

MAL DE ALTURA

MOUNTAIN SICKNESS

Autora: María Teresa Rodríguez Maldonado
Directora: Rebeca Abajas Bustillo



Escuela Universitaria Casa Salud Valdecilla
Universidad de Cantabria
Trabajo Fin de Grado de Enfermería
Junio 2017

MAL DE ALTURA

Foto de portada:

Colección personal María Teresa Rodríguez Maldonado

ÍNDICE

1.	RESUMEN	3
2.	INTRODUCCIÓN	4
3.	FISIOPATOLOGÍA DE LA ALTITUD	7
4.	MAL AGUDO DE MONTAÑA	11
4.1.	SINTOMATOLOGÍA	11
4.2.	EPIDEMIOLOGÍA	11
4.3.	CRITERIOS DIAGNÓSTICOS	12
5.	EDEMA CEREBRAL DE GRAN ALTITUD	13
5.1.	SINTOMATOLOGÍA	13
5.2.	EPIDEMIOLOGÍA	13
6.	EDEMA PULMONAR DE GRAN ALTITUD	14
6.1.	SINTOMATOLOGÍA	14
6.2.	EPIDEMIOLOGÍA	15
7.	OTROS PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA ALTITUD	16
8.	PREVENCIÓN	19
8.1.	MEDIDAS NO FARMACOLÓGICAS	20
8.2.	MEDIDAS FARMACOLÓGICAS	22
9.	TRATAMIENTO	25
9.1.	MEDIDAS NO FARMACOLÓGICAS	25
9.2.	MEDIDAS FARMACOLÓGICAS	27
9.2.1.	Mal agudo de montaña y edema cerebral de la altitud	28
9.2.2.	Edema pulmonar	28
9.3.	REASCENSO TRAS LA RESOLUCIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ALTITUD	29
10.	CONCLUSIÓN	30
11.	BIBLIOGRAFÍA	31
12.	ANEXOS	35
12.1.	Anexo I	35
12.2.	Anexo II	36
12.3.	Anexo III	37

1. RESUMEN

El deporte de aventura ha ganado popularidad en los últimos años. Viajar a grandes altitudes o deportes como el alpinismo, cada vez son más frecuentes entre la población y las últimas estadísticas epidemiológicas revelan un aumento considerable de los accidentes en la montaña. Esta creciente morbi-mortalidad, junto con el elevado coste económico de la atención sanitaria, genera un problema de Salud Pública.

De todos los viajeros que ascienden por encima de los 2.500 m de altitud, el 40%-90% se verán afectados por el mal agudo de montaña o alguna de sus entidades. El desarrollo de esta enfermedad, potencialmente peligrosa, depende de la susceptibilidad individual, de la altitud alcanzada y de la velocidad de ascenso.

La atención sanitaria en un entorno aislado y hostil no siempre es posible por lo que realizar un ascenso seguro y correcto resulta imprescindible para prevenir esta enfermedad. La educación y la prevención son la base de la seguridad en la montaña y es el profesional sanitario quien debe formar a los viajeros, tanto de manera práctica como teórica, proporcionar asesoramiento a clubs o federaciones de montaña, informar a través de charlas previas a la expedición... para lograr un viaje seguro.

Palabras clave: *mal de altura, edema encefálico, edema pulmonar, altitud, acetazolamida.*

ABSTRACT

Adventure sports have gained popularity in recent years. Traveling to high-altitude or practicing sports such as hiking or trekking are becoming more prevalent among the population and the latest epidemiological statistics are revealing a considerable increase in mountain accidents. This growing morbidity and mortality, together with the high economic cost of health care generates a Public Health problem.

Between 40%-90% of those traveling to altitudes above 2.500m are affected by some form of acute mountain sickness. While most cases of altitude illness are mild, some cases can become life threatening. The faster you climb to a high altitude, the more likely you will get acute mountain sickness.

Health care in an isolated and hostile environment may not be possible, so ascending slowly is the best way to avoid altitude sickness. Knowledge and learning how to recognize early symptoms is the best prevention and it is the healthcare professional responsibility to train travellers on general health precautions that will reduce their chances of experiencing this illness through talks and workshops at mountain clubs so that the travellers can have a safe trip.

Keywords: *altitude sickness, brain edema, pulmonary edema, altitude, acetazolamide.*

2. INTRODUCCIÓN

La incidencia de los accidentes de montaña ha aumentado en las últimas décadas debido a varios factores. Actualmente, en los países desarrollados, vivimos en una sociedad en la que las personas disponen de mayor cantidad de tiempo libre. La popularización de los deportes de aventura y la reciente moda por las actividades físicas en el medio natural hace que parte de ese tiempo libre se dedique a este tipo de actividades. Además, el desarrollo conlleva mayor facilidad para viajar y accesibilidad a lugares remotos y de gran altitud (1, 2).

Los estudios epidemiológicos demuestran el aumento en la incidencia de accidentes en montaña e intentan explicar aquellos factores que influyen en ellos. La Comisión Internacional de Rescate Alpino (I.C.A.R.) estima que cerca de cien mil personas y alrededor de mil helicópteros intervienen en tareas de asistencia sanitaria y rescate en las montañas de Europa y Norteamérica (3).

“En 2014 hubo unos 100.500 accidentes entre, aproximadamente, los tres millones y medio de personas que practican en España algún deporte de montaña; el 80% de los accidentes se producen por mala planificación, el 75% de los accidentados no están federados; sólo el 5% de los accidentes requieren rescate” (4).

En nuestro país, el Servicio de Montaña de la Guardia Civil rescató en el año 2015 a más de 1.500 personas de las cuales 103 fueron fallecidas y 502 heridas. Con respecto a la edad de los accidentados atendidos, 331 tenían edades comprendidas entre 31 y 40 años, 301 entre 19 y 30 años y 283 entre 41 y 50 años. La mayor parte de los accidentes tuvieron lugar en Aragón (43,93%), seguido de Andalucía (13,99%) y las Islas Baleares (12,69%) (5).

Se siguen realizando actividades de montaña sin ninguna preparación ni planificación. Según el Grupo de Rescate de Intervención en Montaña (G.R.E.I.M.), la sobreestimación de las posibilidades de los montañeros a la hora de afrontar una actividad de alta montaña está presente en el 45% de los accidentes. Además, el 23% de las víctimas de accidentes en montaña iba en solitario. Un 93,49% de los accidentados realizaba la actividad sin guía titulado mientras que un 4,12% de todos los accidentados contaban con un guía titulado (5).

A parte de este tipo de accidentes, existen otras patologías que pueden aparecer como consecuencia de la altitud y que también pueden comprometer la vida de los montañeros.

El ser humano está diseñado para vivir en unos ambientes biosféricos determinados, fuera de los cuales, sólo puede permanecer cierto tiempo. Algunas enfermedades, como el caso del mal de altura, surgen como consecuencia de un fracaso de los mecanismos adaptativos. (6)

Aproximadamente, de todas las personas que alcanzan los 3.000 m, el 30% desarrolla la enfermedad del mal de altura; de todas las personas que alcanzan los 4.500 m sobre el nivel del mar, el 75% lo padece y, prácticamente, todos los alpinistas que sobrepasan los 7.000 m sufren dicha enfermedad (2). Así, podemos clasificar las altitudes en: alta (1.500 m-3.500 m), muy alta (>3.500 m-5.500 m) y extrema (>5.500 m) (2, 7, 8).

Conforme aumenta la altitud, disminuye la presión barométrica, lo que produce una disminución de la presión parcial de oxígeno, denominada hipoxia hipobárica. Esta hipoxia desarrolla una serie de respuestas fisiológicas que, en la mayoría de los casos, ayudan al individuo a adaptarse a esta condición. Sin embargo, en otros casos, se producen respuestas desadaptativas, causando la enfermedad aguda del mal de altura y sus formas más graves, el edema pulmonar de gran altitud y el edema cerebral de gran altitud (8).

Los primeros conocimientos registrados sobre esta especialidad se deben al naturalista y jesuita español José de Acosta, al describir la sintomatología del Mal de Montaña, Mal de Altura o Enfermedad de las Alturas, basándose en su propia experiencia al ascender a los Andes peruanos, en su obra *“Historia natural y moral de las Indias”*, editada en Sevilla en 1590 (2, 6), aunque es evidente que el Mal de Altura es conocido desde tiempos inmemorables por las poblaciones nativas que habitan a gran altitud (2). Por ejemplo, como curiosidad, entre los años 37 y 32 a.C. los oficiales chinos que atravesaban los pasos de alta montaña de Afganistán, como hoy lo conocemos, describieron estas regiones como las montañas *“del gran dolor de cabeza”*. (9)

Por todo lo anteriormente expuesto, es necesario aumentar la conciencia de que las montañas no son sólo hermosas, sino también peligrosas. Requieren respeto, logística, planificación, preparación y un equipo especializado (10). El elevado coste económico propiciado por los equipos especiales de rescate y la atención médica, junto con las adversas condiciones de terreno y clima en montaña (2, 3), suponen, en muchos países, un problema de Salud Pública (3). Según Alberto Sánchez, miembro del Comité de Seguridad de la Federación Española y Deportes de Montaña y Escalada (F.E.D.M.E.) y representante de la Federación de Deportes de Montaña y Escalada y Senderismo de Castilla y León (F.D.M.E.S.C.Y.L.), "imponer una tasa en el rescate no haría descender el servicio de rescate. El dinero debe ir enfocado a la prevención, formación e información" (11) .

El reconocimiento temprano de los signos y síntomas del Mal Agudo de Montaña y sus complicaciones, así como una correcta actuación inmediata pueden evitar situaciones graves e incluso la muerte.

OBJETIVOS

Objetivo general:

El objetivo general de este trabajo es revisar la situación actual de la enfermedad del mal de altura, así como de sus complicaciones, en alpinistas, escaladores o en viajeros a elevadas altitudes.

Objetivos específicos:

- Describir la fisiopatología del mal de altura; cómo actúa el organismo frente a la hipoxia hipobárica.
- Analizar la epidemiología de la enfermedad del mal de altura.
- Describir la sintomatología del mal agudo de montaña.
- Desarrollar las complicaciones más graves del mal de altura; el edema pulmonar de la altitud y el edema cerebral de la altitud.
- Señalar otros problemas relacionados con la altitud.
- Examinar el papel de la enfermería en la prevención y el tratamiento de la enfermedad mediante la identificación y el desarrollo de las medidas no farmacológicas.
- Identificar las medidas farmacológicas para prevenir y tratar el mal de altura y sus complicaciones.

ESTRATEGIA DE BÚSQUEDA BIBLIOGRÁFICA

Para el desarrollo de esta revisión sistemática, se ha realizado una búsqueda bibliográfica, desde diciembre de 2016 hasta junio de 2017, en diferentes bases de datos como PubMed, Google Académico y SciELO.

Se llevaron a cabo diferentes combinaciones de los términos MeSH y DeCS, utilizando los operadores booleanos (AND y OR).

<u>Medical Subject Headings</u> (Términos MeSH)	<u>Descriptores en Ciencias de la Salud</u> (Términos DeCS)
Altitude sickness	Mal de altura
Brain edema	Edema encefálico
Pulmonary edema	Edema pulmonar
Altitude	Altitud
Acetazolamide	Acetazolamida

La primera búsqueda bibliográfica permitió hallar 457 documentos delimitados por:

- Fecha de publicación: últimos 10 años
- Idioma: español e inglés
- Texto completo

Debido a la escasez de artículos encontrados que se ajustaran a los objetivos del trabajo, se obtuvieron 54 documentos tras la criba. Tras la lectura del resumen, 19 fueron descartados por no considerarse adecuados. Se llevó a cabo la revisión de los 35 documentos restantes, de los cuáles 18 de ellos fueron incluidos en el trabajo. En las sucesivas búsquedas, se obtuvo el resto de la bibliografía, utilizando un total de 40 fuentes mediante la consulta a través de:

Libros:

- Medicina crítica práctica: Medicina crítica en medios hostiles y de aislamiento.
- Mal de altura. Prevención y tratamiento.
- Socorrismo y medicina de urgencias en montaña.
- Progresos en medicina de montaña.

Páginas web:

- W.M.S. Wilderness Medical Society.
- S.E.M.A.M. Sociedad Española de Medicina y Auxilio en Montaña.
- G.R.E.I.M. Grupo de Rescate e Intervención en Montaña.
- I.S.M.M. International Society for Mountain Medicine.
- U.I.A.A. International Climbing and Mountaineering Federation.
- F.E.D.M.E. Federación Española de Deportes de Montaña y Escalada.
- I.S.M. Instituto Social de la Marina (Ministerio de Empleo y Seguridad Social).

Revistas online:

- Nuberos.
- Desnivel.
- Outdoor.
- Outdooractual.
- Montañismo y Exploración.
- Oxígeno.

3. FISIOPATOLOGÍA DE LA ALTITUD

El aire de la atmósfera está compuesto por un 20,9% de oxígeno. Esta proporción siempre se mantiene constante hasta los límites de la troposfera (2, 10, 12, 13, 14). Sin embargo, conforme aumenta la altitud, disminuye la presión atmosférica. Mientras que la presión atmosférica a nivel del mar es de 760 mmHg, al ascender a 5,500 m sobre el nivel del mar se reduce a la mitad, 380 mmHg. Al descender la presión atmosférica, desciende también la presión parcial de oxígeno atmosférico (PO₂). La disminución de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado conlleva a la disminución de la presión parcial de oxígeno alveolar y, por tanto, al descenso de la presión parcial de oxígeno arterial. Dicha situación se conoce como hipoxia hipobárica. Esta, junto con la latitud terrestre y las circunstancias meteorológicas, puede producir graves efectos en la fisiología humana (2, 6, 15).

Ante esta situación de hipoxia, el organismo dispone de diferentes mecanismos fisiológicos para intentar hacerla frente. Estos mecanismos incluyen la acomodación, aclimatación y adaptación. La acomodación es la respuesta inmediata frente a la hipoxia hipobárica y se caracteriza por un aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria. Frente a la disminución en la disponibilidad de oxígeno, el organismo aumenta el gasto cardíaco para que la sangre, ahora con menos proporción de oxígeno, llegue a los tejidos para compensar esta carencia.

Cuando los individuos están expuestos un determinado tiempo a la altura, tiene lugar el proceso de aclimatación. Este proceso les permite, en cierta manera, tolerar la hipoxia. El proceso de aclimatación se caracteriza, principalmente, por un incremento en la eritropoyesis y en la hemoglobina, lo cual mejorará la capacidad de transporte de oxígeno (16).

El ascenso gradual va a permitir al organismo poner en marcha estos mecanismos fisiológicos para facilitar la tolerancia a la hipoxia y poder lograr una adaptación efectiva (2, 9, 10) reestableciendo el aporte de oxígeno a los tejidos (14). Dichos procesos van a tener lugar a diferentes niveles: pulmonar, cerebral, hematológico-hemodinámico e hidroelectrolítico.

- A nivel pulmonar:

La exposición a la hipoxia ambiental provoca un aumento de la ventilación. Cuando la presión de oxígeno en la sangre arterial disminuye, los quimiorreceptores, situados en el cuerpo carotideo, envían una señal al centro de control respiratorio, situado en el tronco del encéfalo, el cual acelera la ventilación (3). Esta hiperventilación dará lugar a una alcalosis respiratoria (aumento del pH arterial), causada por la disminución de la presión arterial de CO₂. El organismo intentará corregir esta alcalosis excretando bicarbonato a través de la orina para mantener el pH en niveles normales (6, 13).

Por otro lado, la disminución de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado conlleva al descenso de la presión parcial del oxígeno alveolar, lo que hace que la presión del oxígeno para pasar del alvéolo al capilar sea mucho menor. Por tanto, además de tener menos oxígeno disponible, la presión que tiene es menor y el intercambio gaseoso se ve comprometido porque la diferencia de presiones a ambos lados de la barrera alvéolo-capilar es menor.

Además, hay que tener en cuenta que el ejercicio físico que se realiza en la montaña aumenta el gasto cardíaco, volumen de sangre bombeado en cada latido por unidad de tiempo. Esto lleva a que el paso de la sangre por los capilares de los pulmones ocurra a mayor velocidad y disponga de menos tiempo para oxigenarse (13).

La disminución de la presión parcial de oxígeno en el aire inspirado induce una activación

del sistema simpático, el cual aumenta las resistencias vasculares del organismo y, por tanto, también las pulmonares (10, 16, 17). Esto provocará una vasoconstricción pulmonar, probablemente mediada por la endotelina 1 (2), produciendo hipertensión arterial pulmonar (10, 16). La vasoconstricción pulmonar suele ser homogénea, pero puede no serlo, dando lugar a un aumento de flujo sanguíneo en algunas zonas. En estas zonas se producirán alteraciones en la membrana alvéolo-capilar, pudiendo romperse y permitir la entrada de elementos sanguíneos al espacio alveolar (2,18), desarrollando el edema pulmonar de gran altitud (2, 6, 9, 18).

Cuando la permanencia en una cierta altitud supera la semana, se produce el aumento de la eritropoyesis y, por tanto, del hematocrito (2, 16), lo que facilitará la captación, transporte y cesión del oxígeno a los tejidos, a pesar de la hipoxemia. Con este mecanismo se asegura el transporte del oxígeno por la hemoglobina y, así, se reduce la presión plasmática del oxígeno libre para intentar mantener un gradiente alveolo-capilar favorable para el intercambio gaseoso (2).

- A nivel cerebral:

La hipoxia ambiental provoca, de manera fisiológica, un incremento en la producción del líquido cefalorraquídeo (2, 10) y una alteración de la permeabilidad endotelial vascular en la barrera hematoencefálica (6, 9, 16), lo que conllevará a un aumento de la presión intracraneal (2).

La hipoxia y la hipocapnia, causada por la hiperventilación, ejercen efectos opuestos sobre la circulación cerebral. Mientras que la primera produce una vasodilatación cerebral, la segunda constituye un potente vasoconstrictor cerebral (2, 13). Existen diferentes hipótesis que tratan de explicar estos cambios producidos a nivel cerebral. Entre ellas, algunas sugieren que los cambios que se producen dependen del grado de distensibilidad cerebro-espinal de los individuos, el cual permite amortiguar el incremento de la producción del líquido cefalorraquídeo (9). Otras hipótesis sugieren que, frente a la hipoxia, el organismo aumenta la síntesis de diversos mediadores químicos como el factor inducido por la hipoxia (HIF-1), el factor de crecimiento endotelial vascular y el óxido nítrico, un potente vasodilatador que produce el incremento del flujo sanguíneo cerebral (9, 12, 13).

El aumento de la producción del líquido cefalorraquídeo, la mayor permeabilidad de la barrera hematoencefálica y el incremento del flujo sanguíneo cerebral, provocarán la aparición del edema cerebral de la altitud, producido por el paso del líquido al tejido cerebral (6, 9, 10).

Frente a esta situación, el organismo intentará poner en marcha mecanismos compensatorios que aumenten el drenaje del líquido cefalorraquídeo para conseguir disminuir la presión intracraneal (9).

- A nivel hematológico-hemodinámico:

Frente a la hipoxia, se produce una disminución del volumen plasmático causado por la salida del líquido intravascular al espacio intracelular. Esta disminución del líquido intravascular estimula la secreción de eritropoyetina, aumentando el número de hematíes (policitemia o poliglobulia) y por tanto el hematocrito (9, 10, 13, 14, 16). El aumento del hematocrito da lugar a una hiperviscosidad sanguínea, lo que favorece la aparición de complicaciones tromboembólicas, como el infarto isquémico cerebral o las hemorragias retinianas (2).

La eritropoyesis es un proceso regulado por hormonas, principalmente la eritropoyetina (Epo), la cual tiene la capacidad de inducir la proliferación y diferenciación de los precursores eritroides en la médula ósea. Cuando la eritropoyetina no es capaz de cumplir esta función, es probable que actúe otra hormona, la testosterona. Esta no solo es capaz de estimular la

eritropoyesis, sino que además inhibe la ventilación, evitando así la hiperventilación excesiva y favoreciendo la aclimatación (16) .

La disminución de la presión parcial de oxígeno provocada por la hipoxia, activa el sistema nervioso simpático, como se ha dicho anteriormente. La activación del sistema simpático produce una vasoconstricción vascular y un aumento de la frecuencia cardíaca (2, 6, 10) . Como consecuencia de esto aumenta el gasto cardíaco (13). Por otro lado, debido a la hipertensión pulmonar se produce una sobrecarga hemodinámica sobre las cavidades cardíacas derechas (2, 10, 16).

- A nivel hidroelectrolítico:

Debido a la alteración de la membrana celular, se produce una disfunción de la ATPasa Na^+/K^+ dando lugar a un desequilibrio hidroelectrolítico (6, 9, 12). Se genera el impedimento de la salida de sodio al espacio intersticial, aumentando así en el espacio celular y provocando la depleción de potasio intracelular (9). También se han descrito alteraciones en la secreción de la hormona antidiurética (ADH) y del sistema renina-angiotensina-aldosterona (6, 9) .El ejercicio físico estimula la secreción de la renina y aldosterona, lo que favorece la retención de agua y sodio (13) .

La aclimatación se pierde cuando el individuo aclimatado desciende en altitud, por lo que, en cada nueva ascensión, el organismo debe aclimatarse de nuevo. En las siguientes ascensiones, el proceso de aclimatación tendrá lugar de manera más efectiva debido a la "memoria de la aclimatación" (14).

Si el proceso de aclimatación natural permite a los individuos vivir de forma natural y normal en la altura, se produce una adaptación efectiva (6, 16). La adaptación a la alta montaña es un proceso complejo e intervienen múltiples factores, tanto fisiológicos como socioculturales (14).

Se han realizado numerosas investigaciones para determinar los mecanismos de aclimatación natural mediante el estudio anatómico-fisiológico en los nativos de determinadas etnias como los indios andinos, peruanos o los sherpas del Himalaya (por encima de los 4,000 m). Estas personas nacen con una carga genética adaptativa y unas condiciones de aclimatación racial conseguidas mediante procesos de selección natural a través del paso de numerosas generaciones (6, 14).

En estos individuos se ha observado una hipertrofia cardíaca, sobre todo en el ventrículo derecho, y una presión pulmonar elevada, lo que facilita la perfusión del pulmón. Frente a la hiperventilación provocada por la hipoxia, los nativos han desarrollado mecanismos celulares adaptativos de tolerancia a la hipoxia (6, 10, 16). Tanto en animales como en personas nacidas sobre los 5.000 m, las células poseen más mitocondrias, lo que les permite utilizar el oxígeno de manera más eficaz (6) .

Estos mecanismos de adaptación a la hipoxia hipobárica pueden no ser efectivos y convertirse en perjudiciales para el individuo desarrollando el mal agudo de montaña o sus formas más graves.

Como se describe, existen numerosas teorías que intentan explicar los cambios producidos en el organismo como consecuencia de la altura. Hoy en día, se acepta que la clínica resultante es el producto de un conjunto de numerosas alteraciones fisiopatológicas, todas ellas como consecuencia de la hipoxia (6).

Cabe destacar la diferencia existente entre el mal agudo de montaña y el mal crónico de montaña o enfermedad de Monge. El mal agudo de montaña tiene lugar en aquellos individuos

MAL DE ALTURA

que viven en tierras bajas y se exponen a una cierta altitud. En cambio, la enfermedad de Monge puede desarrollarse en los nativos o habitantes de las montañas al cabo de numerosos años de vivir en la altitud (3.000 m – 4.500 m) (6, 13). Esta enfermedad es debida a una exageración en los mecanismos de adaptación (6, 16) y se caracteriza principalmente por una eritrocitosis excesiva (2, 13). En contraposición con la hiperventilación producida en la exposición aguda, en la exposición crónica se observa un fenómeno de hipoventilación. Frente a la situación de hipoxia se reduce la ventilación produciendo un aumento de la hipoxemia. Esta hipoxemia desencadenará el aumento de la eritropoyesis, generando una policitemia excesiva (13, 16). Esta enfermedad desaparece al descender al nivel del mar y reaparece al regresar a la altitud (13).

4. MAL AGUDO DE MONTAÑA

El mal agudo de montaña o mal de altura, es un conjunto de signos y síntomas que puede afectar a aquellas personas que ascienden de manera rápida a una gran altura, exponiéndose a una hipoxia hipobárica. Esta enfermedad suele ser autolimitada y mejorar espontáneamente durante los primeros días de estancia en alta montaña.

Sin embargo, cuando el organismo no es capaz de aclimatarse, pueden desarrollarse las formas malignas del mal de altura; manifestaciones potencialmente mortales que requieren un tratamiento urgente, el edema cerebral de la altitud y el edema pulmonar de la altitud (13, 19).

En un entorno tan hostil donde no se dispone de los medios adecuados para diagnosticar el mal agudo de montaña, es muy importante el conocimiento y la identificación temprana de los signos y síntomas iniciales de esta enfermedad para poder evitar su progresión hacia las formas más graves (9).

4.1. SINTOMATOLOGÍA

La sintomatología del mal de altura es muy inespecífica y variada. En la mayoría de los casos lo síntomas son leves, de carácter progresivo (9) y suelen aparecer entre 2 y 12 horas tras la llegada a una nueva altitud (18, 19), siendo más pronunciados tras la primera noche. Aunque los síntomas no son potencialmente mortales, suelen ser incapacitantes, causando malestar y alteración de la actividad (19).

Las manifestaciones clínicas son las siguientes:

- Cefalea (Anexo I): es el síntoma cardinal del mal de altura. Suele ser pulsátil, bilateral, frontal y aumentar con la maniobra de Valsalva (13, 20).
- Trastornos del sueño. El insomnio es el segundo síntoma más característico tras la cefalea (8, 12). Durante la noche, es frecuente que aparezcan episodios de respiración de Cheyne-Stokes, alternancia de periodos de apnea con periodos de hiperventilación (2, 13). También puede aparecer somnolencia.
- Náuseas y vómitos.
- Anorexia.
- Excesivo agotamiento.
- Otros: mareo, vértigo, fatiga.

4.2. EPIDEMIOLOGÍA

El mal agudo de montaña es frecuente por encima de 2.500m de altitud. La prevalencia varía desde el 40% hasta el 90%, dependiendo de la altitud alcanzada (8). Estas cifras no tienen verdadero interés, ya que el diagnóstico depende de la cantidad y la intensidad de los síntomas. Lo importante es que la prevalencia de la enfermedad aumenta cuanto mayor es la altura alcanzada y menor el tiempo que se tarda en alcanzarla (13, 14). Además de la altitud

alcanzada y la tasa de ascenso, la susceptibilidad individual y el grado de aclimatación también son determinantes para la aparición de la enfermedad (8).

La mayor parte de los casos se dan en personas jóvenes, aunque existen controversias ya que no se sabe si es debido a la edad o a otros factores (13, 14). No existen diferencias entre ambos sexos. No existe evidencia de que enfermedades como el asma, diabetes, hipertensión o enfermedades coronarias aumenten el riesgo de padecer mal agudo de montaña, al igual que el consumo de alcohol o tabaco. En cambio, la predisposición a dicha enfermedad parece aumentar en personas con obesidad o con enfermedad crónica del aparato respiratorio. Existen estudios que demuestran que una respuesta ventilatoria baja frente a la hipoxia aumenta el riesgo. En cuanto al entrenamiento físico, no existen estudios que demuestren que disminuya el riesgo de desarrollar el mal de altura (8, 13).

4.3. CRITERIOS DIAGNÓSTICOS

A pesar de que el mal agudo de montaña consiste en un conjunto de síntomas muy inespecíficos, una de las cuatro "Reglas de Oro" de la Asociación de Rescate del Himalaya recomienda que, si uno está enfermo en la altitud, los síntomas se deben atribuir al mal de altura hasta que se demuestre lo contrario (19).

El diagnóstico diferencial del mal agudo de montaña incluye agotamiento, hipotermia, insolación, deshidratación, hipoglucemia, hiperglucemia o intoxicación por drogas o alcohol (8).

Existen diferentes cuestionarios desarrollados para evaluar la presencia y la gravedad de los síntomas con el fin de establecer un diagnóstico como la *Escala de Hackett et al* o *Environmental Symptom Questionnaire*, pero el sistema más utilizado es la *Escala de Lake Louise* (15).

La *Escala de Lake Louise* está formada por dos secciones: un cuestionario a rellenar por el propio paciente sobre cinco síntomas (Anexo II) y una sección de examen clínico (Anexo III) a rellenar por los compañeros o equipo médico (21).

Para el diagnóstico del mal de altura es necesario el síntoma cardinal, la cefalea, asociada a la presencia en altura en los últimos días más, al menos, la presencia de otro de los siguientes síntomas:

- Síntomas gastrointestinales
- Mareo/vértigo
- Fatiga
- Dificultad para dormir

Además de esto, se debe obtener una puntuación de 3 o más para diagnosticar el mal agudo de montaña. Cada síntoma se puntúa en una escala de 0 (nada) a 3 (grave). Una puntuación total de 3 a 5 indica mal de altura leve y una puntuación de 6 o más indica mal de altura grave (15).

5. EDEMA CEREBRAL DE GRAN ALTITUD

El edema cerebral de la altitud se refiere a una entidad clínica que se aplica, aunque no se pueda demostrar de manera diagnóstica, a la presencia de edema en el cerebro (13, 14). En la mayoría de los casos el edema cerebral de la altitud es precedido por el mal agudo de montaña (22) y es la forma más grave de esta enfermedad.

La etiopatogenia del edema cerebral probablemente sea la misma que la del mal de altura, la hipoxia hipobárica (13). En cuanto a la fisiopatología, se han descrito dos hipótesis, la hipótesis vasogénica y la citotóxica. La vasogénica se basa en las alteraciones de la permeabilidad capilar (6); produciéndose un daño en el endotelio capilar que daría lugar al paso del líquido al espacio intersticial (13). Por otro lado, la citotóxica se basa en la alteración de los gradientes iónicos transmembrana (6); se produciría una disfunción de la bomba Na/K con el paso del líquido al interior de las células nerviosas (13).

5.1. SINTOMATOLOGÍA

Todo mal de altura que curse con alteraciones neurológicas debe considerarse un probable edema cerebral de la altitud (13). El edema cerebral puede aparecer de manera súbita o a lo largo de horas o días y, si no se llevan a cabo las medidas adecuadas, puede conducir a un estado de coma y muerte en horas.

Las manifestaciones clínicas más frecuentes del edema cerebral de la altitud son las siguientes:

- Ataxia: es el signo clínico más característico (13, 14). La inestabilidad en la marcha puede simular un estado de embriaguez (6, 23).
- Cefalea intensa: secundaria a una hipertensión intracraneal (6) y que no cede frente a analgésicos antiinflamatorios (8).
- Disminución del nivel de conciencia: desde la somnolencia hasta el coma.
- Trastornos de la conducta: irritabilidad, confusión...
- Alucinaciones (13)
- Papiledema y hemorragias retinianas: debido al aumento de la presión intracraneal (9, 12).

5.2. EPIDEMIOLOGÍA

El edema cerebral de la altitud puede aparecer en cualquier edad y sexo, aunque es más frecuente en hombres jóvenes. El ascenso rápido y el ejercicio intenso son factores predisponentes (13).

Raramente aparece en altitudes por debajo de 4.000 m y su prevalencia entre 4.000 m y 5.200 m se estima en 0,5-1% (8).

6. EDEMA PULMONAR DE GRAN ALTITUD

El edema pulmonar de la altitud es una entidad no cardiogénica considerada una forma maligna del mal agudo de montaña.

Actualmente, la teoría más aceptada para explicar la etiopatogenia de esta entidad es el aumento de la presión arterial pulmonar. Frente a la hipoxia, el organismo libera una sustancia mediadora que genera la vasoconstricción de las arteriolas pulmonares, la endotelina I (14). Se ha planteado que la vasoconstricción no es uniforme en todas las arteriolas pulmonares dando lugar a zonas hiperperfundidas y otras hipoperfundidas. En las zonas hiperperfundidas aumentará la presión capilar generando roturas en las paredes de la membrana alveolocapilar y produciendo la salida de líquido a los alvéolos (14, 18). Además, la ruptura de las paredes capilares podría activar a los leucocitos y plaquetas generando trombos de fibrina, elementos encontrados en necropsias de pacientes fallecidos por edema pulmonar de la altitud (14, 19). Este daño generado en los capilares pulmonares es rápidamente reparado cuando la presión disminuye (18).

Pero ni todos los individuos que sufren edema pulmonar tienen hipertensión pulmonar, ni todos los que tienen hipertensión pulmonar padecen el edema pulmonar de la altitud (13), por lo que existen otras teorías que intentan explicarlo.

Se ha determinado que algunos sujetos susceptibles a padecer edema pulmonar poseen una deficiencia genética en los “canales de sodio sensibles a la amilorida” (18). Estos canales captan el sodio y el agua de los alvéolos, y una “ATPasa de sodio y potasio inhibible mediante ouabaína¹” se encarga de expulsar el sodio y el agua al espacio intersticial. Así, mediante este sistema se consigue mantener los alvéolos libres de líquido (13, 14).

6.1. SINTOMATOLOGÍA

El edema pulmonar de la altitud suele aparecer por la noche, aproximadamente entre el primer y cuarto día tras el rápido ascenso (18, 25) y raramente ocurre pasados estos cuatro primeros días en la altitud, a no ser que se alcance mayor altitud.

A menudo aparece precedido por la sintomatología del mal de montaña (17). Una vez aparece el edema pulmonar, el deterioro es rápido, pudiendo llegar a la muerte en pocas horas si no se llevan a cabo las medidas adecuadas (13).

Las manifestaciones clínicas del edema pulmonar de la altitud son las siguientes:

- Disnea: es universal en el edema pulmonar (18). La clínica suele comenzar con disnea de esfuerzo que progresivamente va aumentando hasta aparecer también en reposo, lo que conlleva a una disminución del rendimiento del ejercicio.
- Tos: aparición de tos seca al inicio y en estado más avanzado suele acompañarse de expectoración hemoptoica.
- Dolor torácico opresivo o congestión.
- Sibilancias/crepitantes/estertores.
- Febrícula o fiebre.

¹ Ouabaína: sustancia endógena capaz de inhibir parcialmente la bomba de Na^+/K^+ ATPasa, aumentando el sodio intracelular (24).

- Alteración del sueño: durante la noche aparecen cambios en el patrón ventilatorio dando lugar a una disminución de la presión arterial de oxígeno y un aumento de la presión arterial de dióxido de carbono, aumentando el pH arterial (9).
- Cianosis.

6.2. EPIDEMIOLOGÍA

El edema pulmonar de la altitud aparece por encima de los 2.500 m (14), sobre todo entre los 3.000 m y 4.500 m (6). Lo sufre el 0,5% de los sujetos que alcanzan los 3.500 m, pero se sabe que esto es un valor orientativo (13) ya que la frecuencia depende de la altitud alcanzada, la tasa de ascenso y la predisposición genética (8, 14, 17, 25).

Se puede producir en ambos sexos y en todas las edades (14). El ejercicio físico intenso y el frío favorecen la aparición de dicho edema (13). Una historia previa de edema pulmonar de la altitud, infecciones del tracto respiratorio superior, alteraciones anatómicas en la circulación cardiopulmonar (17) (ausencia de la arteria pulmonar derecha o tromboembolismo pulmonar) (13) y predisposición genética aumentan la susceptibilidad de padecer esta enfermedad (8, 14, 17, 25).

El edema pulmonar de las alturas puede presentarse con sintomatología de mal agudo de montaña en un 50% de los casos y se asocia con edema cerebral en el 14% de los casos (17, 18).

Presenta una mortalidad, sin el tratamiento adecuado, entre el 13% y el 40% (9).

7. OTROS PROBLEMAS RELACIONADOS CON LA ALTITUD

7.1. RETINOPATÍA DE LA ALTITUD

Se conoce la retinopatía de altitud al conjunto de alteraciones que se pueden desarrollar en la retina como consecuencia de la exposición a la altitud.

Las hemorragias retinianas son una afección común, benigna, que suele aparecer los primeros días tras alcanzar altitudes superiores a los 5.000 m de altitud (25). Normalmente aparecen de manera múltiple y sólo se pueden ver mediante el examen del fondo de ojo. La gran mayoría de las hemorragias suelen ser asintomáticas y desaparecer de manera espontánea en una o dos semanas (22), excepto aquellas que afectan a la macula lútea, que producen visión borrosa o escotoma central, pudiendo llegar a dejar secuelas (13, 14).

Existen numerosas hipótesis que intentan explicar cuál es la etiopatogenia de las hemorragias retinianas; por ejemplo, que son causadas por el aumento del flujo sanguíneo de la retina en respuesta a la hipoxia, al aumento de la viscosidad sanguínea por la poliglobulia, al ejercicio físico intenso o al consumo de antiinflamatorios (13, 26). También se ha postulado que la hemorragia retiniana puede predecir el mal agudo de montaña (13, 25). En conclusión, ninguna hipótesis pudo ser corroborada por lo que se ha determinado que su origen sería multifactorial (13, 14).

La aparición de hemorragias retinianas en la altitud no está relacionada con el sexo, edad o ejercicio físico (13).

Otra afección común es la queratitis por exposición a la radiación ultravioleta, «ceguera de la nieve», la cual produce una lesión en el epitelio corneal que puede llegar a ser incapacitante (25).

7.2. ACCIDENTES TROMBOEMBÓLICOS

En la montaña, las condiciones fisiopatológicas frente a la hipoxia: la poliglobulia, deshidratación e hipotermia, causan alteraciones en la hemostasia, coagulación y fibrinólisis. Estas alteraciones aumentan la incidencia de padecer accidentes tromboembólicos y hemorrágicos (6). Además, existen factores predisponentes como la insuficiencia venosa crónica, las varices o la predisposición genética.

Los accidentes tromboembólicos se deben a la obstrucción de un vaso sanguíneo por un coágulo. Y los más frecuentes son los siguientes:

- **Embolia pulmonar de la altitud.** Debida a la presencia de un coágulo en una arteria pulmonar. Este coágulo, formado en el interior de las venas de los miembros inferiores tras una inmovilización prolongada, se suelta y llega al corazón, el cual lo envía a las arterias pulmonares (13). Se manifiesta por dolor torácico de instauración súbita que aumenta al respirar hondo o toser, disnea, tos y, en algunos casos, hemoptisis. En la montaña, es difícil distinguir si se trata de un edema pulmonar de la altitud o de una embolia pulmonar, además pueden aparecer conjuntamente.

- **Apoplejía de la altitud.** Es debida, principalmente, a un infarto isquémico cerebral causado por una trombosis arterial, y menos frecuente a trombosis venosa. Este accidente vascular cerebral se manifiesta clínicamente con parálisis facial, afasia motora y hemiplejía. En algunos casos puede generar secuelas graves e incluso la muerte (14). A veces, estos accidentes ocurren de manera transitoria, ataque isquémico transitorio, y se resuelven de manera espontánea en menos de 24 horas. Se piensa que, en la montaña, son causados por una vasoconstricción cerebral debida a la hipocapnia.
- **Tromboflebitis en miembros inferiores:** inflamación de las venas de los miembros inferiores con formación de trombos en su interior, debido a la inmovilización prolongada. Estos trombos pueden dar lugar a una embolia pulmonar, como se explicó anteriormente (13).
- **Afasia transitoria en altitud:** consiste en la pérdida del habla debido a una alteración cerebral. No se conoce su etiopatogenia ya que no se acompaña con otras manifestaciones y no encaja con un edema cerebral de la altitud. Una posible teoría que trata de explicarlo sugiere que esta afasia aparece, en individuos susceptibles, como consecuencia de la hipocapnia generada por la hiperventilación y que desaparecería cuando la hiperventilación cesase. La hiperventilación provocaría una vasoconstricción cerebral en el área de Broca (13, 14).

7.3. TOS DE LA ALTITUD

Tos seca en ausencia de otros síntomas de edema pulmonar de la altitud (25). Es frecuente en altitudes por encima de los 5.000 m (13). Puede ser lo suficientemente grave como para causar molestias extremas e incluso fracturas costales. La causa de esta tos posiblemente sea multifactorial. Puede ser generada por una irritación de los cilios de la mucosa respiratoria, infección del tracto respiratorio, broncoconstricción (25) o edema pulmonar subclínico (14).

7.4. CONGESTIÓN NASAL

La congestión nasal es un problema muy molesto que obliga a los montañeros a respirar por la boca. Suele ser frecuente por encima de los 5.000 m de altitud y desaparece espontáneamente con el descenso (13, 14).

7.5. EDEMA PERIFÉRICO

Acumulación de líquido, generalmente en cara y extremidades (23). Generalmente es transitorio y no está relacionado con enfermedad grave (25).

7.6. ALUCINACIONES

Trastornos transitorios de la percepción sensorial no acompañada con otras alteraciones. Son muy frecuentes, de diversa duración e intensidad. Pueden darse alucinaciones tanto acústicas (voces humanas, sonidos extraños de la naturaleza) como visuales (animales, objetos) y la más frecuente suele ser la presencia de un compañero imaginario (14). La mayoría de los episodios alucinatorios aparecieron por encima de los 5.000 m de altitud y su incidencia aumenta a mayor altitud y mayor estancia en la altura (26).

7.7. CEGUERA TRANSITORIA DEL EVEREST

Se conocen varios casos de ceguera transitoria en el Everest o en sus proximidades. Esta es una situación que pone en peligro grave la vida del sujeto. Se piensa que es de origen multifactorial. Esta ceguera parece que es debida, más frecuentemente, a la situación de hipoxia sobre las células de la retina, del nervio óptico o del cerebro. También podría ser causada por una hemorragia retiniana, una queratoconjuntivitis o un edema corneal transitorio causado por el frío (13, 14).

7.8. ALTERACIONES INMUNITARIAS

Las condiciones que se dan en la alta montaña generan un descenso en las defensas del organismo. En la altitud, aumenta la susceptibilidad para contraer infecciones bacterianas (24). Al sufrir una herida, es más probable que esta se infecte dando lugar a una celulitis o a un absceso que no cura hasta que no se desciende. Una teoría que trata de explicarlo habla sobre el efecto de la radiación ultravioleta sobre el ácido urocánico, presente en la piel, el cuál disminuiría la capacidad inmunitaria (13, 14).

7.9. ALTERACIÓN NEUROCOGNITIVA EN ALTITUDES EXTREMAS

Las condiciones de hipoxia que hay en la altitud, junto con el agotamiento, el frío y la deshidratación, generan un deterioro en las capacidades neurocognitivas de los sujetos. El tiempo de reacción, la resolución de problemas o las habilidades de pensamiento se ven disminuidas, lo que conlleva a una mayor probabilidad de sufrir accidentes (26).

7.10. LEUCONQUIA DE LA ALTITUD

La leuconiquia consiste en unas franjas transversales de color blanquecino en las uñas de las manos. No se conoce su etiopatogenia, pero es frecuente en montañeros que llegan a grandes altitudes.

8. PREVENCIÓN

Los profesionales sanitarios, así como las Guías de Práctica Clínica, tienen un papel muy importante en la prevención de las enfermedades que surgen como consecuencia de la altitud.

La enfermería es una de las claves en los temas de prevención. Las enfermeras son capaces de proporcionar el adecuado asesoramiento a todas aquellas personas que vayan a viajar a grandes altitudes para prevenir la enfermedad del mal de altura.

Siguiendo las recomendaciones adecuadas, el porcentaje de personas que va a desarrollar esta enfermedad disminuye notablemente. La enfermería está totalmente capacitada para realizar este trabajo y formar a los viajeros en lo que deben hacer para evitar sufrir esta enfermedad mediante la promoción de perfiles de ascenso seguros, enseñando a los viajeros, alpinistas o escaladores a cómo lograr una correcta aclimatación, informando acerca de los efectos fisiológicos generados por la altitud, enseñando el reconocimiento temprano de los signos y síntomas del mal agudo de montaña y sus formas graves, así como a saber actuar de la manera adecuada frente a esta situación. Además, también son capaces de valorar el uso de quimioprofilaxis si fuese necesario (22).

Las medidas y recomendaciones que se van a comentar a continuación, deben ser explicadas a todas las personas que estén planeando un viaje a las alturas por especialistas en este tema. Para esto, enfermería puede informar a través de charlas antes de las expediciones, cursos de formación técnica y práctica, asesoramientos a clubs o federaciones de montañas, páginas web o blogs online. Las nuevas tecnologías y equipaciones también son herramientas que ayudan a mejorar la seguridad de los viajeros, pero deben ser utilizadas con conocimiento, sin olvidar nunca la formación práctica y teórica.

Aunque parece obvio, es necesario recordar a los viajeros aspectos básicos muy importantes que nunca deben olvidar, como informarse sobre las condiciones meteorológicas y del terreno, la dificultad, el material necesario, dejar dicho a dónde vas, ir acompañado y no olvidar nunca el sentido común.

Por otro lado, sería interesante valorar la presencia de personal enfermero como miembro de la expedición. Contar con la presencia de un sanitario especializado garantizaría la salud de los viajeros en mayor medida.

Los profesionales de la salud también deben valorar el riesgo que puede conllevar ascender a una elevada altitud en aquellos individuos que sufran determinadas patologías cardiorrespiratorias, neurológicas o metabólicas, que puedan descompensarse como consecuencia de la hipoxia, así como tratamientos farmacológicos (3).

Por esto, tanto la prevención como el tratamiento deben realizarse de manera individualizada y no sólo teniendo en cuenta la salud del paciente, sino también las condiciones externas, los posibles peligros y la disponibilidad de asistencia médica (10).

La prevención de la enfermedad de la altitud y de sus formas graves, consiste en una combinación tanto de medidas no farmacológicas como farmacológicas:

8.1. MEDIDAS NO FARMACOLÓGICAS

8.1.1. Predecir quién enfermará

Deben considerarse de antemano aquellas enfermedades preexistentes que puedan descompensarse a gran altitud, sobre todo enfermedades cardiopulmonares.

Viajar a altitudes mayores de 2.000 m no es aconsejable con:

- Enfermedades cardiovasculares: infarto de miocardio en los últimos 3 meses, accidente cerebrovascular, eventos tromboembólicos, angina de pecho inestable, insuficiencia cardíaca congestiva no controlada y cardiopatía congénita.
- Enfermedades pulmonares, hipertensión arterial pulmonar, EPOC severa, asma mal controlado (20, 22, 25).
- Anemia falciforme. Esta enfermedad puede generar daño esplénico (22, 25).
- Diabetes Mellitus, especialmente tipo 1. Aunque no existe riesgo como consecuencia directa de la altitud, el sujeto debe ser consciente de que los problemas relacionados con la glucemia se pueden complicar debido al entorno alejado y a las condiciones de frío (25).

Las personas que sufran enfermedades cardiopulmonares controladas, que se mantengan en condiciones estables y con tratamientos adecuados pueden tolerar ciertas altitudes, pero deben evitar sobreesfuerzos hasta lograr una correcta aclimatación (20, 22).

Además, historias de enfermedad en ascensiones anteriores constituyen un factor predictivo bastante útil. El 60% de los individuos que desarrollaron edema pulmonar de la altitud, lo volverán a desarrollar en posteriores ascensiones a altitudes similares (8).

8.1.2. Ascenso gradual

Como se ha dicho anteriormente, la aparición del mal agudo de montaña depende directamente de la velocidad de ascensión, la altitud alcanzada y del tiempo de permanencia en esta. Por esto, el ascenso gradual es el mejor método para prevenir la enfermedad (8).

Al ascender a altitudes entre 2.500 m y 3.000 m es recomendable pasar dos o tres noches antes de ir más alto (7). Al ascender por encima de 3.000 m, la *Asociación de Salvamento del Himalaya* recomienda que no se asciendan más de 300 m al día, con un día de descanso cada 600-900 m (22). Según la *Wilderness Medical Society*, no se debe ascender más de 500 m al día y debe haber un día de descanso cada tres o cuatro días (22, 27).

Por encima de los 3.500 m, es recomendable dormir a una altitud inferior a la cota alcanzada, si es posible (6). Si esto no es posible, no es recomendable pasar la noche a altitudes de 300-500 m por encima de donde se pasó la noche anterior (7, 10, 13, 25).

Las personas que viajan repetidamente a elevadas altitudes, probablemente puedan ascender a velocidades mayores que las recomendadas. En cambio, individuos sin experiencia previa deben cumplir con las recomendaciones anteriores (8).

Las condiciones del viaje, del terreno o de la logística, no siempre permiten cumplir, día a día, estas recomendaciones correctamente, por lo que los sujetos deben realizar una tasa de

ascenso mediada durante todo el viaje (8). La ganancia del ascenso total dividida entre el número de días de ascenso no debe ser mayor de 500 m/día.

La variabilidad individual en la aclimatación y en la susceptibilidad de padecer mal de altura, hacen que las recomendaciones, generalmente eficaces, no garanticen la prevención de la enfermedad en todos los viajeros de gran altitud (27). Pero es mucho más probable que la enfermedad se desarrolle de forma más leve y que no progrese a edema cerebral de la altitud (22).

8.1.3. Preaclimatación

Una de las estrategias que ayudan a prevenir el Mal Agudo de Montaña es la preaclimatación.

Está demostrado que, exposiciones repetidas a la hipoxia hipobárica o normobárica (simulación a la altitud en cámara hipobárica) una semana antes de realizar un viaje a elevadas altitudes o pasar varios días en altitudes entre los 2.200-3.000 m antes de continuar la ascensión, mejora la ventilación y la oxigenación y, por tanto, disminuye el riesgo de padecer las enfermedades de la altitud (27), además de mejorar el rendimiento físico y reducir el estrés fisiológico producido por la altitud (15).

Para poder reducir este riesgo, las exposiciones deben ser largas y frecuentes, y realizarse lo más cerca posible del viaje (8, 27).

Existen diferentes técnicas de exposición a la altitud; la exposición hipóxica intermitente que consiste en la exposición a la hipoxia durante varias horas y que se repite durante varios días o semanas; el entrenamiento hipóxico intermitente que consiste en realizar ejercicio físico en condiciones de normoxia, a nivel del mar, y dormir en condiciones de hipoxia (natural o artificial) (15).

Otra estrategia de preaclimatación artificial consiste en respirar aire empobrecido en oxígeno (13), por ejemplo, dormir a bajas altitudes en espacios cerrados pobres en oxígeno. Aunque esto cada vez es más frecuente en personas que viajan a elevadas altitudes, la utilidad de esta estrategia no se ha estudiado exhaustivamente (8).

Estas estrategias de preaclimatación tienen efectos beneficiosos pero su implementación suele ser bastante complicada (8, 15, 27) y aún es necesario realizar más estudios para establecer unas recomendaciones adecuadas y un protocolo de aclimatación óptimo (15, 27).

8.1.4. Entrenamiento muscular inspiratorio

Como respuesta a la disminución de la saturación de oxígeno provocada por la exposición a la hipoxia, se produce un aumento de la ventilación. Esta hiperventilación provoca un aumento del trabajo respiratorio y, debido a ello, aumenta la demanda del flujo sanguíneo a esta musculatura. Además, esta situación se verá acentuada por la actividad física. Se ha demostrado que, tras 4 semanas de entrenamiento muscular inspiratorio, se reduce la fatiga de los músculos inspiratorios tras el ejercicio en condiciones de hipoxia y se atenúa la disminución de la saturación arterial de oxígeno, pero esto sólo se ha producido en altitudes mayores de 4.800 m. Aunque estos estudios muestran resultados positivos, se necesitan más investigaciones (15).

8.1.5. Alimentación

Se recomienda realizar una dieta variada que contenga un alto porcentaje en hidratos de carbono (2, 9, 12, 13). Una dieta alta en carbohidratos (> 70%) reduce los síntomas del mal agudo de montaña en un 30% (7). Evitar comidas copiosas, alcohol y sedantes-hipnóticos (7, 8, 12).

Asegurar una correcta hidratación (1L de agua cada 1000m), evitando la sobrehidratación, ayuda a evitar la hiperviscosidad sanguínea generada por la hipoxia (6). El riesgo de deshidratación aumenta a gran altitud ya que disminuye la humedad ambiental pero no hay estudios que demuestren que la deshidratación aumente el riesgo de sufrir Mal de Montaña (8).

8.1.6. Control de sintomatología

Todos los individuos que vayan a realizar un viaje a la altitud deben saber reconocer los signos y síntomas precoces de la enfermedad de la altitud y realizar una vigilancia constante entre todos los integrantes del grupo (9).

8.1.7. Preparación física

Evitar el ejercicio intenso. Aunque una buena preparación física puede mejorar el rendimiento, no va a prevenir el mal de altura y los viajeros deben ser informados para no tener una falsa sensación de seguridad y cumplir correctamente las recomendaciones (22).

8.2. MEDIDAS FARMACOLÓGICAS

La profilaxis farmacológica no es necesaria en todos los sujetos que vayan a viajar a elevadas altitudes. Debe administrarse en función del riesgo de padecer la enfermedad, en base a las características del viaje planeado, a la altitud alcanzada, a los días de descanso... Como se ha explicado anteriormente, cumplir con las medidas no farmacológicas resulta imposible debido a factores de logística y planificación del viaje. Muchas expediciones comerciales utilizan esta profilaxis de manera sistemática lo cual resulta muy peligroso. Es importante saber que la profilaxis no evita el cumplimiento de las recomendaciones anteriores, sino que deben utilizarse de manera complementaria.

La profilaxis va dirigida, en mayor medida, a prevenir el mal agudo de montaña. Al ser el edema de pulmón de la altitud y el edema cerebral de la altitud consecuencia de una mala aclimatación a la altitud, teóricamente, esta profilaxis, también reduce el riesgo de padecer ambas formas graves, aunque la profilaxis de cada entidad tiene un manejo diferente y varía en tratamiento (8).

8.2.1. Acetazolamida

Es el medicamento de elección para la profilaxis del mal de altura. La acetazolamida es un inhibidor de la anhidrasa carbónica con efectos diuréticos (13, 25, 28). Al inhibir la anhidrasa carbónica renal, se genera una pérdida renal de iones (13), dando lugar a una acidosis metabólica y a una hiperventilación, lo que produce el aumento del oxígeno arterial (27, 29, 30). La acetazolamida favorece la aclimatación reduciendo la vasoconstricción pulmonar hipóxica (27) y reduce la respiración Cheyne-Stokes durante la noche. Su uso como profilaxis reduce la incidencia del mal de altura en un 30-40% (13).

Su uso sólo se recomienda en sujetos con un riesgo moderado/alto (22). La dosis adecuada sugiere 125mg cada 12 horas para adulto (8, 25, 27) y la dosis pediátrica 2,5mg/kg (máximo 125mg/dosis) cada 12h (27, 31). Se inicia la noche anterior al ascenso planeado y finaliza 2-3 días tras llegar a la altitud deseada o hasta que comience el descenso (8, 25, 27).

Sus efectos secundarios son similares a la sintomatología del mal de altura: dolor de cabeza, mareos, disnea, pérdida de apetito, vómitos (28)... También es frecuente la aparición de parestesias y la disminución de la tolerancia al ejercicio, cosa que puede resultar peligrosa para el alpinista, que necesita un adecuado manejo locomotor (30). Además de esto, puede producir una aversión a las bebidas carbonatadas debido a la inhibición de la anhidrasa carbónica (13, 25).

Aparte de tratamiento profiláctico, la acetazolamida, es también tratamiento del mal agudo de montaña. Los detractores en su uso preventivo se basan en que su uso, muchas veces, hace que no se realice una adecuada aclimatación y que cuando aparece la sintomatología de mal agudo de montaña, el primer escalón terapéutico ya está agotado.

8.2.2. Dexametasona

La dexametasona es la medicación alternativa para aquellos sujetos en los que esté contraindicado la acetazolamida (intolerancia o alergia a sulfonamidas) (8, 25). Es un corticoide de acción prolongada que aumenta la disponibilidad de óxido nítrico en la circulación pulmonar. Este antiinflamatorio produce una disminución de la presión vascular pulmonar, lo que ayuda a evitar la formación del edema (32). Sus múltiples efectos sistémicos producen un efecto protector muy beneficioso frente al mal agudo de montaña y al edema cerebral de la altitud (30).

La dosis recomendada para adultos es de 2 mg cada 6h o 4 mg cada 12h vía oral. Pueden considerarse dosis elevadas de 4 mg cada 6h en sujetos de alto riesgo, como militares o personal de rescate. No debe administrarse como medida profiláctica a niños debido a sus efectos secundarios y a la disponibilidad de otras alternativas como las recomendaciones anteriores. Se debe comenzar a tomar el día antes del viaje planeado (27). Este corticoesteroide sistémico, no debe utilizarse a dosis altas durante más de 7/10 días seguidos. Debe ser utilizado en casos muy específicos, de alto riesgo, debido a la toxicidad que genera y al riesgo de supresión suprarrenal (30). Debido a esto, debe detenerse de manera progresiva (8, 27) tras 2-3 días en la altitud deseada o al comenzar el descenso (27).

En el caso del edema pulmonar de la altitud, no está demostrado que la acetazolamida disminuya el riesgo. La prevención del edema pulmonar de la altitud se centra en prevenir la elevación de la presión de la arteria pulmonar mediante el uso de dilatadores pulmonares

como la nifedipina, salmeterol y los inhibidores de la fosfodiesterasa (tadalafil y sildenafil), (27, 33) iniciados un día antes del ascenso (25).

8.2.3. Nifedipina

Es un bloqueador de los canales de calcio (18). Es la primera opción para la prevención del edema pulmonar de la altitud. Al bloquear los canales de calcio, se limita la entrada de este hacia las células del músculo liso, impidiendo así la contracción de las paredes musculares de los vasos pulmonares (29). Esto evita la vasoconstricción pulmonar (15), y disminuye la tensión arterial (13). La dosis recomendada es de 30mg en comprimidos de liberación prolongada 2 veces al día (31).

8.2.4. Salmeterol

Es un β -adrenérgico inhalado de efecto prolongado. Aumenta la concentración de Na y mejora el transporte del líquido fuera del espacio alveolar (29). Se utiliza a dosis altas de 125 microgramos cada 12 horas (31). Los sujetos que lo tomaron obtuvieron mayores cifras de saturación y presión arterial de oxígeno (13).

8.2.5. Inhibidores de la fosfodiesterasa

El sildenafil y el tadalafil se pueden utilizar como alternativas a la nifedipina. Ambos medicamentos aumentan la disponibilidad del óxido nítrico, aumentan la vasodilatación y disminuyen la presión arterial (29). El tadalafil se administra en dosis de 10 mg dos veces al día. (31). El sildenafil se administra a dosis de 25-50 mg cada 8h (32).

9. TRATAMIENTO

La presencia de personal sanitario en los grupos de expedición aumenta la garantía de salud en todos los individuos, pudiendo actuar tanto en la prevención como en la asistencia inmediata. Un enfermero en el equipo de rescate tranquiliza al equipo responsable de la expedición, mejorando su intervención y aumentando las posibilidades de supervivencia de cualquier individuo. Además, este profesional podría realizar un plan de emergencia para todos los grupos que viajen a la altitud y así garantizar el acceso a los tratamientos pertinentes, en caso de que fueran necesarios, o la evacuación inmediata de un enfermo (34). El personal de rescate debe estar integrado en los servicios sanitarios de emergencia y tener formación en técnicas médicas de rescate en montaña en medios hostiles y aislados.

Por desgracia, pocas son las expediciones comerciales que cuentan con la figura de personal sanitario. Existe una figura, la cual trabaja en alta mar, que sería interesante valorar en zonas aisladas de montaña. Esta figura, normalmente personal enfermero, es conocida como “personal sanitario de a bordo” y puede administrar medicación bajo la responsabilidad de un médico que pauta el tratamiento a distancia (35, 36).

La presentación clínica del mal agudo de montaña o de sus entidades suele aparecer de manera muy insidiosa por lo que enfermería debe realizar una buena educación a los sujetos sobre el reconocimiento temprano de los signos y síntomas de la enfermedad ya que es el aspecto más importante para su tratamiento, así como enseñar a saber actuar frente a su aparición (7).

Una vez los síntomas han aparecido, hay que incidir en que el acompañante nunca debe dejar sola a la víctima. Se debe comenzar con el tratamiento, proteger al enfermo y pedir ayuda. Es imprescindible saber los teléfonos del personal de rescate al igual que conocer la posición en la que se está en todo momento, a través de un mapa o GPS, para poder encontrar su localización en caso de emergencia (37).

El tratamiento adecuado para estas entidades depende de la gravedad de la enfermedad, de los tratamientos disponibles y de la proximidad a la atención médica. En la mayoría de los casos, al aumentar la presión inhalada de oxígeno, aumenta la oxigenación arterial, disminuye la presión arterial pulmonar y disminuye la frecuencia cardíaca y respiratoria. Por lo tanto, los tratamientos adecuados, medidas no farmacológicas, para aumentar la presión inhalada de oxígeno son, en primer lugar, el descenso, el aporte de oxígeno suplementario, la terapia con cámara hiperbárica o la combinación de alguna de estas (38). Debido a esto, enfermería juega un papel importante para formar a los viajeros o alpinistas en lo que deben hacer cuando aparece el mal de altura y los tratamientos o medidas farmacológicas no se encuentran disponibles.

9.1. MEDIDAS NO FARMACOLÓGICAS

9.1.1. Descenso

Es el tratamiento de elección. Con la presencia de alguna de las manifestaciones del mal agudo de montaña, del edema cerebral o del edema pulmonar de la altitud comentadas anteriormente, hay que comenzar con el descenso inmediatamente (25). Se debe descender hasta que los síntomas se resuelvan, normalmente entre 300 y 1000 m, pero esto variará en

función de las características de cada persona. El paciente siempre debe descender acompañado, sobre todo en los casos de edema cerebral de la altitud, y realizando el mínimo esfuerzo posible, ya que puede aumentar la presión pulmonar (27). Podrá, en ciertos casos, permanecer a esa altura siempre y cuando existan unas instalaciones médicas adecuadas y disponibles.

Al descender, aumenta la presión de oxígeno ambiental y por tanto la presión arterial de oxígeno arterial, aunque las respuestas frente a la hipoxia, como la hiperventilación, desaparecen lentamente con el descenso (29).

En el caso del mal agudo de montaña con sintomatología leve, se debe parar el ascenso y descansar a la misma altitud a la que se enferma. Esto junto con un tratamiento sintomático con analgésicos (paracetamol o ibuprofeno) y antieméticos, suele ser suficiente para tratar la enfermedad (36, 39). La mejoría suele notarse al día siguiente, pero puede tardar hasta cuatro días (39).

Cuando el descenso no es posible por factores logísticos o climatológicos, se debe utilizar oxígeno suplementario o la cámara hiperbárica portátil (29).

9.1.2. Oxígeno suplementario

La administración de oxígeno suplementario proporciona una alternativa segura al descenso en los casos en que este no sea posible.

Se debe administrar oxígeno hasta conseguir una saturación capilar periférica de oxígeno de, hasta por lo menos, el 90% (29, 30) y siempre controlado mediante pulsioximetría. Por encima de esta saturación, la vasoconstricción pulmonar hipóxica desaparece (30). Normalmente es suficiente administrar oxígeno, mediante gafas nasales, a 2/4 litros por minuto (38, 39). Si tras cinco minutos de administración no se han logrado saturaciones mayores del 90%, se debe administrar concentraciones a mayor flujo, mascarilla Venturi a 35/50% o inclusive FiO₂ de 100% en mascarilla con reservorio (31, 38). Se puede necesitar la administración durante varias horas y si no se hace de manera la adecuada, pueden aparecer síntomas de rebote (39).

El uso de oxígeno suplementario no está siempre disponible debido a las dificultades físicas para su transporte por lo que, asegurar su administración adecuada en pacientes que requieren un largo tratamiento, resulta complicado (30). Su uso debe estar reservado para situaciones graves, el edema cerebral y el edema pulmonar de la altitud (39).

El uso de oxígeno entre 48 y 72 horas disminuye un 30/50% la presión de la arteria pulmonar en pacientes con edema pulmonar de las alturas (31, 38).

9.1.3. Cámara hiperbárica portátil

El tratamiento con cámara hiperbárica portátil, también llamadas bolsas “Gamow”, en referencia a su inventor (29), es equivalente al descenso o al tratamiento con oxígeno (39).

La persona se introduce dentro de la cámara hiperbárica, inflada con una bomba de aire manual. En el interior de esta, la presión barométrica aumenta en función de la presión de inflado, simulando el descenso. La cámara requiere cuidados constantes ya que debe ser

bombreada de manera continua para mantener una presión adecuada y garantizar la ventilación y la eliminación del dióxido de carbono exhalado (29).

El tratamiento con cámara hiperbárica debe ser considerado únicamente como una medida temporizadora mientras se espera el descenso (7). En general, el tratamiento con cámara hiperbárica es utilizado para casos graves, edema pulmonar y edema cerebral de la altitud. Los síntomas se resuelven de manera relativamente rápida, al menos dos horas (39), pero a veces vuelven a aparecer al salir de la cámara (27). No debe utilizarse en pacientes claustrofóbicos, con vómitos o si su uso va a retrasar el descenso (30).

Estas cámaras son fáciles de llevar por su bajo peso y generalmente son transportadas por los equipos de rescate o están disponibles en las estaciones clínicas de montaña (25).

9.1.4. Presión positiva continua de la vía aérea

La aplicación de presión positiva en la espiración es beneficiosa para la oxigenación y, por tanto, para el edema pulmonar de la altitud. También resulta beneficiosa para otras formas de la enfermedad de altura (29). Esta presión se puede aplicar mediante varios instrumentos, como una mascarilla ajustada, o con los labios fruncidos durante la espiración (18, 30).

La aplicación de la presión aumenta el volumen alveolar en el final de la espiración y mejora la relación ventilación-perfusión, pero aún no se ha estudiado este sistema en la altitud (29). Esta modalidad de tratamiento no tiene apenas riesgos en las vías respiratorias, pero puede generar problemas cardiovasculares al aumentar la presión intratorácica y puede aumentar la susceptibilidad de edema cerebral (30). Además, para producir beneficios, debe ser aplicada de manera continua durante bastante tiempo, por lo que resulta difícil de mantener (29).

9.2. MEDIDAS FARMACOLÓGICAS

La mayoría de los medicamentos empleados para la prevención del mal de montaña, comentados en el capítulo de prevención, también son los utilizados para el tratamiento de la enfermedad presente. La evidencia científica del uso de esta medicación como tratamiento es mayor que como profiláctico.

Es importante recordar a los viajeros que el descenso debe iniciarse, de manera inmediata, cuando aparezcan los primeros síntomas.

El uso del tratamiento farmacológico se debe aplicar, siempre, como coadyuvante del no farmacológico y sólo cuando el descenso se va a retrasar o no es posible, por ejemplo, en pacientes con sintomatología incapacitante de mal agudo de montaña o con presencia de sintomatología de edema cerebral o edema pulmonar de la altitud (29, 40). Se debe detener su administración cuando los síntomas hayan desaparecido o cuando se haya realizado el descenso (8).

9.2.1. Mal agudo de montaña y edema cerebral de la altitud

Se deben excluir otros trastornos como la deshidratación, hiponatremia, hipoglucemia, agotamiento o hipotermia ya que pueden dar lugar a una sintomatología parecida a la observada en el mal agudo de montaña o en el edema cerebral de la altitud (27).

9.2.1.1. Acetazolamida

Este inhibidor de la anhidrasa carbónica se utiliza como tratamiento a dosis de 125-250 mg dos veces al día para adultos. La dosis pediátrica es 2,5mg/kg cada 8/12 h, máximo 250 mg por dosis (36).

9.2.1.2. Dexametasona

Una dosis inicial de 8 mg, por vía oral, endovenosa o intramuscular y, después, dosis de 4 mg cada 6 h, por vía oral. En niños, la dosis es de 0,15mg/kg por vía oral cada 6 horas (27, 36). La dexametasona actúa disminuyendo la liberación de citoquinas y la permeabilidad capilar. Es un potente corticoide usado para tratar el edema cerebral de la altitud y se debe restringir su uso para pacientes con ataxia o con síntomas neurológicos progresivos (7). Puede eliminar los síntomas del mal agudo de montaña en pocas horas, pero no ayuda en la aclimatación como la acetazolamida. Debido a su efecto rebote y los efectos secundarios que puede generar (euforia, insomnio, aumento de la glucemia) (39) se utiliza más como tratamiento que como preventivo (40).

9.2.1.3. Otros

Ginko biloba: es una medicina china que se cree que elimina los radicales libres y que puede beneficiar el mal agudo de montaña, aunque sus beneficios aún no están claros.

Antioxidantes como el ácido ascórbico o el α -lipoico, mejoran la saturación de oxígeno arterial, pero podrían interferir con la acetazolamida (40)

9.2.2. Edema pulmonar

Si se va a comenzar con el tratamiento, se deben descartar otros trastornos que puedan generar síntomas respiratorios como una infección de las vías respiratorias superiores, neumonía, broncoespasmo o infarto de miocardio (27).

El objetivo del tratamiento consiste en la restauración del intercambio de gases para mejorar la disponibilidad del oxígeno alveolar y reducir la presión capilar pulmonar para reducir el edema y mejorar la reabsorción del líquido alveolar (30). El tratamiento para el edema pulmonar de la altitud, al mejorar la oxigenación, también produce efectos beneficiosos para la enfermedad de altura y el edema cerebral de la altitud (40).

9.2.2.1. Nifedipina

Este bloqueador de los canales de calcio es el tratamiento de elección, a dosis de 20 mg, de liberación lenta, cada 6-8 horas (31, 40,). Solo debe utilizarse en niños cuando el descenso o el oxígeno no genera una respuesta satisfactoria. La dosis pediátrica es de 0,5mg/kg cada 8 horas (máximo 40 mg al día) (36). La nifedipina produce un alivio de los síntomas al mejorar el intercambio de gases y disminuir la presión arterial pulmonar (31). Se debe administrar con precaución ya que puede producir hipotensión (18, 40). Si se produce el descenso o se instaura el tratamiento con oxígeno, el uso de la nifedipina no muestra beneficios (31).

9.2.2.2. Otros

β -agonistas (salmeterol): no existen datos que apoyen el beneficio en pacientes con edema pulmonar de la altitud (27).

Inhibidores de la fosfodiesterasa (sildenafil y tadalafil): causan vasodilatación pulmonar y disminuyen la presión de la arteria pulmonar (27).

Diuréticos: su uso es muy controvertido y no se recomienda ya que puede generar hipopotasemia, hipovolemia e hipotensión (38).

9.3. REASCENSO TRAS LA RESOLUCIÓN DE LA ENFERMEDAD DE LA ALTITUD

Las personas con mal agudo de montaña pueden comenzar el reascenso solo cuando los síntomas hayan desaparecido y siempre considerando la velocidad de ascenso (4) y la profilaxis farmacológica con acetazolamida (27).

Respecto al edema cerebral o pulmonar de la altitud, comenzar el reascenso una vez resueltos los síntomas es un tema controvertido. En caso de que se decida reanudar el ascenso tras estas entidades, el paciente no debe haber padecido síntomas ni haber tomado medicación durante varios días (4). Al comenzar el reascenso, se debe comenzar el tratamiento profiláctico con dexametasona, en individuos con edema cerebral de la altitud y nifedipina, en individuos con edema pulmonar de la altitud (27).

10. CONCLUSIÓN

Como dijo *Reinhold Messner*, la primera persona en escalar las catorce cumbres de más de 8,000 m sin oxígeno, *“las grandes montañas no son justas o injustas, simplemente son peligrosas”*.

El número de accidentes ocurridos en la montaña cada vez es mayor por lo que es una obligación de la Salud Pública intervenir en este problema y plantearse la presencia de la figura de enfermería en este ámbito. Existe muy poca información acerca de la labor que puede realizar una enfermera en este tipo de enfermedades, pero enfermería juega un papel muy importante en la prevención de la enfermedad y, por tanto, conseguiría disminuir esta tendencia.

Estos profesionales deben concienciar a la población sobre la amenaza que puede suponer viajar a elevadas altitudes. Realizar un rescate en la montaña resulta una tarea ardua y lenta, por lo que proporcionar una educación adecuada para lograr un ascenso seguro y saber reconocer de manera temprana los signos y síntomas del mal de altura o sus complicaciones es el mejor método para evitar situaciones que podrían ser fatales para muchos individuos.

La presencia de enfermeras en los equipos de rescate, así como en los grupos de expedición, debería ser indispensable ya que proporcionar una atención sanitaria en el lugar del accidente disminuye la morbi-mortalidad de los accidentados. Este personal debe estar especializado en dicho tema y contar con la preparación y el equipo necesario para poder afrontar los posibles peligros para la salud que puedan surgir en la alta montaña.

El personal de enfermería debe proporcionar las recomendaciones adecuadas para realizar un viaje seguro, utilizando la prevención como terapia y difundiendo a la población que en la montaña *“El cerebro es el músculo más importante”* (*Wolfgang Gullich*).

11. BIBLIOGRAFÍA

1. Abajas R, Durá MJ, Merino F, Fernández B, de la Horra MA, López LM et al. Medicalización De Los Accidentes De Montaña En La Comunidad Autónoma De Cantabria: Análisis De La Situación Actual. *Nuberos Científica* [internet]. 2010 [consultado 20 febrero 2017]; 1(1). Disponible en: <http://www.enfermeriacantabria.com/enfermeriacantabria/web/articulos/6/34>
2. Garrido E, Botella J. El Mal De Montaña. *Medicina Clínica* [internet]. 1998 [consultado 20 febrero 2017]; 110(12) p.462-8. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-el-mal-montana-2318>
3. Garrido E. Mirando a La Montaña. *Revista Clínica Española* [internet]. 2010 [consultado 21 febrero 2017]; 210 p.524-7. Disponible en: <http://www.revclinesp.es/es/mirando-montana/articulo/S0014256510003589/>
4. Desnivel.com [internet] España: Desnivel [Actualizado febrero 2017; consultado 5 marzo 2017]; 368. Disponible en: <http://desnivel.com/revistas/desnivel/desnivel-368>
5. Guardia Civil.es [internet] España: Ministerio del Interior [Actualizado febrero 2016; consultado 5 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.guardiacivil.es/en/prensa/noticias/5638.html>.
6. Pere A, Battestini R. Medicina De Montaña. Pasado, Presente Y Futuro. *Medicina Clínica* [internet]. 2002 [consultado 5 marzo 2017]; p.776-784. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-medicina-clinica-2-articulo-medicina-montana-el-ano-2002-S002577530273577X>.
7. Public Health Agency of Canada [internet] Canada: Public Health Agency of Canada [Actualizado 1 abril 2007; consultado 5 marzo 2017]. Disponible en: <https://vpnuc.unican.es/publicat/ccdr-rmtc/07vol33/acs-05/,DanaInfo=www.phac-aspc.gc.ca+index-eng.php>
8. Luks A.M, Swenson E.R, Bartsch P. Acute High-Altitude Sickness. *European Respiratory Review* [internet]. Enero 2017 [consultado 15 marzo 2017]; 26(143). Disponible en: <https://doaj.org/article/11d2379475664afc868352503a080708>
9. García M.R, Medina R, Navarro R, Brito M.E, Ruiz J.A. Enfermedad De Las Grandes Alturas [internet]. 2012 [consultado 15 marzo 2017]; p.76-80. Disponible en: <http://docplayer.es/18205702-Enfermos-pulmonares-o-cardiacos-gran-altitud-2-440-a-4-270-zona-umbral-para-desarrollar-ega-por-pao-2.html>
10. Hartman-Ksycinska A, Kluz-Zawadzka J, Lewandoswki B. High Altitude Illness [internet]. 2016 [consultado 15 marzo 2017]; 70. p.490-499. Disponible en: <https://vpnuc.unican.es/pubmed/,DanaInfo=www.ncbi.nlm.nih.gov,SSL+27888818>
11. Outdooractual.com [internet] España [Actualizado enero 2017; consultado 20 marzo 2017]. Disponible en: <http://www.outdooractual.com/rescate/20170103/Alberto-Sanchez-80-accidentes-se-producen-tras-mala-planificacion.aspx>
12. Carod-Artal F.J. Cefalea De Elevada Altitud Y Mal De Altura. *Enciclopedia Moderna* [internet]. 2011 [consultado 21 marzo 2017]; 8. p.1876-1877. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-295-articulo-cefalea-elevada-altitud-mal-altura-S0213485312001363>.

13. Botella de Maglia J. Mal De Altura, Prevención Y Tratamiento. Madrid: Ediciones Desnivel; 2002.
14. Avellanas M.L. Medicina Crítica Práctica. Barcelona: EDIKA MED; 2005.
15. Shah N, Hussain S, Cooker M, Hara J.P, Mellor A. Wilderness Medicine at High Altitude: Recent Developments in the Field. *Open Access Journal of Sports Medicine* [internet]. 2015 [consultado 21 marzo 2017]; 2015(1) p.319-328. Disponible en: <https://doaj.org/article/9740b32174fe46098cb497694f03740b>
16. Gonzales G.F. Hemoglobin and Testosterone: Importance on High Altitude Acclimatization and Adaptation. *Revista Peruana De Medicina Experimental Y Salud Pública* [internet]. 2011 [consultado 21 marzo 2017]; 28(1) p.92. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21537776>
17. Borda A, Bastidas A, Pernet F. Edema Pulmonar Inducido Por Las Alturas. *Revista Colombiana De Neumología* [internet]. 2009 [consultado 29 marzo 2017]; 21(1) p. 21-28. Disponible en: <http://academia.utp.edu.co/medicinadeportiva/files/2012/04/Edema-pulmonar-inducido-por-las-alturas.pdf>
18. Felipe M, Alvaro P. Edema Pulmonar De Gran Altura. *Revista Chilena De Enfermedades Respiratorias* [internet]. 2003 [consultado 29 marzo 2017]; 18(2) p.113-116. Disponible en: https://vpnuc.unican.es/,DanaInfo=www.scielo.cl+scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-73482003000200008
19. DiPasquale D.M, Strangman G.E, Stuart N, Muza S.R. Acute Mountain Sickness Symptoms Depend on Normobaric Versus Hypobaric Hypoxia [internet]. 2016 [consultado 29 marzo 2017]; 2016 p.9. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5099482/>
20. Schommer K, Bartsch P. Basic Medical Advice for Travelers to High Altitudes. *Deutsches Ärzteblatt International* [internet]. 2011 [consultado 30 marzo 2017]; 108(49) p.839. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22238560>
21. Carod-Artal F.J, Ezpeleta D, Guerrero A.L. Propiedades Métricas De La Versión Española Del Cuestionario De Mal De Altura Del Lago Louise. *Enciclopedia Moderna* [internet]. 2011 [consultado 30 marzo 2017]; 26(6) p.337-342. Disponible en: <http://www.elsevier.es/es-revista-neurologia-295-articulo-propiedades-metricas-version-espanola-del-S0213485311000041>
22. Flaherty G.T, Kennedy K.M. Preparing Patients for Travel to High Altitude: Advice on Travel Health and Chemoprophylaxis. *The British Journal of General Practice: The Journal of the Royal College of General Practitioners* [internet]. 2016 [consultado 30 marzo 2017]; 66(642) p.62. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26719484>
23. Subirats E. *Socorrismo Y Medicina De Urgencias En Montaña*. Madrid: Ediciones Desnivel; 2006.
24. Carlos B. Sodio, Potasio E Hipertensión Arterial. *Revista Médica Clínica Las Condes* [internet]. 2010 [consultado 2 abril 2017]; 21(4) p.508-515. Disponible en: http://www.clinicalascondes.com/area-academica/pdf/MED_21_4/02_Dr_Zehner.pdf
25. Fiore D.C. Altitude Illness: Risk Factors, Prevention, Presentation, and Treatment. *Am Fam Physician* [internet]. 2010 [consultado 2 abril 2017]; 82(9) p.1103. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/21121556>
26. Botella J, Espacio A. *Progresos En Medicina De Montaña*. Valencia: Universidad Politécnica de Valencia; 2004.

27. Luks A.M, McIntosh S.E, Grissom C.K, Auerbach P.S, Rodway G.V, Schoene R.B, et al. Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Acute Altitude Illness: 2014 Update. *Wilderness & Environmental Medicine* [internet]. 2014 [consultado 2 abril 2017]; 25(4) p.14. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25498261>
28. Harrison M.F, Anderson P.J, Jhonson J.B, Richert M, Miller A.D, Jhonson B.D. Acute Mountain Sickness Symptom Severity at the South Pole: The Influence of Self-Selected Prophylaxis with Acetazolamide. *PloS One* [internet]. 2016 [consultado 10 abril 2017]; 11(2) p.148-206. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/26848757>
29. Luks A.M. Physiology in Medicine: A Physiologic Approach to Prevention and Treatment of Acute High-Altitude Illnesses. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md.:1985)* [internet]. 2015 [consultado 10 abril 2017]; 118(5) p.509-519 Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/25539941>
30. Eide R.P, Asplund C.A. Altitude Illness: Update on Prevention and Treatment. *Current Sports Medicine Reports* [internet]. 2012 [consultado 29 abril 2017]; 11(3) p.124. Disponible en: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22580489>
31. López S.J, Melón L.P, Puentes G.A. Edema Pulmonar De Las Alturas. *Urgentia* [internet]. 2016 [consultado 2 mayo 2017]; 2(1) p.20-25. Disponible en: http://www.academia.edu/29304060/Edema_pulmonar_de_las_alturas
32. Vargas D.A, Velasco C.K, Suárez D, Robayo S.D, Soto D.C, Simmonds M. et al. Acetazolamida Como Tratamiento Más Efectivo En La Prevención Y Manejo Del Mal Agudo De Montaña. *Semilleros MED* [internet]. 2009 [consultado 2 mayo 2017]; 9(1) p.84-89 Disponible en: <http://www.umng.edu.co/documents/10162/20719909/Semilleros+VOL9+2015.pdf#page=87ç>
33. Maggiorini, M. Prevention and Treatment of High-Altitude Pulmonary Edema. *Progress in Cardiovascular Diseases* [internet]. 2010 [consultado 7 mayo 2017]; 52(6) p.500-506. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S00333062010000484>
34. Montanismo.org [internet] España: Montañismo exploración; 2008 [Actualizado febrero 2013; consultado 15 mayo 2017] Disponible en: <http://montanismo.org/2013/los-ninos-y-la-altitud/>
35. Seg-social.es [internet] España: Gobierno de España; 2002 [Actualizado noviembre 2002; consultado 10 mayo 2017] Disponible en: http://www.seg-social.es/ism/gsanitaria_es/presentacion.htm
36. Noticias.fedme.com [internet] España: Federación Española de Montaña y Escalada; 2014 [actualizado 8 octubre 2014; consultado 10 mayo 2017] Disponible en: <http://noticias.fedme.es/index.php?mmod=article&file=details&iN=610>
37. Kubalová J. Reglas Sanitarias Generales Para Montañeros. *The International Mountaineering and Climbing Federation* [internet]. 2012 [consultado 15 mayo 2017]; 16(1) p.12-38. Disponible en: http://theuiaa.org/documents/mountainmedicine/SPANISH_UIAA_MedCom_Rec_No_1_4x4_health_rules_2008_V1-1.pdf
38. Gutiérrez V.M, Hernández I, Reyes G, Gómez D. Edema Pulmonar De Altura. Presentación De Cinco Casos Pediátricos. *Mediagraphic* [internet]. 2014 [consultado 30 mayo 2017]; 6(3) p.127-137. Disponible en: <http://www.mediagraphic.com/pdfs/imi/imi-2014/imi143e.pdf>

39. Ismm.org [internet] International Society for Mountain Medicine. [consultado 30 mayo 2017] Disponible en:<http://ismm.org/index.php/treating-ams.html>
40. Wilson M.H. The Cerebral Effects of Ascent to High Altitudes. *Lancet Neurol* [internet]. 2009 [consultado 30 mayo 2017]; 8(2) p.175-191. Disponible en: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1474442209700146>

12. ANEXOS

12.1. Anexo I

Criterios diagnósticos de la cefalea de altura.

A. Cefalea con al menos 2 de las siguientes características y cumple los criterios C y D: • Bilateral • Frontal o fronto-temporal • Cualidad sorda u opresiva • Intensidad leve o moderada • Se agrava por el ejercicio, movimiento, esfuerzo, tos o al doblarse.
B. Ascenso a una altitud por encima de 2.500 m
C. La cefalea se desarrolla en las primeras 24h del ascenso
D. La cefalea se resuelve en las primeras 8h tras el descenso

12.2. Anexo II

Ítems individuales del Cuestionario autoaplicado de Mal de Altura de Lake Louise.

Cefalea	
Sin cefalea	0
Cefalea leve	1
Cefalea moderada	2
Cefalea grave/incapacitante	3
Náuseas o vómitos	
Sin náuseas o vómitos	0
Anorexia o náuseas leves	1
Náuseas y/o vómitos de intensidad moderada	2
Náuseas y/o vómitos de intensidad grave	3
Fatiga/cansancio	
Sin fatiga ni cansancio	0
Fatiga o cansancio de intensidad leve	1
Fatiga o cansancio de intensidad moderada	2
Fatiga o cansancio de intensidad grave	3
Mareo/aturdimiento	
Sin mareo	0
Mareo leve	1
Mareo moderado	2
Mareo grave, incapacitante	3
Trastornos del sueño	
Ninguno	0
No he dormido tan bien como de costumbre	1
Me he despertado varias veces, he dormido mal	2
No he podido dormir prácticamente nada	3

12.3. Anexo III

Cuestionario de valoración autoaplicado de Mal de Altura de Lake Louise: examen clínico.

Evaluación clínica	
A. <u>Cambios en el estado mental</u>	
Sin cambios en el estado mental	0
Letargia	1
Desorientado/confuso	2
Estupor o inconsciente	3
B. <u>Ataxia</u>	
Sin ataxia	0
Realiza movimientos para mantener el equilibrio	1
Caídas al suelo	2
No puede permanecer en pie	3
C. <u>Edema periférico</u>	
Sin edema periférico	0
Sin edema periférico	1
Edema periférico en una localización	2
Edema periférico en dos o más localizaciones	3
Puntuación funcional	
<u>En conjunto, si ha tenido algún síntoma, ¿cuánto afectó a su actividad?</u>	
Ninguna reducción en la actividad	0
Leve reducción en la actividad	1
Moderada reducción en la actividad	2
Grave reducción en la actividad	3