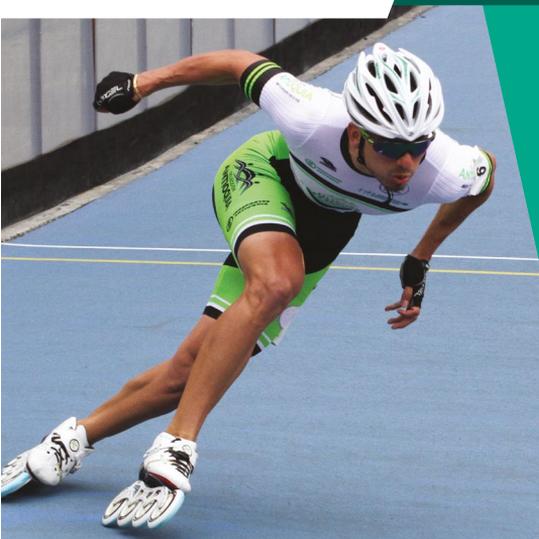




**INDEPORTES
ANTIOQUIA**

CONTROL BIOMÉDICO del entrenamiento deportivo



GRUPO DE MEDICINA DEPORTIVA Y
Ciencias aplicadas al deporte



**Universidad
Pontificia
Bolivariana**

© Indeportes Antioquia
© Editorial Universidad Pontificia Bolivariana
Vigilada Mineducación

Control biomédico del entrenamiento deportivo

ISBN: 978-958-764-770-9

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

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

Primera edición, 2019

Gran Canciller UPB y Arzobispo de Medellín:

Mons. Ricardo Tobón Restrepo

Rector General:

Pbro. Julio Jairo Ceballos Sepúlveda

Vicerrector Académico:

Álvaro Gómez Fernández

Editor:

Juan Carlos Rodas Montoya

Compilador:

Felipe Eduardo Marino Isaza

Coordinación de Producción:

Ana Milena Gómez Correa

Diseño y Diagramación:

Mauricio Morales Castrillón

Corrección de Estilo:

Delio David Arango

Fotografía:

Rodrigo Mora Quiroz - Indeportes Antioquia

Dirección Editorial:

Editorial Universidad Pontificia Bolivariana, 2019

Correo electrónico: editorial@upb.edu.co

www.upb.edu.co

Telefax: (57)(4) 354 4565

A.A. 56006 - Medellín - Colombia

Radicado: 1575-08-05-17

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

JUNTA DIRECTIVA INDEPORTES ANTIOQUIA

Luis Pérez Gutiérrez
Gobernador

Baltazar Medina
*Presidente Comité Olímpico Colombiano
Representante de Coldeportes*

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

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

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

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
*Gerente de Indeportes Antioquia
Invitada*

Mariola González Villa
*Jefe Oficina Jurídica Indeportes Antioquia
Secretaria*

COMITÉ DE GERENCIA

Lisana Sofía Sánchez Ledesma
Gerente de Indeportes Antioquia

William de Jesús Moncada Ospina
Subgerencia de Fomento y Desarrollo Deportivo

Alpidio Betancur Zuluaga
Subgerencia Administrativo y Financiero

Luis Eduardo Cuervo Tafur
Subgerencia de Deporte Asociado y Altos Logros

Catalina Pérez Zabala
Asesora de Gerencia

Lina María Galeano Zapata
Oficina de Talento Humano

Óscar Mario Cardona Arenas
Oficina de Medicina Deportiva

Lucrecia Londoño Builes
Oficina de Control Interno

Álvaro Alonso Villada García
Oficina de Sistemas y Apoyo Financiero

Fredy Rodríguez Agudelo
Oficina Asesora de Planeación

Diana Milena Jaramillo Pérez
Oficina Asesora de Comunicaciones

Mariola González Villa
Oficina Jurídica

CON TROL

**BIOMÉDICO
DEL ENTRENAMIENTO
EN 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 cubre 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).

Crateriums

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^2) que los escaladores (175 a 180 cm de al-

tura, 60 a 66 kg de peso y BMI de aproximadamente 19-20 kg/m²). 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 (VO₂), 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 VO₂ más bajas 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 anaeróbicas 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 cuestras, 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 $\text{VO}_{2\text{Max}}$, por ejemplo) varían en función de las dimensiones corporales, sin que necesariamente eso implique que las modificaciones que se presentan 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 período 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/Kg ^{0.32} en el UV2 | Watts/Kg ^{0.79} 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 CO₂, el consumo de O₂ y el cálculo de otros indicadores derivados de los anteriores).

Ergometría con tomas de lactato

Determinación de parámetros máximos

- VO₂ 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

- VO₂.
- 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

- VO₂.
- 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.