

La técnica de Alta Montaña

y sus mecanismos fisiológicos de regulación del hombre en la altura

Dr. A. Castelló

Ni el médico internista ni el especialista en medicina deportiva serán consultados por los aficionados a la montaña que en sus salidas no sobrepasen los mil metros de altura, ni los 10-12 Km. de recorrido. Nada mejor para toda persona sana que pasear por el campo, tumbarse a la sombra de un pino, beber las frescas aguas de las fuentes y después de una confortante comida, volver a la ciudad.

El médico será consultado cuando el montañero pretenda ascender más allá de los 3.000 m. y desee saber si sus condiciones físicas le permiten alcanzar estas alturas. En consecuencia expondré los mecanismos fisiológicos de regulación a que recurre el organismo del hombre cuando se traslada a grandes alturas.

Si el médico tiene que autorizar la práctica del montañismo de altura, la alta montaña, podrá opinar con mucha mayor autoridad si conoce los principios técnicos del montañismo, tanto en roca como en hielo, y por tanto entreverá con claridad los esfuerzos a que estará sometido el organismo del hombre, pudiendo también darse cuenta de la fuerza moral y temple que se necesita para enfrentarse con las innumerables dificultades, que súbitamente, en el momento menos pensado se presentan.

Por ello esquematizaré unas nociones de nomenclatura y técnica de alta montaña.

Tácitamente se ha establecido entre los practicantes del deporte de montaña una división en dos grupos: 1º - Excursionistas. 2º - Montañeros. A mi entender el Excursionismo engloba todo el deporte de montaña, desde el paseo dominguero a pie o en autocar para visitar una ermita o un dolmen, hasta la ascensión al Everest. El montañismo es una parte del excursionismo que tiene sentido activo, que se practica siempre en alta montaña, que exige conocimientos técnicos especiales y un equilibrio físico y síquico notable.

La escalada es una técnica que debe forzosamente conocer el montañero pues la empleará en las grandes ascensiones. Ahora bien el escalador puro, el de la escalada artificial y acrobática, puede ser un pésimo montañero. Un primerísima categoría en Montserrat, en la Pedriza, en Riglos, en las Dolomitas, puede fracasar rotundamente en los agotadores glaciales de los Alpes.

Aprovecho la ocasión de haber citado los Alpes, para aclarar el concepto de alpinista que tanto usamos. Es un neologismo y solo debería aplicarse a los montañeros que realizan ascensiones en los Alpes, como son Pirineistas los que pasan su vida de montaña en los Pirineos, o Andinistas los que marchan por los Andes. El nombre genérico es Montañero, adjetivo que un día u otro admitirá la Real Academia Española.

Se realizan de vez en cuando las ascensiones en solitario. Se ha escrito mucho justificando la ascensión en solitario. Personalmente no le encuentro justificación. Mazzotti, termina un largo capítulo dedicado a esta cuestión señalando la sensación de desazón en que se encuentra el montañero, en la cima del monte, ante un maravilloso espectáculo y ¡solo!. ¡Cuánto más completo sería el goce si se pudiera compartir con alguien esta emoción!

Normalmente se trabaja en equipo que recibe el nombre de CORDADA por el hecho de ir la mayor parte del camino unidos uno a otro por una cuerda. El número de componentes de una cordada varía según los terrenos. En roca y en ascensiones de mediana dificultad las cordadas no tienen que estar formadas por más de tres montañeros. Cuando la ascensión es difícil y hay puntos de escalada de VI grado, la cordada solo debe ser de dos hombres, con ello se gana rapidez y movilidad. Mas adelante comprenderán el porqué de lo dicho.

En glaciares con abundantes grietas se aconsejan cordadas de cuatro o bien ir dos cordadas independientes pero juntas, pues en estos terrenos es posible la caída en una grieta y para organizar el rescate un solo individuo, poco puede hacer, mientras que si van tres o cuatro pueden recuperar al compañero con facilidad.

En la subida el mejor se coloca de cabeza de cordada, en el final va el segundo en categoría y el menos preparado técnica y físicamente se sitúa en el centro pudiendo así ser asegurado por sus dos compañeros. En lugares extremadamente difíciles el más flojo ocupa el tercer lugar pudiendo así el primero de la cuerda trabajar con mayor seguridad de ayuda.

Durante el descenso, va en cabeza el segundo en categoría, en medio el "menos bueno" y en tercera posición va el mejor, el jefe de cordada, que así puede controlar y asegurar a sus compañeros. En los descensos muy difíciles el "menos bueno" se coloca de cabeza de cordada y es prácticamente bajado por sus dos compañeros.

Es interesante conocer la distancia a que deben encordarse los montañeros. Es un punto importantísimo. En general la distancia de encordamiento está en función de la longitud del paso más largo y difícil, generalmente conocido antes de emprender la ascensión. Esta distancia en la mayoría de las vías más difíciles no excede de 28 m., nunca será superior a 30 m. En las ascensiones normales es suficiente encordarse a 20 m.

En las cordadas de 4 ó 5 es necesario igualar las secciones, para ello se aconseja colocarse en la posición que señalan los puntos de las letras I - V - N - M. Es muy práctico pero precisa un regular espacio para colocar a los montañeros.

Hay tres formas de acordarse:

- 1ª CUERDA SIMPLE. - Que es la más frecuente.
- 2ª DOBLE CUERDA. - Técnica de la que ya hablaré, empleada en pasos difíciles y en escalada artificial.
- 3ª EN FLECHA. - Es excepcional su empleo. Solo lo usan los guías alpinos, muy expertos, especialmente en los descensos por helero. Precisa una potencia de brazos extraordinaria y gran habilidad.

La cuerda de cáñamo se ha substituido por la de nylon. Nadie debería usar ya el cáñamo. La cuerda de nylon o perlón no se empapa de agua, no se pudre, no se retuerce, siempre, tanto en sol como en nieve, está flexible y dispuesta. Tiene una "vida" tres veces más larga que la de cáñamo. Una cuerda de perlón de 10 mm. y 40. de longitud pesa casi la mitad que una de iguales medidas de cáñamo y resiste a la tracción 6.000 Kgr. o sea aproximadamente cuatro veces más. Una macabra prueba de la resistencia de la cuerda de nylon nos es facilitada por el accidente de la cordada italiana Conti-Longhi que en Agosto de 1.957 intentaron la pared norte de Eiger; una tormenta de nieve los dejó agotados, sin fuerzas para proseguir. Conti fué salvado, pero Longhi murió colgado de sus cuerdas de nylon. En 1.959 fué financiada una expedición de rescate del cuerpo. Los restos de Longhi permanecían en el mismo lugar sostenido por sus cuerdas de nylon.

En cordadas de dos, la cuerda de 40 m. resulta larga, sobrando unos metros que se recogen en anillas y se pueden cargar en la mochila o colocar en la bandolera. Cuando en los heleros se quiere acortar la distancia con el compañero se recogen estas anillas del trozo de cuerda que nos une a él y se sostienen con la mano.

Cuando el primero de la cuerda se enfrenta con un pasaje difícil inicia la escalada, que si se realiza a manos libres o empleando clavijas recibe el nombre de ESCALADA LIBRE. Si las PRESAS, que son los pequeños resaltes de la roca, las grietas o fisuras en donde encuentran un precario apoyo pies y manos, escasean o son inseguras, se recurre a las CLAVIJAS. Antes

se empleaban las de hierro dulce que pesaban lo suyo, hoy se usan las fabricadas con aleaciones de aluminio muy sólidas y ligeras. Algunas llevan anillas móviles y prácticamente solo se usan en Montserrat y la Pedriza. En puntos de paredes muy compactas donde sea difícil encontrar grietas profundas donde introducir la clavija, se emplean unas muy pequeñas de 2 a 4 cm. que llamamos PITONISAS. Para sostener el peso de un hombre hay que emplear varias de ellas. Actualmente los montañeros económicamente fuertes emplean las CLAVIJAS DE EXPANSION que son como las ya descritas pero fabricadas con un material que cuando choca con el fondo de la fisura se "chafa" quedando sólidamente clavada. Las ESCARPAS son grandes clavijas que superan los 15 cm. de longitud.

En hielo se emplean clavijas similares siendo muy útil la llamada ARPON ROSEG, que se enclava con mucha solidez y para recuperarla basta cogerla por la anilla y darle una vuelta.

Para introducir las clavijas se emplean unos martillos especiales MARTILLOS DE ESCALADA y MARTILLOS DE HIELO. Son de mango largo y buen golpe, con una superficie plana y la otra en forma de pico. En el martillo de hielo esta extremidad es mucho más picuda.

El montañero debe colocar las clavijas en buena posición y tener la seguridad de que le pueden sostener. Cuando la clavija se situa en sólida posición el escalador lo conoce porque el golpe de martillo produce al chocar con la clavija un sonido especial que llaman "canto".

Para que la cuerda se deslice bien por las clavijas se une a éstas el mosquetón, actualmente también de aluminio, de los que existen diversos tipos.

Tanto en hielo como en roca la situación de las clavijas debe ser en zigzag para que así el roce de la cuerda distribuya el peso del montañero entre varias clavijas.

Cuando el primero de la cuerda ha llegado a un punto del trayecto en el que puede afirmarse con seguridad, se para y el segundo inicia la ascensión hasta llegar al punto donde le espera el primero, este punto se llama REUNION. Cuando esta reunión se ha realizado, el primero de la cuerda escala un nuevo trecho, hasta encontrar otro punto seguro. Conseguido esto el tercero inicia la ascensión para llegar a donde se encuentra el segundo. Nunca en sitio peligroso la cordada marcha a la vez, sino de uno en uno. Sólo en sectores particularmente fáciles y en montañeros muy hábiles les es permitido andar conjuntamente. Comprenderán porqué las cortadas de tres individuos ascienden más lentamente que las de dos.

Los pasos de escalada presentan dificultades que han sido valoradas según la escala que estableció en 1.926 el alemán Willy Welzenbach, aceptada internacionalmente y a la que solo se le han realizado pequeñas ampliaciones.

ESCALA DE DIFICULTADES DE WELZENBACH

Primer grado	= F.	= FACIL
Segundo grado	= P.D.	= POCO DIFICIL
Tercer grado	= A.D.	= ALGO DIFICIL
Cuarto grado	= D.	= DIFICIL
Quinto grado	= M.D.	= MUY DIFICIL
Sexto grado	= E.D.	= EXTREMADAMENTE DIFICIL

Actualmente a cada grado se les ha añadido los grados INFERIOR SUPERIOR, así por ejemplo. Quinto superior, cuarto inferior.

Estas dificultades deben ser vencidas muchas veces mediante habilidad otras por condiciones físicas, vean el PASO DE HOMBROS. En las "chimeñas" se emplean las técnicas de OPOSICION, en las que el cuerpo actúa a manera de muelle permitiendo la ascensión. En los "diedros" se emplea la PRESION BAVARESCA que exige del escalador un exacto conocimiento de sus fuerzas.

En puntos muy difíciles debe emplearse la ESCALADA ARTIFICIAL en la que se emplean buriles para agujerear la roca y colocar las clavijas, tacos de madera etc. y sobre todo la doble cuerda. Con esta técnica los compañeros o el compañero elevan al primero de la cuerda, de clavija en clavija hasta donde sea preciso. Se ayudan con los ESTRIBOS, artificios que les permiten asegurar los pies. Se fabrican de urgencia con trozos de cuerda y en el mercado se encuentran de nylon y duraluminio.

El descenso, en general, se realiza mediante la técnica llamada RAPEL del que existen tres procedimientos: el DULFER, el DOLOMITA y el empleado actualmente, el COMICI, muy cómodo y rápido.

Es importantísimo asegurar que la cuerda no tenga ningún nudo que pueda atascarse en el mosquetón o impedir el descenso. Esto causó la muerte a Toni Kurz en la tragedia de la cordada alemana en la pared del Eiger en 1.936.

En las ascensiones en hielo, precisa el montañero de la ayuda del piolet y de los crampones. El uso del piolet requiere una técnica especial, tanto en lo que se refiere a la marcha como a los procedimientos de "asegurar" al compañero. El esquema indica las distintas formas de utilizar el piolet según el desnivel de la pendiente. PIOLET BASTON, PIOLET ESCOBA, PIOLET ANCLA, PIOLET APOYO. La última imagen indica como utilizar el piolet para izarse a fuerza de biceps.

Cuando se trata de asegurar al compañero el piolet debe clavar-se profundamente en la nieve o hielo y en correcta posición para que ofrezca la máxima seguridad.

La marcha por el hielo obliga muchas veces a tallar escalones

trabajo enormemente fatigoso y que debe saber realizarse con dos golpes de piolet. El pie se coloca apoyando la mayor parte posible de puntas de los crampones.

La colocación de clavijas en el hielo si no puede hacerse con seguridad es mejor tallarle un escalón a la clavija.

En la marcha por helero hay que tantear siempre con el piolet el terreno debido a la posibilidad de que un pequeño puente de nieve cubra la grieta. La marcha por nieve tiene el gran peligro de los aludes además de las grietas, por ello se aconseja la marcha en diagonal, que permite una mayor seguridad. Al ser arrastrado por el alud no debe darse por perdido el montañero pues puede quedar en una posición en la que la vida le sea posible durante algunos días.

La marcha por la cresta o arista que lleva una gran "cornisa" de hielo exige una precaución extraordinaria, escogiendo siempre el punto que no queda "aereo", sino apoyado sólidamente en la roca.

No pretendo examinar a fondo cada uno de los problemas que la altura plantea al organismo humano, ya que facilita materia mas que suficiente para un curso completo. En esta sesión mi único anhelo es hacer partícipes a Vds. de la necesidad de estudiar y comprender los problemas fisiológicos que la altura plantea al ser humano.

BOSQUEJO HISTORICO

La montaña ha desempeñado un importante papel en la historia de la humanidad, pero hasta el siglo XVIII no aparece el alpinismo como una realidad. Los intelectuales están siempre íntimamente ligados a las grandes conquistas montaÑeras, los sabios naturalistas suizos SHEUHZER, ALTMANN, GRUNER y HERRLIBERGER preparan el camino al alpinismo que recibe un decisivo impulso, cuando el sabio ginebrino Horacio Benedicto SAUSSURE en 1.960, llega al valle de Chamonix ofreciendo una fuerte recompensa al primer montañero que encontrase una vía de acceso para llegar a la cima del Mont-Blanc. Pero tenían que transcurrir aún 26 años para que un médico, el Dr. PACCARD, junto con Jaques BALMAT, natural de Chamonix, consiguiesen el 8 de Agosto de 1.786 vencer el Mont-Blanc por el glaciar de Brévent.

Pronto el montañero fijó su atención en las altas cimas del Himalaya. Ello dió lugar a una lucha entre la montaña y el hombre que se inclinó a favor de la primera. El médico siente la necesidad de conocer el porqué de lo que sucede al organismo trasladado a estas alturas, no dudando en ascender las nevadas cumbres para estudiar en sí mismo todos estos fenómenos.

Son numerosos los nombres de médicos animosos que en el siglo XIX estudian los efectos de la altura sobre el organismo, pero los puntales sobre los que se apoyan los estudios de la fisiología humana en la altura son: el

Prof. Mosso de Turín que en 1.893 establece un alboratorio en Punta Grifetti a 4.500 mtrs. Recorre luego, todo el Monte Rosa, se instala en la Cabaña Margueritte y lanza su teoría de la acapnia; los fisiólogos, Haldane, Herderson y colaboradores que, antes de la primera guerra, trabajan en la cima del Pico Teneriffa a 3.400 mtrs. en América del Sur y en el Pikes Peac de 4.300 mtrs. en el Colorado, demostrando el aumento total de la hemoglobina. El inglés BARCROFF que en 1.922 instala su laboratorio en un vagón de los Ferrocarriles Peruanos que desde Lima ascienden a 4.900 mtrs., estudiando en los viajeros las constantes hemáticas y los transtornos de acomodación y finalmente el peruano Carlos MONJE que en 1.928 describe la enfermedad de adaptación, "Mal de Montaña crónico", que es más conocido por "Enfermedad de Monje".

La última guerra al movilizar grandes contingentes humanos en las campañas alpinas, exigió dedicar un esfuerzo considerable al estudio de los problemas de la altura, no solo en lo referente a fisiologismo, sino también a la nutrición, equipo y patología. Los laboratorios de Chicago, Minnesota, etc. trabajaron intensamente y sus estudios aplicados, en la paz, al montañismo han permitido inclinar definitivamente a su favor la victoria. Estos últimos 10 años han visto coronar las más altas cimas del mundo.

COMO REACCIONA EL HOMBRE A LAS GRANDES ALTURAS

Las primeras tentativas fueron muy desalentadoras. La ascensión a 8.500 mtrs. del globo "Le Zenith" en el año 1.875 llevando a bordo a SPINELLI, SIVEL y TISSANDIER demostró lo inhabitable de estas alturas. Solo TISSANDIER sobrevivió a la ascensión. Los intentos, sin oxígeno, de alcanzar las cimas de la cordillera Himalaya tampoco fueron afortunados. IRVINE y MALLORY en 1.924 llegan más allá de los 8.550 mtrs. pero no vuelven. HINGSTON decía que a alturas superiores a 6.000 mtrs. el menor esfuerzo, tal como abrochar los zapatos, abrir una lata de conservas, provoca una intensa disnea; de 7 a 10 respiraciones son necesarias para andar un paso a 8.000 mtrs. En 1.950 los franceses, en el Annapurna, no tienen tiempo de aclimatarse a fondo, llegan a la cima, pero bajan gravemente enfermos y agotados.

El Everest es conquistado gracias al oxígeno y a un sobrehumano esfuerzo.

Frente a nuestro soma la altura actúa como un "stress", planteando el mecanismo del Síndrome General de Adaptación. Aparecen los mecanismos defensivos de urgencia que darán paso, si todo va bien, a los mecanismos de permanencia que en este caso significan la aclimatación, o sea, la posibilidad de una vida normal en la altura.

El sistema simpático, vivaz, rapidísimo en la respuesta, antieconómico, catabólico, rige los mecanismos de urgencia. El parasimpático, sereno, lento, ahorrador, anabólico, lleva el mando de la aclimatación. Si no se puede llegar a esta situación de equilibrio, el organismo, en manos del simpá

tico, se desmorona, enferma, debiendo retirarse el sujeto de la montaña. La aclimatación ha fracasado.

De las tres puntas de lanza -la baja tensión de oxígeno, el frío y la sequedad de la atmósfera-, con que la altura agrede al organismo humano, la más dañina, la que lleva su punta envenenada, es la primera, la baja tensión de oxígeno. Centraré en ella mi atención.

FASE DE ADAPTACION

El montañero que, ilusionado, ha partido del nivel del mar camino de la montaña, estaba realizando su vida bajo una presión atmosférica de 760 mm Hg. lo que permitía mantener en sus alveolos una tensión parcial de oxígeno de 100 mm Hg. que resulta más que suficiente para conseguir la saturación de la hemoglobina, es un 96-98% de oxihemoglobina, lo que se encuentra en sangre arterial. Cuando desciende del tren en Chamonix, está ya a 1.000 mtrs. de altura, la presión barométrica ha descendido, pero estos 674 mm. Hg. mantienen unas tensiones alveolares de oxígeno suficientes. El telesférico de la A. de Midi en 30 minutos le lleva a 3.800 mtrs. Ahora ya no se encuentra cómodo, se fatiga, está disnéico, es que ha llegado a los 4.000 mtrs. aquí la presión atmosférica es de 462 mm. Hg. en sus alveolos la tensión de oxígeno es solo de unos 55 mm. de Hg., su hemoglobina capta mucho menos oxígeno, solo un 82-85% de oxihemoglobina se halla en sangre arterial. La periferia reclama oxígeno, los mecanismos de defensa entran en juego.

Aumenta la "posición media del pulmón", con ello todos los alveolos disponibles se llenan de aire, una mayor cantidad de capilares se despliegan y ponen a los glóbulos rojos en contacto con el aire alveolar, pero aumenta la cantidad de aire residual, HURTADO en Lima encuentra 1,5 ltrs. y en Morococha a 4.450 mtrs. 2 ltrs., y la excursión respiratoria es más pequeña. A pesar de esto, significa un proceso compensador que facilita el intercambio gaseoso a nivel del pulmón.

A consecuencia de este aumento de la "oposición media del pulmón" y de la ingurgitación de los capilares pulmonares, disminuye la capacidad vital, yo he podido comprobar a 3.370 mtrs., en los miembros de la Expedición a los Andes la disminución promedio de 1 ltr. en relación con la capacidad vital a nivel del mar. HURTADO del Instituto de Biología Andina asegura que la perfecta aclimatación devuelve al hombre que habita en la altura la misma capacidad vital.

Junto con estas modificaciones se instaura una hiperventilación, tanto en reposo como durante el ejercicio, debido a un aumento en la frecuencia de los movimientos respiratorios, dando lugar a un aumento del "débito respiratorio", mecanismo esencial para la adaptación inicial y luego la aclimatación. Este aumento del "débito respiratorio" es considerable. Oudot, se-

ñala que en los miembros de la expedición al Annapurna, por término medio, pasó de 6,5 litros en París, a 7,6 ltr. a 4.500 mtrs. y a 15,05 litros a 5.900 mtrs. La hiperventilación conduce no solo a un aumento de la cantidad de oxígeno en el pulmón, sino lo que es más importante, a un ligero aumento de su tensión parcial en los alveolos, mejorando la oxigenación de la sangre.

Este aumento de frecuencia respiratoria es tan trascendental, que cuando llegue la aclimatación persistirá, en oposición a lo que veremos suceder con el pulso.

Todo este cuadro defensivo del aparato respiratorio viene regido por el centro respiratorio, que se encuentra afectado por esta nueva situación que la altura y su baja tensión de oxígeno le han presentado. HINGSTON apoyándose en los resultados de la prueba de apnea voluntaria, cree que el centro respiratorio es muy sensible al anhídrido carbónico que sería en montaña, según opinión de GRANDJEAN, el principal regulador de la respiración. HURTADO discrepa de esta opinión.

Recientemente, 1.959, DEJOURS, GIRARD y colaboradores ponen punto final a la cuestión al publicar sus trabajos realizados en el laboratorio de Rayos Cósmicos de la A. de Midi a 3.613 mtrs. de altura. Discuten las teorías acidóticas sostenida en principio por HALDANE y BAYCOTT, cuyos trabajos no pudieron ser comprobados por BARCROFF y DOUGLAS. Poco tiempo más tarde, se demostró que la hipoxia da lugar a una alcalosis, teoría vigente en estos momentos. HEYMANS demostró que la hipoxia influye primordialmente sobre los senos carotídeos y aórticos que aumentan su funcionamiento y en consecuencia, por mecanismos reflejos, aumentan la ventilación.

Según HAGGARD y HENDERSON, la hipoxia da lugar a la inmediata producción de una sustancia, que no han podido aislar, que estimularía la ventilación es el "respiratori X". En el curso de la aclimatación al tiempo que se establece la baja de reserva alcalina, la producción de "respiratori X" disminuye, pero entonces ya los centros respiratorios son mucho más sensibles al anhídrido carbónico que en la fase de aclimatación se ha convertido en el principal regulador de la respiración, desplazando la acción de los quimiorreceptores. Resumiendo: en la fase de alarma la regulación del centro respiratorio viene dada por los quimiorreceptores y el "respirator X", en la aclimatación es la acción del anhídrido carbónico sobre el centro, lo que regula la respiración.

El esfuerzo del montañero para vencer las dificultades de la ascensión, tallar escalones, transportar el equipo, etc. le provoca una disnea brutal mucho más intensa que la que el mismo trabajo origina en el llano, pues a igualdad de esfuerzo, sea a la altura que sea, se precisa la misma cantidad de oxígeno. Ahora bien, la máxima ventilación posible en montaña no puede definitivamente introducir más que un aire con baja tensión de oxígeno que no llegará a subvenir la necesidad del organismo que trabaja, por consiguiente las posibilidades de esfuerzo muscular del montañero disminuyen con la altura.

El pulmón ya ha dado su máximo fisiológico, precisa ahora que este oxígeno que ha conseguido colocar en sus alveolos sea bien aprovechado. Los mecanismos de urgencia acuden a la sangre en demanda de ayuda. Es preciso un mayor número de vehículos que lleven el oxígeno hasta las células, tienen que aumentar los glóbulos rojos, por ello los órganos depósito se expresan, lanzando a la circulación todos los hematies que tenían en reserva. La reacción de alarma, desencadenada por el "stress" anoxia, se apoya especialmente en la descarga de adrenalina de la médula suprarrenal, está en marcha el contra shock. La adrenalina es la que actúa sobre el bazo provocando su máxima contracción. A esta poliglobulia verdadera se une una poliglobulia relativa, debida al aumento de viscosidad de la sangre por pérdida de agua provocada por la deshidratación general del organismo ante una atmósfera muy seca, que aumenta las pérdidas de líquido por evaporación a nivel de la piel y por la hiperventilación a nivel del pulmón. Llega así a los capilares pulmonares una sangre mucho más cargada de glóbulos rojos, que a 4.500 mtrs. se ha calculado en cerca de los 7.000.000. Esta adaptación, rápidamente tiene que ceder paso a una situación más estable que no obligue a todos los recursos defensivos hemáticos a esta total tensión, que fallaría ante el más pequeño insulto ambiental que el organismo recibiera, por ello la médula ósea inicia una hiperproducción de hematies, la hemoglobina aumenta, en fin, va estableciéndose la fase de resistencia en la que se crean mecanismos específicos de defensa, la aclimatación, que merece capítulo aparte.

El organismo ya ha conseguido situar más oxígeno en los alveolos, mayor número de hematies en los capilares pulmonares, le falta ahora el traslado rápido de estos vectores de vida, a las células; el corazón y el sistema circulatorio entran en acción.

El simpático está al mando de la reacción de alarma, en esta fase solo con una taquicardia puede el corazón cumplir su cometido. La frecuencia cardiaca aumenta, más adelante, cuando la aclimatación se consiga, volverá a los valores normales que tenía en el llano o incluso más bajos. Preocupó a los investigadores, comprobar si este aumento de frecuencia iba en realidad acompañado de un aumento del "débito cardiaco" pues no hay duda, que desde el punto de vista fisiológico, tiene ello mas importancia que una simple aceleración cardiaca. Para llegar a esta determinación fué necesario montar laboratorios confortables y bien dotados en las grandes alturas, los suizos lo consiguieron en la Jungfrauoch a 3.450 mtrs. y los americanos en Pikes Peak a 4.300 mtrs., llegando los dos grupos de investigadores a las mismas conclusiones: el "débito cardiaco" está aumentado en la montaña y no vuelve a su nivel normal que al término de 10 días lo más pronto. Este "débito cardiaco" presenta la ventaja de aumentar el aporte horario de oxígeno a la periferia y la desventaja de exigir del corazón un excesivo trabajo. La recuperación de un "débito cardiaco" normal es cuestión de días siendo muy interesante señalar que los turistas, trasladados pasivamente en ferrocarril, como sucede en la Jungfrauoch, tardan unos 10-15 días en recuperarse, mientras los que han ascendido por su propio pie y luego realizan excursiones presentan una rápida

vuelta a la normalidad de su frecuencia cardiaca. En esta lucha para conseguir la aclimatación el corazón tiene que actuar contra una nueva causa de fatiga, el aumento de tensión de la circulación pulmonar que al repercutir contra el ventrículo más débil, compromete en sumo grado el poder del miocardio. La brusca ascensión a grandes alturas sobrepasa las posibilidades reguladoras de todos estos mecanismos y la fase de contra-shock no puede ser superada, se agotan las reservas, se cae nuevamente en el shock, muriendo el sujeto. Tal fué el caso de los tripulantes del globo "Le Zenit".

La idea de que al disminuir la presión atmosférica debería aumentar la presión arterial, había sido admitida de manera completamente gratuita, así cuando comprobaron lo que había de cierto, observaron que de manera general la presión arterial se aparta muy poco de lo normal hasta una altura de 6.000 mtrs. Es indudable que durante los primeros días de permanencia en la altura, cuando el contra-shock está en marcha, el aumento del "débito cardiaco", la mayor viscosidad de la sangre, la descarga de adrenalina, aumentan ligeramente la tensión, en especial durante el esfuerzo físico. Cuando llega la aclimatación la tensión arterial es la misma que el llano. Personalmente he comprobado este punto en los Alpes.

La anoxia produce una vasodilatación periférica, especialmente manifiesta sobre los vasos meníngeos, efecto que se observa claramente hacia los 5.000 mtrs. de altura y se debe a factores químicos, mecánicos y reflejos, que actúan sinérgicamente para aumentar la circulación en los órganos nerviosos lo que resulta muy importante para la compensación. El montañero lo acusa con cefalea que cede al llegar la aclimatación. El exámen del fondo de ojo permite observar entre los 5 y 6.000 m. una dilatación de los vasos retinianos cuyo diámetro aumenta en un 10-20%.

La circulación sanguínea en la altura viene regida por los centros bulbares, pudiendo explicarse por este mecanismo, el aumento de frecuencia cardiaca frente a la hipoxia, pues el músculo cardiaco "per se" reacciona ante la falta de oxígeno con un enlentecimiento.

Esta aceleración defensiva de la frecuencia cardiaca no desaparece ni con la inhalación de oxígeno ni durante los primeros días de descenso al llano, explicándose ello por el aumento de excitabilidad de los centros reguladores regidos por una acción nerviosa vegetativa inicialmente simpática.

Repetiré que hay una diferencia interesante entre la regulación de la respiración y circulación en montaña. A pesar de la constancia de la baja tensión de oxígeno, la elevación de la frecuencia y del "débito cardiaco" desaparecen en el curso de la aclimatación, mientras que el "débito respiratorio" queda siempre aumentado. Se comprende perfectamente. La sangre que en realidad es el más importante realizador de la aclimatación debido a su aumento de hematies y de hemoglobina no precisa trasladarse con tanta celeridad a la periferie. El corazón ha aumentado su volúmen sistólico por ello pue-

de enlentecer su frecuencia. El pulmón debe llevar el mismo oxígeno a sus alveolos y aumentar la tensión de este gas; si desapareciese la hiperpnea esto no se conseguiría, se presentaría nuevamente el déficit de oxígeno y el corazón debería acelerarse; que esto sucede así lo comprobamos cuando perfectamente aclimatados a una altura ascendemos 1.000 metros más. La tensión alveolar disminuye, el corazón se acelera y hasta que los hematies hayan nuevamente aumentado o se descienda de la altura no disminuye la frecuencia cardiaca.

La hipoxia deja sentir sus efectos sobre el sistema nervioso. Casi todos los trastornos son reversibles, pero si el ascenso ha sido demasiado rápido y a gran altura, la deficiencia de oxigenación lleva a la pérdida de conocimiento, lo que es ya de mucha importancia desde el punto de vista fisiológico. Los reflejos pasan en general por dos fases: 1ª - disminuyen hasta los 2-3.000 mtrs. - 2ª - aumentan hacia los 4.000 mtrs., pero a los 6.000 mtrs. hay una incorodinación motora, debido al trastorno de la cronaxia cortical por anoxia.

MALMEJOC y COTAB, han observado en sí mismos que a los 5.500 y 6.500 mtrs. sus facultades intelectuales, en esta fase de adaptación, estaban trastornadas, la memoria, la atención y el pensamiento resultaban deficientes existiendo dificultad para realizar cálculos. A partir de 7.500 mtrs., si no ha existido una buena aclimatación, la pérdida de conocimiento es inevitable.

La vista es muy sensible al déficit de oxígeno. La visión a distancia, baja enormemente del valor normal a los 3.500-4.00 metros.

Todo el fisiologismo del organismo está dedicado a sobrevivir, pulmón, corazón, cerebro, concentran la atención de los mecanismos defensivos; por ello la función sexual está disminuida y el individuo no aclimatado es estéril, pues la hipoxia afecta al epitelio germinal, trayendo consigo un proceso de azoospermia que desaparece tan pronto la aclimatación se ha realizado; esto es considerado, por la Escuela peruana del Instituto de Biología Andina, como muy importante para definir la perfecta aclimatación, cuyo concepto consideran debe fundirse en un postulado indiscutible "Vivir y reproducirse".

ACLIMATACION

La aclimatación puede alcanzarse por sujetos que normalmente viven a nivel del mar superando los procesos biológicos adaptativos enumerados, llegando a ser capaz de vivir en una atmósfera enrarecida. Toda esta serie de fenómenos constituyen la enfermedad de adaptación. Cuando más lentamente ascienda el sujeto, realizando estancias a diversas alturas, más posibilidades tiene de que los mecanismos de adaptación puedan actuar sin exigencias graves y permitan el paso a los mecanismos de permanencia, consiguiéndose la aclimatación.

En el montañero aclimatado pocas variaciones se observan en su

aparato respiratorio de las ya indicadas. Persiste el aumento de la "posición media del pulmón" que da un cierto grado de enfisema fisiológico compensador. La hiperventilación no sufre modificación, consiguiéndose de esta forma mantener la elevación máxima de oxígeno alveolar y la disminución máxima del anhídrido carbónico. Los capilares pulmonares están dilatados y existe una moderada hipertensión pulmonar con una presión sistémica normal. Rotta, ha estudiado muy a fondo esta cuestión en Lima, a nivel del mar y en Morococha a 4.540 mtrs. (presión atmosférica 446 mm. Hg.), 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 las comprobaciones iniciales de von Euler y LIIGES-TRAND de que una disminución temporal de la presión parcial de oxígeno era capaz de producir una hipertensión pulmonar se consideró que sería debido a un mecanismo vasoconstrictor desencadenado por la anoxia. Sin embargo se hace difícil aceptar que el hombre normal aclimatado pueda existir con una vasoconstricción permanente en el sistema vascular pulmonar. Campos señala haber encontrado una marcada dilatación del lecho vascular de los pulmones, 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.

Rotta y colaboradores dirigen su atención a la respuesta policitémica con aumento del volúmen de sangre circulante que la hipoxia desencadena. HEILMEYER dice que la disminución de oxígeno es el estímulo más adecuado sobre el órgano hematopoyético. Esta mayor cantidad de sangre circulante puede dar lugar en determinadas circunstancias a un aumento del volúmen de sangre contenido en el pulmón. Monje ha podido demostrar que el hombre en la altura tiene un contenido de sangre en los pulmones igual a un 19´4% del volúmen total, mientras que a nivel del mar, éste volúmen es solo 15´2%. Rotta llega a resultados similares. El porqué de esta distensibilidad pulmonar para acomodar un mayor volúmen de sangre constituye un problema sobre el cual no existe una opinión unánime.

Los órganos hematopoyéticos en el hombre aclimatado toman bajo su responsabilidad el suministro de vectores para el transporte de oxígeno a la célula. Los órganos depósitos vuelven a cumplir su misión y por los lechos vasculares transcurre un volúmen de sangre muy superior al del llano, aumento que es debido especialmente a los glóbulos rojos ya que el plasma a causa de la deshidratación está algo disminuido.

A nivel del mar el hombre tiene un promedio de 5 millones de hematies, a 4.500 metros el recuento dá cifras de 6´5-7 millones. La hemoglobina, a nivel del mar, es de 16 grs. %, a la altura antes citada llega a 20,2 grs. %. El tamaño de los hematies fabricados en la altura es también mayor pues de 7,4 micras de diámetro a 0 metros, llega a 7,74 micras a los 4.500 mtrs. Pero los mecanismos de resistencia que se establecen van más allá. La afini-

dad de la hemoglobina para el oxígeno es menor en la altura, lo que permite una más fácil liberación de este gas a nivel de los tejidos, significando una mayor utilización.

La cantidad de anhídrido carbónico en la sangre está disminuida a consecuencia de la mayor ventilación y por contra su tensión en la sangre arterial está aumentada lo que significa una disminución de ácido carbónico estando abocado el montañero a una alcalosis. Una buena aclimatación comporta una disminución de la reserva alcalina con lo que se mantiene el pH entre límites normales, en realidad se está en una "alcalosis compensada".

El corazón bajo el dominio vagal enlentece su frecuencia, hay bradicardia, respuestas paradójicas al esfuerzo moderado, algunos extrasístoles, aumento moderado de tamaño especialmente por la hipertrofia derecha. Pero mucho no se le exige al corazón para que los cardiólogos se considerasen satisfechos con unas elementales investigaciones, por ello Hywel DAVIES, del Hospital Nacional del Corazón, de Londres, conocedor de los trabajos que sobre corazón y pulso se han realizado por diversas expediciones Himalayas y los estudios en los nativos andinos, de Rotta, Monje y colaboradores, se une a la Expedición británica que dirigida por Sir Emyrn JONES, a finales de 1.959 va al Sola Khumbu con el fin de escalar el Ama Dablam, un pico virgen del Himalaya que si bien no era muy alto, 6.820 mtrs., resultaba técnicamente muy difícil.

DAVIES junto con el médico de la Expedición, Frederick JACKSON, se proponen estudiar los trazados electrocardiográficos de los miembros de la Expedición a nivel del mar y a diversas alturas, en reposo y después del esfuerzo.

Poseedores de un entusiasmo sin límites, practican electrocardiogramas a los europeos, a los scherpas, a los nativos de las aldeas que encuentran a su paso, nadie se resiste a su afán investigador. El Lama Jefe del Monasterio budista de Yhyangboche también es electrocardiografiado y el Lama, del Monasterio de Rongbuk, en el Tiber, que se encontraba allí de vacaciones, también dejó su registro cardiaco.

Lamentablemente cuando la cordada de asalto, formada por HARRIS y FRASER, intentó coronar la cima, son sorprendidos por el mal tiempo. No se sabe si llegaron a la cúspide o si perecieron en el ascenso o descenso, la tempestad borró todas las huellas, obligando al resto de expedicionarios a tan precipitada retirada, que tuvieron que abandonar la tienda y el electro que tenían instalado en el Campamento II, a 5.838 mtrs., punto más alto a que pudo ser transportado el aparato. Se salvaron los 50 registros realizados.

Las observaciones las dividieron en dos grupos: el europeo y el Scherpa. Hay que tener en cuenta que el grupo europeo había sido perfectamente aclimatado, seis semanas, tiempo considerado por todos los autores y particularmente Wyss-Dunant y Rivolier, como más que suficiente para los 7.000 metros.

Coinciden sus conclusiones con las de Rotta y colaboradores, demostrándose una desviación del eje eléctrico a la derecha, que creen debido a descarga ventricular derecha, lo que está también de acuerdo con los cambios de la onda T vistos en VI. Los cambios de la onda T y del segmento S-T en la altura y en el esfuerzo hacen pensar en una isquemia miocárdica, pero el hecho de no presentar ningún signo de angor el individuo, les inclina a considerar el desequilibrio electrolítico como la causa de estas alteraciones. La hipoxia y deshidratación son causa de catabolismo de los tejidos y pérdida de potasio; el esfuerzo prolongado y la tensión emocional, incrementan la secreción de hormonas suprarrenales y ello fomenta la depleción de potasio, que podría ser causa de estas modificaciones electrocardiográficas.

Los estudios de Hurtado sobre la capacidad física de los sujetos aclimatados, su consumo de oxígeno, la producción de ácido láctico durante el trabajo muscular, en comparación con los del nivel del mar, le ha llevado a lanzar la teoría de que la verdadera aclimatación tiene lugar a nivel tisular a través de una serie de fenómenos enzimáticos. Las experiencias por mí realizadas con el ácido pangámico en 1.959 y 1.960 frente a sujetos que iniciaban la posibilidad de que en las fases finales de la oxigenación, allí donde todo se reduce a favorecer una serie de procesos de óxido-reducción, aparezcan fenómenos enzimáticos que favorezcan la aclimatación.

La aclimatación no se puede conseguir a cualquier altura, hay un límite por sobre el cual toda aclimatación es imposible; allí solo puede llegar el hombre poniendo nuevamente en juego sus mecanismos de urgencia, todo se consigue a base de las reservas propias, no hay recuperación posible, el individuo se deteriora, está en una fase catabólica de la que solo descendiendo a cotas más bajas podrá salir.

Wyss-Dunant ha dividido la alta montaña en relación con las posibilidades de aclimatación del hombre en tres zonas:

- 1ª. - Zona de aclimatación, hasta los 6.500 en donde se puede conseguir esta vida normal que he detallado.
- 2ª. - Zona de deterioro, hasta los 7.900 mtrs. que obliga al organismo a un esfuerzo total.
- 3ª. - Zona letal, a partir de la altura citada, zona en la cual la vida pende de un hilo y que actualmente no se ataca sin la protección del oxígeno. En esta zona mortal lo único que intenta el hombre es sobrevivir.