

BIOLOGIA DE LA ACTIVIDAD FISICA EN LA MONTAÑA (*)

PROF. M. TANCHE

La actividad física en la montaña, representada por la escalada, el esquí, la marcha, se incrementa diariamente en razón del crecimiento del tiempo dedicado al ocio.

Además desde hace algunos años se constata un aumento en el número de expediciones con el propósito de conquistar las más altas cimas del mundo, sin olvidar que de vez en cuando son organizadas competiciones deportivas en ciudades de altitud (México 1964).

Paralelamente el número de accidentes de montaña va creciendo, sus causas son múltiples: inexperiencia, imprudencia, alarde de fuerzas, etc.

Por todas estas razones, la Medicina Deportiva debe desarrollarse también, informar al público, a los adeptos a la montaña de los diferentes riesgos basados en los efectos que la altitud tiene sobre el cuerpo humano.

I. — MODIFICACIONES DEL AMBIENTE

El efecto principal es la disminución de la presión barométrica creando una disminución de la presión de oxígeno en el aire inspirado, mientras que la concentración de este gas per-

manece inalterable sea cual sea la altitud. Ahora bien, la presión de oxígeno en el aire inspirado condiciona ella misma el habituallamiento de oxígeno de la sangre y en consecuencia de los tejidos. Se crea una «hipoxia» que va a engendrar reacciones adaptativas, pudiendo permitir una actividad normal o ser generadoras de trastornos o ser total o parcialmente insuficiente. Por ejemplo: si la presión inspiradora de oxígeno a nivel del mar es de 149 Torr, a 4.000 m. es solamente 87 Torr. En segundo lugar se aprecia una disminución en la presión «higrométrica» a medida que se sube. Esta disminución va a llevar consigo un aumento de las pérdidas de agua por evaporación sobre todo de las vías respiratorias. Sigue, en ciertos casos, sequedad de la boca, sensación de sed, deshidratación. Por tanto una influencia sobre la repartición de agua en el organismo.

El descenso de la densidad del aire va a tener influencia también sobre el trabajo respiratorio, que evidentemente va a ser menor que al nivel del mar, porque los volúmenes ventilados estarán disminuidos para una misma ventilación. También es influenciado por el trabajo realizado por el sujeto. La resistencia del aire, crece al cuádruple de su potencia con la velocidad, por lo tanto, va a oponerse de manera

(*) Trabajo presentado en las IV Jornadas de Medicina de Montaña, y traducido por el Dr. J. R. Morandéira.

menos importante en altitud para el desplazamiento del cuerpo a una velocidad elevada. Otras constantes (parámetros) se dan con más frecuencia en altitud que a nivel del mar:

El frío. — El descenso de la temperatura es de 6.5° aproximadamente por cada mil metros de desnivel, entendiéndose que se toma como temperatura base la del nivel del mar en la misma latitud. En el hombre la ropa compensa este efecto del frío, sin embargo, por negligencia, accidente o por agotamiento simplemente, el efecto del frío se va a dejar sentir sobre el organismo, llevando a dos tipos de reacciones: locales (congelaciones) y generales (hipotermias).

El viento. — El viento aumenta las pérdidas y va a ser un elemento suplementario responsable de la aparición de un cierto número de trastornos, sin contar las reacciones reflejas locales que puede provocar sobre una o más partes del cuerpo.

Las radiaciones. — Todos sabemos que hay una mejor penetración del conjunto de las radiaciones, de las ultravioletas a las infra-rojos, con sus efectos sobre la piel, las mucosas, los ojos, sin contar el efecto de las diferentes radiaciones ionizantes. Estas últimas pueden ser mínimas puesto que a 6.000 m. por ejemplo, apenas durante un año llegan al límite intoleable, ya que no existe prácticamente ninguna población que viva permanentemente a 6.000 metros.

II. — POSIBILIDADES DE ESTUDIO DE LAS MODIFICACIONES BIOLÓGICAS

Un cierto número de medios están a nuestra disposición. Son a menudo complicados y sobre todo extremadamente caros.

Consiste en meter a sujetos en las cámaras de descompresión o emplear el método de la altitud simulada que permite, al actuar sobre la concentración de oxígeno en el aire inspirado, suministrar al individuo que va a hacer ésta o aquella prestación una presión de oxígeno en el aire inspirado equivalente a la que existe en la altitud real (fig. 1). No obstante hay una reserva: la densidad del aire no es la misma que si se hacen las pruebas en altitud real. Requiere un trabajo respiratorio más importante, modificando las posibilidades del individuo. Un último método consiste en hacer los tests en altitud real, requiriendo contingentes materiales prácticamente inasequibles. Solamente puede realizarse excepcionalmente y siempre a título de investigación.

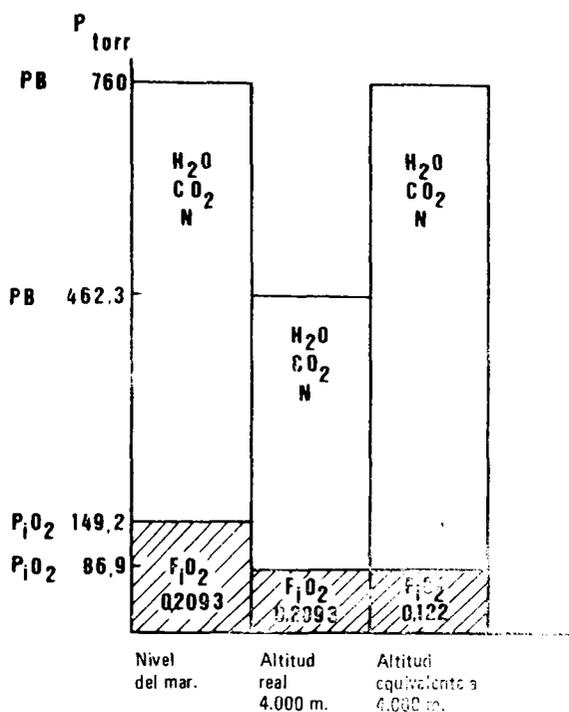


Figura 1

III. — MODIFICACIONES BIOLÓGICAS EN REPOSO

Primeramente serán consideradas en reposo a altitudes por encima de los 2.000 m. que llamaremos de gran altitud. En estas condiciones hace falta considerar la subida brusca a la altitud y el hecho de quedarse en esta altura durante cierto tiempo, lo que representa una adaptación y termina siendo una aclimatación. La figura 2 muestra las variaciones en más o menos de los valores biológicos durante la exposición brusca a la gran altitud (sin precisar). Así, en el aire inspirado, la caída de P_{iO_2} en función de la presión barométrica, lleva consigo una hiperventilación que permite una disminución menor de la presión alveolar de oxígeno en relación a la que debería de ser si no hubiese habido esta reacción.

La capacidad de difusión alvéolo-capilar no cambia con la altitud, y en consecuencia, no va a influir en los intercambios alvéolo-capilares pero estos mismos intercambios serán fuertemente modificados: Por un lado la hiperventilación va a crear una «alcalosis» una caída de la PCO_2 arterial, lo que se traduce en la ausencia de modificación de la tasa de bicarbonato, por el aumento del PH y en fin, sin modificación de los 2,3 DPG. Estos factores van a ac-

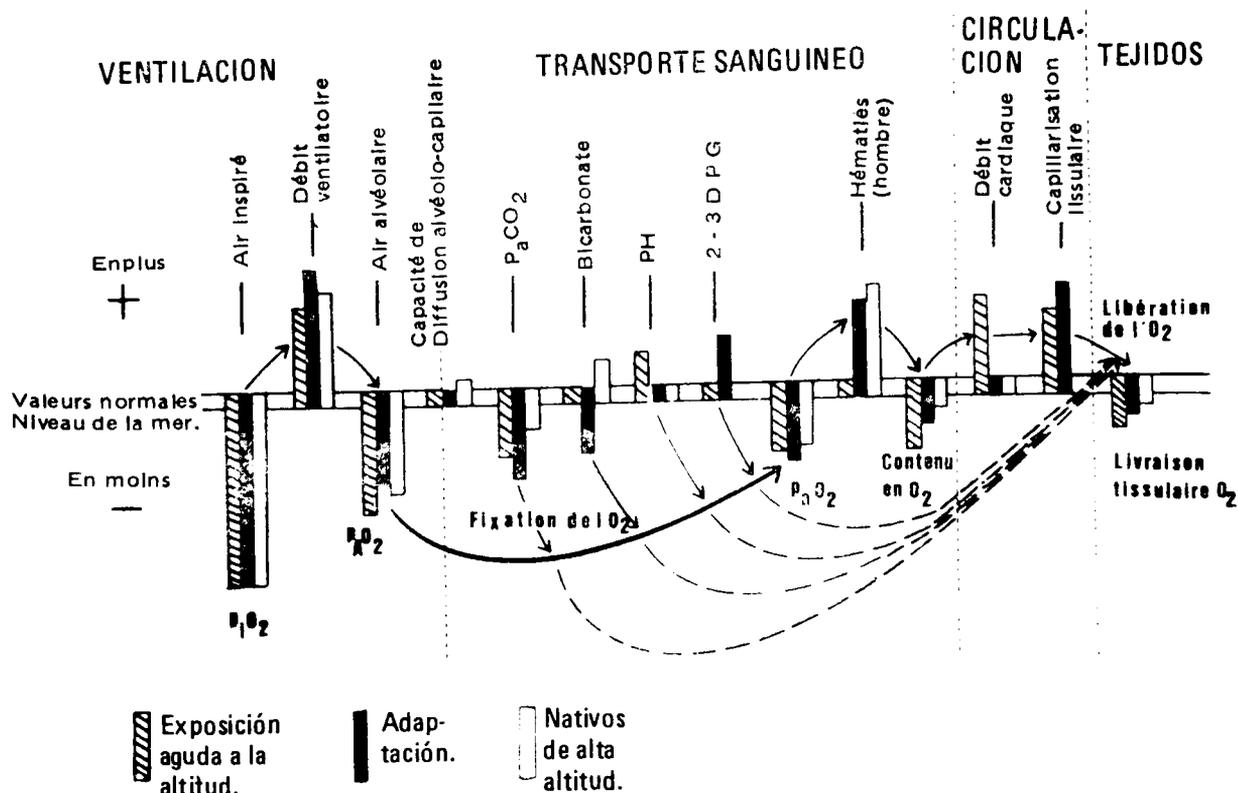


Figura 2

tuar sobre la curva de disociación de la hemoglobina, por tanto de la fijación de oxígeno. Esta curva de aspecto sigmoide se desplaza siguiendo las variaciones de la presión parcial del gas carbónico, de PH y de la temperatura, del contenido en 2,3 DPG. La fijación de oxígeno va a ser por tanto tributaria a la vez de la presión parcial de oxígeno, de la hemoglobina a nivel alveolar y al mismo tiempo de la hipocapnia y de la alcalosis. Dos ejemplos: A 2.000 metros la saturación de oxihemoglobina será teóricamente de 93 por ciento para una presión arterial de oxígeno de 66 Torr. lo que representa la presión normal, a partir de la presión alveolar para la presión barométrica considerada. La hiperventilación incrementa la presión alveolar de oxígeno, permite una mejor saturación y un desplazamiento de la curva por la alcalosis y la hipocapnia, permitiendo tener una saturación prácticamente normal, muy parecida a la del nivel del mar. A 4.000 m. teóricamente, se debería tener una función de la presión alveolar 38 Torr., la hiperventilación lleva esta presión de oxígeno de la sangre arterial a 53 Torr. la hipocapnia y la alcalosis llevan la saturación de 86 por ciento al 90 por ciento, permitiendo así, incluso a 4.000 m. un conte-

nido de oxígeno normal (fig. 3). Por otro lado, el caudal cardíaco aumenta por el aumento de la frecuencia cardíaca y del volumen sitólico; la capilarización, es decir la abertura de los capilares en los diferentes tejidos se hace más importante. El resultado es un desprendimiento de oxígeno en los tejidos del cual la disminución es verdaderamente pequeña con relación a la que debería de ser si no hubiera ningún mecanismo regulador. Resumiendo, en exposiciones bruscas, la hiperventilación y el aumento del débito cardíaco permiten una conducción de oxígeno suficiente para el habituamiento de los tejidos hasta altitudes cercanas a los 7.000 m. (fig. 4).

En la figura 2 tenemos las modificaciones que se producen en el transcurso de la adaptación. El descenso de PIO_2 es siempre el mismo, pero la hiperventilación está «fijada» y permanecerá tal cual durante todo el período de la adaptación. Esta hiperventilación lleva consigo una PaO_2 mejor de lo que debería de ser y una disminución menor que cuando la exposición brusca. La capacidad de difusión permanece sin variar, pero aquí, la hipocapnia es más importante. Los bicarbonatos han sido eliminados por vía urinaria, su contenido en la

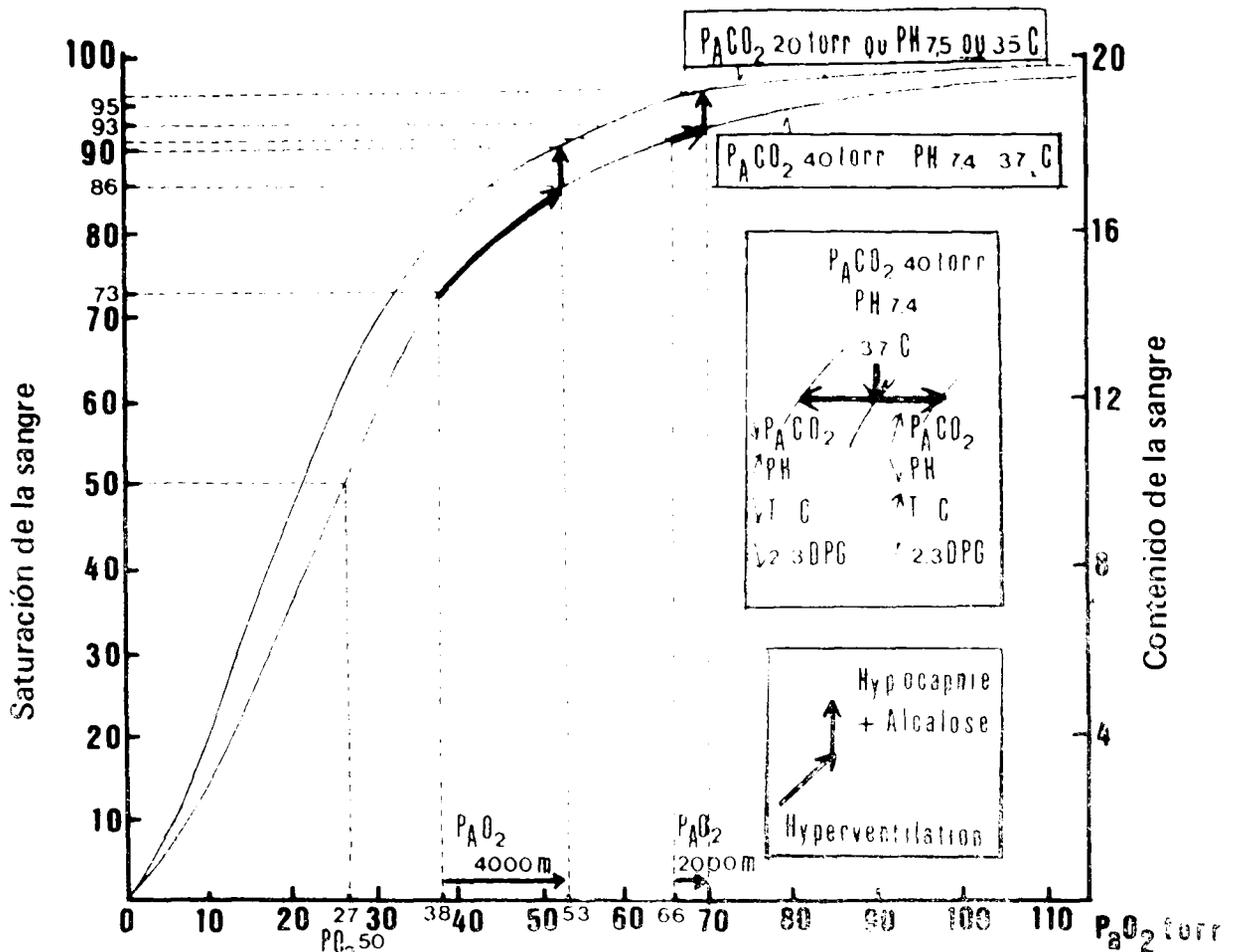


Figura 3

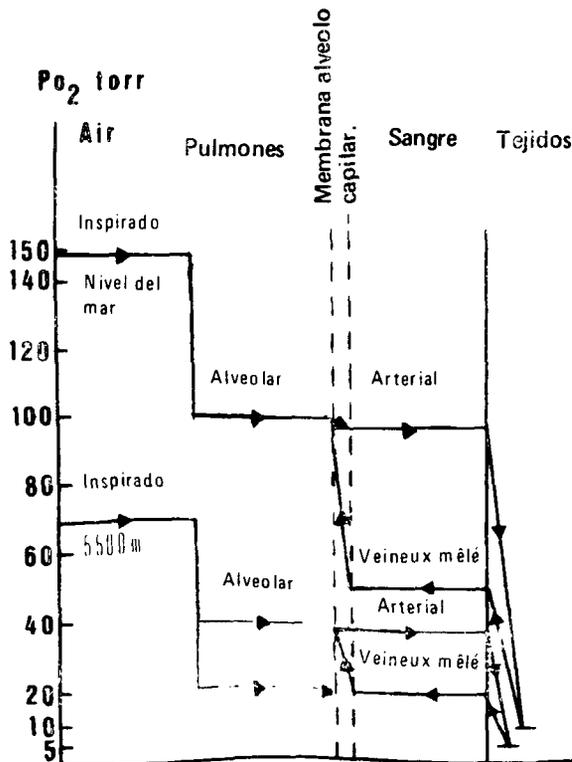


Figura 4

sangre ha disminuido. Por este hecho el PH ha vuelto a lo normal y la tasa de 2,3 DPG ha crecido. Estos diferentes fenómenos excepto el aumento 2,3 DPG, llevan consigo una mejor fijación del oxígeno, a nivel sanguíneo y en consecuencia una disminución menos importante de la presión parcial arterial de oxígeno. Además durante la adaptación aparece una poliglobulia, que va a aumentar el volumen circulante, cosa que no ocurría en la exposición brusca. Por el contrario el gasto cardíaco vuelve a lo normal y la capilarización, es decir la abertura de los capilares en los tejidos se acrecienta todavía más. Todo esto permite mantener un aporte suficiente de oxígeno a los tejidos.

Resumiendo, durante la adaptación, los dos factores responsables del habituallamiento suficiente de oxígeno son la hiperventilación y la poliglobulia, y este conjunto de mecanismos —en reposo— permite un consumo prácticamente normal de oxígeno. En efecto el valor del consumo de oxígeno en reposo no varía con la altitud, excepto durante la exposición brusca, donde se eleva ligeramente para volver rápidamente a lo normal. Esta elevación es des-

de luego, paralela a la elevación del gasto cardíaco; cuando el consumo de oxígeno vuelve a los valores del nivel del mar, el gasto cardíaco vuelve también a lo normal. Hace falta añadir que si el volumen plasmático ha disminuido, la viscosidad ha aumentado ligeramente durante la exposición brusca y de manera más importante durante la adaptación; los índices hormonales se encuentran en su mayor parte aumentados, especialmente las catecolaminas, las hormonas tiroideas, el glucagon, la STH, sólo la insulina ha descendido durante todo el período de adaptación.

En lo que concierne al cortisol, los datos son muy variables.

Los mecanismos de todas estas modificaciones son de dos tipos: acción de los quimorreceptores bajo la influencia de la presión parcial de oxígeno arterial, y sobre todo el «stress» en el cuadro de las secreciones hormonales.

En resumen, las diferentes reacciones del organismo (en reposo por lo menos) permiten un aporte normal de oxígeno a los tejidos. Entendiendo que si se llega a ciertas altitudes, todos

los mecanismos de regulación serán sobrepasados y los intercambios gaseosos necesarios para este aporte de oxígeno serán insuficientes.

IV. — MODIFICACIONES BIOLÓGICAS DURANTE EL TRABAJO

En lo concerniente a la «anaerobiosis» en los ejercicios de corta duración, inferiores a 45 segundos, los datos de los Juegos Olímpicos de México mostraron que las pruebas de sprint no se modificaron prácticamente, mientras que las pruebas de fondo se estancaban o descendían. Los fenómenos anaeróbicos «alácticos» y «lácticos» se desarrollan exactamente como al nivel del mar, pero durante ejercicios «sub-máximos» de larga duración (fig. 5) el ácido láctico sanguíneo aparece para el consumo de oxígeno o ejercicios de potencia menor que al nivel del mar: la «Lactacidemia» se eleva mucho más rápidamente pero llevada al consumo de oxígeno máximo, aparece exactamente igual en todas las altitudes. El valor absoluto, para una potencia dada de la energía que está bajo ten-

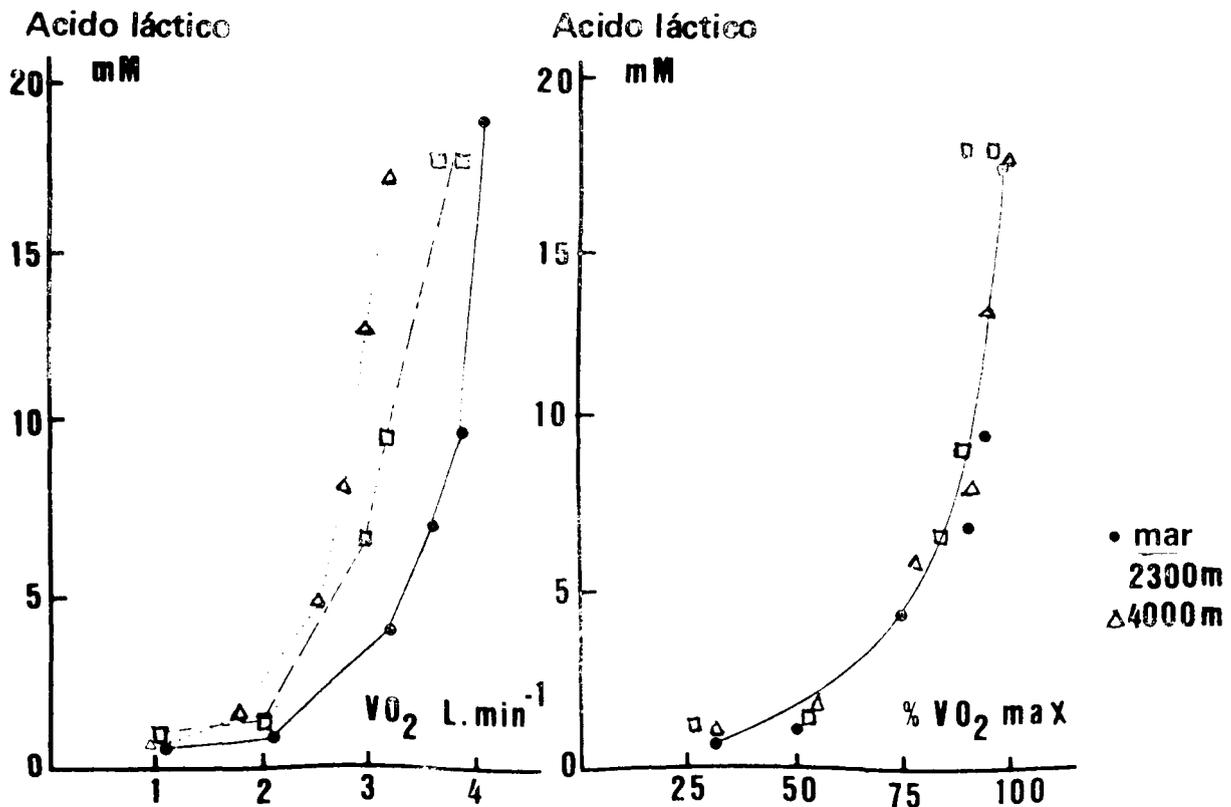


Figura 5

sión por las reacciones anaeróbicas es superior a la que está al nivel del mar, correlacionada con la carga relativa al trabajo en todas las altitudes. Durante la aclimatación, la tasa máxima de ácido láctico que se puede observar disminuye progresivamente. En lo concerniente a los fenómenos de aerobiosis, como al nivel del mar, el consumo de oxígeno durante un ejercicio de una potencia dada en la altitud, sigue las diferentes fases clásicas de instauración, «steady state» y recuperación, sin embargo, los períodos de instalación y recuperación parecen más largos que al nivel del mar. Estudiando el consumo de oxígeno según la potencia del ejercicio, el mismo trabajo en altitudes diferentes, resulta en el mismo consumo de oxígeno.

El consumo de oxígeno máximo se encuentra fuertemente disminuido, es tanto más bajo en tanto que la altitud es más elevada en exposición brusca. Durante la adaptación se eleva progresivamente sin llegar nunca a los valores que se encuentran al nivel del mar. El estudio de la resistencia, es decir, la posibilidad de mantener un trabajo de una potencia representando una fracción dada del consumo máximo de oxígeno muestra que no cambia con la exposición brusca a la altitud: un sujeto se mantendrá más o menos el mismo tiempo efectuando un ejercicio a 75 por ciento de su consumo máximo de oxígeno a 4.000 m. o al nivel del mar (consumo máximo de oxígeno del lugar, claro). Durante la aclimatación, la resistencia va a elevarse progresivamente, esto permite explicar la actividad que se puede desarrollar sin oxígeno a 8.000 m. puesto que para llegar a estas cimas, las marchas de aproximación duran tres semanas a veces un mes, lo que representa una aclimatación progresiva a la alta montaña de sujetos que presentan, incluso al nivel del mar, una capacidad de trabajo aeróbico importante, desarrollada por el entrenamiento habitual. Hace falta señalar también que el ritmo del ejercicio no es muy intenso, con períodos de recuperación bastante largos.

La hiperventilación provocada por el ejercicio muscular es similar en todas las altitudes. En lo que concierne a la frecuencia cardíaca máxima, está como al nivel del mar, condicionada por el valor de 220 menos la edad. Durante la exposición brusca esta frecuencia cardíaca máxima, es casi inalterable —más o menos cinco o seis sístoles— (fig. 6). Durante la adaptación, baja progresivamente y puede alcanzar valores extremadamente débiles, 140 sístoles al minuto. Para los «substratos» energéticos se constata que la glicemia y los ácidos grasos libres, aumentan al mismo tiempo que

el ejercicio en altitud y mucho más que al nivel del mar para un ejercicio de igual potencia.

Al nivel del músculo, durante la adaptación la mioglobina y las capacidades oxidativas enzimáticas aumentan. En lo concerniente al sistema nervioso, diferentes alcances se traduce en defectos de atención, percepción y localización. Los estímulos dolorosos se encuentran muy ralentizados, así como el tiempo de reacción. Al contrario, la sensibilidad táctil parece no cambiar.

V. — PROCESOS FISIOLÓGICOS PARTICULARES

Modificaciones de la circulación pulmonar. Una hipertensión arterial pulmonar aparece progresivamente, durante las seis primeras horas de exposición, a veces durante las doce primeras horas. Debido a una vasoconstricción arteriolar, afectando sobre todo a algunos sujetos ya predispuestos a ello. El edema agudo, es de alguna manera el reflejo patológico de esta hipertensión. Las modificaciones de la circulación cerebral. El caudal cerebral aumenta en la exposición brusca volviendo a la normalidad entre las seis y doce horas. Este aumento puede estar relacionado con la descarga de catecolaminas, y con la aparición de ciertos trastornos de mal agudo de montaña, como vértigos, náuseas, vómitos, cefaleas, etc., que lo acompañan.

Altitudes intermedias. A las altitudes comprendidas entre los 0 y 2.000 m. sabemos que cuando nos encontramos a dos mil metros no hay dificultad en realizar las mismas prestaciones físicas que al nivel del mar. Los procesos de regulación no son advertidos por el sujeto y permiten fácilmente un habituamiento en oxígeno de los tejidos como ocurre al nivel del mar.

VI. — PATOLOGÍA

Los trastornos resultan en modificaciones en el ambiente y en modificaciones debidas a la adaptación.

Es característico sobre todo el mal de montaña, el edema agudo pulmonar y una forma más grave, el edema cerebral. Puede ser causado por las radiaciones: el sol, la oftalmia de la nieve. El frío: las congelaciones, al conjunto del frío y del agotamiento: la hipotermia.

En fin, el choque traumático se agrava por el cansancio, la intensidad del frío y la «hipoxia».

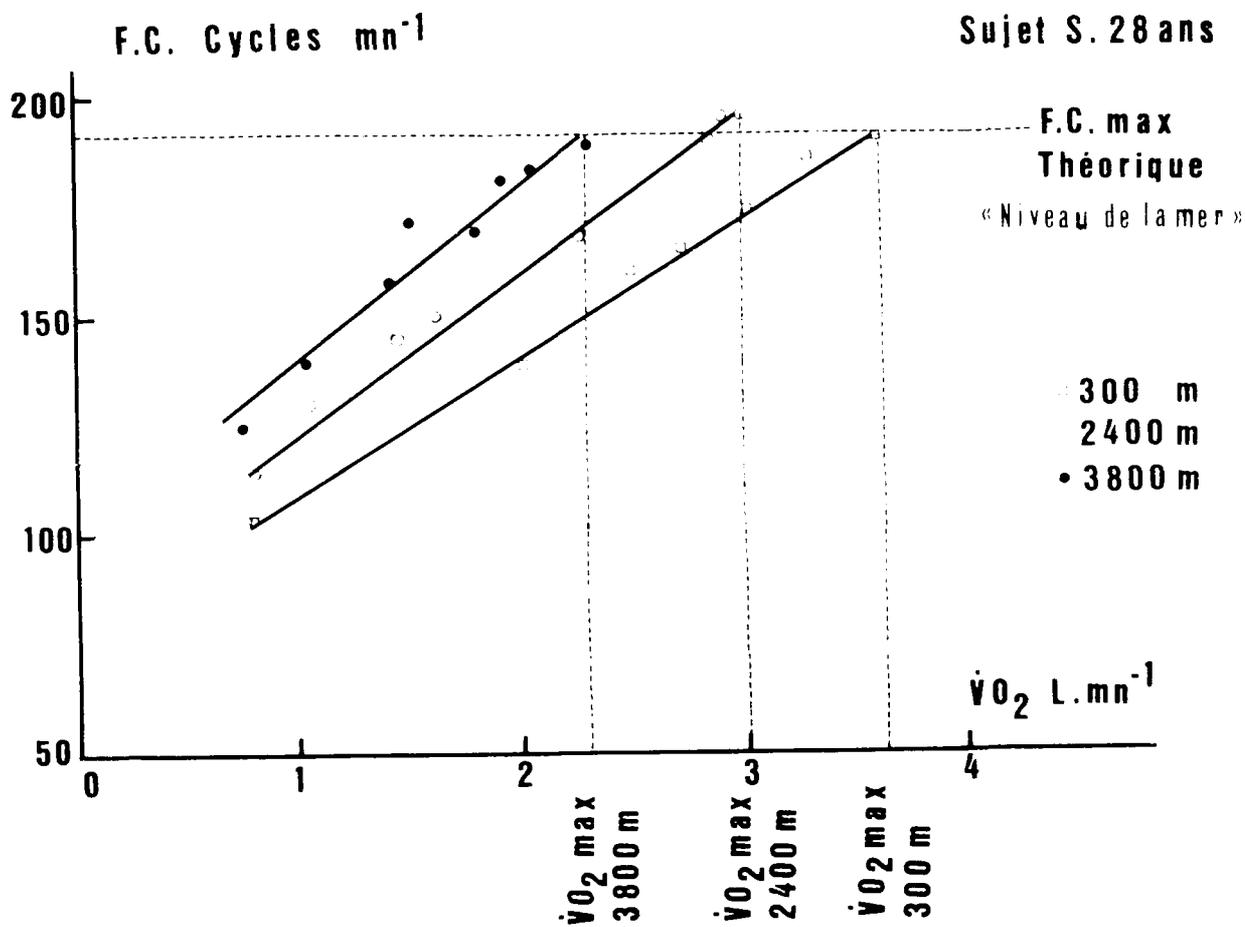


Figura 6

VII. — CONTRAINDICACIONES

Estas son las afecciones.

De la esfera ORL: sinusitis, timpanoplastias, etcétera.

Del sistema nervioso: secuelas de traumatismo craneano, hemorragia cerebral, epilepsia.

Del sistema endocrino: diabetes.

Del sistema circulatorio: infarto miocardio, antiguo o reciente, antecedentes de edema agudo pulmonar.

MONOSUSTANCIA

CON ACCION ANTIRREUMATICA

Zenavan* Gel

ETOFENAMATO

EFICAZ PENETRACION Y ABSORCION POR SU DESTACADA LIPOFILIA

POTENTE ACCION ANTIINFLAMATORIA

RAPIDO ALIVIO DEL DOLOR

EXCELENTE TOLERANCIA

Concentración del principio activo 20 veces más elevada en el tejido inflamado, en comparación



con el tejido no inflamado, una hora después de la aplicación cutánea.

Dell, Jacobi, Wäsche, *Arzneim.-Forsch.*, **27**, 1316 (1977).

Composición:

Etofenamato, 5 g; exc., c.s.p., 100 g.

Indicaciones:

Terapéutica local de los procesos reumáticos e inflamatorios.

Procesos reumáticos dolorosos y degenerativos.

Lumbago, ciática, distensiones, contusiones, esguinces.

Tenosinovitis, bursitis y periartritis.

Artropatías.

Traumatismos por deporte o accidente.

Dosis y modo de empleo:

USO TOPICO

Extender suavemente mediante ligero masaje, la cantidad necesaria sobre la zona afectada, de 3 a 4 veces al día.

Contraindicaciones:

Sensibilización alérgica o alteraciones locales de la piel en la zona afectada (eczemas, heridas, etc.).

Precauciones:

Es prudente mantener la prevención general contra el uso de cualquier clase de medicamento, salvo emergencias, durante los tres primeros meses del embarazo.

Incompatibilidades:

Terapéuticas locales queratolíticas o rubefacientes.

Efectos secundarios:

Raramente puede aparecer alguna manifestación cutánea pasajera (enrojecimiento local, intolerancia cutánea no precisada).

Intoxicación:

Debido a su empleo exclusivo en aplicación local, la intoxicación es prácticamente imposible.

Presentación:

Tubo con 50 g de gel cutáneo.

P.V.P. Pesetas 189,— (i.i.)



APARTADO 44 BARCELONA

* Marca registrada.