

DE CARA A MEJICO

Problemas del deporte en la altura

A. CASTELLÓ ROCA.

I. — RESPIRACION

El doctor PER-OLOF ASTRAND al comentar las Olimpiadas de Esquí celebradas en Squaw Valley a 1.840 metros, escribía: «Creo que debemos felicitarnos de que todos los esquiadores de fondo que tomaron parte en las competiciones de Squaw Valley sobrevivieran». Por su parte JOKL, señala las indisposiciones y molestias sufridas por atletas norteamericanos acostumbrados a correr a nivel del mar, en los Juegos Pan-Americanos y en los Campeonatos de Albuquerque en 1963.

Se ha exagerado mucho sobre lo que pueda influir la altura en las Olimpiadas de 1968. Si se siguen unas normas médicas adecuadas en la preparación de los participantes, los resultados serán, exactamente los mismos, que si se hubiesen realizado las pruebas a nivel del mar.

El doctor J. MENESES ha estudiado durante más de 25 años la acción de las altitudes moderadas sobre el organismo humano, insistiendo en que existe la creencia errónea, de que la altitud de la Ciudad de Méjico (2.240 metros) o altitudes semejantes entre 1.500 y 2.700 m.), de la altiplanicie mejicana, significan un aumento de trabajo del corazón para los aclimatados y que causa gran impacto en quienes, viniendo de lugares bajos, necesitan aclimatarse al «altiplano». Este prejuicio es erróneo porque concede una importancia exagerada a altitudes moderadas como la de Ciudad de Méjico, muy lejos de los límites superiores de la zona de aclimatación (recuerden la clasificación de las zonas de aclimatación de WYSS-DUNANT, publicada en esta Revista).

Los estudios de MENESES, proseguidos desde 1932, permiten afirmar lo erróneo de dicho prejuicio, al demostrar que todas las constantes fisiológicas del corazón y de la circulación de la sangre son sensiblemente iguales en Ciudad de Méjico y en lugares bajos de Argentina, Estados Unidos y Europa. Según MENESES, este «prejuicio de altitud», debe atribuirse a JOURDANET, que fue a Méjico cuando la intervención francesa, publicando un libro «L'anoxemie barometrique des altitudes», plagado de inexactitudes pero que sirvió de base al citado prejuicio.

Como ya señalé en artículos anteriores, la agresión de la altura sobre el organismo se apoya en el frío, la sequedad de la atmósfera y la hipotensión de oxígeno. En Méjico, el frío no causará ningún problema ya que las temperaturas en la época en que están previstas las Olimpiadas no se sobrepasan los 21° C., ni descienden más allá de los 13° C., y la humedad se mantiene en un mínimo de 60 % y un máximo de 75 %.

Por tanto, nuestros deportistas no deben presentar ningún problema en cuanto a temperatura y humedad, ya que muchas veces se celebran en España competiciones oficiales con temperaturas y cifras de humedad mucho menos fisiológicas que las citadas de Ciudad de Méjico.

Las radiaciones ultravioletas actúan con mayor intensidad, pero las precauciones habituales serán ampliamente suficientes para evitar las quemaduras solares.

Por tanto, el auténtico problema que se presenta es la disminución de la tensión de oxígeno. La respiración adquiere, por consiguiente, una importancia capital, definitiva, en el rendimiento del deportista en la altura. Ahora bien, llama la atención el que todos los auto-

res, al tratar el tema, se refieran a alturas siempre superiores a los 2.500 m., como por ejemplo el cuadro de RUFF y colaboradores, publicado en el libro de ROSSIER, BULLMAN y WIESSINGER.

CUADRO I

RESPIRACION EN LA ALTURA (Ruff, Strughold y Bircher)

Altura m	Presión atmosférica- m. m. Hgs.	Presión parcial O ₂ mm. Hg.	Presión alveolar O ₂	Saturación Sangre O ₂	Síntomas en los sujetos no adaptados
2.600	564	108	67	90	Disminución atención, no percibida subjetivamente. — Eventualmente somnolencia. — No hay aun hiperventilación significativa en reposo.
3.200	518	98	52	85	Somnolencia y disminución de la atención. — Hiperventilación notable, que se percibe subjetivamente.
4.500	446	84	45	77	Los mismos síntomas son aun más marcados y representan ya una molestia considerable.
5.200	412	76	38	71	Perturbaciones graves de la atención. — Hiperventilación masiva. — Cefaleas. — Euforia.
6.000	364	66	34	66	Colapso inminente.
7.500	280	47	30	50	Colapso en menos de un minuto de exposición.

(Del libro «Fisiología y fisiopatología de la respiración». — H. Rossier, A. Bühlmann, K. Wiesinger. — Ed. Delachaux et Niestlé —1962— Neuchâtel. — Suiza).

El perfecto rendimiento del organismo del atleta viene supeditado a la oferta de oxígeno que reciben los tejidos que trabajan. No sorprende que los entrenadores, conocedores del enorme y brutal consumo energético que desarrolla el músculo cuando se solicita el máximo rendimiento, teman que las marcas conseguidas a nivel del mar no puedan igualarse en Méjico, debido a no ser posible facilitar al músculo todo el oxígeno que necesita.

Veamos lo que sucede a nivel del mar, a 760 mmHg. de presión atmosférica, con una presión parcial de oxígeno de 159 mmHg. En estas condiciones el oxígeno que está en los alvéolos pulmonares disfruta de una presión de 103 mmHg. que consigue saturar, en un 95 %

la hemoglobina de la sangre. De esta forma se facilita entre 19,5 a 20,5 c. c. de oxígeno por 100 c. c. de sangre, o sea, 200 c. c. de oxígeno por litro. En Ciudad de Méjico, a 2.240 m. la presión barométrica es de 578,6 mmHg. y la presión parcial de oxígeno en los alvéolos pulmonares es de 77 mmHg., esto permite una saturación de la hemoglobina de un 92 a 93 %.

Es muy interesante señalar las discordancias que presentan las cifras de concentración alveolar de oxígeno y de saturación de hemoglobina, publicadas por diversos autores; como ejemplo incluyo el cuadro del libro de WIGGERS, el del trabajo de ASTRAND, cito los datos de BUIKLISKI y ruego repasen el cuadro de RUFF.

CUADRO II

Presión alveolar de O_2 mmHg.	Altitud Pies	Presión barométrica	Saturación de la sangre arterial en 2_2 %
100	0	760	96
84	4.000	656	94
76	7.000	586	90
67	10.500	512	88
54	14.500	438	80
41	19.000	364	73

Este cuadro del que se han suprimido columnas y reducido su extensión está publicado en «Fisiología Normal y Patológica», de Wiggers». Ed. Espasa-Calpe, 1949 (pág. 447).

Altura Pies	Presión de Oxígeno en mm. Hg.		
	Metros	Aire inspirado	Aire alveolar
Nivel del mar		159	103
2.000	610	148	94
4.000	1.219	137	85
6.000	1.829	127	76
8.000	2.438	118	66

Publicado en el trabajo de Per-Olofstrand.

Buikliski señala en su trabajo «Efectos de la altitud sobre el organismo humano en los Andes Venezolanos» que a 2.000 m. la concentración alveolar de O_2 de 75 mm. Hg. da un 92 % de concentración de hemoglobina.

Tratándose de Méjico doy más valor a los cálculos realizados en América por MENES, BUIKLISKI y la Escuela del Instituto de Biología Andina, que dirige CARLOS MONJE. No es arbitraria esta elección, ya que en Europa, el mal de montaña está claramente instaurado a 3.000 m. en el Cáucaso, a 3.500 m. en los Alpes, mientras que en Méjico a 2.240 m. prácticamente no se manifiesta y en el Himalaya se pueden superar los 4.000 m. sin que se presente el mal de montaña. Esta diferencia de altitud en la presentación de los síntomas y signos del mal de montaña, ha sido señalado, no sólo por los científicos, sino también por los montañeros que han realizado expediciones a las montañas de fuera de Europa.

En relación con el intercambio respiratorio existen dos factores capaces de limitar la capacidad de esfuerzo de un individuo:

1.º La cantidad máxima de oxígeno que puede absorber, transportar y utilizar por minuto, que está determinada por la eficacia con que los sistemas respiratorio y circulatorio realizan sus ajustes adecuados. Individuos sanos y preparados alcanzan una absorción máxima de 4 litros/minuto (CHRISTENSEN), aunque CARRASCO cita un caso de 5,5 litros/minuto. Este factor *limita la velocidad* de un ejercicio.

2.º El otro factor, limitante de los ejercicios más violentos, es el volumen de la deuda de oxígeno que el organismo puede contraer. Este factor *limita la duración* de un ejercicio. En una carrera de 100 m. el corredor desarrolla su máxima velocidad y en los 10-11 segundos que dura la carrera apenas si absorbe oxígeno. Todo el esfuerzo lo realiza adquiriendo una deuda de oxígeno que pagará durante la fase de recuperación. Cuanto mayor pueda ser la deuda de oxígeno que el organismo soporte, mayor será el tiempo durante el cual podrá mantener dicha velocidad. Esta deuda de oxígeno es distinta para cada individuo, es mayor en los atletas bien entrenados y se calcula su máximo en 20 litros de oxígeno.

La primera reacción del aparato respiratorio en la altura es un aumento del débito respiratorio, consiguiendo que llegue a los pulmones la misma cantidad de oxígeno que a nivel del mar. El volumen respiratorio aumenta proporcionalmente a la depresión atmosférica. En los estudios realizados en la Jungfrau a 3.450 m. se determinó un aumento de un 25 %. No tengo datos de Ciudad de Méjico, ya que todos los estudios realizados sobre la hipoxia en la altura se llevan a término por encima de 3.000 metros. Ahora bien, teniendo en cuenta que los futuros campos Olímpicos están más de mil metros por bajo de la Jungfrau, el aumento de ventilación pulmonar será muy pequeño y no puede influir, en absoluto, en limitar las posibilidades de aumento del volumen respiratorio que, durante el máximo esfuerzo, se puede solicitar. Tengan en cuenta que el trabajo de los músculos respiratorios y el consumo de oxígeno de dicha musculatura aumentan en razón exponencial y no lineal con el aumento de la ventilación, por ello el nivel de ventilación máxima no se alcanza jamás. (ROSSIER-BUHLMANN-WIESINGER).

Este aumento del débito respiratorio en la altura disminuye la presión parcial de CO_2 , con lo que aumenta la cantidad de O_2 , en el pulmón y se consigue también un aumento de

la presión parcial de este gas en los alvéolos, con lo que los 77 mmHg. de presión de O₂ que se registra en los habitantes de Ciudad de Méjico, es en realidad de 79-80 mmHg., por ello se dispondrá de mayor cantidad de oxígeno, incluso en el caso de permanecer invariable la velocidad circulatoria, consiguiéndose una mayor oxigenación de la hemoglobina que, prácticamente, llegará a los valores conseguidos a nivel del mar.

Nadie duda de que en las carreras de velocidad, lanzamientos y saltos, que prácticamente se realizan en apnea, aprovechando el metabolismo anaerobio del músculo y solicitando un máximo «préstamo de oxígeno» se igualarán las marcas obtenidas en anteriores Olimpiadas e incluso se superarán, pues la densidad de la atmósfera es menor y puede permitir esta décima de segundo o este medio centímetro de altura que representa un record mundial. Antecedentes no faltan, no siendo preciso recurrir a los atletas sudamericanos o mejicanos, a los que se les puede atribuir una aclimatación racial a la altura, pues atletas americanos, acostumbrados a correr a nivel del mar, han conseguido incluso records mundiales, como el de Luis Jones, atleta norteamericano, que el 19 de marzo de 1955 conseguía el record mundial de 400 m. en Ciudad de Méjico, en 14" 4., precisando más de un año, para batir esta marca en Los Angeles, dejándola en 14" 2.

Las preocupaciones se presentan en las carreras largas, medio fondo y fondo, en que es necesario conseguir un «régimen estable» ya que durante el esfuerzo de muchos minutos, es preciso que una parte más o menos importante de las necesidades de O₂ de la musculatura sean satisfechas durante el curso de la carrera. Para una carrera de 1.500 m. alrededor de la mitad total de las necesidades de O₂ queda asegurada durante la carrera por la respiración, mientras que la otra mitad queda como «deuda de oxígeno», a pagar después de la carrera.

En este tipo de carreras se presentan los temores de directivos y entrenadores que, obsesionados por los 2.240 m. de altura de Ciudad de Méjico, consideran que la musculatura de sus pupilos no recibirá el suficiente oxígeno para conseguir el máximo rendimiento y por tanto las marcas serán netamente inferiores a las normales de los atletas a nivel del mar.

La cantidad de oxígeno absorbido durante un determinado trabajo es la misma en la altura que a nivel del mar. Si se reduce el volumen respiratorio a 760 mmHg. y a 0° C., se constata que un trabajo determinado precisa a cada altura un mismo volumen respiratorio ab-

soluta. Por tanto, el aumento del débito respiratorio en montaña compensa enteramente la depresión atmosférica durante el trabajo muscular proporcionando, si no se superan los 2.500 m. de altura, la misma cantidad de oxígeno a la sangre. Ahora bien, en alta montaña, la respiración, a pesar de llegar a su máxima ventilación, no es suficiente para compensar la disminución de la presión del aire. La cantidad de oxígeno absorbido en montaña disminuye en función de la altura, por consiguiente, la capacidad de trabajo disminuye en las grandes alturas. En el cuadro de CHRISTENSEN quedan consignadas las disminuciones de rendimiento del hombre en la altura. La mínima diferencia que existe entre el nivel del mar y los 2.240 m. permiten que los mecanismos de aclimatación ofrezcan, al organismo humano, las mismas posibilidades que a nivel del mar.

CUADRO III

Altura	0 m.	2810m.	3660m.	4700m.	5340m.
Absorción máxima de O ₂ (litros minuto) (vol. reducido)	3,72	3,02	2,56	2,19	1'80
Trabajo máximo (Kgr./min.)	1.600	1.380	1.180	910	680

Cuadro de Christensen sobre rendimiento de trabajo en la altura.

La respiración, tras su fase de intercambio a nivel alveolar, sigue hacia las células de los tejidos que deben aprovechar el oxígeno cedido por la oxihemoglobina, que en la altura cede con mayor facilidad este gas o sea, el *coeficiente de utilización de oxígeno* aumenta de la cifra normal de 30 % a un 60 ó más por ciento. Cuando pasemos a estudiar la aclimatación y la técnica de conseguirla, insistiré sobre el papel de la respiración celular que, según HURTADO, es la base que permite al hombre, en la altura, rendir exactamente igual que a nivel del mar.

He hablado de un aumento del débito respiratorio que se consigue desplegando todos los alvéolos que a nivel del mar no están en ser-

vicio y aumentando la frecuencia de los movimientos respiratorios. En realidad esto significa aumentar la posición media del pulmón, con el consiguiente aumento del aire residual y disminución de la capacidad vital y en otro sentido, el aumento del número de respiraciones disminuye la cantidad de CO_2 , excitante específico del centro respiratorio. Si no existiesen otras posibilidades de regulación, no hay duda que las posibilidades de rendimiento, del hombre en la altura, disminuiría considerablemente.

Afortunadamente, ni la entrada en funcionamiento de todos los alvéolos, ni el aumento de la frecuencia respiratoria, repercuten sobre la oxigenación periférica en alturas no superiores a 2.500 ó 3.000 m.

Estudios personales realizados en el Valle de Estos, a 1.830 m. de altura, en jóvenes de 16 a 20 años, me ha permitido comprobar la no variación en las cifras de su capacidad vital a nivel del mar y a 1.830 m. En exámenes llevados a cabo en el Refugio Torino a 3.370 m. en montañeros veteranos, pude observar una disminución de su capacidad vital de 1 litro o más durante los primeros días, aunque a los 12 días de permanencia a esta altura de ascensiones a los altos picos alpinos, habían conseguido, estos montañeros, su completa aclimatación, recuperando su capacidad vital e incluso superándola.

DEJOURS-GIRARD y colaboradores, en estudios realizados a 3.600 m. de altura, demuestran que el CO_2 pierde, en los inicios de la permanencia del individuo en la altura, su papel de principal excitante del centro respi-

ratorio y la hipoxia, actuando sobre los quimio-receptores del cayado aórtico y seno carotideo, domina totalmente el control de la respiración. Esto explica que se aumente el ritmo respiratorio y no se produzca una bradipnea, como sería de esperar, por la baja de tensión del CO_2 .

Diversos autores, que han tratado el tema de las competiciones en la altura, señalan la aparición de trastornos orgánicos parecidos al «mal de montaña». No hay duda que si a un atleta se le somete al esfuerzo que representa una carrera de 10.000 m., que forzosamente debe realizar en «régimen estable», aprovechando al máximo el oxígeno que inspira y no se ha tomado la precaución de desarrollar sus mecanismos de compensación a la altura (aclimatación), se presentará una hipoxemia marcada y tendencia a la acidosis, que colocarán a este atleta en la misma situación del turista que ha sido trasladado pasivamente en teleférico o cremallera a más de 3.500 m. de altura.

JOKL, en su estudio, traduce una cierta perplejidad, por estos hechos y hace constar un factor, sobre el que, para mí insiste poco, la preparación psicológica de los atletas. Todos los esquiadores del trabajo de ASTRAND y los atletas de JOKL estaban atemorizados por las explicaciones recibidas sobre lo que les sucedería corriendo en la altura y salieron con una pésima disposición de ánimo. Si a este factor psicológico unimos una mala preparación de altura, obtendremos la explicación deseada.

Para conseguir esta aclimatación desempeñan también un primer papel el sistema circulatorio y la sangre, puntos que serán considerados en el próximo número.

