

Aclimatación:

Mecanismos biológicos y técnicas para conseguirla

DR. A. REDONDO.

La enfermedad de las alturas es descrita por primera vez por el Padre ACOSTA, durante su estancia en el Perú en 1590. Luego siguen una larga serie de trabajos que podemos decir que culminan en 1922 en el estudio de CARLOS MONJE, que realiza en los Andes Peruanos, dando su nombre al «sorroche» de los nativos.

Existe un hecho evidente: ocurren una serie de fenómenos que nos afectan en cuanto llegamos a una determinada altitud, siendo muy dispares por su sintomatología, lugar, ocasión, en individuos entrenados o no.

Las condiciones de vida, trabajo, empresa alpinística, en una cota alta, se traducen en una serie de fenómenos que afectan a todos los elementos.

Los mecanismos de la «aclimatación» están supeditados a la Biología, la cual precisa de un tiempo para ponerlos en marcha. Así podemos padecer mal de montaña a los 2.000 metros después de un esfuerzo: hace tres años después de subir muy deprisa el valle de Ordesa, no pude llegar por 100 metros al refugio de Goritz debido a una cefalea intensa que no cedió sin bajar 200 metros, sin poder, por falta de tiempo, subir de nuevo para ver qué ocurría.

Por otra parte la «aclimatación» tiene un techo, por encima del cual no es posible la vida, pues el organismo se deteriora.

En los Andes Sudamericanos, en donde existen aldeas de mineros en cotas de 4.800 metros pobladas por indios quechuas, se intentó subir las por encima de los 5.500 metros, para acercarlas a los lugares de trabajo, pero dichos indios perdían el apetito, no podían dormir, y enfermaban; parece pues que el límite de aquella región estriba en los 5.400 metros.

La expedición científica al Himalaya demostró, por una estancia prolongada a 5.800 metros (varios meses), que el hombre aún con comodidades, no le es factible vivir a esta altitud.

MECANICA RESPIRATORIA

Si la disminución de la tensión alveolar, pasa de 1.015 a nivel del mar, a 500 a los 5.500 metros, es obvio que la presión del oxígeno disminuye a medida que nos elevamos. La temperatura desciende de 0'5 a 1 grado por 100 metros, y la sequedad de la atmósfera se acentúa. Todo esto conlleva que un individuo sano de 60 años, portador de una arteriosclerosis incipiente, padezca insomnios y cefaleas, ya a los 1.800 metros por causa de déficit de oxígeno en las células nerviosas, por dificultad de adaptación a nivel de las arteriolas.

En el caso que nos interesa y por tratarse de deportistas jóvenes entrenados, hemos de considerar que la alta montaña empieza a los 3.000 metros.

Sobre la Capacidad Vital, los datos facilitados por varios autores, difieren considerablemente; en cuanto toca a la importancia del fenómeno, la reducción oscila entre el 4 y el 50 % en relación al diferente grado de altitud y a la aclimatación del individuo.

La capacidad vital a baja presión barométrica, no sufre variaciones inmediatas —RAHN y HAMMAND midieron la capacidad vital en individuos expuestos por pocos minutos a altitudes de 3 a 5.500 metros, mientras respiraban aire u oxígeno puro en una cámara a descom-

presión—. Tales autores hallaron sólo variaciones del orden del 4 %; las mismas constatan una reducción de casi el 7 % en un grado de depresión correspondiente a 12.000 metros, si el sujeto respiraba oxígeno puro. La reducción de la capacidad vital observada en los referidos experimentos, no puede ser solamente atribuida a la hipoxia ni a la reducción de la presión barométrica total.

ESTUDIO CARDIOVASCULAR

El pulso en reposo en individuos bien aclimatados y entrenados en una altitud entre 5 - 6.000 metros, oscila sobre las 60 pulsaciones por minuto; en los menos habituados fácilmente sube a las 90, descendiendo algo por la noche. Existe un período de adaptación en donde el pulso desciende para acelerarse luego en función de la altitud.

Practicamos reflejos ortostáticos y test de CRAMPTON en varios montañeros, para diversas selecciones: de entre ellos entresacamos este caso, pues tienen el enorme mérito de ser un individuo de 54 años que habiendo sido campeón de Cataluña de los 10.000 metros en su juventud, se encuentra en la actualidad con un entrenamiento digno de ser imitado.

7 (A.B.) - Llegamos al último montañero el cual por tener 54 años y por su interés, transcribimos indistintamente:

TEST CRAMPTON	Altura 250	Altura 2060	Altura 2005	Altura 2042
Tendido T.A. Pm	105/65 72	105/65 64	110/60 72	115/75 64
De pie T.A. Pm	110/70 80	100/65 80	115/60 72	130/85 80
2° de pie T.A. Pm	110/70 88	100/65 72	120/70 84	105/75 88
2° mancha T.A. Pm	110/65 72	110/65 70	105/65 76	110/80 78

Reflejos ortostáticos

Pulso acostado	6	5	6	7
Pulso a los 5"	7	6	8	8
Pulso a los 10"	7	6	7	7
Pulso a los 15"	6	5	6	6'5

Vemos las pequeñas variaciones que existen en esta prueba, lo que nos demuestra una buena adaptación neurovegetativa.

En el sujeto aclimatado a una determinada cota, la variación de la frecuencia cardíaca, por efecto de un ejercicio standard, no ha sufrido variación de lo hallado en el llano.

En sujetos no aclimatados, expuestos rápidamente a la depresión barométrica, se observa un aumento de la frecuencia cardíaca que se inicia a una altura de 2 - 3.000 metros y alcanza un máximo sobre los 7.000 metros. Si la

hipoxia se agrava ulteriormente, se manifiesta una bradicardia que suele coincidir con la pérdida de conciencia.

La anoxia disminuye la posibilidad por parte del corazón, de cumplir el trabajo intenso en condiciones de emergencia; falta sin embargo la condición necesaria de trabajo intenso y continuado a fin de que el corazón pueda alcanzar un estado de hipertrofia.

Resumen

Hallamos:

- 1.º Aumento de la frecuencia del pulso a partir de los 2.000 metros.
- 2.º Aumento del volumen minuto.
- 3.º Alteración de la T.A. — Descenso rápido antes del colapso. Con clara elevación de la T.A. a grandes alturas.

S A N G R E

En las primeras fases de la exposición del organismo a la falta de oxígeno, el aumento de los glóbulos rojos es debido principalmente a una movilización de la sangre por los depósitos del organismo, sobre todo por el bazo y parte por concentración del plasma; luego viene una alteración de la eritropoyesis, lo que ha sido demostrado por biopsia de la médula ósea (MERINO y REY, en 1949).

La policitemia del aclimatado, parece debida a la presencia de un factor plasmático, que activa la eritropoyesis. La vida media de los glóbulos rojos parece no sufrir variación en individuos al estado normal.

El proceso activador de la eritropoyesis requiere un mínimo de 24 - 48 horas de exposición continua en altura mínima de 3.000 metros.

ARMSTRONG demostró que exposiciones de 7 horas cada día a 3.600 metros durante 4 semanas seguidas, no provocaba una respuesta hematopoyética comparable a la aclimatación.

TABLA V

NÚMERO DE HEMATÍES Y CONTENIDO DE HEMOGLOBINA EN UNO DE LOS PARTICIPANTES (L.) EN LA EXPEDICIÓN ALEMANA AL NANGA-PARBAT (1938)

Fecha	Altura	Millones de eritrocitos por mm. ³	Contenido de hemoglobina en g. %
2 - V	nivel del mar	5,64	18,3
4 - VI	4.000 a 7.000 m.	5,85	18,6
11 - VI	"	5,86	19,0
20 - VI	"	6,83	19,0
6 - VII	"	7,02	20,9
13 - VII	"	7,37	21,3
20 - VII	"	7,92	24,0
6 - VIII	"	8,32	24,5
1 - IX	nivel del mar	7,34	20,4
11 - IX	"	6,64	18,4

METABOLISMO ENERGETICO

La potencia muscular deducida por el máximo consumo de oxígeno, se reduce tanto en condiciones de hipoxia aguda como crónica; en cambio el rendimiento del trabajo muscular es claramente igual en alta cota que a nivel del mar.

CERRETELLI afirma que la reducción del metabolismo energético a altas cotas, podría explicar en parte la menor potencia muscular que desarrollaría el individuo aclimatado a las grandes alturas, respecto al individuo agudamente expuesto a falta de oxígeno.

En cada órgano o aparato encontramos una serie de alteraciones dignas de estudio, pero que necesitarían de un trabajo especial.

MECANISMOS DE LA ACLIMATACION

Un tema apasionante sería llegar a conocer lo que realmente ocurre sobre el 5-6 día de permanencia en alta montaña, ¿por qué los primeros días son bien tolerados y sobre el 5-6 día vienen los problemas?

Hace pocos meses el montañero francés Louis Audoverd, se unió a una expedición ligera en la zona de Tirich Mir, sin previa aclimatación emprende la ascensión; solo, avanza mucho más deprisa que el resto; asciende a 6.800 metros, desciende rápidamente y sobre el 5-6 día cuando está a mitad del descenso se inician las cefaleas, llega apresuradamente al campamento base y se recupera. Desconozco los datos exactos, pero es un caso digno de estudio profundo.

Una cosa parecida, aunque en menor grado, es lo que ocurre a la multitud de turistas que cada día se trasladan desde Chamounix a la Aguille de Midi, salvando en 20 minutos la gran diferencia de cota que existe, casi 2.500 metros; nadie siente molestias, pero si permanecen más de 6-8 horas empiezan a aquejar cefaleas.

Es evidente que existe un *tiempo de latencia* en la presentación del Mal de Montaña, pero nos preguntamos: ¿cuáles son los mecanismos que pone en marcha el organismo para que exista esta latencia?

Sobre este punto vale la pena tener en cuenta la investigación de MARTIN-LALANDE, el cual agrupa 7 individuos a 3.600 metros y encuentra un *período anárquico situado entre el 5.º y el 12.º día* en donde existe:

1. Desde el punto de vista hematológico:
 - disminución de hematíes y polinucleares, los dos primeros días;
 - descenso de eosinófilos del 3.º al 5.º día;
 - hiperglobulia pasajera;

— del 7.º al 9.º día, más disminución de polinucleares.

2. Desde el punto de vista cardiorrespiratorio:
 - entre el 6.º al 11.º día, perturbación de la ventilación con aumento del equivalente respiratorio;

— sobre el 18.º día, las reacciones se estabilizan, existe una hiperventilación con retorno al normal equivalente respiratorio.

En resumen, son necesarias tres semanas, como mínimo, para establecerse una aclimatación.

Mecanismo patogénico

De dicho mecanismo no tenemos conclusiones definitivas, pues se consideraba que con la altura venía una vasoconstricción hipóxica a nivel de las venas pulmonares, que sería la causa del edema agudo de pulmón, pero éste nunca es inmediato, sino que tarda en llegar un lapso de tiempo muy variable; debemos pensar en otros efectos —reflejo aórtico y carotídeo, provocados por la hipoxia sobre la circulación pulmonar.

Ya HURTADO en 1960, había afirmado que el Mal de Montaña se originaba por una intoxicación debida a productos del metabolismo intermediario, y que el efecto de la hipoxia no actúa directamente, no siendo el mismo inmediato.

Cuando nosotros llegamos a La Paz, con un entrenamiento físico muy deficiente, notamos la altura por una fatiga al más mínimo esfuerzo, sin embargo las cefaleas, junto con toda la problemática del Mal de Montaña vinieron a partir del cuarto día, cuando nos trasladábamos al campamento base situado a 4.700 metros, e iniciamos el esfuerzo físico.

Los nativos de las altas montañas —Quexuas de los Andes y Sherpas del Himalaya— han desarrollado un tórax y volumen pulmonar excepcionalmente grandes, lo que les permite tomar un volumen de aire mayor en cada respiración, lo cual va unido a una mayor concentración de células rojas y hemoglobina de la sangre. Sus vasos pulmonares están dilatados, la presión en el circuito pulmonar está elevada, siendo todo ello la causa de que el tamaño cardíaco sea mayor de lo normal.

Su metabolismo basal es algo más elevado de lo normal, las condiciones de hipoxia determinan una menor eficacia en el uso del oxígeno por los tejidos.

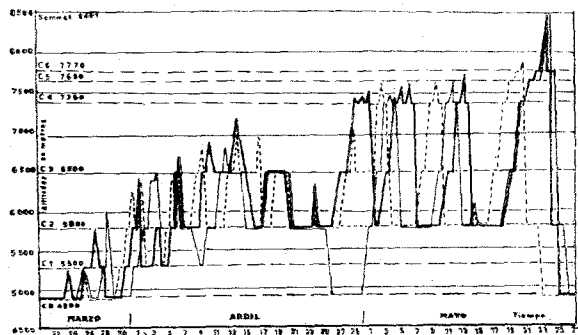
Los Sherpas del Himalaya presentan un menor aumento de la ventilación, un consumo de oxígeno parecido y un aumento mayor en la frecuencia cardíaca cuando llevan a cabo el mis-

mo ejercicio que individuos de tierras bajas perfectamente aclimatados a la altura. Es este factor —mayor capacidad de ejercicio físico— lo que llama la atención de la fisiología de estas gentes, las cuales por otra parte pueden padecer «Soroche» (raro). El mismo se caracteriza por elevación extrema del número relativo y la masa de eritrocitos en sangre, hipertensión pulmonar con tensión arterial periférica baja, hipertrofia del ventrículo derecho que puede conducir a la insuficiencia cardíaca congestiva, que sólo cederá trasladando al individuo a cotas más bajas.

Este problema es estudiado en Qexuas y Sherpas, los cuales poseen una adaptación de tipo genético o adquirido. La respuesta no es concluyente, aunque se cree que es adquirida y que empieza en la vida intrauterina.

TECNICAS DE LA ACLIMATACION

Una larga marcha de aproximación del tipo que hay que realizar en el Himalaya, teniendo que pasar varios collados y descender a valles, es un magnífico sistema de aclimatación. El sistema denominado en agujas, es sin duda preferido hoy en día; se debe procurar que el esfuerzo físico alrededor de los 4.000 metros sea intenso, pues será aquí donde aparecerán efectos hasta pasados los 5.000 metros. Al principio no sobrepasaremos la cota de 6.000 metros. Pasando de los 4.000 metros se realizarán agujas hasta cerca de los 6.000 para descender siempre y previniendo que los días de reposo se pasen siempre en el campamento base.



Curva de aclimatación de tres miembros de una expedición.

A pesar de realizar una aclimatación correcta, la voluntad del montañero le hace suponer a menudo profundas crisis y sacar energías de donde parece no existen. En los Andes Bolivianos al final de un día de duro ejercicio y a la

vuelta de una ascensión, un grupo se da cuenta que no quedan alimentos para pasar otro día en el campamento de altura y a pesar de estar cansados, dos elementos salen del campamento para ascender al último 5.000 virgen que queda en la zona.

LIMITES DE LA ACLIMATACION

De gran interés son los trabajos que WYSS-DUNANT, realizaron tras su viaje al Everest en 1952. Distinguen tres tipos de pulso:

1.º Pulso indiferente.

Insensible hasta 4-5.000 metros (shock de la aclimatación); a partir de este momento realiza alguna braquicardia, seguida de aceleraciones vacilantes.

2.º Pulso sensible compensado.

Indiferente hasta los 3.000 metros, acusa el shock antes, sigue con bradicardia y aceleraciones oscilantes.

3.º Pulso sensible no compensado.

La fase de indiferencia puede ser inexistente. El pulso es alterado con taquicardias no compensadas.

Y un 4.º pulso que se puede llamar *no compensado*.

Los individuos correspondientes al primer apartado, señalan una resistencia considerable a la altura, los últimos tendrán un techo muy bajo.

El mismo WYSS-DUNANT, diferencia los conceptos de aclimatación, adaptación y deterioro, aclarando los fenómenos de este último que representan una señal de alarma. Es posible aclimatarse a 6.000 metros, pero no lo es a 7.000, si bien es factible adaptarse para una permanencia limitada. La zona de deterioro llega hasta cerca de los 8.000, considerando letal por encima de esta cota.

En esta misma expedición al Everest del 1952, nos cuentan que LAMBERT y TENNSING, penetraron en la zona de 8.600 metros, con una gran euforia, pero debido al mal tiempo desistieron y retrocedieron; en el descenso agotaron sus energías al extremo que se vieron imposibilitados de subir un pequeño montículo de nieve que les faltaba para llegar a las tiendas, necesitando de los auxilios de sus compañeros. A continuación padecieron intenso sueño (preagónico), todo ello debido a la deshidratación, afectos de baja temperatura y baja presión barométrica.

Hemos de distinguir pues:

1.º *Zona de aclimatación* o zona de fisiología normal.

2.º *Zona de adaptación*, en que el organismo vive de sus reservas, para realizar una acti-

vidad y que deberá descender para recuperarse. Existe una apatía que va aumentando hasta la postración, el ritmo cardíaco se acelera al igual que la respiración, obligando al individuo a sobrecargar su capacidad de adaptación; llegado a este punto sólo resta descender al campamento base.

3.º *Zona que consideramos letal* y que parece según han demostrado en la última expedición al Makatú, que el hombre empieza a entrar en ella con ciertas garantías.

Otro punto desconocido y sin explicación que personalmente pude comprobar, es que en altitudes iguales los fenómenos que ocurren son distintos, todo ello dentro de una misma montaña.

ENTRENAMIENTO PARA LA ACLIMATACION

En el llano podemos realizar una serie de ejercicios que nos pueden ser útiles para la aclimatación de alta montaña, aunque a ninguno de ellos se les da gran valor:

1. Cursos de fondo en el llano; si bien son interesantes para exigir al organismo un trabajo respiratorio, son nulos para la altitud.

2. La práctica de la apnea respiratoria puede ser útil con vistas al entrenamiento de los centros respiratorios.

3. La natación subacuática parece beneficiar al alpinista.

4. Personalmente y en Manresa efectuamos un entrenamiento que nos ha sido útil, el cual consiste en ascender con el mínimo de tiempo posible el monte «Coll Baix» de unos 300 metros de desnivel, pero de subida muy abrupta y que en algunos pasos obliga al montañero a emplearse a fondo.

Sin duda alguna es mejor subir la Canal de San Jerónimo (Montserrat), con un desnivel de unos 500 metros y que se suele tardar unos 30 minutos. Los viejos del lugar afirman que subirla y bajarla dos veces sin parar y sin cansarse excesivamente, es un buen pasaporte para realizar lo que se quiera en el Pirineo.

PROBLEMAS FRIO (ACLIMATACION)

A una altitud por encima de los 5.000 metros el aire es muy frío y seco, irrita las mucosas de la nariz y garganta, produciendo un fenómeno muy molesto por pérdida de agua en la nariz que es el taponamiento nasal. Nosotros lo padecemos principalmente por las noches, despertándose con la desagradable sensación de ahogo, con la nariz totalmente tapada y la garganta reseca y dolorida; debías incorporarte, proceder

a una higiene de las fosas nasales, de las cuales se eliminaban verdaderos moldes de cornetes y luego como habíamos agotado todas las pomadas existentes, nos colocábamos gotas de suero salino que elaborábamos sobre la marcha, hecho lo cual podías volver a dormir hasta que dentro de unas horas despertabas de nuevo en el mismo estado. Esto repetido varias veces en una noche, no era raro encontrarse con más de un compañero paseando por el exterior en un estado de irritación psíquica progresiva.

PROBLEMAS DE OXIGENO

Hace pocos años se consideraba que el hombre no podía traspasar el techo de 7.500 metros sin oxígeno. Creo que sobre este punto debemos atenernos a las experiencias realizadas por la última expedición francesa al Makatú, por ser muy concluyentes.

Los elementos de esta expedición y debido a un grave error del constructor de las botellas de oxígeno, nos han demostrado que el hombre puede llegar muy lejos.

Después de estudiar muy complejos sistemas para servirse del oxígeno, y cuando estaban cerca de los 8.000 metros, se dan cuenta que la mayoría de las botellas son inservibles, entonces con gran esfuerzo de la voluntad deciden continuar la ascensión sin oxígeno, reservando el restante para el ataque final. Estos dos alpinistas con oxígeno, fueron seguidos hasta 8.320 metros por otros sin oxígeno, sin que éstos quedarán rezagados, preguntándose ellos mismos ¿hasta qué punto es útil el empleo de oxígeno? La solución que nos ofrecen y que parece la ideal en estos momentos es la utilización del oxígeno por la noche, en alturas por encima de los 7.500 metros y reservar algunas botellas de oxígeno, para la ascensión final. (Usaron el circuito abierto, si bien menos rentable mucho más simple).

Otro de los problemas es la máscara, pues aparte de ser incómoda no permite ver dónde se ponen los pies. Las botellas son pesadas y voluminosas, dificultando la progresión.

Parece que la solución estriba en la utilización de productos químicos que por reacción darían lugar a la formación de oxígeno. Así se eliminaría el problema del peso; aunque parece que esto se acerca, aún no es una realidad.

FARMACOLOGIA DE LA ACLIMATACION

Muchos trabajos han sido llevados a cabo en este campo con resultados diversos. Subrayaremos algunos:

— El doctor CASTELLO en un grupo de jóvenes montañeros, utiliza el ácido pangámico en el verano del 59, en el Pirineo Aragonés, encontrando unos efectos positivos.

— ALBRECHT, en julio del 66, sube 30 soldados argentinos al Aconcagua y a distintos niveles realiza experiencias muy diversas, una de ellas fue administrar un anabólico vitamínico, con el fin de acelerar el mecanismo de la aclimatación. Encuentra, entre otros, los siguientes efectos:

1.º Por estimulación del aporte de aminoácidos a la célula y la síntesis de proteínas específicas, la hemoglobina sufre un efecto positivo.

2.º Los anabólicos estimulan directamente la eritropoyesis.

3.º El pH sanguíneo se eleva en el sentido de la alcalinidad.

4.º El déficit de oxígeno no actúa directamente, sino a través de los procesos de reacción alterados.

Por todo lo cual deducimos que su efecto es también positivo.

En nuestra expedición a los Andes Bolivianos, tomábamos diariamente 100 mgr. de vitamina B₁₅, pudiendo comprobar en general que nos aumentaba el tono vital, y que si dejábamos de tomarla, las cefaleas aumentaban de intensidad.

A pesar de las controversias con el uso del centrophenoxin, usamos de este medicamento y comprobamos que la dosis de 250 mgr. nos hacía disminuir rápidamente la cefalea.

En uno de los expedicionarios que sufría cefaleas intensas e insomnios y cansancio anormales, a pesar de tomar vitamina B₁₅ a la dosis prescrita antes, y cantidad de analgésicos para

la cefalea, le convení el día 25 (día que me junté con los expedicionarios), para que dejara toda esta medicación y tomara únicamente dos comprimidos de centrophenoxin le desaparecieron las cefaleas, el insomnio y aumentó sensiblemente el rendimiento físico.

En relación al tan discutido centrophenoxin, un prestigioso neurólogo barcelonés, con motivo de una consulta de un enfermo con conmoción cerebral, recetó dicho medicamento, indicando la paradoja de ser poco útil pero necesario...

RESUMEN

Para obtener una aclimatación eficaz en alturas superiores a los 6.000 metros, es necesario entre otros:

1.º Preparación física adecuada.

2.º Estar preparado psicológicamente para el esfuerzo y saber convivir a grandes altitudes.

3.º Un espacio de tiempo de tres meses de duración.

4.º Ayudarse con unos fármacos.

BIBLIOGRAFÍA

WYSS-DUNANT. — «Le shock d'acclimatation. («Praxis», X/54).

JEAN RIVOLIER. — «Médecine Montagne».

JEAN RIVOLIER. — «Expediciones francesas al Himalaya» (Aspecto Médico).

Dr. A. REDONDO. — «Expedición Manresana a los Andes Bolivianos». («Ap. Méd. Dep.», vol. VII número 25/70).

CERRETELLI, P. — «Medicina Sportiva», XIV, 412, 1960.