrínsecos, tales como una tibia vara, o mecanismos extrínsecos, como el terreno irregular, el tipo de calzado, entre otros.

En el *rugby* puede observarse además:

- **Contusión de hombro:** Por los choques frontales o laterales propios de la ejecución técnica de ciertas jugadas.
- **Lesiones cervicales:** Por el trauma directo y la escasa protección en esta zona.
- **Hematomas del muslo:** Traumas a repetición en la cara anterior del muslo.

Las lesiones deportivas tienen ocurrencia durante la práctica de un deporte, un entrenamiento o durante el ejercicio físico. En general, este tipo de lesiones tienen dos etiologías principales: las lesiones por sobreuso y las lesiones traumáticas.

Se entienden como lesiones por sobreuso todas aquellas lesiones causadas por una mala adaptación a los procesos de entrenamiento, y en general parten de una inadecuada planificación de las cargas de entrenamiento, en la que no hay una correcta disposición de los volúmenes y los tiempos de recuperación.

Por lesiones traumáticas deben entenderse todas aquellas lesiones que ocurren de manera inesperada y asociada a los riesgos inherentes de cada deporte.

Las lesiones deportivas más comunes en los deportes de conjunto tienen una prevalencia que está muy relacionada con las características propias del deporte. Cabe resaltar algunas frecuentes:

- Esguinces y/o rupturas ligamentarias
- Lesiones musculares y de la unión miotendinosa
- Fracturas y fisuras
- Luxaciones
- Tendinopatías
- Otras

## Causas más comunes DE LAS LESIONES

Dentro de las etiologías de las lesiones se han discriminado dos elementos clave en su génesis: los elementos intrínsecos y los extrínsecos.

Los elementos intrínsecos son definidos como todos aquellos que hacen parte de la constitución natural del individuo y que en el medio deportivo pueden tener alguna injerencia en cuanto a la aparición de algunos tipos de lesiones. Por ejemplo, el genu valgo fisiológico en las mujeres puede incrementar de manera importante el riesgo de lesiones del ligamento cruzado anterior; se ha evidenciado que la hiperlaxitud ligamentaria asociada a los estrógenos en determinados momentos del ciclo menstrual tiene un efecto directo en la ocurrencia de esguinces, etc.

Por su parte, los elementos extrínsecos tienen que ver con todos aquellos elementos externos y medioambientales que favorecen la aparición de lesiones, tales como el calzado, el terreno de juego, las condiciones medioambientales, entre otros.



## Tipos

Con referencia al tiempo de ocurrencia, existen dos tipos de lesiones deportivas: agudas y crónicas.

Las lesiones agudas ocurren repentinamente mientras se está jugando o haciendo deporte. Hay un hecho traumático, ya sea un objeto o el mismo cuerpo humano que hace de objeto por la velocidad que desarrolla, chocando con otro cuerpo, con el suelo o con otro objeto. Esa es la llamada lesión aguda, accidental, en la que la colisión o el choque vencen la resistencia de los tejidos. A pesar de que los tejidos estén adaptados a ese esfuerzo, la lesión es mucho mayor por la velocidad desarrollada hasta el impacto. Las lesiones agudas más frecuentes incluyen esguinces de tobillo, distensiones musculares y fracturas.

En determinadas ocasiones se podría hablar de agudizaciones de lesiones previas que venían siendo tratadas y que podrían volver a manifestarse como consecuencia de un proceso de recuperación insuficiente.

Los síntomas de una lesión aguda incluyen:

- Dolor, rubor y/o calor
- Edema y/o deformidad
- Limitación funcional

Las lesiones crónicas ocurren después de practicar un deporte o hacer ejercicio por un largo tiempo. Son las que tienen lugar por la repetición de actividad deportiva que, sumada en el tiempo, va produciendo en un organismo un microtraumatismo, que llega a vencer la resistencia del tejido como si fuera el gran impacto del choque de la lesión aguda. La correcta denominación de este daño es *lesión por sobrecarga*, porque la carga de trabajo fue mayor a la que es capaz de soportar un tejido determinado, llámese tendón, ligamento o músculo, componentes todos ellos del aparato locomotor. Los síntomas de una lesión crónica incluyen:

- Dolor mientras está jugando y/o entrenando
- Dolor leve incluso en reposo
- Edema y debilidad muscular segmentaria

## Lesiones de frecuente ocurrencia en LOS DEPORTES DE CONJUNTO

### Heridas

Son lesiones traumáticas caracterizadas por la pérdida de continuidad de uno o más tejidos. Según su etiología podrán clasificarse en:

- Abrasivas: Producidas por mecanismos de fricción comprometiéndose generalmente la piel y el tejido celular sub cutáneo.
- Cortantes: Asociadas a traumas con elementos cortantes y producen bordes usualmente regulares
- Punzantes: Por lesiones con elementos de puntas ya sean romas de diámetros pequeños o agudas
- Contundentes: Provocadas por objetos romos o de bordes asimétricos (piedras, discos etc.)

El manejo inicial dependerá de la graduación de la lesión y la determinación de si alguna tiene el potencial de afectar la vida. Las heridas sin potencial para amenazar la vida deben ser lavadas con abundante agua y cubiertas con apósitos estériles. Se deberá tener en cuenta si el deportista ha recibido su esquema de vacunación completo y ante la duda de vacunación contra el tétanos, está deberá aplicarse de manera profiláctica.

### Contusión

Es la patología traumática que más se asocia a los deportes de conjunto. Sus consecuencias dependerán de la magnitud y la localización anatómica. Los signos clínicos serán el dolor como punto cardinal, la rubefacción, el edema y el calor local.

El manejo inicial comprende la aplicación de compresión de la lesión con vendajes blandos, la aplicación de frío en espacios de 10 a 15 minutos de 3 a 4 veces en el día, la elevación de la extremidad así mismo como el reposo y la protección de la misma. En zonas tales como el antebrazo y la pierna se deberán vigilar signos incipientes de síndrome compartimental agudo tales como cambios en la coloración distal de la extremidad, dolor desproporcionado y que va en aumento, disminución de pulso y en algunos casos aparición de disestesias.

## Distensión

Ocurre por mecanismos excéntricos a nivel de la fibra del músculo, ligamento o del tendón que genera lesiones microscópicas en sus componentes elásticos. El deportista referirá su aparición generalmente como un dolor agudo y súbito que provoca alteración en la funcionalidad de la zona afectada. En la evaluación no se evidenciarán pérdidas en la continuidad de la zona afectada y su evolución generalmente será favorable con la reducción de la carga, medicamentos analgésicos y terapia de rehabilitación por un par de semanas.

## Contractura

La contractura muscular es en su esencia un reflejo protector del componente mio-elástico del músculo en cual se activa una vez los mecanorreceptores perimisiales perciben cargas excéntricas importantes. La respuesta a esto será una contracción mantenida en la zona con la carga mecánica generadora de la distracción muscular. Esta contracción inhibe la función normal del músculo en la carga excéntrica llegando a producir puntos gatillos dolorosos. Su evolución generalmente es benigna y favorecida por la aplicación de la metodología RICE de las lesiones agudas (R: Reposo I: Hielo C: Compresión E: Elevación) así como la aplicación de manipulación física de los puntos gatillos a través de masajes o punción con aguja seca.

## Desgarro

Cuando los mecanismos de defensa muscular son sobrepasados por las cargas biomecánicas de la acción deportiva la fibra muscular podrá romperse y esto se conoce como desgarro muscular. La graduación de la lesión podrá describirse desde el orden clínico y el imagenológico. Inicialmente el cuadro se manifiesta por dolor intenso agudo y pérdida de la funcionalidad. Clínicamente podrá observarse pérdida de la continuidad muscular, equimosis y en casos de rupturas grandes la retracción de los fragmentos hacia su origen e inserción.

El manejo inicial será de nuevo la metodología RICE y serán necesarios estudios tales como la ecografía o la resonancia nuclear magnética para la cuantificación de la lesión.

## Esguince

Comprende la distensión de las fibras de un ligamento que anatómicamente estará velando por la integridad articular. Generalmente este tipo de lesión se graduará según el compromiso clínico y el porcentaje de fibras comprometidas.

Los esguinces se producen por mecanismos indirectos donde los mecanismos propioceptivos son superados generando traumas que abren las articulaciones por encima de sus límites mecánicos llevando a la distensión o ruptura de las fibras ligamentarias.

Su manejo inicial al igual que las lesiones descritas comprenderán la aplicación de las medidas RICE y el estudio subsecuente para determinar la magnitud de la misma.

## Luxación

Es la pérdida de relación articular y son de origen traumático donde las cargas biomecánicas vencen los restrictores articulares activos (muculatura periarticular) y pasivos (ligamentos y cápsulas).

En los casos donde exista una luxación el paciente deberá ser retirado del campo con protección de la extremidad afectada y guiado a un centro de salud para la realización de rayos x para descartar lesiones óseas asociadas y llevar a cabo la reducción. En campo en caso de disponer de personal capacitado se podrá intentar una reducción mediante maniobras de tracción previo análisis de pulsos, estado neurológico distal y ausencia de crepitaciones a la palpación.

Las articulaciones que usualmente se encuentran comprometidas en su orden son:

- El hombro (hasta el 95% de los casos)
- Dedos de las manos
- La cadera
- El tobillo
- La rodilla

## Fractura

Es la pérdida de continuidad ósea generalmente asociado a trauma de alta energía, aunque en algunos casos podrán ser traumáticas en el contexto de alteraciones en la mineralización ósea.

Usualmente las de origen traumáticas se dividen en fracturas cerradas y abiertas dependiendo si existe compromiso de la piel.

El manejo dependerá del tipo de fractura, estado del paciente y la localización de la misma. En la mayoría de los casos se requiere una inmovilización en posición anatómica y funcional que permita el afrontamiento de los bordes óseos por espacios variables de tiempo según la región anatómica que puede estar oscilando entre 3 a 8 semanas. Posterior a ello se inician protocolos de rehabilitación buscando retomar los rangos óptimos de movimiento articular, el fortalecimiento y la adaptación funcional al gesto deportivo. Algunas fracturas podrán requerir manejo quirúrgico dadas condiciones que favorezcan la inestabilidad ósea o articular y el compromiso de otros elementos anatómicos asociados.

## Tratamiento general de las LESIONES DEPORTIVAS

En primer lugar se recomienda el tratamiento agudo de la lesión mediante el control del dolor y el reposo de la parte lesionada (p.e., uso de férula), con la metodología RHCE (PRICE en inglés).

El tratamiento inicial para la mayoría de las lesiones deportivas es el RHCE (reposo, hielo, compresión y elevación). El reposo debe comenzar inmediatamente para reducir al mínimo la hemorragia, la lesión y la tumefacción. El hielo limita la inflamación y reduce el dolor. La compresión y la elevación reducen el edema.

La parte lesionada debe estar elevada. Sobre la parte lesionada se debe colocar una bolsa de frío o llena de hielo picado (que se adapta mejor) o en cubitos, envuelta en una toalla. Se aplica un vendaje elástico sobre la bolsa de frío y alrededor de la parte lesionada sin comprometer el flujo sanguíneo. Después de diez minutos se retiran la bolsa y el vendaje, pero se mantiene elevada la zona lesionada. Se alternan

diez minutos con frío y sin este durante sesenta a noventa minutos, varias veces al día durante las primeras 24 horas.

Se administran por parte del médico medicamentos analgésicos y antiinflamatorios no esteroideos que, como se mencionó anteriormente, deben ser suministrados en ciclos cortos (tres a cinco días).

Los deportistas deben enrolarse de manera temprana en un programa de rehabilitación por fases específicas para cada patología y deben contar con el seguimiento semanal en las primeras fases, para el control de daños, la prevención de secuelas y la alerta de lesiones asociadas.

Es importante contar con herramientas objetivas para vigilar la evolución (cuestionarios de dolor, determinación dinamométrica de la fuerza, determinación de los rangos de movilidad, etc.).

Una vez pasadas las primeras fases de rehabilitación se vigilará la puesta en marcha del plan de retorno al terreno, cuando haya desaparecido el dolor, los rangos de movilidad estén funcionales y no exista déficit de fuerza y de la propiocepción.

## REFERENCIAS

- Dal Monte, A., y Ordóñez, V.** (1989). *Clasificación fisiológica-biomecánica de la actividad deportiva*. Ciudad de Guatemala: Memorias XII Congreso Panamericano de Educación Física.
- Flyger, N., Button, C., y Rishiray, N.** (2006). *The Science of Softball Implications for Performance and Injury Prevention*. *Sports Med*, 36(9), 797-816.
- Fox, E. L. Mathews, D. K.** (1974). *Interval Training: Conditioning for Sports and general Fitness*. Philadelphia: W.B. Saunders.
- Fu, F.** (2010). *Sports Medicine*. Philadelphia: Lippincott Williams and Wilkins.
- Harrast, M. A., y Finnof, J. T.** (2012). *Sports Medicine: Study Guide and Review for Boards*. Washington: Demos Medical
- Matveev, L. P.** (2001). *Teoría general del entrenamiento deportivo*. Barcelona: Editorial Paidotribo.
- Miller, M. D., y Thompson, S. R.** (2014). *DeLee and Drez's Orthopaedic Sports Medicine*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Mitchell, J., Haskell, W., Snell, P., Van Camp, S.** (2005). FACC. Task Force 8: Classification of Sports. *JACC*, 45(8).
- Wikipedia.** (2015, 18 de mayo). Baloncesto. *Wikipedia. La enciclopedia libre*. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Baloncesto&oldid=82517215>.
- Wikipedia.** (2015, 17 de mayo). Historia del fútbol. *Wikipedia. La enciclopedia libre*. Recuperado de [http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia\\_del\\_f%C3%BAtbol&oldid=82489277](http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Historia_del_f%C3%BAtbol&oldid=82489277).

**Wikipedia.** (2015, 19 de abril). Voleibol. *Wikipedia. La enciclopedia libre*. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Voleibol&oldid=81507037>.

**Wikipedia.** (2015, 21 de mayo). Balonmano. *Wikipedia. La enciclopedia libre*. Recuperado de <http://es.wikipedia.org/w/index.php?title=Balonmano&oldid=82612599>.



# AUTORES

Sobre los  
**AUTORES**



## **LIGIA ADRIANA** García Ramírez



*Psicóloga*, Universidad San Buenaventura, Medellín, Colombia.

*Especialista en Psicología del Deporte y la Actividad Física en Niños*,  
Universidad Autónoma de Barcelona, España.

*Máster en Psicología del Deporte y la Actividad Física*,  
Universidad Autónoma de Barcelona, España.

## **ADRIANA MARÍA** Velásquez Mejía



*Psicóloga*, Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia.

*Especialista en Farmacodependencia y Alcoholismo*. Fundación Universitaria Luis Amigó,  
Medellín, Colombia.

*Máster en Psicología de la Actividad Física y el Deporte*. UNED, Madrid, España.

## **LUIS EDUARDO** Contreras Vergara



*Médico y cirujano*. Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Especialista en Medicina del Deporte*. Universidad Federal Río Grande do Sul,  
Porto Alegre, Brasil.

*Especialista en Educación Física: Entrenamiento Deportivo*. Instituto de  
Educación Física de la Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Especialista en Alto Rendimiento Deportivo*. Universidad Castilla la Mancha  
y Comité Olímpico Español.

*Antropometrista* Nivel 2, ISAK.

**LUIS HERNANDO** Valbuena Ruiz

*Licenciado en Educación Física*, Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC), Tunja, Colombia.

*Especialista en Entrenamiento Deportivo*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Antropometrista* ISAK nivel 2.

**MARÍA MERCEDES** Becerra Martínez

*Enfermera*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Educadora física*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Magíster en Salud Cardiovascular*, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, Colombia.

*Especialista en Actividad Física y Salud*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

**MAXIMILIANO** Kammerer López

*Educador físico*, Politécnico Colombiano Jaime Isaza Cadavid, Medellín, Colombia.

*Nutricionista dietista*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Especialista en Nutrición Aplicada a la Actividad Física y el Deporte*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Magíster en Ciencias de la Alimentación y Nutrición Humana*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Antropometrista* ISAK nivel 2.

**OLGA LUCÍA** Quiroz Bastidas

*Nutricionista dietista*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Especialista en Actividad Física y Salud*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Antropometrista* Nivel 2 ISAK.

**ÓSCAR MARIO** Cardona Arenas

*Médico*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Magíster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo*, Instituto de Medicina Deportiva, La Habana, Cuba.

*Especialista en Entrenamiento Deportivo*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Maestría en Rendimiento Físico y Deportivo*, Universidad Pablo de Olavide, Sevilla, España.

*Especialista en Alto Rendimiento Deportivo*, Comité Olímpico Español, Universidad de Castilla la Mancha, España.

*Antropometrista* nivel 2 de la ISAK.

**FELIPE EDUARDO** Marino Isaza

*Médico y cirujano*, Universidad de Antioquia, Medellín, Colombia.

*Magíster en Control Médico del Entrenamiento Deportivo*, Instituto de Medicina Deportiva, La Habana, Cuba.

*Especialista en Medicina de la Actividad Física y el Deporte*, Universidad Pontificia Bolivariana (UPB), Medellín, Colombia.

*Antropometrista*, Instructor Nivel 3 de la Sociedad para el Avance de la Cineantropometría (ISAK).

**HUGO ALEXANDER** Osorio Jaramillo

*Médico*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

*Especialista en Medicina de la Actividad Física y el Deporte*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.



*Antropometrista* ISAK nivel 1.

*World Rugby Medical Educator*.

**ESMERALDA** Rosas Restrepo

*Médica*, Universidad CES, Medellín, Colombia.

*Especialista en Medicina de la Actividad Física y el Deporte*, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia.

 <p>Universidad Pontificia Bolivariana</p>	<p><b>SU OPINIÓN</b></p>	
<p>Para la Editorial UPB es muy importante ofrecerle un excelente producto. La información que nos suministre acerca de la calidad de nuestras publicaciones será muy valiosa en el proceso de mejoramiento que realizamos.</p> <p>Para darnos su opinión, comuníquese a través de la línea (57)(4) 354 4565 o vía correo electrónico a <a href="mailto:editorial@upb.edu.co">editorial@upb.edu.co</a></p> <p>Por favor adjunte datos como el título y la fecha de publicación, su nombre, correo electrónico y número telefónico.</p>		

Esta obra se publicó en archivo digital  
en el mes de diciembre de 2019.



Medicina, nutrición, laboratorio clínico, psicología, enfermería, educación física, entrenamiento deportivo, odontología, fisioterapia, biomecánica, todas áreas que confluyen en un mismo objetivo: el bienestar del deportista y su resultado deportivo. Un complemento necesario para entender la respuesta de las cargas del entrenamiento y las modificaciones que estas producen en el organismo del deportista. Experiencia basada en 43 años de trabajo con el deporte del departamento de Antioquia, el cual ha llegado a niveles de competencia significativos, y ha traído para el país campeones mundiales y olímpicos.



Este libro es el resultado del trabajo conjunto de las diferentes áreas del conocimiento en la Oficina de Medicina Deportiva de Indeportes Antioquia, como aporte al proceso de apoyo del deporte asociado en el departamento. El objeto de la publicación se enfoca en la salud del deportista y en cómo su entrenamiento modifica las respuestas del organismo a las cargas recibidas, para permitir un mejor rendimiento en el tiempo. Este texto hace parte de los productos de extensión a la comunidad. La obra será de gran ayuda a los profesionales que se forman en los diferentes postgrados relacionados con el deporte que se ofrecen en las universidades colombianas, y también a aquellos que laboran en clubes y organizaciones deportivas, para lograr una visión más real de lo que se debe hacer en el control del entrenamiento en una serie importante de modalidades deportivas que incursionan cada vez más en los ámbitos nacional e internacional en nombre de Antioquia.



GOBERNACIÓN DE ANTIOQUIA



PIENSA EN GRANDE