

## PLANIFICACIÓN Y CONTROL DEL ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA MEDIA PARA DEPORTISTAS DE ALTO NIVEL (I)

### PLANNING AND CONTROL OF THE TRAINING IN THE HALF HEIGHT FOR SPORTSMEN OF HIGH COMPETITION (I)

En las condiciones actuales del deporte moderno, los factores del medio ambiente ejercen una gran influencia en el organismo humano. La celebración de las principales competiciones en países y climas totalmente distintos facilitan la aparición, en el sistema de preparación del deportista, de diferentes problemas debidos a cambios geográficos, desfase de horarios, altitud, contaminación y temperatura.

El problema de la optimización del entrenamiento y de la competición a partir de los factores naturales se ha agudizado en los últimos años debido al fuerte aumento de competiciones celebradas durante el año en diferentes lugares del mundo. En este artículo, abordaremos esta problemática, haciendo énfasis en el entrenamiento en la altura media para los deportistas de alto nivel.

El problema de la adaptación de los deportistas a la altitud surgió por primera vez cuando el COI decidió celebrar los Juegos Olímpicos de 1968 en México, situado a una altitud de 2240 m sobre el nivel del mar. A mediados de los años 60, distintos laboratorios de Medicina del Deporte y de Ciencias Aplicadas al Deporte del mundo investigaron intensamente posibles vías efectivas para la adaptación de los deportistas a las condiciones climáticas y geográficas de México. Los resultados de dichas investigaciones no sólo permitieron solucionar algunos de los problemas especiales de la preparación de los equipos y deportistas para dicha Olimpiada, de los países con mayor desarrollo científico, sino que sirvieron de base para la posterior

elaboración de los más diversos problemas de la adaptación del organismo del deportista de alto nivel a los factores del medio natural que ejercen una fuerte influencia en la efectividad de su entrenamiento y de las competiciones.

El entrenamiento en la altura media ha entrado en la práctica de la preparación de los atletas de rendimiento como un factor que estimula la adaptación a las cargas de entrenamiento y de competición; y, a su vez, es un método para el desarrollo de la capacidad funcional motora resistencia.

### RENDIMIENTO DEPORTIVO Y LA ALTITUD

El efecto de la altitud sobre el rendimiento alcanza el máximo en los primeros días después de la llegada, antes de que tenga lugar la adaptación fisiológica. El consumo máximo de oxígeno (VO<sub>2</sub> Máx.) llega al mínimo durante esta fase. La disminución de la capacidad aeróbica es proporcional al aumento de la altitud<sup>4,11</sup>:

- A 5.000 m, la capacidad aeróbica (VO<sub>2</sub>Máx) disminuye un 50%.
- A 4.000 m, se reduce en un 20-25%. Puede llegar hasta un 30%.
- A 3.000 m, disminuye como mínimo en un 12-15% y puede llegar hasta un 20%.
- A 2.000-2.300 m se observa una disminu-

**Armando E. Pancorbo Sandoval**

Médico especialista en Medicina del Deporte. Profesor Titular de la Universidad de la Habana y Matanzas, Cuba. Profesor y Director Científico del Instituto de Medicina del Deporte de la Universidad de Caixas do Sul, Brasil

#### CORRESPONDENCIA:

Armando E. Pancorbo Sandoval. Rua Clelia Manfro 1897 Apto. 208 Bairro Petrópolis. CEP: 95070-490 Caxias do Sul, RS, Brasil  
 Tel.: 55-54-2182736 - 55-54-2129490. Email: apancor@hotmail.com

**Aceptado:** 10-06-2003 / Formación Continuada n° 169

ción del  $\text{VO}_2$  Máx. aproximadamente del 5% como mínimo y hasta un 12-15%.

La disminución del  $\text{VO}_2$  Máx. se produce a partir de los 1500m, donde existe una presión barométrica inferior a los 650 mm. Después de este nivel, el  $\text{VO}_2$  Máximo disminuye aproximadamente en un 1% por cada 100 m de altitud.

Esta intolerancia a la altitud se agrava con la intervención de otros factores como enfermedades (especialmente enfermedades víricas y cardiovasculares), desfase de horario, cambios marcados en la temperatura, deshidratación y pocas horas de sueño. Hay también grandes variaciones individuales en cuanto al efecto de la altitud sobre el rendimiento deportivo.

La disminución de la presión y de la densidad atmosférica según la altura provocan una disminución de la presión barométrica, de la presión parcial de los gases que componen el aire atmosférico. La disminución de la presión parcial del  $\text{O}_2$  con el aumento de la altura y con el consiguiente incremento de las condiciones hipóxicas desencadena una disminución de la cantidad de  $\text{O}_2$  en el aire alveolar y, por ende, un peor suministro de oxígeno a los tejidos.

Con el aumento de altura, la temperatura del aire va disminuyendo aproximadamente unos  $6,5^\circ \text{C}$  por cada 1000 m de altitud. También desciende la humedad relativa del aire y disminuye la fuerza de la gravedad.

Todo lo anteriormente expuesto provoca condiciones especiales, radicalmente diferentes de las del nivel del mar, para la actividad del organismo del deportista relacionado a las cargas del entrenamiento y de competición de distinto carácter, magnitud y finalidad.

Está demostrado que la disminución de la densidad del aire en la altura hace aumentar los índices de fuerza-velocidad. Por ejemplo<sup>6,7</sup>, la densidad del aire a una altitud media de 2200-2400 metros corresponde, en una carrera de velocidad a la acción del viento de espalda, o sea a favor del velocista, con una velocidad, de 1,5-1,7 m/s, lo cual explica los excelentes resultados en las com-

petencias en altura media en las carreras de 100, 200 y 400 m planos en el atletismo, así como en las carreras de patinaje de 500 m y en los eventos puros de velocidad en el ciclismo. Se acepta, por lo general, que la altitud tiene efectos positivos sobre los eventos deportivos de menos de 2 minutos de duración. Para muchos entrenadores e investigadores del deporte, se considera la altitud como un factor positivo para estas disciplinas deportivas; pero a su vez, se considera que los eventos más largos de duración se ven afectados al efectuarse en condiciones de altitud. En condiciones de altura media, también mejoran las marcas del área de lanzamiento del atletismo. Por ejemplo, estudios efectuados han demostrado que, como media, los lanzamientos con martillo alcanzan 53 cm más, el disco 162 cm, la impulsión de la bala 5 cm y la jabalina 69 cm. El área de saltos en la disciplina de campo y pista, también se beneficia. Un ejemplo lo fue el salto alcanzado en salto largo por el norteamericano Bob Beamon en México '68.

Al mismo tiempo, la importante disminución de la presión parcial de  $\text{O}_2$  del aire en la altura media (por ejemplo en Ciudad México es 1/4 inferior al mismo índice al nivel del mar), provoca una brusca disminución de la entrada de oxígeno en el organismo durante el proceso respiratorio y peores resultados en las disciplinas comprendidas en el grupo de los deportes de resistencia, donde la fuente energética principal es la aeróbica. Se considera que las pruebas de más de 2 minutos de duración se ven afectadas negativamente por el factor altitud. De forma general, en eventos de fondo de campo y pista, que se celebran en la altitud media o alta, son dominados, prácticamente, por deportistas de élite de estos países, producto de su calidad deportiva, pero también por desarrollarse en su medio. Un ejemplo de esto fue que en la Olimpiada de México las carreras masculinas del atletismo fueron dominadas por países altiplanos en 6 carreras, 5 fueron medallas de oro, 4 de plata y 2 de bronce. Pero, siendo justos, también observamos que estos deportistas, en su mayoría, son los que dominan en condiciones del mar, aunque no tan marcadamente como en las competencias celebradas en la altitud. Sin duda, las condiciones antropo-

métricas y funcionales de estos deportistas y su adaptación de vida y del entrenamiento en condiciones de altitud media es un factor positivo para obtener buenos resultados en las disciplinas de resistencia, siendo más marcado en los eventos de fondo del atletismo. La primera alerta la produjo el famoso corredor de Etiopía (3000 m de altura sobre el nivel del mar), Abebe Bikila, en la Olimpiada de Roma'60, hasta nuestros días en que los deportistas de Etiopía, Kenya, entre otros, se encuentran en la vanguardia en estas disciplinas. Recordamos que en Sydney 2000, en el sexo masculino, los eventos del atletismo a partir de los 1500 m fueron dominados por deportistas africanos de países altiplanos como son los casos de Etiopía y de Kenya principalmente, sólo se les escapó la marcha deportiva de 20 y 50 km, donde, no obstante, otro país altiplano obtuvo una de plata y otra de bronce. En el atletismo femenino no ocurre así, debido a que muchos de estos países altiplanos no son países desarrollados y sus propias culturas, en ocasiones, dificultan la práctica deportiva de forma masiva en la mujer, aunque en Sydney se observó un pequeño despegue.

En realidad esta situación no ocurre en otras modalidades de resistencia como la natación, remo, piragüismo (kayak-canoa), ciclismo, debido a diferentes condiciones como las características morfológicas y funcionales de estas disciplinas, pero también por los implementos deportivos (costosos en la mayoría de estas disciplinas) y sistemas de entrenamiento que son necesarios utilizar y que no sólo depende de realizarla por el medio normal de locomoción del hombre en condiciones de bipedestación. Muchos de estos deportistas necesitan entrenar en condiciones de altura media para obtener resultados en el deporte de alto rendimiento, en condiciones de mar o en la altura.

Hemos observado como en países que se encuentran situados sobre la altitud media o elevada<sup>7</sup> sus equipos deportivos de conjunto son prácticamente invencibles en casa, al recibir a otros países con equipos superiores. Un ejemplo ocurre en las eliminatorias de Fútbol de Sudamérica para las Copas del Mundo, siendo esto mucho más marcado en ciudades altipla-

nas ubicadas a partir de los 3000 m de altura sobre el nivel del mar.

Hasta ahora, nos hemos referido sólo a las disciplinas deportivas que se benefician, o se pueden perjudicar, en las competencias que se realizan en la altura. Durante el desarrollo de esta publicación y sobre todo en la segunda parte nos referiremos a esto, pero, principalmente, a la importancia del entrenamiento en la altura media con la finalidad de mejorar, posteriormente, nuestro rendimiento a nivel del mar y los efectos del entrenamiento de la altura sobre el organismo humano. Debemos recordar que el entrenamiento en altura media es, también, un método de entrenamiento para desarrollar la capacidad funcional motora resistencia.

## **LA SALUD DEL DEPORTISTA Y LA ALTITUD**

Debemos tener en cuenta una serie de trastornos médicos que pueden afectar a las personas no aclimatadas durante las primeras horas de exposición a una altitud superior a los 1500 m. Recordar que el colectivo que acompaña a los deportistas en las estancias en la altura, en ocasiones, no son personas sanas y/o mayores de edad, que a veces son sedentarias y pudieran equivocadamente tratar de iniciar un programa de ejercicios en condiciones de altura. Algunas de estas personas pudieran tener determinados factores de riesgo de salud para los que la sola presencia en la altura puede ser peligroso. No escapan de esta situación deportistas de alta competición, saludables y jóvenes, con un mal diseño de entrenamiento y/o de competición de adaptación a la altura. No es objetivo de esta publicación intercambiar sobre estas situaciones, pero en diferentes publicaciones se aborda el tema, incluido en mi libro, recientemente publicado (Pancorbo 2002).

## **RESPUESTA HORMONAL AL ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA**

Diferentes estudios realizados han demostrado modificaciones endocrinas durante la estancia

en la altura, siendo las más marcadas en la altura extrema, o sea superior a los 4000 m. Dentro de estos cambios tenemos<sup>4</sup>:

- Los ejercicios en la altura extrema (superiores a los 4000m) originan la elevación de la hormona del crecimiento (GH). Por otra parte, la GH está más elevada en reposo en los nativos de las montañas que en los individuos que habitan al nivel del mar.
- En altura extrema el incremento de cortisol suele desaparecer a los 10 días, coincidiendo con el final de la etapa de aclimatización.
- Relacionado a la hormona antidiurética (ADH), no existen datos concluyentes de sus modificaciones en alturas extremas, aunque cabe suponer que participa en las alteraciones del metabolismo del agua y en “el mal agudo de montaña”, respuesta patológica relativamente habitual en las alturas extremas.
- Como conocemos, el proceso de la eritropoyesis está controlado por la hormona eritropoyetina, la cual es muy sensible a la hipoxia, que ocurre en la estancia de los entrenamientos en la altitud. El déficit de O<sub>2</sub> estimula la producción de eritropoyetina, con la consecuente producción de eritrocitos y de Hb para aumentar la posibilidad de captar O<sub>2</sub> por la Hb. Éste es uno de los objetivos que persigue el entrenamiento en la altura media con vistas a un trabajo más eficiente y económico al regreso en condiciones del llano.

### **ALGUNAS CONSIDERACIONES PARA PREVENIR ESTADOS PATOLÓGICOS Y/O MALAS ADAPTACIONES DURANTE EL ENTRENAMIENTO EN LA ALTURA**

Debemos de insistir en:

- Estado de salud óptimo (conocer el estado de salud de cada miembro del colectivo).

Disponer de los recursos médicos para la atención de urgencia y traslado del afectado.

- Diseño de la planificación y control del entrenamiento durante la estancia en la altitud. Cumplimientos de los objetivos planificados por el colectivo de entrenadores y el personal médico.

### **EFFECTOS DE LA ALTURA MEDIA SOBRE EL ORGANISMO DEL DEPORTISTA**

Altitudes superiores a 1600 m, especialmente entre los 1800-2800 m, provocan modificaciones importantes en el proceso del entrenamiento y *pueden aumentar* el rendimiento deportivo en competición; si la metodología del entrenamiento utilizada previamente, durante y posteriormente a la altura ha sido la adecuada, existiendo un buen control del mismo.

La deficiencia de O<sub>2</sub> (hipoxia), la radiación solar, la ionización de la atmósfera y los factores climáticos específicos producen las modificaciones fisiológicas con respuestas inmediatas y tardías a la aclimatización<sup>1,2,3,6,7,9</sup>.

- Respuestas inmediatas: aumento de la frecuencia cardíaca, el gasto cardíaco, la frecuencia respiratoria, el volumen minuto respiratorio, la redistribución de flujo sanguíneo; cambios en la afinidad de la Hb por el O<sub>2</sub>, hemoconcentración (debido en un principio a la reducción del volumen plasmático), aumento de la hemoglobina y de los eritrocitos circulantes por eritropoyesis (que comienza después de 2-3 días y que se mantiene mientras que el individuo permanezca en la altura), aumento del 2-3 difosfoglicerato (DPG) en los eritrocitos que facilita la liberación del O<sub>2</sub> transportado por la Hb a nivel de tejido, alcalinización de la sangre, aumento de mioglobulina (la cual facilita la absorción del oxígeno de la Hb por parte de los músculos), cambios en las enzimas celulares. Existe un aumento en la redistribución del flujo sanguíneo. Metabólicamente, la hipoxia estimula la hiper-

ventilación. Esta situación reduce el dióxido de carbono arterial, lo cual, a su vez, produce alcalosis respiratoria y la consiguiente excreción renal de bicarbonatos, en un intento de restablecer el pH normal. Puede estar acompañado este período de insomnio, trastornos digestivos, poca economía durante las cargas de entrenamiento y recuperación, sensación de sed, pérdida de peso a expensas de masa corporal activa. Si el entrenamiento y la recuperación no son los adecuados, pueden ocurrir procesos catabólicos.

- Respuestas tardías: Recuperación gradual del sistema cardiorrespiratorio, aumento de la formación de Hb, recuperación del flujo sanguíneo normal, retorno al pH normal,

conservación de la utilización de la glucosa, cambios en la secreción hormonal, aumento del número de mitocondrias y adaptación metabólica. La respuesta al entrenamiento es más económica. Recordar que el grado de adaptación es individual para cada deportista.

Si la relación entrenamiento-recuperación no es adecuada, van a predominar procesos catabólicos, siendo la estancia perjudicial.

La realización del entrenamiento en la altura media, durante una estancia de 20-24 días, realizado correcta e individualmente, supone un incremento de la capacidad resistencia (Zintl, 1991), citado por Navarro<sup>6</sup>.

---

\*La bibliografía citada se publicará en la tercera parte del artículo