

ALTERACIONES NEUROFISIOLÓGICAS DERIVADAS DEL STRESS HIPÓXICO DEBIDO A LA ALTITUD

A. Gutiérrez,
C. Melero,
J.M. Sánchez,
C. De Teresa.

*Departamento de Educación Física,
Universidad de Granada.*

En este estudio se muestran las alteraciones sobre los planos cardiovascular, energético y neurológico, debidas a la exposición súbita a una hipoxia moderada, en un grupo de 15 sujetos adultos sanos, mostrando una escasa influencia sobre el tiempo y la velocidad de reacción simples, una importante afectación de la capacidad de trabajo y una disminución del tiempo de reacción en tests complejos.

Abstract

Con objeto de conocer los efectos de la altitud sobre determinadas variables en relación con los sistemas car-

diovascular y neurológico, un grupo de 15 sujetos de edades comprendidas entre 20 y 32 años se someten a diversos tests y controles en el Departamento de Ed. Física de Granada y a 2.550 m. de altitud en Sierra Nevada. No se aprecian variaciones en el tiempo de reacción visual ni auditivo, ni en la velocidad de reacción, lo mismo que en los valores basales de tensión arterial. La capacidad de trabajo se encuentra disminuida lo mismo que el tiempo de reacción en tests complejos de atención-percepción-decisión. Los resultados sugieren una escasa afectación del estado mental por efecto de la exposición de forma súbita a una hipoxia moderada.

KEY WORDS: Altitud, tiempo de reacción.

Introducción

Cuando el Comité Olímpico Internacional asignó a Ciudad de México, situada a 2.300 m. de altitud, la celebración de los Juegos de la XIX Olimpiada (1968), la primera reacción de las autoridades médico-deportivas fue la protesta e impugnación de tal decisión, estimándose perjudicadas aquellas naciones cuya geografía impedía que sus atletas estuviesen aclimatados a la altitud en contra de países de claro predominio



montañoso o con altiplanicies que permitían a sus atletas la estancia prolongada en un ambiente hipóxico, que como había quedado patente hasta entonces por numerosas investigaciones (Buskirk, 1967; Faulkner, 1967; Saltin, 1867) producía un importante deterioro de la condición física, al menos en sujetos no aclimatados.

En el siglo XIX Paul Bert (cit. Richalet, 1984) describe los efectos perjudiciales de la altitud sobre el desempeño físico, y que éstos eran debidos a la disminución de la presión parcial de oxígeno. El rendimiento de un sujeto se ve afectado ya a 1.200 m. de altitud en el caso de un ejercicio intenso en el que participen grandes masas musculares durante dos minutos o más (Terrados, 1987). En alturas superiores la dificultad se incrementa notablemente, y así ya en 1925 describe Norton la dificultad para la escalada en alta montaña, necesitando una hora para superar una distancia de 35 metros a 8.500 de altitud (op. cit. Castello, 1972).

Sin embargo, nos vamos a ocupar de alturas en las que se realizan habitualmente competiciones con una doble finalidad: a) alcanzar una mayor velocidad gracias a una menor resistencia del aire por la disminución gradual de su densidad, situación de la que se benefician los ciclistas para mejorar el récord de la hora en altitud, y b) pruebas de velocidad pura o saltos en los que la fuerza de la gravedad actúa en menor grado sobre los objetos y el propio atleta, unido a la menor resistencia del aire (Di Prampero, 1979; Lloyd, 1967). Así, un equipo de investigadores americanos especializados en balística, aprovechando los Juegos Olímpicos de México, demostraron la posibilidad de mejora en la distancia

de lanzamientos, que evaluaron en aproximadamente 6 cm. para el peso, 53 cm. para el martillo, 69 cm. para la jabalina y 162 cm. para el disco.

Además de la competición en altitud, que indudablemente beneficia a determinados deportistas y especialidades atléticas, la estancia prolongada en montaña se emplea para el entrenamiento con la finalidad de obtener mejoras a la vuelta al nivel del mar (Rhakila, 1982).

Algunos de los atletas que compitieron en México, sin gran éxito, pero que permanecieron en alturas de más de 2.000 metros durante más de 2 semanas, al volver a sus países de origen, algunos de ellos a nivel del mar, o en las competiciones post-olímpica, vieron como batían récords personales o de sus países, cuando no continentales. Esto hizo reflexionar sobre la adaptación del organismo al esfuerzo realizado en altitud, las modificaciones que se producen y sus efectos beneficiosos al volver a una altitud inferior. En Sudáfrica, en 1966, se registraron asimismo diferencias en los campeonatos realizados a 1760 metros y a nivel del mar por los mismos atletas, con unos tiempos en la milla de 4 min. 15 seg. contra 4 min. exactos a nivel de mar, así como la evidencia de que en los juegos sudafricanos aquellos atletas que residían en altitudes superiores a 1.500, o que previamente sufrieron aclimatación, obtuvieron los mejores resultados.

Acomodación, aclimatación, adaptación

La exposición aguda a la altitud afecta al organismo desde el mismo momento del ascenso hasta 2 ó 3 días después. La

exposición crónica comienza a partir de entonces con ciertas variaciones individuales que dependen de la condición física, exposiciones previas a ambiente hipóxico, etc.

En la fase de hipoxia aguda el organismo pone en juego mecanismos fisiológicos para asegurar el flujo suficiente de oxígeno a las células: Aumento del débito ventilatorio y aumento del débito cardíaco; es la llamada fase de acomodación (Richalet, 1983).

La hipoxia crónica comienza cuando el organismo utiliza procesos más económicos aumentando la capacidad de transporte de oxígeno en la sangre, modificación del metabolismo celular, etc., fenómeno llamado Aclimatación. La intensidad de los diferentes mecanismos puestos en juego dependen esencialmente de tres factores (Scherer, 1982):

- Velocidad de instalación de la hipoxia (vel. de ascensión)
- Intensidad de la hipoxia (altitud alcanzada)
- Las características individuales del sujeto.

Algunas etnias (Sherpas, Tibetanos) se benefician de una adaptación genética que concierne esencialmente a parámetros hematológicos, aunque así mismo los recién nacidos en grandes altitudes –ambientes hipóxicos– desarrollan durante su crecimiento características que favorecen su adaptación a la hipoxia (superficie alveolar aumentada) (Garayoa, 1985).

Procesos de aclimatación

Son los más interesantes para que un deportista se beneficie del entrenamiento en altitud a su vuelta a nivel del mar.

La disminución de la presión de oxígeno acarrea rápidamente una disminución de la presión arterial de O_2 que produce una HIPERVENTILACIÓN; ésta a su vez origina una hipocapnia con alcalosis. En consecuencia se reduce la hiperventilación y aumenta la afinidad de la hemoglobina para el oxígeno incrementándose a su vez la concentración de 2,3-DPG (metabolito intraeritocitario que guarda una estrecha relación con la P.50) (Bichon, 1986). Simultáneamente la hipoxia favorece muy rápidamente la formación de eritropoyetina, derivándose una mayor concentración de hemoglobina (Hortsmann, 1980; Hannon, 1977). Así aumenta la cantidad de oxígeno transportado mientras que disminuye la afinidad de la hemoglobina para el oxígeno, produciéndose una mejor liberación del mismo.

La hipoxia acarrea asimismo un aumento de la presión en la circulación pulmonar, favoreciendo la perfusión y reduciendo de este modo la diferencia de presión alveolar-presión arterial de O_2 , esto a su vez es la génesis probable del mal agudo de montaña (MAM) (Heat, 1981; Lassen, 1982). La hipoxia tiene por efecto provocar una vasodilatación del lecho vascular cerebral. Una relación de tipo exponencial ha podido ser establecida entre el aumento del débito cerebral y la desaturación de sangre arterial (BOUISO, 1987).

En tres semanas nos encontramos en un estado estable caracterizado por una hiperventilación que hallamos en todas las altitudes. Ésta es menor en sujetos nacidos y residentes en zonas de gran altitud. A esto hay que añadir la disminución de la afinidad de la hemoglobina por el oxígeno (Koller, 1988). Por otra parte, a pesar de la aparición

de taquicardia, el rendimiento cardíaco es inferior al del nivel del mar, pero durante la aclimatación estos valores se recuperan (Smith, 1984).

Después de la aclimatación

a) Aspecto respiratorio

La función ventilatoria es estrictamente idéntica. Los rendimientos ventilatorios sufren un ligero aumento con la altitud en todos los sujetos debido a la disminución de la densidad del aire.

Los intercambios gaseosos de los sujetos adaptados son similares a los observados a nivel del mar. Los de los sujetos nativos son más importantes, compensando la menor hiperventilación. Ésta se debe a una menor sensibilidad a los estímulos ventilatorios, O_2 y CO_2 , tanto en reposo como durante el ejercicio físico, mientras que no se modifica la sensibilidad de los sujetos adaptados.

El consumo de oxígeno es idéntico para una misma potencia a nivel del mar y en altitud. De ello resulta un aumento del equivalente respiratorio a la altitud, que se traduce por una hiperventilación en los sujetos adaptados con respecto a los nativos y en éstos en relación con los residentes a nivel del mar.

Estas modificaciones conducen a una disminución del $\dot{V}O_2$ máx en los residentes, mientras que el rendimiento de los nativos es similar al nivel del mar. Esta adaptación de la respiración no es genética ni racial, sino un factor adquirido por la vía de la hipoxia.

b) Aspecto cardíaco

El rendimiento cardíaco es el mismo a 3.600 m. que a nivel del mar, tanto en nativos como en adaptados, no su-

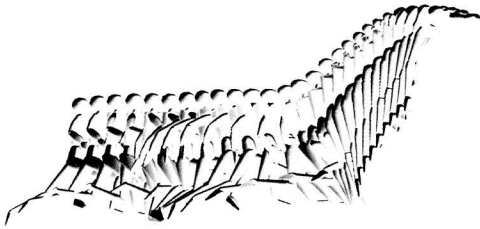


Foto Sport 78.
"Alpinismo" Alexandre Luczy. Suiza.

friendo ninguna modificación las presiones arteriales sistémicas. Sin embargo se incrementan las presiones arteriales pulmonares debidas a la hipoxia. La distribución de los flujos vasculares a los diferentes órganos no es la misma a nivel del mar y en altitud, especialmente en el flujo coronario y cutáneo que disminuye proporcionalmente en altitud. La disminución del flujo coronario va unida a una disminución del consumo de oxígeno en relación con una mejor utilización de los ácidos grasos.

c) Aspecto hemático

Los niveles de 2,3-DPG se ven frenados en su incremento tras ascenso agudo, mientras que en los nativos y residentes se mantienen en altitud más elevados que a nivel del mar. Tanto la poliglobulina como el aumento de concentración de hemoglo-



bina son iguales en los nativos y residentes adaptados.

Originan ambos un aumento de la capacidad de transporte de oxígeno e igualmente un aumento del poder tampón de la sangre. Así pues son inferiores las variaciones en altitud respecto al nivel del mar.

d) Aspecto muscular

Tras la adaptación se observa:

- 1- Un aumento del número de capilares (densidad y número de capilares abiertos);
- 2- Aumento de la superficie de intercambio entre capilares y tejidos, y
- 3- Aumento de la concentración de mioglobina. Todo ello contribuye a una mejor utilización del oxígeno en los músculos. (Terrados, 1985)

Mejora del rendimiento tras estancia en altitud

No todos los autores están de acuerdo en que un "stage" en altitud conlleve necesariamente una mejora de la performance; las modificaciones metabólicas, hemáticas, etc, son evidentes, pero no justifican necesariamente un mejor rendimiento, máxime cuando en ocasiones se observan resultados contradictorios.

Para algunos investigadores otros factores pueden influenciar la mejora evidenciada a la vuelta al nivel del mar:

- Cambio en el marco del entrenamiento (mejora del material, dedicación mayor del entrenador).
- Instalaciones técnicas casi perfectas en los centros de alto rendimiento en altitud.

- Tranquilidad, alta concentración en el trabajo, que favorecen la óptima distribución de las fases de entrenamiento y recuperación.
- Alejamiento de la competición, que a la larga produce "ansias" de competición.
- Los stages se realizan próximos a grandes acontecimientos deportivos, momento en que el atleta alcanza un máximo en su estado físico, culminando los ciclos de entrenamiento preparados a veces hasta 2 ó 4 años antes.

Material y métodos

Justificación del trabajo. Dadas las particulares circunstancias geográficas de Sierra Nevada, con un microclima idóneo y su proximidad a un núcleo urbano perfectamente comunicado y dotado de una Universidad que posee un departamento de Educación Física (DEF), ésta ha sido designada como sede de uno de los centros nacionales de alto rendimiento.

Los terrenos elegidos para su construcción son los considerados por la mayoría de autores como idóneos para el entrenamiento, situados a una altitud de aproximadamente 2.400 metros.

Las adaptaciones del organismo a un ambiente hipóxico dependen, como vimos más arriba, de circunstancias muy variadas, siendo una de ellas el clima y la situación de la montaña en la que se asiente el centro de trabajo. Con la finalidad de conocer la influencia, no de la altitud en términos generales, sino de la altitud concreta donde se construye el centro de alto rendimiento de Granada nos hemos dirigido al lugar de su construcción

para comprobar sobre el terreno algunos de los cambios que se originan en el sujeto expuesto a un ambiente hipóxico, centrándonos en los siguientes:

a) Sistema Nervioso Central. Ha sido descrita una hiperexcitabilidad del mismo por la exposición brusca al ambiente hipóxico, llamada también hipoxia aguda (Querol, 1966). Así se detectan trastornos como insomnio, problemas digestivos o neuromusculares.

Nosotros estudiamos fundamentalmente el tiempo de reacción visual (TRV), tiempo de reacción auditivo (TRA), velocidad de desplazamiento ante estímulo visual (VR), y un test específico de atención/percepción/decisión (APD). Las pruebas se realizaron en primer lugar en el DEF de Granada, a unos 670 metros sobre el nivel del mar, justo a la mitad de los participantes en la experiencia, al día siguiente al total del grupo en altitud, y a la mitad restante al tercer día también en el INEF, para compensar el efecto de aprendizaje del test, que consistió esencialmente en lo siguiente: Para el tiempo de reacción se sitúa al sujeto sentado frente a una lámpara que desprende un destello luminoso azul al tiempo que se pone en marcha un cronómetro digital, que se detiene al accionar un botón con el dedo índice de la mano dominante. Se cumplen unas condiciones estándar en la realización del test. Cada sujeto realiza el test 10 veces, eliminando la mejor y la peor de las pruebas, promediando el resto. Si en vez de un destello luminoso emitimos un sonido, poniéndose al mismo tiempo en marcha el cronómetro digital que discrimina milésimas de segundo, estamos ante el TRA. La VR la medimos gracias a

una plataforma o alfombrilla de goma con sensores en su interior, que detienen un cronómetro puesto en marcha al activar una luz roja que dará la orden al sujeto explorado para abandonar la citada plataforma.

Por el contrario, el test APD se realiza gracias a la posibilidad de que el destello luminoso sea rojo, amarillo o azul, teniendo que oprimir el sujeto examinado cada uno de los botones correspondientes a cada luz. Partiendo de una posición estandarizada, el sujeto atento a la lámpara, percibe el color del destello y decide el botón adecuado para detener el cronómetro.

b) En el plano cardiovascular, en primer lugar comprobamos si la hipoxia aguda conlleva en el grupo un incremento significativo de la frecuencia cardíaca de reposo (no la basal) tomada durante un minuto después de 10 minutos de reposo en posición sentada. Así se controló la FC en el DEF de Granada antes de la salida en autobús hasta la Sierra, y posteriormente en las distintas cotas de 1.000, 1.500, 2.000 y 2.550 metros, correspondiente al albergue universitario en donde se siguió controlando la FC para comprobar como el ascenso en total repo-

so originaba incrementos de la FC, debida tan solo al ambiente hipóxico.

c) Más interés tenía sin duda el conocer la disminución del rendimiento del grupo por efecto de la altitud. Para ello se sometió al grupo a un test de esfuerzo submáximo e indirecto como el test de SJOSTRAND o de la capacidad de trabajo a 170 pulsaciones. En esencia consistió en someter a cada individuo a un protocolo de trabajo de cargas crecientes aplicadas de forma continua en un cicloergómetro de freno mecánico marca Monark, de tal manera que en tres o cuatro paliers de trabajo de tres minutos de duración cada uno, el sujeto llegase a una frecuencia cardíaca de aproximadamente 170 pulsaciones. En una gráfica se traslada el punto donde corta la relación lineal cargas de trabajo y frecuencia cardíaca para cada carga, que en tres minutos alcanza en todos los casos un estado estable, hasta la línea de abscisas, obteniendo la carga teórica a 170 pulsaciones, para posteriormente dividirla por el peso corporal del sujeto y obteniendo una cifra que nos da la capacidad de trabajo relativa al peso corporal. Dicho test se aplicó en el laboratorio 1 del DEF y

posteriormente en el albergue universitario con una diferencia de tan sólo 24 horas, a fin de evitar variables extrañas que afectasen el resultado del test.

Resultados

Los resultados obtenidos se muestran en la tabla I, en donde apreciamos que no hay diferencias significativas en el TRV ni TRA, lo mismo que en la VR, en los que se aprecia una ligera tendencia a la disminución. Sin embargo en el test de APD las diferencias son altamente significativas, mostrando una clara disminución del t de R en altitud al complicar el test (APD), poniendo de manifiesto en todos los sujetos examinados una clara mejoría de su reacción ante estímulos complejos en altitud. En la figura 1 se observan los resultados y el claro decremento en altitud, expresando en milisegundos.

En la figura 2 se observa el significativo incremento que sufrieron los valores de FC mientras se asciende y posteriormente tras la llegada, confirmando así los datos reseñados en la literatura.

La tensión arterial fue estudiada en reposo en Granada, en donde se tomó tres veces promediando los valores encontrados, y posteriormente en altitud, obteniendo resultados como los reflejados en la figura 2, no hallando diferencias significativas aunque sí una leve tendencia hacia el descenso de los valores tensionales.

En la figura 3 quedan reflejados los resultados que indican una disminución de la capacidad de trabajo tanto en valores absolutos como en relación al peso corporal, mostrándose

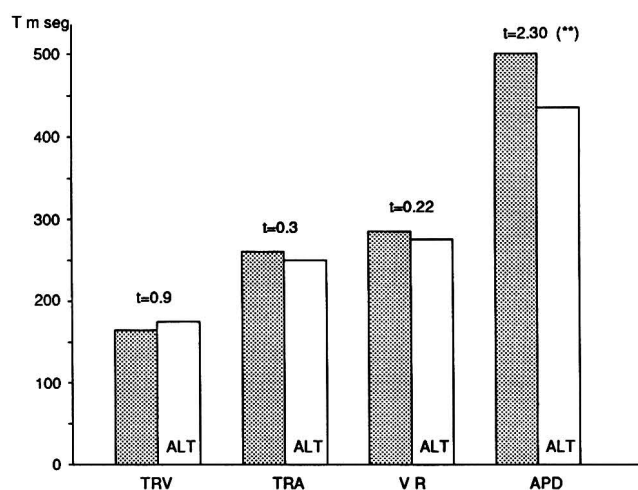
Tabla 1. **MEDIAS (\pm sd) DE LOS VALORES DE TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL (TRV), TIEMPO DE REACCIÓN AUDITIVO (TRA), VELOCIDAD DE REACCIÓN (VR) Y TEST DE ATENCIÓN-PERCEPCIÓN-DECISIÓN (APD) EXPRESADAS EN MILI. SEG., EN 15 SUJETOS ENTRE UNA ALTITUD CONTROL (690 m.) Y MODERADA ALTITUD (2550 m.)**

	TRV	TRA	VDR	APD
CONTROL	168	259	292	501
ALTITUD	174	251	288	435**

**p<0.01



Figura 1. COMPARACIÓN DEL TIEMPO DE REACCIÓN VISUAL (TRV), TIEMPO DE REACCIÓN ACÚSTICO (TRA), VELOCIDAD DE REACCIÓN (VR) Y UN TEST DE ATENCIÓN-PERCEPCIÓN-DECISIÓN (APD) EXPRESADO EN MILESEGUNDOS, EN UN GRUPO DE 15 SUJETOS, ENTRE UNA ALTITUD CONTROL (690 m), RECTÁNGULOS SOMBRADOS Y MODERADA ALTITUD (2.550 m.), RECTÁNGULOS CLAROS. PARA: ** $p < 0.01$



estadísticamente significativos los cambios tan sólo en ésta última situación, considerándola más adecuada para la expresión real de la capacidad de trabajo de un sujeto.

Discusión

Estudios anteriores (Gutiérrez, 1987; Terrados, 1985) indican que la disminución de la capacidad de trabajo es de aproximadamente un 8 por ciento en sujetos sedentarios, mientras que los sujetos entrenados se ven ligeramente más afectados, con valores hasta un 12% inferiores en altitud. Dichos valores se confirman en el presente estudio a través de la aplicación de los mismos tests de evaluación.

Las variaciones de frecuencia cardíaca y tensión arterial se encuentran en relación con los datos existentes en la literatura (Brooks, 1985).

No han sido apreciadas variaciones en los valores de TA basales en ambas situaciones, en consonancia con los datos encontrados en anteriores estudios en similares altitudes.

El grado de afectación sobre el sistema nervioso central causado por la exposición a un ambiente hipóxico no está aún bien definido, sobre todo en altitudes intermedias. Un estudio sobre 21 expediciones francesas en altitud, reagrupando 132 personas, ha mostrado una incidencia de MAM de un 100%, de los cuales un 15% eran graves, 48% moderados y 37% leves (Bouissou, 1987). Se describen ade-

más problemas clásicos como diarreas, anorexia, insomnio, epistaxis etc., con una incidencia notablemente menor. El origen del MAM ha sido objeto de numerosos estudios y se han contemplado varias hipótesis. La mayoría de autores considera que se debe a un aumento del débito sanguíneo cerebral y a una elevación de la presión del líquido cefalorraquídeo (Heat et Williams, 1981; Lassen, 1982). La hipoxia tiende, en efecto, a provocar una vasodilatación del lecho vascular cerebral. Esta elevación de la presión arterial cerebral podría ser la causa del MAM, que podría acarrear en última instancia un edema cerebral. Ha sido evaluado un incremento de presión del LCR hasta valores de 60 a 120 mm. de agua (Singh, 1969) a través de punción lumbar. La mayoría de los problemas neurológicos se han observado en alturas importantes, sin embargo se desconoce el umbral de la afectación neurológica. Una gran cantidad de atletas entrenan y/o compiten en altitudes moderadas, donde los efectos del MAM no son patentes, pero puede haber ya una incidencia negativa que en el plano neurológico sea difícil distinguir, mientras que en el aspecto cardiovascular es claramente perceptible (Fox, 1984).

Ryn (1988) realiza un estudio sobre la personalidad, motivación y problemas mentales derivados de la estancia en altitud, evaluados desde un punto de vista psicológico y psiquiátrico, encontrando en un grupo de 80 alpinistas un 66% de personalidad esquizoide-psicasténica y un 30% de asténicos-neuróticos. Si al llegar a estos estudios en profundidad, los disturbios ocasionados sobre determinados parámetros de interés en el deporte de

rendimiento y
entrenamiento

Figura 2. A) EVOLUCIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA ENTRE UNA ALTITUD CONTROL (GRANADA, 690 m.) Y LAS COTAS DE 1.000 m., 1.500 m., 2.000 m. y 2.550 m., TOMADAS DURANTE EL ASCENSO (45 MINUTOS).

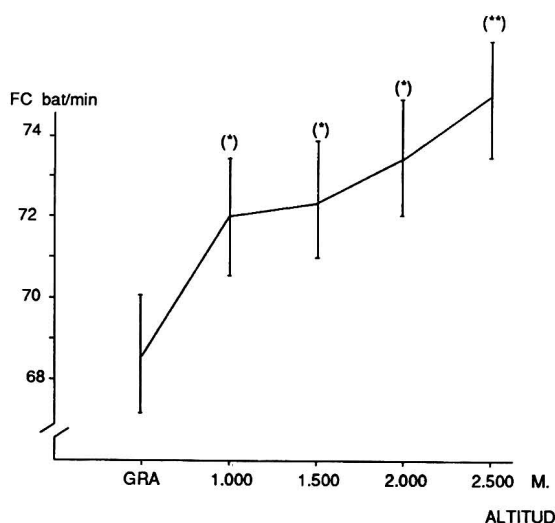


Figura 3. MODIFICACIONES DE LA CAPACIDAD DE TRABAJO A 170 PULSACIONES EXPRESADA EN WATIOS Y EN WATIOS POR KILOGRAMO DE PESO EN 15 SUJETOS SOMETIDOS DE FORMA AGUDA A HIPOXIA MODERADA (2.550 m.). SUP=ALTITUD CONTROL: 690 m.; ALT=MODERADA ALTITUD: 2.550 m. PARA: * p<0.05

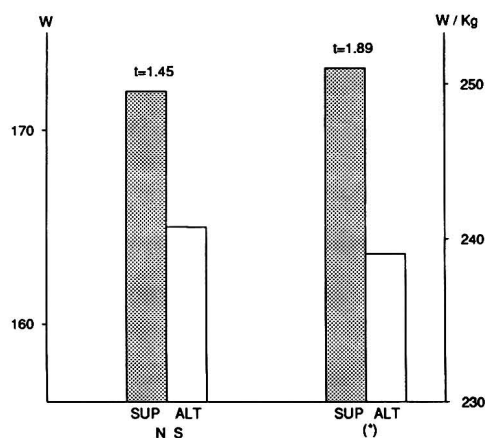
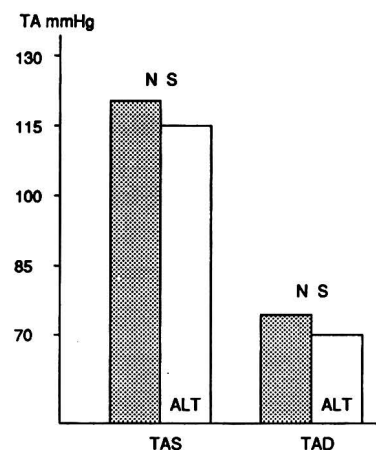
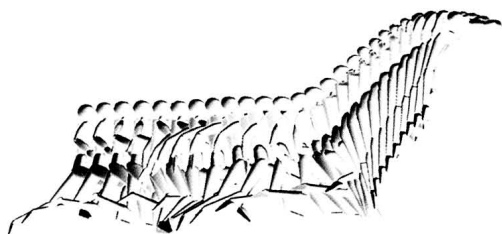


Figura 2. B) DIFERENCIAS ENTRE LA TENSIÓN ARTERIAL SISTÓLICA Y DIASTÓLICA EN DOS SITUACIONES DIFERENTES: ALTITUD CONTROL (690 m.) Y ALTITUD MODERADA (2.550 m.). NO SE OBJETIVAN DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS.



alto rendimiento, tales como el tiempo de reacción y la velocidad de reacción, en alturas inferiores a 2.500 no parecen estar presentes, si bien cuando la tarea es más compleja comienzan a verse influencias significativas. Tal vez el edema cerebral que se instaura en altitudes superiores (Whons, 1983) comienza a manifestarse de manera imperceptible a mediana altura, siendo tan sólo evaluable a través de tests más complejos, pero cuya significación puede ser importante en tareas que requieran alta concentración.

El MAM, causado por la isquemia cerebral temporal, puede ocasionar problemas de memoria, orientación espa-



cial o temporal y falta de coordinación en movimientos finos (Legnani, 1955; Milledge, 1984; RIVolier, 1985). En

la altitud a la que se desarrollan los entrenamientos de los atletas en la sierra de Granada no parece haber, pues, al-

teraciones en las tareas simples, y sí cuando el nivel de complejidad de los trabajos se incrementa.

BIBLIOGRAFÍA

BICHON, M., "L'entraînement a mitjana altitud", *APUNTS*, XXIII, 1986, pp. 243-246.
BOUISSOU, P.; PERONNET, F.; GUEZENNEC, Y.; RICHALET, J.P., *Performance et entraînement en altitude*. Vigot, Québec, 1987.
BROOKS, G.; FAHEY, T.D., *Exercise physiology*. McMillan, New York, 1985.
BUSKIRK, E. R.; KOLLIAS, J.; AKERS, R. F.; PROKOP, E. K.; REATEGUI, P., "Maximal performance at altitude and on return from altitude in conditioned runners", *J. Appl. Physiol.*, 23, 1967, pp. 259-266.
CASTELLO, A., "La aclimatación del deportista a mediana altura", *Med. de la Ed. F. y el Deporte.*, 3, 1972, pp. 69-95.
DI PRAMPERO, P.E.; MOGNONI, P.; VICSTEIMAS, A.; "The effects of hypoxia on maximal anaerobic alactic power in man", in *High Altitude Physiology and Medicine*. Springer-Verlag, New York, 1982.
FAULKNER, J. A.; DANIELS, J. T.; BALKE, B., "Effects of training at moderate altitude on physical performance capacity", *J. Appl. Physiol.*, 23, 1967, pp. 85-89.
FOX, E. L.; MATHEWS, D. K., *Bases physiologiques de l'activité physique*. Vigot, Paris, 1984.
GARAYOA, X., "Adaptación cardiovascular al esfuerzo durante la ascensión al Himalaya", *Arch. Med. Dep.*, vol. II, 1985, pp. 43-58.
GUTIÉRREZ, A., *Estudio sobre la adaptación del organismo al ejercicio físico tras ascenso súbito a moderada altitud*. Tesis Doctoral. Granada, 1987.
HANNON, J. P.; VOGEL, J. A., "Oxygen transport during early altitude acclimatization: a prospective study", *Eur. J. Appl. Physiol.*, 36, 1977, pp. 285-297.
HEAT, D.; WILLIAMS, D. R., *The pathophysiology of acclimatization and adaptation*. Churchill Livingstone, New York, 1981.
HORTSMAN, D.; WEISKOPF, R.; JACKSON, R. G., "Work capacity during 3 weeks at 4.300 m: effects of relative polycythemia", *J. Appl. Physiol.*, 49, 1980, pp. 311-318.
KOLLER, E.A.; DRECHSEL, L.; HESS, T.; MACHEREL, P.; BOUTELLIER, U., "Effects of atropine and propranolol on the respiratory, circulatory and ECG responses to high altitude in man", *Eur. J. Appl. Physiol.*, 57, 1988, pp. 163-172.
LASSEN, N. A., "The brain: cerebral blood flow", in *Hypoxia: man and altitude*. Thieme-Stratton, New York, 1982.

LEGNANI, F., "Sindromi reuropsichiche in rapporto all alpinismo; tentativo di classificazioni", *Rassegna Giuliana di Medicina*, 11, 1955, pp. 160-162.
LLOYD, B. B., "Theoretical effect of altitude on the equation of motion runner", in *Exercise at altitude*. Margaria Amsterdam Excerpta Medica, 1967.
MILLEDGE, J. S., "Acute mountain sickness", *The Alpine Journal*, 33, 1984, pp. 68-73.
QUEROL, M., "El electroencefalograma y la altura", *Rev. de Neuropsiquiatria*, 2, 1966, pp. 97-176.
RAHKILA, P.; RUSHKO, H., "Effect of high altitude training on muscle enzyme activities and physical performance characteristics of cross-country skiers", in *Exercise and Sport Biology*, International series of sport sciences, Vol. 12, Ed. P. V. Komi. Human Kinetics Publishers, Champaign Illinois, 1982.
RICHALET, J. P., *Medecine de l'alpinisme*. Masson, Paris, 1984.
RIVOLIER, J.; CERRETELLI, P.; FORAY, J.; SEGANTINI, P., *High altitude deterioration et al.*, Karger, Basel et al, 1985.
RYN, Z., "Psychopathology in mountaineering - Mental disturbances under high-altitude stress", *Int. J. Sports Med.*, 9, 1988, pp. 163-169.
SALTIN, B.; ASTRAND, P. O., "Maximal oxygen uptake in athletes", *J. Appl. Physiol.*, 23, 1967, pp. 353-358.
SCHERER, J., *Précis de Physiologie du travail*. Masson, Paris, 1982.
SINGH, I.; KHANNA, P. L.; SRIVASTAVA, M. C.; LAL, M.; ROY, S. B.; SUBRAMANYAN, C.S.V., "Acute mountain sickness", *N. Engl. J. Med.*, 280, 1969, pp. 175-184.
SMITH, M. H.; SHARKEY, B. J., "Altitude Training: Who benefits?", *Phys. Sportmed*, 12, 1984, pp. 48-62.
TERRADOS, N.; MELICHNA, J.; JANSSON, E.; KAIJSER, J., "Entrenamiento en altitud. Su efecto en el rendimiento deportivo y en los enzimas musculares", *Arch. Med. Dep.*, Vol. II, 8, 1985, pp. 303-309.
TERRADOS, N.; MASAO, M.; HELLE, A., "Efecto de altitudes moderadas (900, 1200, 1500 metros sobre el nivel del mar) en el consumo máximo de oxígeno", *Apunts. Med. Dep.*, XXIII, 1985, pp. 97-102.
WOHNS, R.N.W., "High altitude cerebral edema: a pathological review" in *Hypoxia, exercise and altitude*. SUTTON, JR.; HOUSTON, CS.; JONES, N. L. (Eds.), *Proceedings of the Third banff International Symposium*, New York, 1983.