PubliCE, (PubliCE) 2001

Monograph

Altura: Aclimatación a Alturas Intermedias

Luanne F Hallagan[1] y Edwin C Pigman[1]

[1]*Department of Emergency Medicine, George Washington University Medical Center Washington, DC, USA.*

Palabras Clave: hemoglobina, hematócrito, adaptación, deuda de oxígeno

Hacia el año 37 A.C., los antiguos chinos reconocieron una enfermedad peculiar cuando caminaban por los pasos de lo que luego denominarían las montañas del pequeño y del gran dolor de cabeza. El primer occidental en describir la enfermedad de montaña fue un sacerdote jesuita llamado José de Acosta que acompañaba a los conquistadores españoles en Perú. Desde entonces los investigadores han descripto las consecuencias de viajar a las grandes alturas y denominaron al síndrome como enfermedad aguda de montaña (AMS). La enfermedad aguda de montaña esta caracterizada por una constelación de síntomas. El dolor de cabeza es el síntoma principal. Las nauseas, el vómito, la disnea (falta de aliento) y el insomnio son otros de los síntomas comunes. Al viajar a la altura también se puede experimentar una desmejora cognitiva y en el equilibrio. El comienzo de los síntomas característicamente ocurre dentro de las horas a los tres días luego de haber arribado a la altura. Estos síntomas tienden a superarse luego de varios días pero pueden persistir hasta dos semanas. Estos pueden ser precursores de condiciones fatales tales como edema cerebral y edema pulmonar provocados por la gran altura. A alturas intermedias, 1500 – 3000 metros, hasta el 25% de los individuos no aclimatados puede experimentar AMS. Las personas con serias enfermedades pulmonares, cardiacas y sanguíneas tienen una mayor probabilidad de desarrollar AMS. Los adultos jóvenes saludables que participan en actividades vigorosas luego de arribar a la altura también tienen un gran riesgo de AMS. Los individuos con historia previa de AMS y que viven a baja altitud son especialmente susceptibles. Aquellos que viajan rápidamente a la altura, lo cual es común en los viajes por aire, también tienen un gran riesgo de desarrollar AMS.

EFECTOS FISIOLÓGICOS DE LA ACLIMATACIÓN Y EL EJERCICIO EN LA ALTURA

Corazón

Con respecto al impacto del incremento de la altura sobre la producción y la contractilidad cardiaca los estudios han mostrado resultados conflictivos. Los estudios de laboratorio que han utilizado cámaras hipobáricas para imitar los efectos de alturas de 4000 a 8000 metros han mostrado una disminución en la producción cardiaca con el ejercicio máximo. Otros estudios de laboratorio han mostrado que, a pesar de la reducción en el volumen sanguíneo y de la presión de llenado ventricular comúnmente observadas en la altura, la producción cardiaca es mantenida. Además, se ha observado un incremento en la producción cardiaca tanto en reposo como en ejercicio cuando se las comparó con las mismas actividades realizadas al nivel del mar. Este incremento está relacionado con la actividad del sistema nervioso simpático, demostrado por una incrementada concentración sanguínea de norepinefrina. Al inicio de la exposición a la altura la frecuencia cardiaca se incrementa para una intensidad dada de ejercicio, pero posteriormente la frecuencia cardiaca máxima se reduce. Esta reducción puede deberse a un incremento inducido por la altura en la actividad del sistema parasimpático. La reducción en la frecuencia cardiaca máxima puede ser una adaptación beneficiosas para limitar el consumo de oxígeno.

Pulmones

La respuesta inicial de un individuo a la menor presión del oxigeno de la altura es el incremento en la ventilación, por medio del incremento de la frecuencia y volumen respiratorios. Este fenómeno, la respuesta ventilatoria hipóxica, varia entre los individuos. Los estudios clínicos han mostrado que aquellos individuos con historia de AMS tienen una respuesta ventilatoria disminuida a la exposición a la altura simulada, manifestado por una menor ventilación minuto y una mayor concentración arterial de dióxido de carbono, a pesar de una menor saturación de oxigeno transcutánea. En contraste, aquellos que no experimentan síntomas durante la exposición aguda a la altura tienen una mayor respuesta ventilatoria hipóxica. El mecanismo de este proceso aun es desconocido.

A medida que se alcanzan alturas extremas, los pulmones normales enfrentan impedimentos adicionales para transferir el oxígeno a la sangre. Utilizando scintigrafía con partículas radioactivas para evaluar la relación entre la ventilación pulmonar y la perfusión pulmonar se ha demostrado que hay una vasoconstricción no uniforme de la arteria pulmonar. Este efecto se vuelve aparente a los 3000 metros. El incremento del ejercicio a esta misma altura esta asociado con un incremento en la limitación para la difusión del oxigeno a través de la membrana capilar-alveolar. A una altura de 3900 metros, el individuo no aclimatado consume mas oxigeno, debido al mayor trabajo respiratorio, del que es ganado por la ventilación adicional.

El ejercicio a alturas intermedias produce claros beneficios a nivel pulmonar. Se ha sugerido durante el ejercicio máximo al retornar al nivel del mar luego de un entrenamiento en la alturas intermedias, hay una mayor eficiencia metabólica por medio de una reducción del 20% en la utilización de oxigeno. Luego del entrenamiento en alturas intermedias, la saturación de la hemoglobina es alcanzada con menores presiones parciales de oxigeno y los niveles sanguíneos de 2-3, difosfoglicerato están elevados. La habilidad de la hemoglobina de transportar oxigeno a los tejidos es adicionalmente mejorada por medio del incremento en el número de glóbulos rojos.

Músculo

El acondicionamiento a alturas intermedias resulta una incrementada capacidad de amortiguación del músculo, en un incremento en el suministro capilar y una mejora substancial en la capacidad aeróbica. A alturas extremas (por encima de los 5000 metros) hay una reducción progresiva en el tamaño de las fibras musculares y en la actividad de las encimas oxidativas. La capacidad anaeróbica generalmente no se altera hasta que la altura excede los 5500 metros.

Sueño

A pesar de la fatiga, aquellos individuos que viajan a la altura a menudo tienen un sueño no restaurador debido a la disminución en la etapa 3, etapa 4 y en la etapa de movimiento ocular rápido del sueño. En adición a la disminuida calidad del sueño, muchos individuos exhiben respiraciones periódicas a alturas intermedias y todos lo hacen a alturas sobre los 6300 m. En ambientes hipobáricos la respiración periódica, y la respiración dilatada y deteriorada con períodos de apnea, interfieren con la ya subóptima desaturación arterial produciendo ciclos de aun mas profunda desaturación arterial. La respiración periódica ocurre en el 24% de los individuos que duermen a 2440 metros. Por último, el sueño en la altura esta caracterizado por períodos frecuentes de desvelo. Todos estos trastornos producen un sueño insatisfactorio y contribuyen a la fatiga durante el día.

Al igual que con los otros síntomas de AMS a altura intermedia, puede esperarse que el sueño retorne a la normalidad con la aclimatación. El sueño en muy altas alturas persistirá perturbado.

Fluidos/Deshidratación

La diuresis tiene lugar con la perdida de agua y de sodio que se produce cuando el cuerpo intenta aclimatarse a la altura. Esto hace que el individuo este en riesgo de deshidratarse, especialmente cuando se realizan ejercicios máximos.

La diuresis es uno de los componentes una aclimatación exitosa a la altura. La enfermedad de montaña aguda, una adaptación no exitosa, está caracterizada por una diuresis disminuida, en donde los fluidos que normalmente forman parte del plasma se mueven hacia las células y los intersticios, resultando en edemas faciales y en edemas en las extremidades.

El acondicionamiento en alturas intermedias comúnmente implican la exposición a una atmósfera seca y fría. El individuo que se ejercita en la altura puede perder una gran cantidad de agua que no será aparente. Por ello, estén presentes o no los síntomas de AMS, es recomendable incrementar el consumo de fluidos para prevenir la deshidratación, especialmente en aquellos individuos que se ejercitan.

Apetito/Nutrición

Las nauseas y la anorexia son síntomas comunes de AMS en alturas intermedias. Debido a que la ingesta extra de fluidos es importante para reemplazar los fluidos perdidos para la diuresis, la incapacidad para beber y las perdidas adicionales

por el vómito pueden empeorar y prolongar la enfermedad. Una dieta alta en carbohidratos puede ser beneficiosa, y una dieta baja en sal puede reducir los edemas tisulares. La ingesta de carbohidratos líquidos puede ser mas tolerable al inicio de la exposición a la altura. Debido a que los individuos con bajas reservas de hierro son incapaces de incrementar la masa de glóbulos rojos durante la aclimatación, la dieta debería ser suplementada con hierro, particularmente en mujeres que estén menstruando.

Neurológicos/Psiquiátricos

El dolor de cabeza, que va desde suave hasta incapacitante, es a menudo el primer y mas común síntoma de AMS. El dolor tiende a ser bilateral y palpitante. Es peor en horas de la mañana y es exacerbado por el ejercicio vigoroso. Los individuos con historia de migraña tienen una mayor probabilidad de desarrollar dolores de cabeza provocados por la AMS. Los dolores de cabeza pueden estar causados por una vasodilatación cerebral benigna en respuesta a la hipoxia. Para aliviar el dolor de cabeza puede utilizarse acetaminophen, aspirinas o ibuprofeno junto con el reposo y la ingesta de fluidos. Una vez que se produce la aclimatación a la altura intermedia los dolores de cabeza desaparecen.

A muy altas altitudes, los dolores de cabeza pueden ser primero un signo alarmante de edema cerebral. Esta complicación potencialmente fatal es raramente observada a alturas intermedias y esta asociado con cambios en el estado de conciencia y perturbaciones en el control motor fino y en el equilibrio. Esto es tratable solamente con un rápido descenso.

A muy altas alturas, los individuos pueden experimentar comportamientos hostiles, paranoia, depresión, ansiedad y comportamientos obsesivo compulsivo. A alturas intermedias no se experimentan cambios en el comportamiento consistentes con el incremento en la agresividad. A alturas intermedias pueden experimentarse comúnmente sensaciones de vigor disminuido, fatiga y somnolencia.

ALCOHOL, SEDANTES, TABACO

El alcohol puede desmejorar el proceso de aclimatación de varias formas. El alcohol actúa como diuretico y puede exacerbar la deshidratación que se produce en la altura. El alcohol también perturba el juicio y deprime la respiración. De manera similar, los sedantes y los agentes hipnóticos desmejoran el ciclo respiratorio relacionado con el sueño. Si bien pueden ser utilizados por los individuos que no frecuentan la altura para mejorar la pobre calidad del sueño que se experimenta comúnmente, la consecuencia de la ingesta de sedantes es una reducción adicional de la saturación arterial de oxigeno durante el ciclo del sueño. Además, el tipo de sueño inducido por el alcohol y por varios agentes hipnóticos no es un sueño satisfactorio y restaurador.

El tabaco amenaza al individuo de varias formas. A un efecto a corto plazo de la exposición al tabaco es la acumulación de monóxido de carbono. Este gas tóxico esta presente en el humo del tabaco y envenena el sitio de unión de la hemoglobina con el oxigeno. A nivel celular, el monóxido de carbono dificulta la utilización de oxigeno en la respiración celular.

PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO DE LA ENFERMEDAD AGUDA DE MONTAÑA

Los individuos que residen a baja altitud y que deben competir en eventos atléticos en la altura deberían estar informados acerca de que los efectos de la AMS desmejorarán seriamente su rendimiento. Su sensación de bienestar y su habilidad para mantener la aptitud física se verán comprometidos. Estas personas deben pasar un tiempo en la altura para permitir la aclimatación. Su aclimatación ocurrirá mas rápidamente y con menores síntomas si se siguen varias recomendaciones. Una ascensión lenta, que puede lograrse viajando por tierra en lugar de por aire, esta asociada con una atenuación de los síntomas. Por encima de los 3000 metros la tasa de ascenso debería ser de no mas de 300 mts por día. Permanecer un par de días a una altura intermedia entre la altura de destino y la altura de residencia también esta asociado con una atenuación de los síntomas. Luego de arribar a la altura de destino, se deberían evitar los esfuerzos pesados en los primeros dos días. Se deberían consumir grandes cantidades de fluidos para mantener la hidratación e ingerir una dieta alta en carbohidratos. Deben evitarse el alcohol, el tabaco y los sedantes. Si es imposible realizar una aclimatación lenta, varios medicamentos han mostrado prevenir o mejorar los síntomas de AMS. La acetazolamida es un inhibidor de la anhidrasa carbónica, la cual provoca la acidosis metabólica debido a la perdida renal de bicarbonato y una inhibición de las encimas de los glóbulos rojos con retención de dióxido de carbono. si la acetazolamida es tomada diariamente, comenzando tres días antes de alcanzar la altura de destino, se pueden reducir los síntomas de AMS. La respiración periódica del sueño de reduce, se incrementa la satisfacción del sueño, se mejora el rendimiento y se pueden tolerar mayores alturas.

La dexametasona es un esteroide catabólico que es efectivo para reducir el edema cerebral vasogénico. Se ha observado que reduce los síntomas de AMS durante la exposición a muy altas alturas. La nifedipina, un bloqueador de los canales de calcio, pueden evitar los problemas pulmonares observados a muy altas alturas. La utilidad de estos dos agentes en alturas intermedias no es conocida.

A alturas intermedias, es muy improbable que la AMS progrese hasta las enfermedades severas observadas a muy altas elevaciones. Si se producen serias enfermedades, la única y definitiva intervención es el descenso. con un descenso de tan solo 300 metros se produce una dramática mejora. Los síntomas de la AMS a alturas intermedias se mejoran dentro de los 3-5 días. Si los síntomas son muy incómodos, o si interfieren con las actividades normales, se pueden aliviar mediante la administración de oxigeno suplementario, a través de la rehidratación oral o intravenosa, el reposo y mediante el tratamiento tanto con acetazolamida o dexametasona.

REFERENCIAS

1. Consolazio, C.F., L.O. Matoush, H.L. Johnson, et al (1969). Effects of high carbohydrate diets on performance and clinical symptomatology after rapid ascent to high altitude. *Fed Proc 28: 937*
2. Cymerman A, J.T. Reeves, S.R. Sutton, et al (1989). Operation Everest II: maximal oxygen uptake at extreme altitude. *J Appl. Physiol. 66: 2446-2453*
3. Gale GE, J.R. Torre-Bueno, R.E. Moon, et al (1985). Ventilation-perfusion inequality in humans during exercise at sea level and simulated altitude. *J. Appl. Physiol. 58: 978-988*
4. Green, H.J (1992). Muscular adaptations at extreme altitude: metabolic implications during exercise. *Int J Sports Med 13: S163-S165*
5. Hoppler, H. and D (1992). Desplanches: Muscle structural modifications in hypoxia. *Int J Sports Med 13: S166-S168*
6. Mairbaurl H, W. Schobersberger, E. Humpeler, et al (1986). Beneficial effects of exercising at moderate altitude on red cell oxygen transport and on exercise performance. *Pflugers Archiv 406: 594-599*
7. Mizuno, M., C. Juel, T. Bro-Rasmussen, et al (1990). Limb skeletal muscle adaptation in athletes after training at altitude. *J Appl Physiol 68: 496-502*
8. Moore, L.G., G.L. Harrison, R.E. McCullough, et al (1986). Low acute hypoxic ventilatory response and hypoxic depression in acute altitude sickness. *J Appl Physiol 60: 1407-1412*
9. Suarez J, J.K. Alexander, C.S. Houston. (1987). Enhanced left ventricular systolic performance at high altitude during Operation Everest II. *Am J Cardiol 60: 137-142*

Cita Original

Luanne F. Hallagan, Edwin C. Pigman, Altitude: Acclimatization to Intermediate Altitudes. Sportscience, 2001.