

## DE CARA A MEJICO

# Problemas del deporte en la altura

DR. A. CASTELLÓ ROCA.

### II. — SISTEMA CARDIOCIRCULATORIO Y SANGRE

Sea cual sea la especialidad deportiva que se practique, es preciso, para conseguir óptimos resultados, disponer de un sistema cardiocirculatorio capaz de adecuarse, rápidamente, a las necesidades del organismo. Obsesionados por la hipoxia, quienes en estos momentos tratan de deporte de altura, piensan que solamente los velocistas, que realizan su esfuerzo prácticamente en apnea, tienen posibilidad de buenas marcas en la mediana y discreta altura de Méjico. No es ésta, ni mucho menos, mi opinión; si recuerdo aquí esta idea, tan generalizada, es para insistir sobre la importancia del corazón y de los vasos, ya que si puede el músculo trabajar en anaerobiosis, precisa que el sistema cardiocirculatorio trabaje a su máximo rendimiento, no sólo durante la carrera, sino después para saldar la «deuda de oxígeno». Un sistema circulatorio debilitado, portador de una mínima lesión, compromete en grado extremo las posibilidades del deportista.

El corazón posiblemente es el órgano al que más atención han dedicado los biólogos deportivos. Se conocen sus medios de adaptación, sus posibilidades de reserva, etc., resulta imprescindible, vista la altura de Ciudad de Méjico, conocer si el corazón y su sistema de distribución deben emplear, a 2.240 m., parte de sus posibilidades de reserva y por tanto enfrentarse al esfuerzo competitivo en déficit o bien si

la aclimatación permite recuperar todas las posibilidades cardiovasculares y ofrecer al deportista las mismas condiciones hemodinámicas de nivel del mar.

No puedo apartarme del esquema de MONJE, para comprender la situación circulatoria del sujeto que se traslada a mediana altura. En la primera fase —enfermedad adaptativa— el corazón, bajo el mando del simpático, se acelera. Los investigadores suizos y norteamericanos, trabajando separadamente, los primeros en la Jungfrauoch y los segundos en el Pikes Peak, llegaron a la misma conclusión, el «débito cardíaco» en esta fase, está aumentado. La hipoxia aumenta la frecuencia cardíaca por intermedio de los centros reguladores bulbares, pues el corazón, «per se», reacciona con un entencimiento frente a la hipoxia y con un aumento considerable de la circulación coronaria. Un descenso de saturación de oxígeno de un 10 - 15 por 100 tiene poco efecto, pero un descenso de un 40 - 50 por 100 puede aumentar la circulación coronaria de 4 a 5 veces.

Esta fase de enfermedad adaptativa es trascendente para el futuro del deportista que se traslada a la altura, pues si es desconocida por quienes le preparan y sin dar tiempo a la *realización de la adaptación* (PESCHERA), o sea, la aclimatación, sobrecargan el sistema cardiovascular con un esfuerzo deportivo contra

cronómetro, obtendrán un tiempo muy superior al habitual del atleta, debido a que una considerable parte del potencial de reserva del corazón está empeñado en la busca de la aclimatación. Aquel máximo volumen cardíaco minuto de 40 lt., no puede dedicarse todo al esfuerzo, por tanto, el rendimiento descende. Una segunda consecuencia, mucho más seria desde un punto de vista biológico, es la posibilidad de que el nuevo stress, «esfuerzo deportivo», desequilibre los mecanismos de adaptación que están en juego, llevando al sujeto al «mal de montaña», que en todos los casos constituye, cuanto menos, un importante retraso en la adquisición de la perfecta aclimatación. Por consiguiente, durante la fase de enfermedad adaptativa, cuando existe taquicardia, no debe someterse al deportista a esfuerzos intensos.

La frecuencia cardíaca descende después de un tiempo de permanencia en la altura. Este tiempo es proporcional a la altura y al cuidado con que se ha llevado la aclimatación. El débito cardíaco también vuelve a las cifras de nivel del mar, pudiendo conseguirse —en la altura de Ciudad de Méjico— este resultado en unos 10 días, estando íntimamente relacionado con la hiperglobulia, la hiperhemoglobinemia, y el aumento del volumen sanguíneo.

Existe una diferencia interesante entre la regulación de la respiración y circulación en la altura. Me refiero al hecho de que siendo permanente la disminución de la presión parcial de oxígeno, la elevación de la frecuencia y del débito cardíaco, comprobado en la primera fase, desaparecen en el curso de la aclimatación, mientras el débito respiratorio queda siempre aumentado en montaña, situación que ya fue comentada.

ROTTA, estudia el índice cardíaco que corresponde al volumen de expulsión, expresado en litros/minuto/m<sup>2</sup>. En los sujetos de nivel del mar (Lima), el promedio fue de 3.50 lt./min./m<sup>2</sup>, mientras que en los residentes temporales (pero aclimatados) en Morococha y en los nativos, el índice cardíaco fue de 3 y 3.33 litros/min./m<sup>2</sup>.

La ausencia de un incremento del gasto cardíaco, en los sujetos normales que viven en las grandes alturas, puede considerarse como uno de los mecanismos de aclimatación a la hipoxia permanente de la altitud.

En la altura existe una moderada hipertensión pulmonar, con una presión sistémica normal. La Escuela de Biología Andina, ha dedicado mucho tiempo al estudio de esta cuestión, con el fin de determinar la causa de esta hipertensión pulmonar. ROTTA encuentra aumentada la resistencia vascular pulmonar, a la que

considera como la causa inmediata de la presión pulmonar alta. Desde la comprobación de Von EULER y LILGESTRAND, de que una disminución temporal de la presión de oxígeno era capaz de producir una hipertensión pulmonar, se consideró que sería debido a un mecanismo vasoconstrictor desencadenado por la hipoxia. WESTCOTT y colb. investigaron la acción de la hipoxia en la circulación pulmonar de 21 sujetos sanos; la resistencia arteriolar en la circulación menor, aumentó, sin excepción, rápidamente. Contrariamente a estas investigaciones, aducen otros autores que los ensayos se hicieron tras un período previo muy corto, de tal forma que aun no se había desarrollado el «steady state». A ROTTA se le hacía difícil aceptar que el hombre normal y bien aclimatado, pudiese vivir con una contracción permanente del sistema vascular pulmonar. CAMPOS señala haber encontrado una marcada dilatación del lecho vascular pulmonar, en sujetos muertos en la altura por accidente. Por otra parte, el hecho de que la inhalación de oxígeno no se tradujera en una disminución de la hipertensión, es también un argumento de fuerza en contra de la acción directa de la hipoxia sobre el tono vascular pulmonar, incluso teniendo en consideración que el tiempo de inhalación fue sólo de 20 minutos.

ROTTA y colb. dirigen su atención a la respuesta policitémica con aumento del volumen de sangre circulante que la hipoxia desencadena. Esta mayor cantidad de sangre circulante puede dar lugar, en determinadas circunstancias, a un aumento del volumen de sangre contenido en el pulmón. MONJE, ha podido demostrar que el hombre en la altura (Morococha 4.500 m.), tiene un contenido de sangre en los pulmones igual a un 19,4 % del volumen total, mientras que a nivel del mar este volumen es sólo de 15,2 %.

HALMAGYI, en su libro «Fisiología clínica de la circulación menor», tras recoger todas las opiniones sobre este particular, resume: «La hipoxia origina en un número significativo de casos una constricción de los vasos de la circulación menor. En numerosos casos, sin embargo, falta esta reacción e incluso aparece dilatación. De estos datos contradictorios se deduce que el problema necesita, aún, nuevas investigaciones».

En 1951, HERNANDO, publica los estudios realizados en Bogotá a 2.640 m. indicando que no observa modificaciones ni en el pulso, ni en la presión arterial, de personas aclimatadas a aquella altura y que incluso, el E. C. G. no presentaba el menor signo de anoxemia.

Se creía que al disminuir la presión atmosférica aumentaría la presión arterial, concepto que está aun vigente en el ambiente popular. De manera general, puede asegurarse que la presión arterial se aparta muy poco de lo normal hasta una altura de 6.000 m. En el sujeto bien aclimatado, se obtienen valores normales o sensiblemente más bajos, tal como se demuestra en el cuadro publicado por MENESES sobre las determinaciones de la presión arterial en Ciudad de Méjico, en comparación con las estadísticas americanas de HUNTER y FROST a nivel del mar.

*Presión arterial.*— Cuadro de exámenes realizados en la Ciudad de Méjico.

Edad (años)	Máx. (auscultación)	Mín. (auscultación)	Media dinámica
De 3 a 10	101 mm. Hg.	70 mm. Hg.	78 mm. Hg.
» 11 a 20	110 » »	75 » »	82 » »
» 21 a 30	115 » »	80 » »	85 » »
» 31 a 40	118 » »	82 » »	88 » »
» 41 a 50	126 » »	86 » »	90 » »

#### DIAMETROS

Longitudinal	115 a 150 132
Transversal	93 a 105 120
Basal	95 a 145

#### LONGITUD EN MILIMETROS

	Dietlen	Roesler	Moritz	Farias
Longitudinal	115 a 150 132	110 a 155	124 a 148	110 a 150 132
Transversal	93 a 105 120	92 a 145 122	114 a 135	90 a 145 116
Basal	95 a 145	80 a 112	97 a 107	90 a 125 108

Esta similitud de medidas es lo suficiente demostrativa de que el corazón no sufre a 2.240 metros ningún aumento de trabajo.

Resulta sumamente interesante conocer los resultados del tests de aptitud funcional del corazón al esfuerzo, estudiado en 500 sujetos, en edad militar, utilizando la prueba de MARTINET. Las cifras medias obtenidas fueron:

Frecuencia pulso en reposo en cama y decúbulo supino	70
Frecuencia pulso en reposo, posición de pie	80
Aumento frecuencia pulso, provocada por el esfuerzo	20
Tiempo de recuperación	2 minutos

Cifras, totalmente superponibles a las respuestas consideradas normales por MARTINET a nivel del mar. Cambio de posición de tendido a posición de pie, de 4 a 8. Aumento tras el esfuerzo, de 16 a 20. Tiempo de recuperación, menos de 3 minutos. Estos datos se apartan tan poco de los normales a nivel del mar que, permiten afirmar la perfecta aclimatación y por consiguiente un exacto rendimiento físico e intelectual (que a nivel del mar)

#### Estadísticas americanas de HUNTER y FROST a nivel del mar.

Edad	Máx.	Mín.
10	103 mm. Hg.	70 mm. Hg.
15	113 » »	75 » »
20	120 » »	80 » »
25	122 » »	81 » »
30	123 » »	82 » »
35	124 » »	83 » »
40	126 » »	84 » »
45	128 » »	85 » »
50	130 » »	86 » »

Así pues, con una tensión arterial igual o más baja que la del nivel del mar, el corazón tiene también un menor trabajo.

Las dimensiones radiológicas del corazón, examinadas por FARIAS en 250 individuos normales en Ciudad de Méjico, permiten demostrar una total concordancia con las medidas de nivel del mar.

He extractado, del cuadro publicado por MENESES, los diámetros más importantes, citando las cifras obtenidas por DIETLEN, ROESLER y MORITZ, a nivel del mar:

a toda persona sana que se traslade a Ciudad de Méjico.

Poco antes de publicar Méjico su Libro Olímpico, se celebró en la capital, el IV Congreso Mundial de Cardiología. Las conclusiones a que llegaron, señalan juicios inapelables sobre lo inocuo de la altitud de Ciudad de Méjico, en la capacidad cardiopulmonar de los deportistas, aunque éstos lleguen de lugares con menor altitud.

Podemos concluir que, en sujetos bien aclimatados, los límites al rendimiento deportivo están condicionados, en la altura, para correr a larga distancia, no por la circulación, sino por la capacidad de la función respiratoria. (DIRINGSHOFEN).

Los órganos hematopoyéticos, en el hombre, toman bajo su responsabilidad el suministro de vectores para el transporte de oxígeno. Los órganos depósito vuelven en esta fase a cumplir su misión, almacenando una adecuada reserva de sangre y los vasos dan cabida a un volumen mayor de sangre. El estudio realizado por J. J. IZQUIERDO, en Ciudad de Méjico, utilizando la técnica de SYDERHELM, modifica-

da por WOLLHEIM, da un volumen de 92,4 c. c. de sangre por kilo de peso, mientras que a nivel del mar, SYDERHELM, WOLLHEIM y GILLIN, obtienen 83 c. c. - 85 c. c. y 87,7 c. c., respectivamente. Este aumento de la cantidad total de sangre circulante se debe a un mayor volumen de hematíes. El plasma, en cambio, está algo disminuido en la altura.

A nivel del mar, el hombre tiene un promedio de 5 millones de glóbulos rojos por mm<sup>3</sup>. En Ciudad de Méjico es de 5.697.000 por mm<sup>3</sup>.

El valor hematócrito es de 51 en la altura de la próxima Olimpiada, siendo de 45 el valor normal a 0 m.

También en la altura aumenta el volumen corpuscular medio que en Ciudad de Méjico es de 92 - 93 micrones cúbicos contra 90 micrones cúbicos a nivel del mar.

Tal vez el aumento de la hemoglobina sea lo que mejor indique el papel de la sangre en la aclimatación. La eritropoyesis acelerada precisa una superproducción de hemoglobina que incluso puede dar lugar a una deficiencia relativa de hierro y un exceso de porfirina.

Se ha comprobado que esta eritropoyesis acelerada, se origina también en caso de permanencia durante largo tiempo en una cámara de hipopresión, pero no se presenta en caso de respirar oxígeno, aunque la cámara se mantenga a una presión inferior a la normal. No hay duda que el déficit de oxígeno es el determinante del aumento de hemoglobina, pero su mecanismo íntimo no está bien conocido. FORSTER, encontró que el suero de conejos que durante uno o dos días habían estado expuestos a una atmósfera enrarecida que correspondía a 5.000 m., inyectado a animales anémicos aceleraba su regeneración sanguínea. La hipótesis de la existencia de una «Hemopoyetina», debe tenerse en consideración. Muchos datos, dice BENZINGER, hablan en favor de que la deficiencia de oxígeno determina el desarrollo de reacciones bio-químicas especiales y que por los productos de estas reacciones y no directamente por la deficiencia de oxígeno, se pone en función un grupo de adaptaciones. La hemoglobina a nivel del mar es de 16 grs. por %, mientras en la altura antes citada llega a 20,2 grs. %. RICHARDS, ha comprobado a 4.600 m. un aumento de la hemoglobina de 45 % sobre el contenido en hemoglobina normal a nivel del mar, añadiendo que se precisan unos 15 días para alcanzar el citado valor. Esta poliglobulia se detecta ya, según MIESCHER, a 700 m., siendo en estos momentos debida a la contracción esplénica, ya que la neoformación no llega hasta los 15-20 días, cifra en la que BARCROFF y RICHARDS coin-

ciden. El hombre, gracias a este aumento de hemoglobina llega a mantener una cantidad normal de oxígeno en sangre hasta más allá de los 3.000 m.

Se ha exagerado, en algunas publicaciones, sobre el número de glóbulos rojos, hemoglobina, viscosidad sanguínea, que se presentará en los atletas de la próxima Olimpiada. Hay apasionamiento, partidismo, por ello estimo objetivo transcribir la tabla publicada por MONJE, en 1951, sobre un estudio hemático realizado en Lima y en Huencayo, a 3.000 m. de altura.

	Lima	Huencayo
Hematíes mm. <sup>3</sup>	5,14	5,65
Hemoglobina grs. %	16,—	16,85
Hematocrito	46,80	50,36
Bilirrubina mgrs. %	0,72	0,84
Vol. sanguíneo. Litros	5,21	5,36
Vol. plasmático. Litros	2,82	2,55
Vol. hematíes. Litros	2,34	2,79
Hemoglobina total grs.	788,—	905,01
Glucosa mlgrs. %	105,—	64,—
A. Láctico mlgrs. %	11,—	12,76
A. Pirúvico mlgrs. %	1,37	1,52
Presión parcial oxígeno	150 mm. Hg.	104 mm. Hg.
Presión barométrica	750 » »	518 » »

HERNANDO, a 2.640 m., con una presión parcial de oxígeno en alveolos de 67 mm. Hg. encuentra una concentración de oxígeno en sangre de 90-91 %, que considera prácticamente normal. En Ciudad de Méjico, con 77 mm. Hg. de presión alveolar de oxígeno y con los mecanismos de aclimatación en pleno rendimiento, se obtendrá un abastecimiento de oxígeno a los tejidos exactamente igual que a nivel del mar.

Queda perfectamente aclarado que la sangre juega el más importante papel en la consecución del rendimiento máximo del sujeto, a la mediana altura, pero hay que recordar la existencia de otros mecanismos de regulación para compensar el déficit de oxígeno.

PFISTERER, como HURTADO, admiten un mayor aprovechamiento tisular de oxígeno. HAVE y colb., admiten la posibilidad de disminuir el consumo de oxígeno de los tejidos. Dichos autores, han observado que la administración de vit. E a ratas a hipopresión, permitía obtener una supervivencia de un 89 %, superior a los animales testigo. Según GORIA y colb. la vit. E, frena el aumento de pulsaciones en el hombre y son menores las modificaciones E. C. G. consecutivas a una hipoxia.

Es interesante consignar estos estudios que son merecedores de una amplia investigación en los atletas, ya que si diesen resultado, unidos a la acción del ácido pangámico, podrían acortar, considerablemente, el tiempo de aclimatación.