

ARTÍCULO ESPECIAL

Medicina de montaña en el año 2002 (Año Internacional de las Montañas de las Naciones Unidas). Pasado, presente y futuro

 Localizador web
Artículo 49.214

Pere A. Martínez-Carpio^{a,b} y Rafael Battestini Pons^{a,c}

^aSociedad Catalana de Medicina Aeroespacial, Subacuática y Ambiental. Academia de Ciencias Médicas de Cataluña y Baleares.

^bCentral de Coordinación. 061-Servicio Coordinador de Urgencias de Barcelona.

^cInstituto de Estudios de Medicina de Montaña. Barcelona. España.

El ser humano es el volumen de materia más complejo del universo conocido, producto de la evolución cósmica de los constituyentes universales y consecuencia de más de 3.500 millones de años de evolución biológica. Dejando de lado las leyes del azar, pues actualmente la mayoría de los científicos pensamos que la Naturaleza es indeterminista, todos nosotros somos únicos e irrepetibles, porque nuestro medio ambiente, actual y pretérito, así lo ha determinado. Desde el punto de vista fisiológico, la vida es adaptación al ambiente. Desde el punto de vista médico, muchas enfermedades son consecuencia de un fracaso de los mecanismos adaptativos. El ser humano está diseñado para vivir en unos subambientes biosféricos muy determinados, fuera de los cuales, y a diferencia de otras especies animales, sólo puede permanecer un cierto tiempo y, en ocasiones, ayudado por un utilaje técnico que cada vez se perfecciona más. Muchos creemos que el ser humano es el ser vivo mejor adaptado a la biosfera, no porque sea el más inteligente, el que vive más años o el que ha perdurado más tiempo en la evolución filogenética. Está claro que organismos inferiores nos aventajan en muchos de estos aspectos. El ser humano es el ser vivo mejor adaptado a la supervivencia en la Tierra porque, con su inteligencia, su estructura física, su experiencia histórica, su experiencia científica, los avances técnicos, el uso de ordenadores y los conocimientos cada vez más profundos en patología ambiental, ha conquistado el medio aéreo y acuático, ha podido sobrevivir a profundidades marinas donde la vida de la mayoría de las especies acuáticas es inexistente, a las cumbres de algunas montañas donde jamás ningún mamífero ha llegado, incluso ha pisado la Luna, donde la biosfera es inexistente. ¡Y lo que nos espera en un futuro! Todos estos medios son agresivos para nuestra fisiología, que siempre intenta una adaptación. La patología ambiental es la rama de la medicina que estudia las enfermedades consecuencia de un fracaso en los mecanismos adaptativos. Son ramas de la patología ambiental la medicina de montaña, la medicina aerocosmonáutica, la medicina subacuática y algunas enfermedades por agentes físicos, químicos y biológicos. En este texto nos centramos en revisar el pasado, presente y futuro de la medicina de montaña, aprovechando que las Naciones Unidas han proclamado al presente Año Internacional de las Montañas.

La medicina de montaña es una especialidad, en general, poco conocida. Aporta una óptica peculiar del descubrimiento científico que supone un valor añadido para cualquier investigador en biomedicina. Además, supone una visión particular de la medicina, que repercute inconscien-

temente en nuestra práctica clínica diaria, en el hospital, en el ambulatorio y en la consulta. La historia de esta disciplina, las particularidades de su método de estudio, diseños experimentales específicos y determinadas singularidades relacionadas con el abordaje clínico del paciente permiten inmiscuirnos en un terreno desconocido para unos y apasionante para otros. En esta revisión pretendemos difundir la historia y esencia de esta especialidad, justificar la necesidad de su existencia, especificar su ámbito de estudio, sus vínculos con otras ramas de la medicina y su proyección futura, así como a resumir y difundir, de modo sencillo y práctico, los grandes temas, o temas centrales, que ocupan a los estudiosos de esta materia.

Introducción a la medicina de montaña: un breve resumen histórico

Los más importantes tratados nacionales e internacionales de medicina de montaña consideran que los primeros conocimientos específicos de esta especialidad se deben al naturalista y jesuita español José de Acosta, conocido como Plinio del Nuevo Mundo, cuando describe con gran precisión la sintomatología del mal de montaña, mal de altura o enfermedad de las alturas, basándose en su propia experiencia al ascender a los Andes peruanos¹⁻⁴. Tal relato puede leerse en su principal obra: *Historia natural y moral de las Indias*, editada en Sevilla en 1590, reimpressa en Barcelona en 1591 y traducida varias veces al francés y alemán¹. Consideramos que con el padre Acosta nace la patología ambiental, la medicina de montaña y la medicina aeronáutica, pues un factor ambiental relacionado con la hipoxia, y con la altura, era el responsable de una enfermedad consecuencia exclusiva de un fracaso de los mecanismos adaptativos¹⁻⁴.

La historia de la medicina de montaña se asocia al estudio científico de la fisiología de la altitud. En este sentido, en el siglo XVIII se producen dos hechos trascendentales que impulsaron tal estudio: el primer ascenso en globo de los hermanos Montgolfier el 5 de junio de 1783, en la plaza del mercado del pequeño pueblo francés de Annonay, y la coronación del Mont Blanc el 8 de agosto de 1786, por parte de Jacques Balmat y del médico Michel Gabriel Pacard^{2,3,5}. La elevación en globo suponía un modo cómodo, rápido y barato de alcanzar las alturas. Esto fue aprovechado por los fisiólogos de la época cuando el 19 de setiembre de 1783 elevaron en globo un pato, un gallo y un cordero para observar en ellos el efecto de la altura y de las capas «altas» atmosféricas. Comprobaron que todos los animales aterrizaron vivos y sin problemas aparentes, a pesar de alcanzar tan sólo una altura de 432 m. Se trataba del primer experimento diseñado adrede para el estudio fisiológico de las alturas³. Cuando posteriormente los globos se empezaron a hinchar con hidrógeno, se constató que el ascenso rá-

Correspondencia: Dr. P.A. Martínez-Carpio.
Gran Vía de les Corts Catalanes, 275, 3.^º 8.^º izqda. 08014 Barcelona. España.
Recibido el 26-6-2002; aceptado para su publicación el 2-10-2002.

pidio a 8.000 m producía trastornos graves en el organismo, tal como comprobaron Glaisher y Coxwell, que salvaron sus vidas milagrosamente tras padecer una enfermedad descompresiva aérea que ocasionó un síncope a Coxwell⁵. Al año siguiente de la coronación del Mont Blanc (1787), H.B. Saussure, acompañado por su mayordomo y 18 personas más, emprendió una nueva escalada con finalidad científica. Saussure pretendía realizar estudios relacionados con la presión barométrica, provisto de diversos artilugios que incluían un barómetro y unas jaulas con pájaros para observar cómo se comportaban⁵. De este origen común parten, respectivamente, la medicina aeronáutica y la medicina de montaña, que con el paso del tiempo se han ido diferenciando, debido en parte a la presurización de las aeronaves y a sus condiciones de habitabilidad, que son muy distintas del ambiente de montaña y, cómo no, a la tendencia a la superespecialización que han experimentado todas las ramas de la medicina.

En 1833 nace Paul Bert, el principal impulsor del estudio científico de la medicina de montaña, quien mostró un interés especial por conocer los efectos explicados por Glaisher y Coxwell, construyendo la primera cámara hipobárica para simular los efectos de la altitud⁵. Gracias a los descubrimientos de Paul Bert, Croce-Spinelli y Sivel alcanzaron, a bordo del globo *Le Zenith*, y sin problemas, los 7.300 m de altura, pero en un intento posterior, en el cual sobrepasaron los 8.400 m, fallecieron ambos por no respirar oxígeno, tal como les indicó Bert^{5,6}. En 1878 Bert publica su obra póstuma, *La pression barométrique*, y en 1890 Vinault describe un aumento en el número de hematíes en la sangre de personas y animales que permanecían cierto tiempo a determinada altura^{2,3}. Durante el siglo xix la práctica totalidad de las cumbres alpinas fue conquistada por montañeros británicos (el Wetterhorn en 1854, el Mönch en 1865, etc.). En 1857 se funda el primer Club Alpino en Londres. Entonces surge el montañismo como una actividad sociodeportiva organizada: Club Alpino Austríaco (1862), Club Alpino Suizo (1863), Club Alpino Italiano (1863), Club Alpino Alemán (1868), Club Alpino Francés (1874), Centre Excursionista de Catalunya (1876), Club Alpino Español (1908) y Club de Peñalara (1915)⁵. En 1891 el Dr. Jacottet muere en el Observatorio Vallot y en su autopsia se demuestra un encaramiento pulmonar, que fue atribuido a una causa infecciosa. Se trataba de un edema pulmonar de las alturas², pero no es hasta bien entrado el siglo xx cuando Hurtado, en 1937⁷, y Vega, en 1955⁸, plantean que este tipo de edema se debe al efecto de la altura, no a una complicación neuromónica. La Escuela Peruana del Instituto de Biología Andina es el escenario donde nacen importantes estudios referidos a la adaptación y aclimatación a la altura. Comprueban que la fisiología de los sujetos no adaptados prioriza mantener las funciones vitales y la supervivencia a otras funciones más secundarias, como la reproductiva. La perfecta aclimatación, observada en los nativos andinos, implicaba no sólo vivir, sino también reproducirse⁶.

En enero de 1921 expedicionarios británicos se dirigen a culminar el Everest, produciéndose en bastantes casos trastornos digestivos graves y la muerte de uno de los médicos de la expedición, el Dr. Kelllos, antes de llegar a Khampa-Dzong, a unos 5.000 m. El Dr. Vollastron, médico y naturalista británico, intenta buscar la altura máxima hasta la cual es posible algún tipo de vida, señalando que a los 6.400 m observó huellas de liebres, lobos y zorros⁵. Estudios fisiológicos llevados a cabo en las estaciones de Cabana Margarita, Mont Rosso y Morococha ya indicaban que la hipoxia era el factor más agresivo en la práctica del montañismo, que era precisa una aclimatación y que respirar oxígeno parecía im-

prescindible para alcanzar las más altas cotas. En 1922 Mallory, Somerwell y Crawford deciden ascender sin oxígeno alegando el contratiempo que suponía cargar con una bombona de 12,5 kg. Demostraron que se podía vivir durante cierto tiempo a 8.000 m prescindiendo de tal gas, sin los conocimientos fisiológicos actuales, sin la moderna preparación física y sin los medios técnicos contemporáneos. No obstante, el fracaso en múltiples intentos para culminar el Everest sin oxígeno parecían indicar que éste debía ser imprescindible para alcanzar tal hazaña. Todavía en la década de 1970 muchos fisiólogos dudaban de la posibilidad de alcanzar el «techo» del mundo sin utilizar oxígeno. Tales dudas se disiparon el 8 de mayo de 1978, cuando Messner y Habeber lo lograron^{3,5,6}. En 1985 un grupo de médicos europeos funda en Suiza la Sociedad Internacional de Medicina de Montaña, oficializándose la especialidad dentro de la comunidad médica⁵.

La historia del montañismo y de la medicina de montaña en España tiene también sus hitos históricos. Hemos comentado que la conquista del medio aéreo supone los ancestros históricos tanto de la medicina aeronáutica como de la medicina de montaña, y así sucedió también en nuestro país. Tras el descubrimiento del globo, el intrépido aeronauta italiano Vicente Lunardi fue el primer viajero aéreo que cruzó el cielo español y el de muchas ciudades europeas, como Londres, Madrid, Lisboa y Barcelona³. El 12 de agosto de 1792, Lunardi realiza el primer vuelo aéreo español entre Madrid y Daganzo, a 28 km de la capital³. En 1794 dos médicos catalanes, Francesc Salvá y Francesc Santpons, fueron los primeros españoles en elevar un globo aerostático no tripulado, concretamente en el Portal de l'Àngel, en Barcelona⁹. Poco después, el 8 de mayo de 1800, el Dr. Domènec Bover pronunciaba ante el claustro de profesores de la Facultad de Medicina de la Universidad de Barcelona la disertación «Uso de los globos aerostáticos aplicados a la medicina», según la cual la respiración de un aire «más puro» podía curar muchas enfermedades⁹. No obstante, algunos consideramos que la medicina de montaña en España nace como especialidad con entidad propia en 1900, cuando en el Congreso Internacional de Alpinismo celebrado en el mes de agosto de aquel año el Dr. Manuel Font Torné lee su trabajo «El mal de montaña», en una época donde se organizaban muchas reuniones relacionadas con el montañismo pero en las que no se trataban aspectos médicos de ningún tipo. En 1922 E. Pellicer es el artífice de las primeras conferencias en España sobre el Everest, donde se examinan las funciones del médico de la expedición. En 1925 se constituye la Federación de Comités Asturianos de Turismo, creándose una comisión de excursionismo. En 1934 Julián Delgado Úbeda facilita la creación de la Sociedad Española de Alpinismo⁵. En 1939 renace la Federación Española de Montañismo y Esquí, presidida por el Dr. Elio González. Dos años después, esta federación se desdobra en la Federación de Montaña y en la Federación de Esquí. Juan Delgado Úbeda es nombrado presidente de la Federación Española de Montaña y puede considerarse el gran impulsor del montañismo español moderno. Los médicos se percatan del valor de una rápida primera asistencia a los montañistas accidentados. La delegación catalana de la Federación Española de Montaña promueve un gran número de cursos de primeros auxilios y rescate, donde participan como profesores los doctores Figueras Gras, Olivella, Padrós, Parelló y Castelló-Roca. La medicina de montaña en la Península se centraba en los accidentes, pues las máximas alturas que se conseguían no sobrepasaban los 3.500 m y los problemas fisiológicos eran poco relevantes⁵. En 1959, en el seno de la Academia de Ciencias Médicas de Cataluña y Balea-

res, el Prof. Arturo Fernández Cruz, junto a un grupo de médicos interesados, funda la Asociación de Medicina Aeronáutica, la actual Sociedad Catalana de Medicina Aeroespacial, Subacuática y Ambiental, la única en nuestro país que integra el estudio de la patología ambiental y donde se han pronunciado interesantes conferencias relacionadas con la medicina de montaña. En 1965 el Dr. Miguel Nieto Boqué, cuando era vicepresidente de dicha sociedad, escribe la obra maestra *Vida Humana y Espacio*, el mejor tratado de Medicina Aeronáutica escrito en castellano de todos los tiempos y uno de los mejores tratados relacionados con la fisiopatología de la altitud en aquella época³. En el mismo se estudian a fondo los mecanismos fisiopatológicos relacionados con la adaptación a la hipoxia hipobárica y a otras condiciones ambientales comunes en aeronáutica y en montañismo. La calidad científica y literaria de esta obra es excepcional y sigue siendo una referencia histórica casi obligada. En 1993 se crea en Barcelona el Instituto de Estudios de Medicina de Montaña (IEMM), una sociedad científica cuya finalidad es promover, fomentar e investigar la salud en la montaña, y que pretende agrupar a todos los interesados en la medicina de montaña¹⁰.

A partir de 1980, y hasta el día de hoy, estudios relativos a la medicina de montaña no cesan de aparecer en la bibliografía científica internacional. La fisiopatología relacionada con la hipoxia cada vez se entiende más a fondo, y cada día se descubren nuevos mecanismos biofísicos, bioquímicos y fisiológicos que se someten a modificaciones. Los trabajos científicos que se realizan en las expediciones a alta montaña cada vez son más sofisticados, y los estudios virtuales con cámara hipobárica cada vez más perfectos. Tanto la investigación básica como clínica aporta tal cantidad de información que resulta imposible conocer a fondo todos los detalles. En perfecta simbiosis, muchas especialidades médicas se nutren de los conocimientos propios de la medicina de montaña y, a su vez, ésta incorpora a su ámbito de estudio los conocimientos de muchas otras especialidades médicas, tanto básicas como clínicas. EE.UU., Gran Bretaña, China, India, Rusia, Francia, Alemania, Italia, Suiza, Austria y España destacan entre las potencias mundiales con más tradición e interés por el estudio de la medicina de montaña. Perú se considera una potencia histórica, pues en ese país la medicina de montaña supone la especialidad médica más «exportada» internacionalmente. EE.UU. y China se vislumbran como las mayores potencias en el desarrollo de la medicina de montaña en un futuro próximo.

Medicina de montaña: fisiología y fisiopatología

La fisiología y fisiopatología relacionadas con la medicina de montaña tienen su base principal en el estudio de todos aquellos procesos encaminados a conseguir una adaptación a la hipoxia hipobárica². Sin embargo, existen otros factores que también desempeñan un papel importante en el ambiente de montaña, como son los cambios térmicos, sobre todo el frío, las radiaciones solares, los factores meteorológicos (humedad y movimientos del aire, precipitaciones, etc.) y otros agentes nocivos^{4,11}. El problema de la hipobaría (disminución de la presión atmosférica con la altura) es el causante de la enfermedad descompresiva aérea, más frecuente en aeronáutica³. En cambio, la hipoxia constituye la etiopatogenia de la gran mayoría de las modificaciones fisiológicas que repercuten en los sistemas respiratorio, cardiovascular, muscular y nervioso, así como en los órganos de los sentidos y sobre el metabolismo celular^{2,12}. Los estudios fisiológicos relacionados con la hipoxia no sólo tienen interés en medicina de montaña, sino que estas investigaciones

aportan una información valiosa que tiene importantes aplicaciones en otros campos de la medicina y de la cirugía^{12,13}. La investigación de la hipoxia puede hacerse a través de experimentos de altitud simulada (utilizando mezclas de gases o cámara hipobárica) o en laboratorios (bien fijos, observatorios, a una altura determinada, o bien temporales, en el curso de una expedición)². Las primeras investigaciones realizadas en los Alpes constataban que con la altura disminuía la presión parcial de oxígeno, tanto arterial como alveolar, y que los efectos de la hipoxia eran muy diferentes en función de si ésta se instauraba de modo agudo, subagudo o crónico³, indicando la importancia de los mecanismos adaptativos. El momento y el modo en el que actúa cada uno de los procesos implicados en la aclimatación ventilatoria se conocen cada vez más a fondo^{12,13}.

Sobre el sistema respiratorio la hipoxemia estimula los quimiorreceptores centrales y periféricos (cuerpo carotídeo), a través de diversos mediadores, como la dopamina, acetilcolina, noradrenalina o sustancia P^{14,15}. Se activan los centros respiratorios bulbares y se acelera la ventilación^{2,3,12,13}. La respuesta ventilatoria que induce la hipoxia es variable y parece tener un carácter genético¹⁶. Desde la década de los setenta se estudia cómo la difusión alveolocapilar constituye un factor limitante sobre el transporte del oxígeno con la altitud^{17,18}, así como la relación entre ventilación y perfusión¹⁹. Las operaciones Everest I²⁰ y Everest II²¹ suponen dos trascendentales experimentos de simulación de altura con cámara hipobárica que han aportado notable información relativa a estos aspectos.

Sobre el sistema cardiovascular la hipoxia genera una hiperactividad simpática que incluso altera la transmisión del impulso nervioso^{22,23}. La disminución de la frecuencia cardíaca en situaciones de hipoxia crónica puede constituir un factor limitante del transporte de oxígeno al efectuar ejercicio intenso a una determinada altura^{24,25}. Las modificaciones en el gasto cardíaco y la presión arterial dependen del tiempo de adaptación al estímulo hipóxico, pero también de otros muchos factores². La frecuencia y el gasto cardíaco aumentan, pero tras la consiguiente adaptación retornan a los valores basales^{2,13}. La vasoconstricción pulmonar hipóxica, descrita por primera vez en 1946 por Von Euler, que utilizó el gato como modelo experimental, se considera una de las principales causas del edema pulmonar de las alturas^{26,27}. La poliglobulia reactiva a la hipoxia, descubierta por Viall en 1890²⁸, continúa investigándose con un grado de complejidad cada vez mayor²⁹. La gran variedad de manifestaciones tromboembólicas y hemorrágicas que se han descrito a determinadas alturas ha propiciado un estudio fisiopatológico dirigido a comprobar posibles alteraciones de la hemostasia, coagulación y fibrinólisis que pueden verse favorecidas tanto por la hipoxia como por otras condiciones del ambiente de montaña, como el frío o los propios cambios fisiológicos adaptativos que se producen².

Los cambios fisiopatológicos de la hipoxia crónica suponen un extenso y complejo capítulo. El gran aumento del hematocrito, la hipertensión arterial pulmonar con hipotensión sistémica, la insuficiencia cardíaca congestiva y el edema pulmonar y cerebral de las alturas se relacionan con el gran aumento de la viscosidad sanguínea que causa una disminución del flujo sanguíneo tisular y, consecuentemente, una oxigenación deficitaria de los tejidos^{2,12}. Se produce una vasodilatación cerebral, con paso de líquidos al tejido cerebral, o que se traduce clínicamente en una gran desorientación y síntomas neuropsiquiátricos bien estudiados en el edema cerebral de las grandes altitudes^{2,13,30}.

Los mecanismos de aclimatación a presiones bajas de oxígeno constituyen otro de los pilares básicos dentro de la fi-

siología de montaña y de la altitud. Entre los más estudiados destacan el aumento de la ventilación pulmonar^{2,3,12-16,19,20}, el aumento de la concentración de hemoglobina y la disminución de la afinidad de ésta por el oxígeno^{2,3,12,13,31}, el aumento de la capacidad de difusión del oxígeno a través de la membrana alveolocapilar^{3,12,13,17-19}, la adaptación cardiovascular ya comentada y, finalmente, adaptaciones tisulares y celulares^{3,32,33}.

Las adaptaciones tisulares y celulares requieren estudios de laboratorio y tienen una gran importancia para explicar la adaptación natural de los nativos, que presentan una aclimatación genética transmitida a lo largo de generaciones. Estudios bioquímicos estructurales y dinámicos indican que el músculo y las células podrían utilizar mejor el oxígeno. Los rápidos avances en biología y patología molecular en relación con el diagnóstico, pronóstico y tratamiento médicos hacen prever que las investigaciones en este campo tienen un gran futuro, pues se abren posibles tratamientos farmacológicos o incluso terapias génicas. La adaptación celular es la que define la verdadera aclimatación y la supervivencia a largo plazo o incluso, de modo indefinido, en condiciones de hipoxia y en otras condiciones hostiles. Conocer con gran detalle los mecanismos de adaptación celular resulta imprescindible para que en un futuro no demasiado lejano podamos actuar sobre ellos y facilitar adaptaciones a condiciones ambientales hostiles. Estudios pioneros efectuados en 1961 por Hardin Strickland, Ackerman y Anthony sobre la adaptación celular a la altura ya comprobaron cambios en mitocondrias de rata³. Hoy sabemos que el aumento en el número de mitocondrias es uno de los principales mecanismos de aclimatación lenta, así como un gran número de reacciones bioquímicas que modifican tanto el metabolismo aerobio³² como anaerobio³³.

Las modificaciones en el metabolismo hidroelectrolítico han sido bien estudiadas en referencia al mal de montaña agudo. Se han descrito muchos hallazgos, a veces contradictorios y de difícil interpretación². Los cambios en el metabolismo energético pueden justificar la necesidad de estudios nutricionales específicos para la práctica del montañismo profesional².

Sobre el sistema nervioso, los efectos deletéreos de la hipoxia suelen observarse por encima de los 4.500 m, destacando las alteraciones del sueño y de las funciones cognitivas². Durante el sueño aparecen cambios en la dinámica ventilatoria, observados por primera vez por Angelo Mosso en 1898². Hoy sabemos que estos cambios pueden aparecer por encima de los 3.700 m y corresponden a una ventilación periódica de tipo Cheynes-Stockes, con episodios de apnea que pueden durar más de 20 s. La hipoxia estimula los quimiorreceptores periféricos, apareciendo una hipocapnia que inhibe los quimiorreceptores centrales, enlenteciendo la respiración³⁴. Las modificaciones psicofisiológicas y psicológicas también han ocupado el interés de algunos investigadores, habiéndose descrito cuadros de apatía, depresión, euforia, impulsividad, ciclotimia y pensamiento monótono². En cuanto a la percepción sensorial se han detectado alteraciones en la función visual, como una ligera elevación de la presión intraocular, miosis, alteraciones del campo y agudeza visuales, del sentido cromático, nictalopía y algunas otras cuya base fisiológica sigue en estudio^{2,35,36}. Los estudios referidos a la audición y sentido del equilibrio son más escasos, pero se han observado episodios menieriformes, hipoacusia, acúfenos, vértigo rotatorio y cambios en los potenciales evocados^{2,37}.

El estudio anatomoefisiológico de los nativos de las grandes alturas constituye la mejor herramienta para determinar los mecanismos de aclimatación natural. Determinadas etnias

de varios continentes han nacido y vivido toda su vida, y desde generaciones, por encima de los 4.000 m de altitud. Es el caso de los indios andinos peruanos y de los sherpas de la cordillera del Himalaya. Estas personas presentan unas condiciones de adaptación al medio muy superiores a la de los montañeros mejor entrenados. Nacen con una carga genética adaptativa y una aclimatación que empieza ya antes del nacimiento. En ellas se ha observado una hipertrofia cardíaca, sobre todo del ventrículo derecho, con una presión arterial pulmonar elevada que facilita una mejor perfusión del pulmón, en especial de los territorios apicales que normalmente se encuentran mal vascularizados en el humano. Hacia los años cincuenta ya se habían observado ciertas diferencias antropométricas entre indios quechua residentes en Morococha (Perú, a 4.540 m de altitud) y otros indígenas que vivían a nivel del mar. Los primeros tenían una estatura y una razón peso/talla menor, con una circunferencia torácica proporcionalmente aumentada y rasgos morfológicos y fisiológicos que parecían indicar un fenotipo adaptado. Se trata de una aclimatación racial conseguida a través de muchas generaciones y que incluye una relativa disminución de la hiperventilación secundaria a la hipoxia, que se explica por el desarrollo de mecanismos celulares adaptativos de tolerancia a la hipoxia que les permiten funcionar con unas presiones arteriales de oxígeno inferiores a las habituales. Tanto en animales como en personas nacidas sobre los 5.000 m, las células son más ricas en mitocondrias y en algunos sistemas enzimáticos oxidativos, lo que les permite utilizar el oxígeno de modo más eficaz. También se ha observado la denominada alcalosis paradójica, cuyo significado todavía no se comprende bien. Se trata de la falta de acidosis metabólica que sería esperable en una hipoxia aguda a la misma altitud. Parece que el fenómeno se corresponde con auténticos mecanismos de aclimatación celular, pues tal alcalosis se mantiene después de un tiempo de permanencia a nivel del mar^{2,3,6,7,12}.

Medicina de montaña y enfermedades asociadas a la hipoxia hipobárica

Existen enfermedades que son consecuencia exclusiva de una mala adaptación a la altura, como el conocido mal de montaña (agudo), el edema pulmonar, edema cerebral y las enfermedades hemorrágicas y tromboembólicas de las grandes alturas. Aunque en muchos textos se consideran por separado, la etiopatogenia es la misma, por lo que estas últimas pueden considerarse formas avanzadas y graves del mal de montaña. Un caso aparte, todavía enigmático, es la enfermedad de Monge, que no se debe a una mala adaptación, sino a un fracaso de los mecanismos adaptativos plenamente establecidos en los nativos andinos. Resumimos en este apartado las principales características de estas enfermedades.

Mal de montaña o mal de altura (agudo) (MMA)

Se trata de un síndrome complejo descrito por primera vez por José de Acosta en los Andes peruanos y cuya patogenia principal es la hipoxia hipobárica. Incluye procesos propios de la hipobaría, como son la aerocolia, la aerogastria o la obstrucción de las fosas nasales. Las consecuencias graves, sin embargo, son debidas a la hipoxia. En algunos casos, sobre todo en mujeres, se observan edemas subcutáneos, localizados preferentemente en los párpados inferiores, en la región periorbitaria, en la cara y en las manos. A veces los edemas subcutáneos aparecen sin que se produzcan otros síntomas de MMA. Las manifestaciones clínicas de la

enfermedad son muy variables, dependiendo de las características fisiológicas del sujeto y de la altura conquistada. Los trastornos más frecuentes son los digestivos (anorexia, náuseas) y nerviosos (cefalea, insomnio)². Los menores de 18 años y los obesos son más susceptibles a la enfermedad². Los síntomas iniciales más frecuentes son taquicardia, taquipnea, cefalea, astenia, anorexia, meteorismo y vértigo, en forma mono o polisintomática, que en alguna ocasión ya pueden aparecer entre los 2.000 y 3.000 m. Por encima de los 3.000 m, además de los síntomas anteriores suele asociarse insomnio, disnea, oliguria y vómitos. Estos síntomas suelen ser explicados por quienes superan los 4.000 m y persisten hasta que se aclimatan. Las alturas entre 3.000 y 6.000 m se consideran zona de aclimatación. Es en esta zona donde se presenta el mal de montaña típico, pero es posible el cese de la sintomatología por aclimatación cuando se siguen unas normas bien establecidas como son el ascenso lento (unos 200 m/día), o utilizando el método «en agujas», que consiste en realizar ascensos más rápidos, pero pernoctando unos 200 m por debajo de la altura conseguida. Por encima de los 6.000 m entramos en la zona de deterioro, en la que sólo unos pocos privilegiados pueden continuar la aclimatación y, en todo caso, durante poco tiempo. Una vez instaurado el MMA, los síntomas aumentan progresivamente durante 24-36 h y desaparecen cuando se consigue la aclimatación, en general a los tres o cuatro días^{2,3,4,13}.

La fisiopatología de la enfermedad es complicada y muy discutida entre autores, habiéndose estudiado la gran mayoría de procesos fisiológicos mencionados en el apartado anterior. Clásicamente se ha centrado en tres elementos clave: *a)* hipótesis vasogénica, por la cual la presión capilar podría facilitar pequeñas roturas de la barrera hematoencefálica; *b)* hipótesis citotóxica, por alteraciones secundarias a la hipoxia sobre la función de la bomba sodio-potasio y sustancias mediadoras que pueden alterar la permeabilidad de las membranas celulares, y *c)* retención hidrosalina, que favorecería la formación de edemas en diversos territorios (subcutáneo, pulmonar o cerebral). Se han descrito alteraciones en la secreción de hormona antidiurética (ADH), alteraciones en el eje renina-angiotensina-aldosterona, cortisol, factor natriurético atrial, betaendorfinas, cambios hidroelectrolíticos (hipernatremia, hipercloremia, hipocalciemias) y muchas otras. Hoy se acepta que la clínica resultante es producto de una gran diversidad de alteraciones fisiopatológicas, todas ellas consecuencia de la hipoxia².

Se han establecido diversas clasificaciones que pretenden catalogar la gravedad del proceso. En 1976 Hackett y Renne propusieron un cuestionario de fácil aplicación por los montañeros. Según ésta se establecen tres grupos de síntomas que puntúan en función de la gravedad³⁸: *a)* grupo 1: cefalea, náuseas, anorexia, insomnio y vértigo (1 punto); *b)* grupo 2: cefalea rebelde al tratamiento analgésico, vómitos (2 puntos), y *c)* grupo 3: disnea de reposo, fatiga muy intensa, oliguria (3 puntos). Puntuaciones de 1 a 3 indican MMA ligero; de 4 a 6, MMA moderado, y más de 6 puntos, MMA grave.

Sampson et al³⁹ prestan especial atención a los signos respiratorios y neurológicos, pero entre las clasificaciones más aceptadas se encuentran las propuestas por Milledge et al⁴⁰ y Richalet et al⁴¹, que se basan en 4 síntomas específicos: cefalea, náuseas, anorexia e insomnio, puntuando la gravedad de cada uno de ellos sobre 3 puntos (0: ausencia; 1: ligero; 2: moderado; 3: intenso).

En cuanto al tratamiento de la enfermedad, lo más importante es la prevención, a través del ascenso controlado adecuadamente por el médico de la expedición. El uso de flu-

narizina durante los 15 días previos al ascenso parece reducir significativamente la incidencia de cefalea y vértigo. Las molestias digestivas responden bien a fármacos que disminuyen el meteorismo como la dimeticona o la simeticona, y también fármacos que mejoran el peristaltismo gastrointestinal, como la cleboprida, cinitaprida o domperidona. Los diuréticos de elección son los inhibidores de la anhidrasa carbónica, como la acetazolamida, que puede utilizarse para prevenir el edema cerebral, la cefalea, la oliguria y el insomnio secundario a los episodios de apnea nocturna. La correcta hidratación mediante una ingestión de agua suficiente (aproximadamente 1 l/1.000 m de ascenso) es fundamental para evitar la hiperviscosidad sanguínea. En condiciones normales es conveniente evitar el uso de oxígeno porque puede retardar el proceso de aclimatación, pero es imprescindible en caso de insomnio o de cualquier proceso intercurrente que pueda agravarse con la hipoxia (infecciones, fracturas, síndrome gripal, etc.). En todos los casos debe valorarse el tratamiento etiológico, que es, obviamente, el descenso⁴.

Edema pulmonar de las alturas

Se trata de un edema agudo de pulmón, no cardiogénico, que se produce entre los 2.000 y 7.000 m (sobre todo entre los 3.000 y 4.500), en personas mal aclimatadas y que realizan algún sobreesfuerzo. Es especialmente frecuente en jóvenes menores de 25 años y puede aparecer incluso en nativos adaptados, aclimatados a zonas bajas, cuando retornan a sus orígenes. Su patogenia, muy compleja, todavía no está bien esclarecida y continúa en estudio, aunque se atribuye a la constricción de las arteriolas pulmonares. El hecho de obtener una buena respuesta terapéutica tanto con la administración de oxígeno como al descender a menor altitud evidencia que la hipoxia desempeña un papel clave en este proceso. Se han descrito diversas formas de presentación: subagudas, crónicas y asociadas a edema cerebral. La clínica suele comenzar con disnea de esfuerzo, que rápidamente se instaura también en reposo y se acompaña de tos seca y, en ocasiones, dolor torácico y astenia intensa. En la fase de estado la tos suele acompañarse de expectoración hemoptoica, junto a cianosis de aparición temprana. La gasonometría arterial pone de manifiesto una presión y saturación arteriales de oxígeno inferiores a las que corresponderían para la altura. La presión en la arteria pulmonar se encuentra aumentada, el electrocardiograma (ECG) puede evidenciar signos de sobrecarga ventricular derecha y taquicardia. La radiografía de tórax demuestra un infiltrado alveolar difuso de distribución irregular²⁻⁴. Merece la pena señalar 5 características clave de la enfermedad útiles para el tratamiento de estos pacientes, según Schoene⁴²: *a)* puede ser mortal; *b)* aparece súbitamente en jóvenes sin enfermedad previa; *c)* existe una gran susceptibilidad individual; *d)* se soluciona rápidamente con un tratamiento adecuado, y *e)* jamás nadie debería morir como consecuencia de este tipo de edema. El tratamiento inicial es el descenso inmediato. Se ha comprobado que el descenso de unos 1.000 m mejora la sintomatología. Si se dispone de oxígeno, deberá administrarse lo antes posible². El médico de toda expedición debe reconocer de modo temprano el inicio de la sintomatología.

Edema cerebral de las alturas

Aparece con menor frecuencia que el anterior y habitualmente por encima de los 5.000 m. Se caracteriza por cefalea intensa, secundaria a una hipertensión intracranal, y sintomatología neuropsiquiátrica que puede simular un estado de embriaguez, a veces con ataxia. En la exploración

puede aparecer Babinski. En el fondo de ojo puede observarse edema de papila y hemorragias retinianas. Si no se inicia un descenso rápido, suele evolucionar hacia el coma. La etiopatogenia es la hipoxia hipobárica, pero la fisiopatología es compleja. Clásicamente se han propuesto dos hipótesis: la hipótesis vasogénica (alteraciones de la permeabilidad capilar donde intervienen tanto factores mecánicos como mediadores químicos) y la hipótesis citotóxica (alteración de los gradientes iónicos de transmembrana y del metabolismo de los fosfolípidos). La prevención radica en una ingesta líquida suficiente, especialmente a partir de los 7.000 m. El tratamiento incluye, además del descenso, oxigenoterapia y, si es necesario, fármacos para combatir el edema, aunque la eficacia de muchos de ellos no ha sido demostrada^{2,43}.

Accidentes tromboembólicos y hemorrágicos

La hipoxia aguda y las propias condiciones fisiopatológicas de las grandes alturas (deshidratación, poliglobulía e hipotermia) son causa de importantes alteraciones de la hemostasia^{44,45}, coagulación^{44,45} y fibrinólisis^{44,45}. La fisiopatología de estos procesos todavía se encuentra en estudio y es de gran complejidad. Estas alteraciones se traducen en manifestaciones tromboembólicas y hemorrágicas que se han descrito a determinadas alturas, como son trombosis venosas periféricas, trombosis venosas cerebrales, accidentes isquémicos transitorios, infartos cerebrales, trombosis pulmonares, trombosis de los capilares renales y hepáticos, hemorragias intraalveolares (en el curso de un edema pulmonar) y cerebrales (en el curso de un edema cerebral), hemorragias retinianas y hemorragias subungueales².

Mal de montaña crónico, soroche o enfermedad de Monge

Algunos autores hablan de mal de montaña crónico para referirse a aquel que aparece en sujetos que permanecen excesivo tiempo a gran altura, produciéndose una exacerbación de algunos mecanismos fisiológicos de adaptación. Actualmente cabe distinguir tres entidades con características diferenciales: a) mal de montaña crónico: aquel que se produce en montañistas adaptados a bajas alturas que no alcanzan una adaptación suficiente a una determinada altitud, persistiendo los síntomas (cefalea, disnea de esfuerzo, entre otros) hasta que descienden de nuevo; b) síndrome de Monge: el que se produce en pacientes con enfermedades cardiorrespiratorias que se agravan con la hipoxia, y c) enfermedad de Monge, propiamente dicha, o soroche: aquella que se produce en nativos andinos que pierden su aclimatación constitucional (verdadero síndrome de poliglobulía crónica de altitud). Se cree que la enfermedad responde a una idiosincrasia racial, aunque se desconoce la patogenia. Predomina en varones de mediana edad y se caracteriza por fatiga, cefalea, deterioro intelectual, somnolencia y, characteristicamente, hipoxemia y políctenia muy intensas. El aumento del hematocrito y de la viscosidad sanguínea reduce de modo importante el flujo sanguíneo, comprometiendo seriamente el transporte de oxígeno. Además, la hipoxia se incrementa por el vasospasmo de las arteriolas pulmonares secundario a la hipoxia pulmonar, en un intento de perfundir los alveolos ventilados. Se producen dilatación y fallo cardíaco derecho que pueden causar la muerte, la cual puede evitarse muchas veces bajando rápidamente al enfermo al nivel del mar^{2,4,46}.

Emergencias en medicina de montaña: historia de grandes tragedias. Rescate, traslado y soporte vital

En nuestra Península, donde pocas veces se alcanzan o superan los 3.500 m, raras son las emergencias debidas a problemas de adaptación, tan frecuentes en el Himalaya o en los Andes. En cambio, los accidentes centran la atención de las emergencias en medicina de montaña, en especial en lo que refiere a los rescates y al manejo de los heridos, que frecuentemente presentan lesiones por frío, congelaciones e hipotermia.

Desde que sucedió una de las primeras tragedias alpinas en Cervino, el rescate de cadáveres y de víctimas en estado crítico en la montaña no ha dejado de ser un continuo. En aquella ocasión, cuenta el Dr. Castelló-Roca en su fantástica obra *Hombre, montaña y medicina*, fueron los habitantes del lugar los que con inagotable espíritu de sacrificio y escasa técnica, después de largos días de búsqueda, recogieron a los accidentados, ya cadáveres⁵.

Existen accidentes desde que el hombre se lanzó a la montaña. Datos recogidos por el Dr. Castelló-Roca indican que en el Club Austroalemán se contaron 171 muertos entre 1859 y 1887. En los Alpes, en 1887, se produjeron 38 accidentes con 26 muertos. Esto coincidía con la mentalidad de la época en que muchas veces se decidía prescindir de guía. El aumento de montañeros en los macizos europeos, especialmente en los Alpes, comportó, sobre todo en los meses de julio y agosto, un aumento de los accidentes, particularmente entre los montañeros sin guía. Es a final de los años 1920 cuando los guías suizos, austriacos, franceses e italianos se encargan de la organización de las expediciones de rescate. Con un mejor conocimiento del terreno y mejor técnica, llegaban antes al lugar del accidentado, que muchas veces ya se recuperaba con vida⁵. Los médicos, con poco conocimiento de montaña, difícilmente podían llegar al lugar del accidentado, se limitaban a atender a los heridos en un modesto consultorio de pueblo y prepararlo para una larga y difícil evacuación. Algo más, en cambio, podía hacer el médico en casos de congelaciones e hipotermias. Hans Lucke escribe una abundante bibliografía de los años veinte sobre este tema⁵. Con el tiempo, el conocimiento de las lesiones por congelación hace que se utilice la técnica del calentamiento rápido y repetido, además del uso de fármacos: antibióticos, antiinflamatorios, vacunación antitetánica, heparina, vasodilatadores y otros. A veces esta actuación de urgencia se inicia al llegar al hospital. Sin embargo, en las expediciones a alta montaña el médico puede disponer de estos fármacos en el campamento base y, si es necesario, puede incluso infiltrar el simpático⁵. Hasta la Primera Guerra Mundial el tratamiento de elección de las congelaciones era la amputación del miembro. Se comprueba que el uso temprano de antibióticos y nuevos fármacos evita muchas de estas amputaciones⁵.

En la España de 1940 los rescates movilizaban al pueblo más próximo, dirigido por el cura, el médico y la Guardia Civil. A falta de medios efectivos, tardaban demasiadas horas para llegar al lugar del accidente⁵. En Europa, tras la Segunda Guerra Mundial los Alpes ocupan el interés de montañeros de diversos países, aumentando de modo importante el número de accidentes. Los guías continuaban siendo los responsables de los lentes rescates que, además, obligaban a movilizar a muchas personas. La llegada de las fibras artificiales permitió la fabricación de cuerdas de gran resistencia y poco peso y la aparición de los primeros tornos, que facilitaban, mediante un cable, el ascenso y descenso del socorrista. El cacolet y la perche de Bernault permitían un traslado más cómodo del accidentado en posición horizontal⁵. Los

países alpinos evidencian la necesidad de crear una comisión multidisciplinaria para el estudio del salvamento y rescate en montaña. De este modo nace, en 1951, la CISA-IKAR (Comisión Internacional de Socorro Alpino), que crea diversas subcomisiones, una de las cuales es la subcomisión médica. A partir de entonces se organizan congresos, reuniones y cursos referentes a la problemática médica y empieza el rescate aéreo⁵. Herman Geiger, conocido también como el «piloto de los Alpes», fue el primero en utilizar el avión (una avioneta Piper con un motor de 125 CV convenientemente preparada para aterrizar en los glaciares alpinos) para llevar al lugar el material sanitario de salvamento y, al poco tiempo, para la recogida y traslado de las víctimas. Las limitaciones que imponía el aterrizaje hizo que el uso del helicóptero se consolidara⁵. En 1959 se crea el Auxilio Aéreo Suizo, que utilizaba un helicóptero Bell 62. Rápidamente Francia, Austria, Alemania e Italia adiestran a pilotos aéreos específicamente para labores de salvamento aéreo, pues el manejo de los helicópteros cerca de paredes rocosas requería una destreza de vuelo importante. CISA-IKAR crea una comisión de rescate aéreo, presidida por H. Büler, y dedicada a investigar sobre los materiales y métodos más adecuados para el rescate y traslado de heridos. A partir de los años 1970 y hasta la actualidad la tripulación de los helicópteros de rescate está formada por el piloto, el socorrista y un médico reanimador. Están provistos del material de rescate, tanto de montaña como de primeros auxilios y reanimación^{5,7,48}. El helicóptero se acerca tanto como puede a la pared o al glaciar donde se encuentra el accidentado, y médico y socorrista atienden al herido y lo preparan para transportarlo. La comunicación por radio con el helicóptero es permanente y el herido es trasladado al hospital más conveniente. Los rescates, que antes representaban días de trabajo, son en la actualidad cosa de pocas horas; lo que tarda en general es el traslado^{5,47,48}. España, a pesar de ser un país montañoso, no es un país alpino, por lo que tuvo en su momento muchas dificultades para ingresar en la CISA-IKAR, algo que acabó consigiéndose en 1965⁵. En 1967 Wastl Mariner publica la primera edición italiana de su libro *Técnica moderna del auxilio alpino*, que recogía los últimos avances en rescate y donde se explica el modo de funcionar con los tornos, teleféricos, literas, etc. Durante muchos años este libro ha sido la biblia del socorrismo de montaña. La experiencia acumulada en los rescates facilitó nuevos avances. Por ejemplo, la caída en posición vertical en una fisura de un glaciar comporta el encajonamiento de la víctima a las paredes de la fisura, que por el propio calor corporal se van fundiendo y la víctima se adentra aún más en la fisura. Cuando el socorrista llegaba a la víctima, no podía introducirse en la fisura ni desencajonar al accidentado. No en pocas ocasiones sucedía el caso dramático de ver fallecer a la víctima atrapada a pocos centímetros de la mano salvadora⁵. La supervivencia del sujeto encajonado en posición vertical, sin posibilidad de efectuar contracciones musculares, en particular de las extremidades inferiores completamente atrapadas, no superaba las 6-8 horas. La muerte no era por congelación, sino por acumulación de sangre en las extremidades, lo que motivaba un *ex vacuo* y un paro cardíaco en diástole. Así nació, por ejemplo, la pinza de Frietli, desmontable en piezas, que el equipo de rescate debía llevar a su espalda y que hacía difícil superar los pasos difíciles. El helicóptero permitía dejar el equipo de rescate bien cerca, pero en ocasiones el equipo de salvamento debía recorrer ciertos trayectos inaccesibles a pie, que obligaban a que el médico supiera moverse y dispusiera de unas condiciones físicas suficientes^{5,47,48}.

La medicalización de los rescates de montaña en el Pirineo francés se impone en 1973, a través de una dotación del

SAMU (Servicio de Atención Médica Urgente) entrenada específicamente para el rescate en montaña, que optimiza la eficacia de los rescates y sienta las bases de la filosofía del rescate actual⁴⁸. En los años ochenta se imponen los procedimientos de rescate modernos, y se contempla al médico como una pieza clave y determinante para la eficacia del salvamento^{5,47,48}. La masificación de los deportes de montaña en todas sus vertientes (escalada, esquí de montaña, travesías de montaña, excursionismo...) aumenta aún más el número de víctimas. Sólo en Suiza en esa época se realizaba anualmente alrededor de un millar de misiones de rescate aéreo y más de mil evacuaciones aéreas de esquiadores lesionados⁴⁷. El material médico es el adecuado para todo tipo de emergencias (equipos de reanimación, oxígeno, drenajes, electrocardiógrafo, desfibrilador móvil, colchón de vacío para lesiones vertebrales, etc.) y las acciones médicas de emergencia (reanimación cardiopulmonar, intubación endotraqueal, restitución de la volemia) podía iniciarse *in situ* incluso en los lugares más inaccesibles^{5,47,48}. El estudio del rescate aéreo eficaz en montaña, campo de batalla común de la medicina de montaña y de las emergencias médicas, constituye en este momento motivo de congresos especializados que pretenden mejoras día a día, así como consensuar actuaciones, por ejemplo, estableciendo protocolos en casos de avalancha.

Medicina de montaña y práctica clínica

En los apartados precedentes nos hemos centrado en la fisiopatología de la altitud y de la hipoxia, así como en los rescates y emergencias en montaña. Sin embargo, el ambiente de montaña y la práctica del montañismo se relacionan estrechamente con otros muchos factores, tales como la meteorología, el frío, el calor, el ejercicio físico, la alimentación, los accidentes y traumatismos leves, las enfermedades comunes (se puede contraer una gripe a 8.000 m), las urgencias médicas ambulatorias, las lesiones producidas por la fauna, las quemaduras solares, los efectos de las radiaciones, los exámenes de aptitud física para la práctica del montañismo, el estudio de la capacidad de tolerancia a la hipoxia, el estudio de las características psicológicas de los montañeros, el estudio de las relaciones humanas entre expedicionarios, etc. Todos estos aspectos tienen interés para el propio montañero, para el médico que lo asesora antes de iniciar la expedición (muchas veces el médico de cabecera) y sobre todo para los médicos responsables de una expedición, médicos de salvamento aéreo y médicos dedicados al estudio específico de la medicina de montaña en todas sus vertientes, incluyendo a los médicos fisiólogos que estudian los efectos fisiopatológicos de la hipoxia hipobárica a través de ensayos clínicos. En definitiva, queremos resaltar que la medicina de montaña se centra en el estudio de la fisiopatología de la hipoxia hipobárica, pero tiene otros muchos puntos de mira donde centrar su atención^{2,6,49-51}. Unos conocimientos suficientes de medicina de montaña y de patología ambiental resultan interesantes para todo generalista. Muchas veces el montañero consulta a su médico en el momento de realizar un viaje o una expedición a alta montaña. En algunos casos el paciente sigue un tratamiento concreto o tiene una enfermedad de base que podría agravarse, y simplemente consulta si debe continuar o modificar su medicación, si debe tomar alguna precaución especial, o bien si su enfermedad de base puede empeorar o, por qué no, mejorar con un viaje a la montaña o pasando unas vacaciones a una determinada altura. No hace tanto tiempo que a los enfermos tuberculosos se les recomendaba respirar «aire puro de la montaña». Este último ejemplo nos re-

sulta a todos anacrónico, pero otros del mismo calado nos obligan a veces a consultar a un experto⁵.

Empezamos un nuevo siglo en el que la tendencia a la superespecialización en la profesión médica continúa. En este momento, médicos con diversos perfiles profesionales estudian la medicina de montaña desde ópticas distintas y conocimientos y habilidades diferentes. Los conocimientos básicos en medicina de montaña son necesarios para todos, pero los detalles requieren estudios específicos^{2,5,51}.

Por una parte, los médicos fisiólogos, que trabajan y realizan sus experimentos en universidades o en observatorios de montaña, utilizan animales de experimentación y seres humanos para el estudio de laboratorio tanto *in vivo* como *in vitro*, tras someterlos, por ejemplo, a un hipobarismo en cámara. Se interesan por conocer los mecanismos bioquímicos y fisiológicos que se modifican en la célula, órganos y sistemas corporales, por acción de alguno de los condicionantes del ambiente de montaña (hipoxia hipobárica, radiaciones cósmicas, radiaciones ultravioletas, meteorología, temperatura, etc.). Estudian los mecanismos adaptativos y de aclimatación de montañeros y nativos de las grandes altitudes, las causas de una mala adaptación, los aspectos psicofisiológicos de la hipoxia, cómo actúa ésta sobre la percepción, cómo afectan las radiaciones ionizantes en cotas altas, la regulación térmica, los aspectos nutricionales que facilitan la adaptación y que se requieren para mantener tanto el metabolismo adaptado como el esfuerzo físico que se realiza. Son esencialmente teóricos, con amplia experiencia en estudios experimentales y en la utilización de material de laboratorio, pero que deben también estar capacitados para solventar cualquier problema médico que pueda acontecer al paciente^{2,6}.

Un perfil diferente es el del médico que participa en los rescates aéreos. Mucho más práctico que teórico, debe poseer unos conocimientos básicos en medicina y fisiopatología de montaña. El prototipo óptimo es probablemente el instaurado en los rescates del Pirineo francés en los años setenta⁴⁸. El médico, procedente del SAMU o del ejército, recibe un entrenamiento físico que realiza juntamente con la gendarmería. Además, recibe cursos de actualización en emergencias hospitalarias y extrahospitalarias, referidas a perfeccionar las técnicas de reanimación y soporte vital avanzado. Sus funciones son examinar al herido, interrogar a los testigos del accidente, acondicionar al accidentado, efectuar las técnicas de soporte vital avanzado cuando se precisen (masaje cardíaco, ventilación, intubación, toma de vías venosas, hemostasia de las heridas, tratamiento de los estados de shock, conocimientos profundos en farmacología de emergencias, etc.). Debe poseer unos conocimientos profundos en cuidados intensivos y traumatología. Debe poseer unas características físicas suficientes y una práctica importante en el salvamento de montaña. Probablemente se trate de una de las profesiones con mayor exigencia en las características individuales, tanto intelectuales como físicas, entre todas las profesiones que se conocen^{47,48}.

Entre estos dos perfiles extremos, nos encontramos con otros médicos, muchos de ellos aficionados al montañismo, o montañeros, que estudian al paciente desde la perspectiva práctica y clínica que supone realizar un viaje a la montaña, o misiones espeleológicas, especialmente cuando el paciente sufre alguna enfermedad que pueda empeorar. Realizan revisiones médicas o bien intervienen como médicos en expediciones. Participan en la formación de socorristas y se encuentran en contacto tanto con los emergenciólogos de montaña como con los fisiólogos de laboratorio. Conocen la medicina de montaña desde el punto de vista teórico y práctico. Los médicos que cuidan de la salud de

los expedicionarios deben conocer a fondo la fisiopatología, clínica y sobre todo terapéutica de las enfermedades relacionadas con la hipoxia hipobárica, pero deben tener también una amplia experiencia clínica en medicina general y en el tratamiento de las urgencias médicas más corrientes. Deben estar preparados para tomar decisiones a veces difíciles y facilitar las relaciones personales entre el grupo. Suelen ser los responsables de los estudios de campo en laboratorios móviles, que estudian determinadas variables biológicas en los expedicionarios. Constituyen una pieza clave en el desarrollo de la medicina de montaña de este nuevo siglo^{2,5,49,51}.

Medicina de montaña, patología ambiental y su futuro en España e Hispanoamérica

Decíamos que España se encuentra entre los países con más tradición en medicina de montaña. Aunque se han llevado a cabo unas pocas experiencias en las cordilleras de nuestro país, la mayoría de los estudios no se realiza en nuestras latitudes, sino a través de las experiencias recogidas en las expediciones a países montañosos y a gran altitud^{52,53}. Por el contrario, algunos países hispanoamericanos gozan en sus territorios de las fantásticas cumbres de la cordillera de los Andes (Perú, Ecuador, entre otros), donde a través del Instituto de Biología Andina, y de otras instituciones, han llevado a cabo una investigación autóctona de primera línea, cuya difusión en la bibliografía científica se realiza, en gran medida, en lengua castellana⁵⁴. En este sentido, durante los últimos años se han divulgado relevantes estudios en nuestro idioma⁵²⁻⁵⁷, y han sido analizados y citados por las publicaciones anglosajonas de gran impacto que dominan el mundo científico en todos los terrenos. Esto, junto al hecho de que precisamente durante el presente Año Internacional de las Montañas de las Naciones Unidas se haya celebrado en nuestro país el V Congreso Mundial de Medicina de Montaña⁵⁸, debe enorgullecernos a todos y opinamos que resulta conveniente continuar en esta línea en el futuro. Para algunos lectores la introducción a esta revisión les habrá parecido hasta cierto punto filosófica o especulativa. Nada más lejos de la realidad. Existen sobrados argumentos científicos para justificar cada una de las aserciones que en ella constan. Llegados a este punto, nos parece conveniente recordar que la medicina de montaña no es más que una de las ramas de la ciencia madre de la que parte, la patología ambiental, que incluye el estudio de la salud y la enfermedad de quienes se encuentran en ambientes diferentes del habitual. Si tal como opinan los expertos, el futuro de la humanidad está en el espacio, no cabe duda de que la patología ambiental será la que más novedades aportará en un futuro no demasiado lejano. Conocer el comportamiento del ser humano en ambientes agresivos es imprescindible para conquistar nuevos medios y nuevos mundos. En la superficie terrestre hay ambientes muy variados que permiten efectuar estudios referidos a la fisiopatología ambiental, que serán utilísimos, por ejemplo, en relación con la conquista espacial. La enfermedad descompresiva, sin ir más lejos, la puede sufrir tanto un submarinista como un piloto aéreo o un montañero, y la fisiopatología es la misma: una descompresión rápida; los síntomas son parecidos y, aunque pueda sorprendernos, las leyes físicas causantes de tal daño sobre el organismo son las mismas: la ley de Henry, la ley de Boyle y Mariotte y la ley de la difusión de los gases. Debemos conocer bien cómo se comporta nuestro organismo en los distintos subambientes biosféricos si pretendemos algún día sobrevivir en una exobiosfera fuera de nuestro Planeta Azul protector, la Tierra^{59,60}.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Acosta J. Historia natural y moral de las Indias. Sevilla: Juan de León, 1590.
2. Richalet JP, Rathat CH. Pathologie et altitude. Paris: Masson, 1990.
3. Nieto Boqué M. Vida humana y espacio. Barcelona: JIMS, 1965.
4. Battestini R. Enfermedades por agentes físicos. En: Farreras-Rozman, editores. Medicina interna. Barcelona: Ediciones Doyma, 1992.
5. Castelló-Roca A. Home, muntanya i medicina. Barcelona: IEMM, 1993.
6. Coroninas A. Patología ambiental y espacial. Barcelona: Fargraf, 1976.
7. Hurtado A. Aspectos fisiopatológicos y patológicos de la vida en la altura. Lima: Rimac, 1937.
8. Vega AB. Algunos casos de edema pulmonar agudo por soroche grave. Anales de la Facultad de Medicina de Lima 1955;38:232-43.
9. Martínez-Carpio PA, Desola J. La medicina aerospacial a Catalunya i la Societat Catalana de Medicina Aerospacial, Subaqüàtica i Ambiental. L'Informatiu ACMCB 2002;14:21.
10. Institut d'Estudis de Medicina de Muntanya (Barcelona). El pasamuntanyes 2001;19:16.
11. Rivolier J. El ambiente de la montaña. En: Richelet JP, editor. Medicina de montaña. Barcelona: Masson, 1985.
12. Guyton Hall. Textbook of medical physiology. Philadelphia: Saunders, 2000.
13. Desola J. Hipoxia de las grandes alturas. En: Tresguerres JAF, editor. Fisiología humana. 2.^a ed. McGraw-Hill Interamericana, 1999.
14. Fidone J, Salvatore C, González C, Obeso A, Gómez-Nino A, Dinger B. Biogenic amine and neuropeptide transmitters in carotid body chemotransmission: experimental findings and perspectives. En: Sutton JR, Coates G, Remmers JE, editors. Hipoxia. The adaptations. Toronto, Philadelphia: B.C. Decker, 1990.
15. Lahiri S, Mokashi A, Giulio CD, Sherpa AK, Huand WX, Data PG. Carotid body adaptation: lessons from chronic stimuli. En: Sutton JR, Coates G, Remmers JE, editors. Hipoxia. The adaptations. Toronto, Philadelphia: B.C. Decker, 1990.
16. Collins WE, Scoggan CH, Zwillich CW, Weil JV. Hereditary aspects of decreased hypoxic response. *J Clin Invest* 1978;5:105-10.
17. West JB, Lahiri MB, Gill S, Milledge JS, Pugh LG, Ward MP. Arterial oxygen saturation during exercise at high altitude. *J Appl Physiol* 1962; 17:617-21.
18. West JB, Hackett PH, Maret KH, Milledge JS, Peters RM, Pizzo CJ, et al. Pulmonary gas exchange on the summit of Mount Everest. *J Appl Physiol* 1983;55: 678-87.
19. Wagner PD, Sutton JR, Reeves JT, Cymerman A, Groves BM, Malconian MK. Operation Everest II. Pulmonary gas exchange throughout a simulated ascent of Mt Everest. *J Appl Physiol* 1987;63:2348-59.
20. Houston CS, Riley RL. Respiratory and circulatory changes during acclimatization to high altitude. *Am J Physiol* 1947;149:565-88.
21. Houston CS, Sutton JR, Cymerman A, Reeves JT. Operation Everest II: man at extreme altitude. *J Appl Physiol* 1987;63:877-82.
22. Saito M, Mano T, Iwase S, Koga K, Abe H, Yamakazi Y. Responses in muscle sympathetic activity to acute hypoxia in humans. *J Appl Physiol* 1988;65:1548-52.
23. Rowell LB, Johnson DG, Chase PB, Comess KA, Seals DR. Hypoxemia raises muscle sympathetic activity but not norepinephrine in resting humans. *J Appl Physiol* 1989;66:1736-43.
24. Hartley LH, Vogel JA, Cruz JC. Reduction of maximal exercise heart rate at altitude and its reversal with atropine. *J Appl Physiol* 1974;36:362-5.
25. Pilardeau P, Richalet JP, Bouissou P, Vaysse J, Larmignat P, Boom A. Saliva flow and composition in humans exposed to acute altitude hypoxia. *Eur J Appl Physiol* 1990;59:450-3.
26. Von Euler US, Liljestrand G. Observations on the pulmonary arterial blood pressure in the cat. *Acta Physiol Scand* 1946;12:301-20.
27. Sophocles AM. High altitude pulmonary edema in Vail, Colorado, 1975-1982. *Western J Med* 1986;144:569-73.
28. Viall F. Sur l'augmentation considérable des globules rouges dans le sang chez les habitants des hauts plateaux de l'Amérique du Sud. *Compte rendu hebdomadaire des séances de l'Académie des Sciences (Paris)* 1890;111:917-8.
29. Gaethgens P. Avian versus mammalian blood rheology: experimental observations and physiologic relevance. En: Sutton JR, Coates G, Remmers JE, editors. Hipoxia. The adaptations. Toronto, Philadelphia: B.C. Decker, 1990.
30. Severinghaus JW, Chiodi H, Eger EI, Brandstater B, Hornsbein TF. Cerebral blood flow in man at high altitude. Role of cerebrospinal flow pH in normalization of flow in chronic hypcapnia. *Cir Res* 1966;19:274-82.
31. Bencovitz HZ, Wagner PD, West JB. Effect of change in P50 on exercise tolerance at high altitude: a theoretical study. *J Appl Physiol* 1982; 53:1487-95.
32. Cerretelli P, Kayser B, Hoppeler H, Pette D. Muscle morphometry and enzymes with acclimatization. En: Sutton JR, Coates G, Remmers JE, editors. Hipoxia. The adaptations. Toronto, Philadelphia: B.C. Decker, 1990.
33. West JB. Lactate during exercise in high altitude. *Fed Proc* 1986;45: 2953-9.
34. Lahiri S, Maret K, Sherpa MG. Dependence of high altitude sleep apnea on ventilation sensitivity to hypoxia. *Respir Physiol* 1983;52:281-301.
35. Heredia García CD. Trastornos visuales en aerocosmonáutica. *Ann Med* 1972;63:414-21.
36. Martínez-Carpio PA, Heredia García CD. Funció visual i patologia ambiental. *Annals de Medicina* 2002;85:34-5.
37. Fraser WD, Eastman D, Gee T. The effect of mild hypoxia on the latency and topographical distribution of the auditory evoked response. *Aviat Space Environ Med* 1988;59:466.
38. Hackett PH, Rennie D. The incidence, importance and prophylaxis of acute mountain sickness. *Lancet* 1976;2:1149-54.
39. Sampson JB, Cymerman A, Burse RL, Maher JT, Rock PB. Procedures for the measurement of acute mountain sickness. *Aviat Space Environ Med* 1983;54:1063-73.
40. Milledge JS, Thomas PS, Beeley JM, English JSC. Hypoxic ventilatory response and acute mountain sickness. *Eur Respir J* 1988;1:948-51.
41. Richalet JP, Rutgers V, Bouchet P, Rymer JC, Kéromès A, Duval-Arnould G, et al. Diurnal variations of acute mountain sickness, colour vision and plasma cortisol and ACTH at high altitude. *Aviat Space Environ Med* 1989;60:105-11.
42. Schoene RB. Pulmonary oedema at high altitude, review, pathophysiology and update. *Clin Chest Med* 1985;6:491-507.
43. Clarke C. High altitude cerebral oedema. *Int J Sports Med* 1988;9:170-4.
44. Bärtsch P, Haeberli A, Francioli M, Kruithof EKO, Straub PW. Coagulation and fibrinolysis in acute mountain sickness and beginning pulmonary edema. *J Appl Physiol* 1989;66:2136-44.
45. Andrew M, O'Droovich HM, Coates G, Robertson GL, Gray GW. Hypoxia induced vasopressin release and coagulopathy in a normal subject. *Aviat Space Environ Med* 1985;56:1120-3.
46. Monge MC, León-Valverde F, Arregui A. Increasing prevalence of excessive erythrocytosis with age among healthy high-altitude miners. *N Engl J Med* 1989;321:1271.
47. Stanger S, Durrer B. Rescate aéreo de montaña en Suiza. Actas de: Medicina de Montaña. VII Jornadas de Medicina de Montaña; 1985, 1-2 de noviembre. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1989.
48. Theas JM. La medicalización en los rescates de montaña en los «Hauts-Pyrénées». Actas de: Medicina de Montaña. VII Jornadas de Medicina de Montaña. 1985, 1-2 de noviembre. Barcelona: Generalitat de Catalunya, 1989.
49. Battestini R. Medicina y montaña. *Med Clin (Barc)* 1984;83:497-9.
50. Battestini R. El frío: un factor etiológico. *Med Clin (Barc)* 1985;85:498.
51. Corachán M, Gascón J, Ruiz L, Battestini R. Salud y viajes. Manual de consejos prácticos. Barcelona: Masson-Salvat, 1993.
52. Compte L, Real RM, Botella de Maglia J, De Diego S, Macian V, Perpina M. Cambios respiratorios durante la ascensión a una montaña de más de 8.000 metros. *Med Clin (Barc)* 2002;118:47-52.
53. Botella de Maglia J, Martínez-Costa R. Hemorragias retinianas en las expediciones a montañas de más de 8.000 m. Estudio de 10 casos. *Med Clin (Barc)* 1998;110:457-461.
54. Serrano-Duñas M. Mal de montaña agudo: características clínicas de una cohorte de 615 enfermos. *Med Clin (Barc)* 2000;115:441-5.
55. Garrido E, Botella de Maglia J. El mal de montaña. *Med Clin (Barc)* 1998;110:462-8.
56. Bellmunt J. Las enfermedades en las expediciones de «media montaña». *Med Clin (Barc)* 1997;109:116-7.
57. Botella de Maglia J. La función del médico de expedición. *Med Clin (Barc)* 1996;107:270-4.
58. Actas de V Congreso Mundial de Medicina de Montaña. Instituto de Estudios de Medicina de Montaña. Barcelona, abril de 2002.
59. Martínez-Carpio PA. El hombre como fenómeno vital en el Cosmos [en preparación].
60. Battestini R. L'home i la biofísica. Lleida: Pagès Editors, 2001.