

Basiswissen für die höhenmedizinische Beratung

Kai Schommer, Peter Bärtsch



Teilnahme nur im Internet möglich:
aerzteblatt.de/cme

ZUSAMMENFASSUNG

Hintergrund: Immer mehr Menschen verbringen ihre Freizeit in höhergelegenen Regionen, beispielsweise zum Bergsteigen, Trekking oder Sightseeing. Die Gefahren eines Aufenthaltes in der Höhe werden somit auch vermehrt wahrgenommen und vor einer Reise beim Arzt erfragt.

Methoden: Die Autoren führten eine selektive Literaturrecherche durch. Die vorliegende Arbeit basiert auf den Original- und Übersichtsarbeiten zu Höhenakklimatisation und Höhenkrankheiten (akute Bergkrankheit [ABK], Höhenhirn [HHÖ]- und -lungenödem [HLÖ]). Gesucht wurde in der Datenbank Medline nach Arbeiten aus dem Zeitraum 1960–2011.

Ergebnisse: Höhenkrankheiten treten durch den Sauerstoffmangel in der Höhe bei ansonsten Gesunden auf, die nichtakklimatisiert zu schnell zu hoch gelangen. Ein weiterer Risikofaktor ist die individuelle Anfälligkeit, die nur durch eine vorangehende vergleichbare Exposition festgestellt werden kann. Die Inzidenz für die ABK liegt in einer unselektionierten Bergsteigerpopulation auf 4 500 m bei 50 %, für das HHÖ bei 0,5–1 % und das HLÖ bei etwa 6 %. Bei Patienten mit internistischen, vor allem pulmonalen und kardialen Vorerkrankungen können durch den Sauerstoffmangel Symptome der Grunderkrankung auftreten. Die Beratung basiert daher auf der Einschätzung des Erkrankungsrisikos durch das geplante Höhenprofil der Reise, der Einstufung der Höhentauglichkeit (kardiopulmonaler Status und Leistungsfähigkeit) und der Abschätzung der Anfälligkeit für eine Höhenkrankheit. Symptome und Therapie potenzieller Höhenkrankheiten sollten den Reisenden erklärt werden.

Schlussfolgerungen: Gute Kenntnisse in der Physiologie der Höhenanpassung sowie der Pathophysiologie und Klinik der Höhenkrankheiten sind die Grundlagen einer kompetenten Beratung, die das Auftreten von lebensbedrohlichen, höhenbedingten Erkrankungen verhindern soll.

► Zitierweise

Schommer K, Bärtsch P: Basic medical advice for travelers to high altitudes. Dtsch Arztebl Int 2011; 108(49): 839–48. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0839

Das Tourismus-Angebot für Trekking oder Kulturreisen nach Tibet und in die Anden ist groß. Einfach zu besteigende 5 000 bis knapp 7 000 m hohe Berge wie der Kilimandscharo, Vulkane in Mexiko und Ecuador oder der Aconcagua können auch ohne Höhenerfahrung gebucht werden. Höhenlagen zwischen 2 000 und 3 000 m werden zunehmend zum Bergwandern und Skifahren bereist. Nicht selten befragen Patienten ihren Arzt zu Gefahren einer solchen Unternehmung und zur besten Vorbereitung. Um kompetent zu beraten, ist neben Basiskenntnissen aus der Tropen- und Reisemedizin auch ein Wissen um Höhenanpassung und Höhenkrankheiten sowie um die Auswirkungen der Hypoxie auf vorbestehende Krankheiten wichtig.

Lernziele

Die vorliegende Arbeit soll dem Leser folgende Lerninhalte vermitteln:

- Die wesentlichen Risikofaktoren für eine akute Bergkrankheit, ein Höhenhirn- und ein Höhenlungenödem identifizieren zu können,
- die notwendigen Elemente für eine kompetente höhenmedizinische Beratung kennenzulernen.

Dieser Artikel fasst, basierend auf einer selektiven Literaturrecherche, die wichtigsten Punkte hierzu zusammen.

Physiologie der Anpassung

Akute Höhenanpassung

Mit steigender Höhe fallen der Luftdruck und damit der O₂-Partialdruck (PO₂) in der Umgebungsluft, der arterielle PO₂ sowie die O₂-Sättigung. Die Hypoxämie wird über die peripheren Chemorezeptoren wahrgenommen (1, 2). Sie lösen eine Hyperventilation aus, die den alveolären PO₂ etwas anhebt, und aktivieren den Sympathikus, der die Herzfrequenz erhöht und dadurch den geringeren O₂-Gehalt pro Herzschlag kompensiert. Diese akute Anpassung

Akute Höhenanpassung

Mit steigender Höhe fallen der Luftdruck und damit der PO₂ in der Umgebungsluft, der arterielle PO₂ sowie die O₂-Sättigung. Die Hypoxämie wird über die peripheren Chemorezeptoren wahrgenommen und führt zu einer Steigerung der Ventilation.

TABELLE 1

Einteilung der Höhenlagen (modifiziert nach [3])

Höhenlage ¹	Bemerkungen
Tiefland (0–500 m)	keine höhenassoziierten Probleme
niedrige Höhe (> 500–2 000 m)	– geringe Beeinträchtigung der aeroben Leistungsfähigkeit wird nachweisbar, insbesondere bei gut trainierten Personen – keine zusätzlichen Probleme für stabile Patienten ² bei gegenüber dem Tiefland unveränderter körperlicher Aktivität
moderate Höhe (> 2 000–3 000 m)	– Schwellenhöhe für das Auftreten der akuten Bergkrankheit, in der Regel keine Gefahr für Höhenhirn- und Höhenlungenödem, Akklimation wird wichtiger für Leistungsfähigkeit – wird in der Regel von Patienten ² mit stabiler Krankheit und genügender Leistungsreserve gut toleriert; Aktivität in den ersten Tagen reduzieren und langsamer Aufstieg > 2 000 m; Kontraindikationen beachten (<i>Kasten</i>)
große Höhe (> 3 000–5 500 m)	– Akklimation wichtig für Prävention der Höhenkrankheiten, deutliche Beeinträchtigung der Leistungsfähigkeit – 3 000–4 000 m: auch stabile Patienten ² mit guter Leistungsfähigkeit nur nach sorgfältiger Evaluation – > 4 000 m: Patienten ² in der Regel abraten
extreme Höhe (> 5 500 m)	– permanenter Aufenthalt führt zu fortschreitendem körperlichen Abbau (Leistungsverlust, Katabolismus) – kurze Aufenthalte nur für gesunde, gut trainierte Personen

¹ Terminologie wurde von einem internationalen Expertengremium vorgeschlagen (3)
² Patienten mit kardiovaskulären und pulmonalen Krankheiten, die durch Hypoxie verschlechtert werden können

TABELLE 2

Übersicht über Höhenkrankheiten

	Leitsymptome	Befunde	empfohlene Literatur
akute Bergkrankheit (ABK)	– Kopfschmerz – Inappetenz – Übelkeit – Schwindel – Schlafstörungen – „Kater“-Gefühl	– gelegentlich periphere Ödeme – cMRT: keine relevante Hirn-schwellung	(7)
Höhenhirnödem (HHÖ)	– therapierefraktäre ABK-Symptome als Hinweis auf Übergang zu HHÖ – Ataxie – Bewusstseinsstörung – Koma	– Rumpfataxie, Somnolenz bis Koma – ausgeprägte Hypoxämie – Mikrohämmorrhagien im cMRT	(10)
Höhenlungenödem (HLÖ)	– Leistungseinbruch – Dyspnoe – Orthopnoe – Husten	– feuchte Rasselgeräusche Unter- und Mittelfelder – extrem tiefe O ₂ -Sättigung – Zyanose – alveoläres Ödem im Röntgen-Thorax	(12)

ABK: akute Bergkrankheit; HLÖ: Höhenlungenödem; HHÖ: Höhenhirnödem; cMRT: craniale MRT (Schädel-MRT); O₂: Sauerstoff

kann nicht verhindern, dass der maximale Sauerstofftransport, und somit die maximale aerobe Leistungsfähigkeit (VO_{2max}), eingeschränkt ist. Der Untrainierte verliert circa 1 % seiner VO_{2max} pro 100 m über 1 500 m, so dass in 2 500 m Höhe ein Leistungsverlust von 10 %, in 4 000 m von 25 % und in 8 000 m von 65 % resultiert (3). Submaximale Belastungen können in der Höhe gegenüber dem Tiefland nur mit einer höheren Ventilation und Herzfrequenz bewältigt werden. Der systemische Blutdruck ändert sich akut nicht wesentlich, weil sich die sympathische Aktivierung und direkte gefäßerweiternde Wirkung der Hypoxie in der peripheren Zirkulation neutralisieren (4).

Höhenakklimatisation

Die Sauerstoffversorgung wird durch einen weiteren Anstieg der Ventilation („ventilatorische Akklimation“), der in großer Höhe (Definition in *Tabelle 1*) über 1–2 Wochen anhält und gegenüber Tiefland auch bei längerem Aufenthalt erhöht bleibt (e1), und durch eine Abnahme des Plasmavolumens (e2) innerhalb der ersten Tage verbessert (3). Die gesteigerte Erythropoese (e2) führt nach 2–3 Wochen oberhalb einer Höhe von 2 000–2 500 m zu einem weiteren Anstieg des Hämoglobins. Diese Mechanismen sorgen dafür, dass die Menge Sauerstoff, die pro Volumeneinheit Blut transportiert wird, nach Akklimation höher sein kann als im Tiefland. Dadurch verbessert sich die submaximale Leistungsfähigkeit – bei gleicher Belastung sinken Herzfrequenz, Atemnot und Belastungsempfinden (e3). Die VO_{2max} wird jedoch trotz Akklimation in Höhen > 4 000 m nicht mehr verbessert, weil die Akklimation zu einer Umverteilung der Durchblutung zuungunsten der Muskulatur führt und nicht zur Zunahme des Herzminutenvolumens (e4). Während eines längeren Höhenaufenthaltes nimmt der systemische Blutdruck infolge einer zunehmenden sympathischen Aktivierung zu, in 4 500 m Höhe etwa 10 mm Hg (4, e5, e6).

Höhenkrankheiten

Man unterscheidet die akute Bergkrankheit (ABK), das Höhenhirn- (HHÖ) und das Höhenlungenödem (HLÖ). *Tabelle 2* gibt einen Überblick über Leitsymptome und wesentliche klinische Untersuchungsergebnisse – die angegebenen Referenzen sind Empfehlungen für ein weiterführendes Studium.

Einteilung der Höhenkrankheiten

- akute Bergkrankheit
- Höhenhirnödem
- Höhenlungenödem

Höhenakklimatisation

Die Sauerstoffversorgung wird durch einen weiteren Anstieg der Ventilation und durch eine Abnahme des Plasmavolumens innerhalb der ersten Tage verbessert.

Gemeinsame Risikofaktoren sind

- absolute Höhe
- Aufstiegsgeschwindigkeit
- individuelle Prädisposition und
- mangelnde Akklimation (5).

Die Grafik zeigt die Bedeutung dieser Determinanten für die ABK in 4 559 m Höhe.

Entscheidend für die Einschätzung des Risikos für eine der Höhenkrankheiten sind daher das Aufstiegsprofil, insbesondere die Übernachtungshöhe, und die individuelle Anfälligkeit, die nur aus der Schilderung früherer Höhengaufenthalte abgeschätzt werden kann.

Akute Bergkrankheit

Leitsymptom der akuten Bergkrankheit (ABK; „acute mountain sickness“ = AMS) (6, 7) ist der Kopfschmerz. Daneben kommen unspezifische Symptome wie Krankheitsgefühl, Schwindel, Inappetenz, Übelkeit und Schlafstörung vor.

Die akute Bergkrankheit manifestiert sich nach frühestens 4–6 Stunden oberhalb von 2 000–2 500 m. Je nach Definition der akuten Bergkrankheit und untersuchtem Kollektiv (Bergsteiger versus Touristen) beträgt die Prävalenz 8–25 % in 2 500–3 000 m und 40–60 % in 4 500 m Höhe (e7–e9).

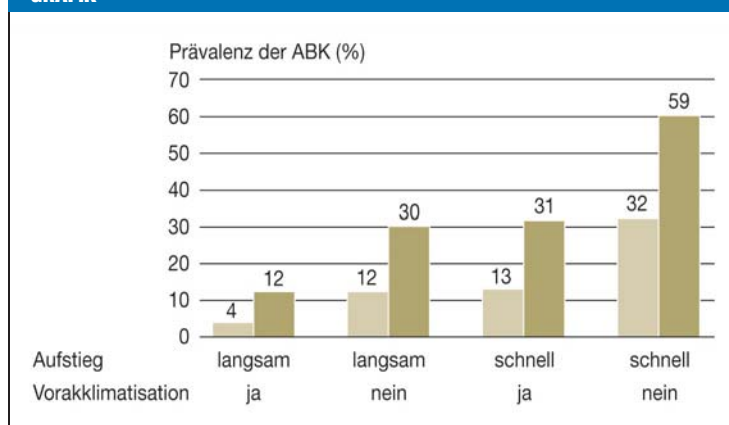
Die akute Bergkrankheit ist meist nach der ersten Nacht in einer neuen, größeren Höhe am stärksten ausgeprägt. Intensive körperliche Anstrengung begünstigt oder verstärkt sie (e10).

Bei Verzicht auf einen weiteren Höhengewinn und körperlicher Schonung verschwinden die Symptome meist innerhalb von 24–48 h. Gefährlich ist, wenn trotz Symptomen weiter aufgestiegen wird, da die akute Bergkrankheit dann in ein Höhenhirnödem (HHÖ) übergehen kann. Die Pathophysiologie ist nicht geklärt.

Die akute Bergkrankheit ist meist mit einer ausgeprägteren Hypoxämie assoziiert, die durch eine geringere Steigerung der Atmung und eine Beeinträchtigung des Gasaustausches durch ein interstitielles Lungenödem bedingt sein könnte (e11). Da die Symptome Migräne-ähnlich sind, wird eine Aktivierung des trigemino-vaskulären Systems als Ursache der Beschwerden diskutiert (e12, e13).

Mehrere Schädel-MRT-Untersuchungen (MRT, Magnetresonanztomographie) haben gezeigt, dass bei akuter Bergkrankheit keine relevante Gehirnschwellung vorliegt (8, e14, e15).

GRAFIK



Prävalenz der akuten Bergkrankheit (ABK) in 4 559 m Höhe in Abhängigkeit von Aufstiegsgeschwindigkeit, Vorakklimation und Anfälligkeit für ABK bei 827 Bergsteigern. Langsamer Aufstieg wurde definiert als > 3 Tage ab einer Höhe von 2 000 m und Vorakklimation als > 4 Tage über 3 000 m in den letzten 2 Monaten. Als nicht anfällig für ABK wurden Bergsteiger klassiert, die selten oder nie Kopfschmerzen bei Höhengaufenthalten über 3 000 m und einen Anamnesescore < 4 haben (modifiziert nach [5]).

TABELLE 3

Prävalenz des Höhenlungenödems (HLÖ)

	Höhe	Aufstieg innert	Häufigkeit
Alpen (Bergsteigerpopulation)	4 559 m	2–4 Tagen	< 0,8 %
Himalaya (Trekking)	5 450 m	6 Tagen	2,3 %
Alpen (nicht HLÖ-Anfällige)	4 559 m	22 Stunden	6 %
Himalaya (Soldaten)	5 400 m	< 10 Stunden	15,5 %
Alpen (HLÖ-Anfällige)	4 559 m	22 Stunden	62 %

Höhenhirnödem

Meist gehen dem Höhenhirnödem (HHÖ; „high altitude cerebral edema“, HACE) (9) ABK-Symptome wie therapierefraktäre Kopfschmerzen und Erbrechen voraus. Die Abwesenheit von Symptomen der akuten Bergkrankheit schließt aber ein Höhenhirnödem nicht aus. Es kommt fast ausschließlich nach mindestens 48-stündigem Aufenthalt in Höhen > 4 000 m vor. Die Prävalenz wird in 4 000–5 000 m auf 0,5–1 % geschätzt. Leitsymptome sind eine

Gemeinsame Risikofaktoren für die Höhenkrankheit sind

- absolute Höhe
- Aufstiegsgeschwindigkeit
- individuelle Prädisposition
- mangelnde Akklimation

Akute Bergkrankheit

Leitsymptom der akuten Bergkrankheit ist der Kopfschmerz. Daneben kommen unspezifische Symptome wie Krankheitsgefühl, Schwindel, Inappetenz, Übelkeit und Schlafstörung vor.

TABELLE 4

Medikamentöse Therapie der Höhenkrankheiten

Höhenkrankheit	Wirkstoff	Dosis	Darreichung	Bemerkung
leichte ABK	Ibuprofen Paracetamol Metoclopramid Domperidon	400 mg 500–1 000 mg 10 mg 10 mg	p.o. p.o. p.o. p.o., s.l.	bei Bedarf, max. 4 x / 24 h bei Bedarf, max. 4 g / 24 h bei Bedarf, max. 4 x / 24 h bei Bedarf, max. 8 x / 24 h
schwere ABK	Dexamethason	4–8 mg	p.o., i.m., i.v.	alle 6 h
HHÖ	Dexamethason	4 mg	i.m., i.v.	alle 6 h
HLÖ	Nifedipin (1. Wahl) Tadalafil* ¹	20–30 mg 10 mg	p.o. p.o.	alle 8 h, Retardpräparat alle 12 h (nicht geprüft)
HLÖ mit gleichzeitigem HHÖ	wie HLÖ + Dexamethason	4–8 mg	i.m., i.v.	alle 6 h

ABK: akute Bergkrankheit; HHÖ: Höhenhirnödem; HLÖ: Höhenlungenödem; p.o.: per os; s.l.: sublingual; i.m.: intramuskulär; i.v.: intravenös
*¹ im Gegensatz zu Nifedipin (25) gibt es zu Tadalafil (und anderen Phosphodiesterasehemmern) in der Therapie eines HLÖ keine prospektiven Studien
– als Alternative zu Nifedipin aufgrund eigener nichtpublizierter Einzelfallbeobachtungen aufgeführt

Rumpfataxie mit Gehunfähigkeit und/oder Bewusstseinsstörungen, die innerhalb von Stunden in ein Koma übergehen können (10). Die arterielle Sauerstoffsättigung ist bezogen auf die Höhe sehr tief (mindestens < 20 % des höhenpezifischen Normalwertes). Betroffene haben meist Fieber. Ohne adäquate Therapie ist der Verlauf letal. Der Tod durch Einklemmung des Hirnstammes als Folge der Hirnschwellung kann innerhalb von 24 h nach Erkrankungsbeginn eintreten. Bei Patienten, die ein Höhenhirnödem überlebt haben, findet man im cMRT Mikroblutungen im Bereich des Corpus callosum (11).

Höhenlungenödem

Ein frühes Symptom eines Höhenlungenödems (HLÖ; „high altitude pulmonary edema“ = HAPE) (12) ist ein übermäßiger Leistungsverlust während des Aufstieges, oft begleitet von Dyspnoe und zunächst trockenem Husten.

Unbehandelt kommt es bei Verbleib in der Höhe, in der die ersten Symptome aufgetreten sind oder wenn gar weiter aufgestiegen wird, zu Ruhedyspnoe, Orthopnoe, blutigem Sputum, Zyanose und rasselnder Atmung. Wenn eine schwere Hypoxämie besteht, führt diese auch zu einem konkomittierenden Höhenhirnödem. Das Höhenlungenödem entwickelt sich meist nach sehr raschem Aufstieg in Höhen > 4 000 m in einem Zeitraum von 48–72 Stunden (e16). Nach

fünf Tagen tritt in der Regel in der Höhe, an die man akklimatisiert ist, kein Höhenlungenödem mehr auf.

Die Prävalenz des Höhenlungenödems hängt entscheidend von Aufstiegs geschwindigkeit, der erreichten Höhe und der individuellen Anfälligkeit ab (e17), wie *Tabelle 3* zeigt. Eine wahrscheinlich genetisch bedingte überschießende und inhomogene pulmonal-arterielle Vasokonstriktion in Hypoxie ist der entscheidende pathogenetische Faktor (13).

Wenn eine Lungenödem in geringer Höhe < 3 000 m auftritt, muss nach vorbestehenden Erkrankungen wie (latente) Linksherzinsuffizienz, Lungenembolie oder einseitig fehlender Pulmonalarterie (e18) gesucht werden.

Prophylaxe der Höhenkrankheiten

Nichtmedikamentöse Prophylaxe

Die sinnvollste Prophylaxe ist ein langsamer Höhen gewinn. Bei Anfälligkeit für ein Höhenhirnödem und Hirnlungenödem sollte die Übernachtungshöhe oberhalb von 2 500 m um maximal 300–350 m pro Tag gesteigert werden (e17). Bei ABK-Anfälligkeit werden 400–500 m pro Tag oberhalb von 2 500 m bei Trekkings mit Zielhöhen bis 5 000 m gut toleriert. In den Alpen ist es beinahe die Regel, dass bei Übernachtungshöhen bis 3 500 m schnell und oft passiv aufgestiegen wird (zum Beispiel mit Bergbahnen oder anderen Verkehrsmitteln). In dieser Höhe sind

Höhenhirnödem

Meist gehen dem Höhenhirnödem Symptome der akuten Bergkrankheit wie therapierefraktäre Kopfschmerzen und Erbrechen voraus. Die Abwesenheit von diesen Symptomen schließt aber ein Höhenhirnödem nicht aus.

Höhenlungenödem

Ein frühes Symptom eines Höhenlungenödems ist ein übermäßiger Leistungsverlust während des Aufstieges, oft begleitet von Dyspnoe und zunächst trockenem Husten.

KASTEN

Höhtoleranz bei den häufigsten kardiovaskulären und pulmonalen Krankheiten

● 1. von Höhengaufenthalten > 2 000 m abraten:

1.1 kardiovaskuläre Erkrankungen

- bis 3 Monate nach Myokardinfarkt, zerebrovaskulärem Insult, ICD-Implantation, Thromboembolie
- instabile Angina pectoris
- vor geplanten Koronarinterventionen
- Herzinsuffizienz NYHA > II
- kongenitale zyanotische und schwere nicht-zyanotische Vitien

1.2 pulmonale Erkrankungen

- pulmonal-arterielle Hypertonie
- exazerbierte oder schwere COPD (GOLD Stadium III–IV)
- FEV1 < 1 l
- CO₂-Retention
- unkontrolliertes Asthma

● 2. Höhengaufenthalte zwischen 2 000–3 000m vertretbar:

2.1 kardiale Erkrankungen

- asymptomatische oder stabile KHK (CCS I–II)
- Belastungs-EKG unauffällig bis 6 MET
- Leistungsfähigkeit altersentsprechend normal
- Blutdruck gut kontrolliert
- keine höhergradigen Herzrhythmusstörungen
- keine zusätzlichen Erkrankungen vorhanden, die den Gasaustausch beeinflussen

2.2 pulmonale Erkrankungen

- unter medikamentöser Therapie stabile Patienten mit COPD oder Asthma und genügender Leistungsreserve für geplante Aktivität

● 3. Höhengaufenthalte > 3 000 m:

- Evaluation durch Spezialisten mit Kenntnissen in Höhenmedizin und -physiologie

ICD, implantierbarer Kardioverter-Defibrillator; NYHA, New York Heart Association; COPD, chronic obstructive pulmonary disease; GOLD, global initiative for chronic obstructive lung disease; FEV1, forcierte Einsekundenkapazität; KHK, koronare Herzerkrankung; CCS, Canadian Cardiovascular Society; MET, metabolische Einheit

die Symptome der akuten Bergkrankheit meistens mild. Dennoch sollten Personen mit Anfälligkeit für die akute Bergkrankheit und Hirnlungenödem solche schnellen Aufstiege vermeiden. Wenn Höhen > 4 000 m angestrebt werden, ist ein mehrtägiger Anstieg empfehlenswert. Alternativ können Touren in mittleren Höhen zur Vorakklimatisierung durchgeführt werden: Vor einem Trekking im Himalaya mit einem schnellen Anstieg von 3 500 m auf 5 000 m kann ein vorhergehender Aufenthalt in der Alpenregion mit Übernachtungen in möglichst hohen Regionen hilfreich sein. Kürzere Aufenthalte in Hypoxie – zum Beispiel tägliches Training in meist normobarer, (durch Beimengung von Stickstoff in die Atemluft bewirkte) Hypoxie wie von spezialisierten Fitness-Studios angeboten – reichen nicht aus, um bei raschem Aufstieg in Höhen > 4 000 m einen Schutz vor Höhenkrankheiten zu bieten (14).

Medikamentöse Prophylaxe

Eine medikamentöse Prophylaxe sollte erwogen werden, wenn bei bekannter Anfälligkeit keine Möglichkeit eines langsamen Aufstieges oder einer Vorakklimatisationsperiode gegeben ist.

Zur Wirksamkeit der medikamentösen Prophylaxe gibt es zahlreiche placebokontrollierte, prospektive Studien bei akuter Bergkrankheit und Höhenlungenödem, nicht jedoch zum Höhenhirnödem. Bislang sind hierzu keine Cochrane-Reviews erschienen.

Die Wirksamkeit von Azetazolamid (2 × 250 mg/Tag) zur Prophylaxe der akuten Bergkrankheit ist durch viele placebokontrollierte Doppelblindstudien belegt (15, 16, e19), auch wenn eine Metaanalyse (e20), die auf heftige Kritik stieß, zum Schluss kam, dass eine Dosis von 750 mg/Tag wirksamer sein soll. Azetazolamid führt über eine vermehrte renale Bicarbonatausscheidung zu einer azidose-getriggerten Hy-

Weitere Folgen des Höhenlungenödems

Unbehandelt kommt es bei Verbleib in der Höhe, in der die ersten Symptome des Höhenlungenödems aufgetreten sind oder wenn gar weiter aufgestiegen wird, zu Ruhedyspnoe, Orthopnoe, blutigem Sputum, Zyanose und rasselnder Atmung.

Indikation für die medikamentöse Prophylaxe

Eine medikamentöse Prophylaxe sollte erwogen werden, wenn bei bekannter Anfälligkeit keine Möglichkeit eines langsamen Aufstieges oder einer Vorakklimatisationsperiode gegeben ist.

perventilation mit Erhöhung der Sauerstoffsättigung (e21, e22). Nebenwirkungen sind Kribbelparästhesien und eine gestörte Geschmacksempfindung von kohlenstoffhaltigen Getränken. Auch Dexamethason in der Dosierung 2–3 × 4 mg/Tag (oder die Äquivalenzdosis eines anderen Steroids) kann zur Prophylaxe der akuten Bergkrankheit eingesetzt werden (e23, e24) – aufgrund der Steroidnebenwirkungen nur bei Azetazolamid-Unverträglichkeit. Bei einer Therapiedauer > 5 Tage sollten die Steroide ausgeschlossen werden. Da das Höhenhirnödem meist aus einer progredienten akuten Bergkrankheit hervorgeht, ist die Prävention der akuten Bergkrankheit gleich der eines Höhenhirnödem. In der Prophylaxe des Höhenlungenödems wirken pulmonal-arterielle Blutdrucksenker. Am besten etabliert ist hier Nifedipin (17) (60 mg retard/Tag in 2 oder 3 Dosen). Daneben können auch PDE-5-Esterase-Inhibitoren wie Tadalafil (18) (2 × 10 mg/Tag) eingesetzt werden. Auch Dexamethason (2 × 8 mg/Tag) kann das Auftreten eines Höhenlungenödems verhindern, wenn damit mindestens 24 h vor Höhenexposition begonnen wird (18).

Therapie der Höhenkrankheiten

Die Verbesserung der Sauerstoffzufuhr steht im Vordergrund. Erreicht wird dies durch Abstieg, zusätzliche Gabe von Sauerstoff oder durch Erhöhung des atmosphärischen Druckes in portablen Drucksäcken (19). Bei ersten Hinweisen auf Höhenhirnödem oder Hirnlungenödem muss immer sofort abgestiegen werden. Ist dies wegen der Schwere der Symptome nicht möglich, sollte eine Besserung der Beschwerden durch eine medikamentöse Therapie zum Abstieg genutzt werden, bis sich die Symptomatik deutlich bessert. Dazu ist in der Regel ein Abstieg um mindestens 1 000 m erforderlich. Leichte Symptome der akuten Bergkrankheit verschwinden unter Einhaltung eines Ruhetages und einer symptomatischen Therapie meist innerhalb von 24–48 h. Ist ein weiterer Höhengewinn vorgesehen, sollten die Symptome annähernd vollständig abgeklungen sein, bevor wieder aufgestiegen wird, da sonst der Übergang in ein Höhenhirnödem droht. *Tabelle 4* gibt einen Überblick zur medikamentösen Therapie der Höhenkrankheiten. Steroide sind indiziert bei schwerer akuter Bergkrankheit (20) und beim Höhenhirnödem – in der Akutbehandlung des Höhenlungenödems wirken sie nicht (e25, e26). Bei Aufhalten in großen Höhen, in denen aufgrund der fehlenden Infrastruktur ein Ab-

transport nicht sofort möglich sein könnte, gehören nach Ansicht der Autoren Dexamethason und Nifedipin in den Rucksack des höhenmedizinisch ausgebildeten Bergführers.

Beratung

Eine höhenmedizinische Beratung beinhaltet:

- die Abschätzung des Risikos für Höhenkrankheiten
- das Erkennen kardiopulmonaler Grunderkrankungen und die Einschätzung deren Bedeutung für eine Höhenexposition
- die Beurteilung der Leistungsreserve im Hinblick auf Höhe und geplante Aktivität
- die Information der Patienten über Höhenkrankheitssymptome und deren Behandlung.

Zu beachtende Risikoprofile sind im *Kasten* aufgeführt.

Höhenprofil

Zur Risikostratifizierung lässt man sich am besten ein Aufstiegsprofil erstellen, aus dem die durchschnittliche und die tägliche Höhendifferenz (bezogen auf die Übernachtungshöhe) sowie die Zielhöhe hervorgehen. Ferner sollten das Ausmaß der körperlichen Belastung (vorgesehene Etappendauer in Abhängigkeit von der Höhe), topografische Besonderheiten (Hochebenen, Überquerung von Pässen) im Hinblick auf Abstiegsmöglichkeiten sowie die medizinische Infrastruktur der Region geklärt werden. Die Einteilung der Höhenlagen in *Tabelle 1* ist so gewählt, dass sich hieraus praktische Hinweise auf das Gefährdungspotenzial bezüglich verschiedener Höhen ergeben (3).

Abklärung der Voraussetzungen

Folgende Punkte sollten überprüft werden, damit abgeschätzt werden kann, ob der Patient über die Voraussetzungen für die geplante Unternehmung verfügt.

Vorbestehende Krankheiten – Insbesondere gilt es, kardiopulmonale Krankheiten, die in der Höhe dekomensieren könnten, zu erkennen. Empfehlungen für Patienten mit häufig vorkommenden Erkrankungen sind im *Kasten* zusammengefasst. Diese Ergebnisse sind aus kürzlich erschienenen Publikationen (4, 21–23), denen Interessierte weitere Informationen entnehmen können. In der Literatur findet man nur wenige prospektive Studien (e27–e49) zur

Therapie der Höhenkrankheit

Im Vordergrund der Therapie der Höhenkrankheit steht die Verbesserung der Sauerstoffzufuhr. Erreicht wird dies durch Abstieg, zusätzliche Gabe von Sauerstoff oder durch Erhöhung des atmosphärischen Druckes in portablen Drucksäcken.

Akutbehandlung

Bei Aufhalten in großen Höhen, in denen ein Abtransport nicht sofort möglich sein könnte, gehören nach Ansicht der Autoren Dexamethason und Nifedipin in den Rucksack des höhenmedizinisch ausgebildeten Bergführers.

Höhentoleranz bei vorbestehenden Erkrankungen, so dass diese Empfehlungen meist auf Expertenmeinungen beruhen.

Grundsätzlich tolerieren kardiopulmonal erkrankte Patienten, die oligo- oder asymptomatisch, stabil und adäquat behandelt sind, moderate Höhen gut, so dass bei unveränderter körperlicher Aktivität und ausreichender Leistungsreserve meist keine neuen medizinischen Probleme gegenüber dem Tiefland auftreten sollten. Die Patienten sollten sich körperlich schonen bis die Sauerstoffversorgung durch die Akklimatisation relevant verbessert ist, was in moderater Höhe nur 2–3 Tage dauert. Dies gilt auch für Skifahrer, die sich nur tagsüber zum Skifahren in 2 000–3 000 m aufhalten. Die Übernachtungshöhe sollte oberhalb 2 000 m nur um 300–400 m/d erhöht werden.

Da es zu Höhenexpositionen > 3 000 m bei vorbestehenden Erkrankungen kaum klinische Studien gibt und zahlreiche Variablen bezüglich Krankheit und Höhenphysiologie zu berücksichtigen sind, empfehlen die Autoren, solche Patienten zur Beratung an Spezialisten mit profunden Kenntnissen auf diesem Fachgebiet zu verweisen.

Beurteilung der Leistungsfähigkeit – Oft kann aufgrund der Sportanamnese unter Berücksichtigung der höhenbedingten Leistungsminderung geklärt werden, ob die Leistungsfähigkeit für die geplante Unternehmung ausreicht – die Reduktion der VO_{2max} in Abhängigkeit der Höhe wurde bereits erwähnt. Grundsätzlich gilt, wer in den Alpen zwischen 2 500 und 3 000 m beschwerdefrei mehrstündige Wanderungen in üblicher Zeit unternehmen kann, wird solche Belastungen auch eine Etage höher beim Trekking – vielleicht etwas langsamer – bewältigen. Wenn Verdacht auf eine ungenügende Leistungsfähigkeit besteht, insbesondere bei kardiopulmonal erkrankten Patienten, ist eine Spiroergometrie nötig zur Objektivierung der Leistungsfähigkeit und zur Beurteilung, ob eine krankheitsbedingte Leistungsmitrierung vorliegt.

Beurteilung der Gefährdung durch Höhenkrankheiten

Da eine große interindividuelle Variabilität bezüglich der Anfälligkeit für Höhenkrankheiten besteht, wurden viele Versuche unternommen, anfällige Personen durch Testung in akuter Hypoxie zu erfassen (e50–e52). Leider ist es nicht möglich, durch Messung der Ventilation, der Herzfrequenz, der Blutgase

oder des Lungenarteriendrucks in akuter Hypoxie anfällige Menschen mit genügender Sensitivität und Spezifität zu identifizieren (24). Keiner der gelegentlich empfohlenen Tests wurde in einer prospektiven Untersuchung validiert, mit Ausnahme der Lungenarteriendruckmessung, die eine ungenügende Sensitivität zur Identifikation von Höhenlungenödem-anfälligen Personen zeigte (eigene, noch nicht publizierte Daten). Deshalb gilt weiterhin, dass der beste Prädiktor das Befinden während einer bezüglich Vorbereitung, Aufstiegs geschwindigkeit und Endhöhe vergleichbaren Exposition ist. Wenn diese Informationen nicht zur Verfügung stehen, sollte so aufgestiegen werden, dass keine Symptome der Höhenkrankheiten auftreten, beziehungsweise bei Symptomen die Möglichkeit für die Einschaltung

KERNAUSSAGEN

- In der Höhe wird die Sauerstoffversorgung des Körpers durch Akklimatisation in den ersten Tagen bis Wochen verbessert.
- Die wesentlichsten Risikofaktoren für akute Bergkrankheit, Höhenhirn- und Höhenlungenödem sind mangelnde Akklimatisation, individuelle Anfälligkeit, die schnelle Aufstiegs geschwindigkeit und die große Höhe.
- Eine kompetente medizinische Beratung für Höhengaufenthalte erfordert es, das Erkrankungsrisiko für Höhenkrankheiten abzuschätzen, kardiopulmonale Grundkrankheiten zu erkennen, die Leistungsreserve im Hinblick auf Reishöhe und geplante Aktivität zu beurteilen sowie über Symptome und Behandlung der Höhenkrankheit ausführlich aufzuklären.
- Altersentsprechend gut leistungsfähige, stabile und oligosymptomatische Patienten mit koronarer Herzkrankheit (KHK), chronisch-obstruktiver Lungenerkrankung (COPD) oder Asthma bronchiale tolerieren in der Regel Höhen bis 3 000 m gut. Bei geplanten Höhengaufenthalten über 3 000 m sollten diese Patienten von Spezialisten mit profunden Kenntnissen aus Höhenphysiologie und -medizin beurteilt werden.
- Durch die adäquate höhenmedizinische Beratung können lebensbedrohliche höhenbedingte Erkrankungen vermieden werden.

Beurteilung der Leistungsfähigkeit

Grundsätzlich gilt, wer in den Alpen zwischen 2 500 und 3 000 m beschwerdefrei mehrstündige Wanderungen in üblicher Zeit unternehmen kann, wird solche Belastungen auch eine Etage höher beim Trekking – vielleicht langsamer – bewältigen.

Beurteilung der Gefährdung durch Höhenkrankheiten

Bester Prädiktor ist das Befinden während einer bezüglich Vorbereitung, Aufstiegs geschwindigkeit und Endhöhe vergleichbaren Exposition.

von Ruhetagen besteht. Es wurde gezeigt, dass selbst Höhenlungenödem-anfällige Patienten beschwerdefrei bleiben, wenn sie ab einer Höhe von 2 000 m im Durchschnitt 300–350 m pro Tag aufsteigen (e16). Nichtanfällige Personen tolerieren 400–500 m pro Tag (e53). Wenn die Endhöhe über 5 000–6 000 m liegt, soll langsamer aufgestiegen werden – wenn vorakklimatisiert wurde, sind wesentlich raschere Aufstiege möglich.

Eine medikamentöse Prophylaxe kann dann erwogen werden, wenn die Wahrscheinlichkeit für das Auftreten von akuter Bergkrankheit oder Höhenlungenödem groß ist, das heißt bei unbekannter Anfälligkeit und schnellem Aufstieg (zum Beispiel Kilimandscharo-Besteigung in 4–5 Tagen) oder wenn bei bekannter Anfälligkeit ein relativ schneller Anstieg unumgänglich ist. Eine Prophylaxe des Höhenlungenödems mit pulmonalen Vasodilatoren sollte nur verordnet werden, wenn die Anamnese ein Höhenlungenödem aufweist.

Information über Höhenkrankheiten

Die Höhenreisenden sollten über gute Kenntnisse bezüglich Höhenkrankheiten und Verhaltensregeln beim Auftreten von Symptomen verfügen. Diese Informationen findet man in entsprechenden Büchern oder auch auf der Homepage verschiedener höhenmedizinischer Gesellschaften, wie zum Beispiel dem Mountain Medicine Information Center (www.ismmed.org). Für Ärzte besteht die Möglichkeit, sich in höhenmedizinischen Kursen, die von der Deutschen Gesellschaft für Sportmedizin und Prävention (DGSP) in Zusammenarbeit mit der Abteilung Sportmedizin der Universität Heidelberg (<http://ams-die-akademie.de>) oder von der Deutschen Gesellschaft für Berg und Expeditionsmedizin (www.bexmed.de) angeboten werden, in Höhenmedizin weiterzubilden und ein Diplom zu erwerben, das von der International Society for Mountain Medicine (ISMM) lizenziert ist.

Interessenkonflikt

Dr. Schommer erklärt, dass kein Interessenkonflikt besteht.

Prof. Bärtsch wurde für Vorträge honoriert von den Firmen Boehringer Ingelheim und MSD. Ferner bekam er Sachmittel und Geräte für Forschungsprojekte von den Firmen Geratherm, Actelion, Lilly, Boehringer Ingelheim und Viasys.

Manuskriptdaten

eingereicht: 1. 6. 2011, revidierte Fassung angenommen: 8. 9. 2011

LITERATUR

- Smith CA, Bisgard GE, Nielsen AM, Daristotle L, Kressin NA, Forster HV, et al.: Carotid bodies are required for ventilatory acclimatization to chronic hypoxia. *J Appl Physiol* 1986; 60: 1003–10.
- Heistad DD, Abboud FM: Dickinson W. Richards Lecture: Circulatory adjustments to hypoxia. *Circulation* 1980; 61: 463–70.
- Bartsch P, Saltin B: General introduction to altitude adaptation and mountain sickness. *Scand J Med Sci Sports* 2008; 18 Suppl 1: 1–10.
- Bartsch P, Gibbs JS: Effect of altitude on the heart and the lungs. *Circulation* 2007; 116: 2191–202.
- Schneider M, Bernasch D, Weymann J, Holle R, Bartsch P: Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure, and ascent rate. *Med Sci Sports Exerc* 2002; 34: 1886–91.
- Hackett PH, Roach RC: High-altitude illness. *N Engl J Med* 2001; 345: 107–14.
- Bartsch P, Bailey DM, Berger MM, Knauth M, Baumgartner RW: Acute mountain sickness: controversies and advances. *High Alt Med Biol* 2004; 5: 110–24.
- Kallenberg K, Bailey DM, Christ S, Mohr A, Roukens R, Menold E, et al.: Magnetic resonance imaging evidence of cytotoxic cerebral edema in acute mountain sickness. *J Cereb Blood Flow Metab* 2007; 27: 1064–71.
- Hackett PH, Roach RC: High altitude cerebral edema. *High Alt Med Biol* 2004; 5: 136–46.
- Wilson MH, Newman S, Imray CH: The cerebral effects of ascent to high altitudes. *Lancet Neurol* 2009; 8: 175–91.
- Kallenberg K, Dehnert C, Dorfler A, Schellinger PD, Bailey DM, Knauth M, et al.: Microhemorrhages in nonfatal high-altitude cerebral edema. *J Cereb Blood Flow Metab* 2008; 28: 1635–42.
- Bartsch P, Mairbaurl H, Maggiorini M, Swenson ER: Physiological aspects of high-altitude pulmonary edema. *J Appl Physiol* 2005; 98: 1101–10.
- Dehnert C, Berger MM, Mairbaurl H, Bartsch P: High altitude pulmonary edema: a pressure-induced leak. *Respir Physiol Neurobiol* 2007; 158: 266–73.
- Schommer K, Wiesegart N, Menold E, Haas U, Lahr K, Buhl H, et al.: Training in normobaric hypoxia and its effects on acute mountain sickness after rapid ascent to 4559 m. *High Alt Med Biol* 2010; 11: 19–25.
- Hackett PH, Rennie D, Levine HD: The incidence, importance, and prophylaxis of acute mountain sickness. *Lancet* 1976; 2: 1149–55.
- Forwand SA, Landowne M, Follansbee JN, Hansen JE: Effect of acetazolamide on acute mountain sickness. *N Engl J Med* 1968; 279: 839–45.
- Bartsch P, Maggiorini M, Ritter M, Noti C, Vock P, Oelz O: Prevention of high-altitude pulmonary edema by nifedipine. *N Engl J Med* 1991; 325: 1284–9.
- Maggiorini M, Brunner-La Rocca HP, Peth S, Fischler M, Bohm T, Bernheim A, et al.: Both tadalafil and dexamethasone may reduce the incidence of high-altitude pulmonary edema: a randomized trial. *Ann Intern Med* 2006; 145: 497–506.

Aufklärung notwendig

Höhenreisende sollten über gute Kenntnisse bezüglich Höhenkrankheiten und Verhaltensregeln beim Auftreten von Symptomen verfügen.

19. Bartsch P, Merki B, Hofstetter D, Maggiorini M, Kayser B, Oelz O: Treatment of acute mountain sickness by simulated descent: a randomised controlled trial. *BMJ* 1993; 306: 1098–101.
20. Ferrazzini G, Maggiorini M, Kriemler S, Bartsch P, Oelz O: Successful treatment of acute mountain sickness with dexamethasone. *Br Med J (Clin Res Ed)* 1987; 294: 1380–2.
21. Luks AM, Swenson ER: Travel to high altitude with pre-existing lung disease. *Eur Respir J* 2007; 29: 770–92.
22. Rimoldi SF, Sartori C, Seiler C, Delacretaz E, Mattle HP, Scherrer U, et al.: High-altitude exposure in patients with cardiovascular disease: risk assessment and practical recommendations. *Prog Cardiovasc Dis* 2010; 52: 512–24.
23. Dehnert C, Bartsch P: Can patients with coronary heart disease go to high altitude? *High Alt Med Biol* 2010; 11: 183–8.
24. Bärtsch P, Grünig E, Hohenhaus E, Dehnert C: Beurteilung der Höhentauglichkeit beim Gesunden. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin* 2000; 50: 401–6.
25. Oelz O, Maggiorini M, Ritter M, Waber U, Jenni R, Vock P, et al.: Nifedipine for high altitude pulmonary oedema. *Lancet* 1989; 2: 1241–4.

Anschrift für die Verfasser

Dr. med. Kai Schommer
 Medizinische Universitätsklinik Heidelberg,
 Innere Medizin VII: Sportmedizin
 Im Neuenheimer Feld 410, 69120 Heidelberg
 kai.schommer@med.uni-heidelberg.de

SUMMARY

Basic Medical Advice for Travelers to High Altitudes

Background: High altitude travel, for mountain climbing, trekking, or sightseeing, has become very popular. Therefore, the awareness of its dangers has increased, and many prospective travelers seek medical advice before setting forth on their trip.

Methods: We selectively searched the literature for relevant original articles and reviews about acclimatization to high altitude and about high altitude related illnesses, including acute mountain sickness (AMS), high altitude cerebral edema (HACE), and high altitude pulmonary edema (HAPE) (search in Medline for articles published from 1960–2010).

Results: High altitude related illnesses are caused by hypoxia and the resulting hypoxemia in otherwise healthy persons who travel too high too fast, with too little time to become acclimatized. The individual susceptibility to high altitude related illness is a further risk factor that can only be recognized in persons who have traveled to high altitudes in the past. In an unselected group of mountain climbers, 50% had AMS at 4500 meters, while 0.5–1% had HACE and 6% had HAPE at the same altitude. Persons with preexisting illnesses, particularly of the heart and lungs, can develop symptoms of their underlying disease at high altitudes because of hypoxia. Thus, medical advice is based on an assessment of the risk of illness in relation to the intended altitude profile of the trip, in consideration of the prospective traveler's suitability for high altitudes (cardiopulmonary performance status, exercise capacity) and individual susceptibility to high altitude related illnesses, as judged from previous exposures. The symptoms and treatment of high altitude related illnesses should be thoroughly explained.

Conclusion: An understanding of the physiology of adaptation to high altitudes and of the pathophysiology and clinical manifestations of high altitude related illnesses provides a basis for the proper counseling of prospective travelers, through which life-threatening conditions can be prevented.

Zitierweise

Schommer K, Bärtsch P: Basic medical advice for travelers to high altitudes. *Dtsch Arztebl Int* 2011; 108(49): 839–48. DOI: 10.3238/arztebl.2011.0839



Mit „e“ gekennzeichnete Literatur:
www.aerzteblatt.de/lit4911

The English version of this article is available online:
www.aerzteblatt-international.de

Weitere Informationen zu cme

Dieser Beitrag wurde von der Nordrheinischen Akademie für ärztliche Fort- und Weiterbildung zertifiziert. Die erworbenen Fortbildungspunkte können mit Hilfe der Einheitlichen Fortbildungsnummer (EFN) verwaltet werden.

Unter cme.aerzteblatt.de muss hierfür in der Rubrik „Meine Daten“ oder bei der Registrierung die EFN in das entsprechende Feld eingegeben werden und durch Bestätigung der Einverständniserklärung aktiviert werden.

Die 15-stellige EFN steht auf dem Fortbildungsausweis.

Wichtiger Hinweis

Die Teilnahme an der zertifizierten Fortbildung ist ausschließlich über das Internet möglich: cme.aerzteblatt.de

Einsendeschluss ist der 20. 1. 2012

Einsendungen, die per Brief oder Fax erfolgen, können nicht berücksichtigt werden.

Die Lösungen zu dieser cme-Einheit werden in Heft 5/2012 an dieser Stelle veröffentlicht.

Die cme-Einheit „Impfempfehlungen für Deutschland“ (Heft 45/2011) kann noch bis zum 23. 12. 2011 bearbeitet werden.

Für Heft 1–2/2011 ist das Thema „funktionelle Darmbeschwerden“ vorgesehen.

Lösungen zur cme-Einheit in Heft 41/2011:

Meye, H-J, Wilke H: Behandlungsstrategien beim Magenkarzinom. Lösungen: 1a, 2b, 3c, 4a, 5b, 6c, 7e, 8e, 9c, 10c

Bitte beantworten Sie folgende Fragen für die Teilnahme an der zertifizierten Fortbildung. Pro Frage ist nur eine Antwort möglich. Bitte entscheiden Sie sich für die am ehesten zutreffende Antwort.

Frage Nr. 1

Welche Reaktion wird durch die peripheren Chemo-rezeptoren in der Höhe ausgelöst?

- a) eine Synkope
- b) eine Blutdruckabsenkung
- c) eine Steigerung der Ventilation
- d) ein Perfusionssyndrom
- e) eine Bronchiektase

Frage Nr. 2

Wie ist laut Empfehlung eines Expertengremiums der Begriff der „großen Höhe“ in Bezug auf die Einteilung der Höhenlagen definiert?

- a) zwischen 0 und 500 Meter
- b) mehr als 500 Meter bis 2 000 Meter
- c) mehr als 2 000 Meter bis zu 3 000 Meter
- d) mehr als 3 000 Meter bis 5 500 Meter
- e) mehr als 5 500 Meter

Frage Nr. 3

Welches Leitsymptom ist ein typischer Hinweis auf ein Höhenlungenödem?

- a) Dyspnoe
- b) Inappetenz
- c) periphere Ödeme
- d) chronisch obstruktive Bronchitis
- e) Somnolenz

Frage Nr. 4

Was ist das Leitsymptom der akuten Bergkrankheit?

- a) Herz-Kreislauf-Störungen
- b) Blutdruckabfall
- c) Diarrhö
- d) Erbrechen
- e) Kopfschmerz

Frage Nr. 5

Bei einer Trekkingtour im Himalaya sind sie als betreuender Arzt dabei. Seit 48 Stunden befinden Sie sich in einer Höhe von 5 300 Metern. Ein durchtrainierter Bergsteiger, der bei früheren Touren in den Alpen bereits Symptome einer akuten Bergkrankheit hatte, ist nach einer Pause nicht mehr fähig zu gehen, gerade zu sitzen und schwankt mit dem Oberkörper hin und her. Welche Diagnose ziehen Sie in Betracht?

- a) akutes Erschöpfungssyndrom
- b) fortgeschrittene Dehydratation
- c) Höhenhirnödem
- d) Höhenlungenödem
- e) Lumbago

Frage Nr. 6

Was ist die sinnvollste Prophylaxe der Höhenkrankheiten, wenn Höhen von mehr als 4 000 Metern angestrebt werden?

- a) Training in einer Unterdruckkammer
- b) Hypoxietraining in spezialisierten Fitness-Studios
- c) Sprinttraining am Hang
- d) mehrtägiger Aufstieg
- e) einwöchiges Höhenwandern im Schwarzwald

Frage Nr. 7

Welcher Wirkstoff sollte zur Prophylaxe der akuten Bergkrankheit eingesetzt werden, wenn eine Unverträglichkeit von Azetazolamid vorliegt?

- a) Dexamethason
- b) Ibuprofen
- c) Acetylsalicylsäure
- d) Diphenhydramin
- e) Betahistin

Frage Nr. 8

Ihr Patient, ein sportlicher Skifahrer, der vor 2 Monaten einen Myokardinfarkt erlitten hat, möchte gerne in einem über 2 300 Meter gelegenen Wintersportort in der nächsten Woche skifahren. Was raten Sie ihm am ehesten?

- a) den Urlaub unter ärztlicher Aufsicht vorzunehmen
- b) eine medikamentöse Prophylaxe gegen eine mögliche akute Bergkrankheit einzupacken
- c) in die Wärme zu fahren, weil das Risiko für einen Infekt in der Kälte erhöht ist
- d) den Urlaub anzutreten, aber mit dem Skifahren aufzuhören, weil die Verletzungsgefahr zu groß ist
- e) den Urlaub unterhalb von 2 000 Metern zu verbringen

Frage Nr. 9

Welche Maßnahme ist die vordringlichste bei Verdacht auf ein Höhenlungen- oder Höhenhirnödem?

- a) Ruhetag
- b) Einnahme von Nifedipin
- c) Einnahme von Sildenafil
- d) sofortiger Abstieg
- e) Einnahme von Azetazolamid

Frage Nr. 10

Welcher Befund ist häufig bei Patienten anzutreffen, die ein Höhenhirnödem überlebt haben?

- a) Mikroblutungen im Bereich des Corpus callosum
- b) Läsionen im Hypothalamus
- c) Mikroaneurysmen im frontalen Cortex
- d) hyperintense Marklagerläsionen periventrikulär, vorwiegend in den temporo- occipitoparietalen Abschnitten
- e) symmetrische Läsionen in den Parietallappen

ÜBERSICHTSARBEIT

Basiswissen für die höhenmedizinische Beratung

Kai Schommer, Peter Bärtsch

eLITERATUR

- e1. Bender PR, McCullough RE, McCullough RG, Huang SY, Wagner PD, Cymerman A, et al.: Increased exercise SaO₂ independent of ventilatory acclimatization at 4,300 m. *J Appl Physiol* 1989; 66: 2733–8.
- e2. Grover RF, Bärtsch P: Blood. In: Hornbein TF, Schoene RB (eds.): *High altitude – an exploration of human adaptation*. New York: Marcel Dekker Inc.; 2001: 493–523.
- e3. Lundby C, Calbet JA, van Hall G, Saltin B, Sander M: Pulmonary gas exchange at maximal exercise in Danish lowlanders during 8 wk of acclimatization to 4,100 m and in high-altitude Aymara natives. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2004; 287: R1202–8.
- e4. Calbet JA, Boushel R, Radegran G, Sondergaard H, Wagner PD, Saltin B: Why is VO_{2 max} after altitude acclimatization still reduced despite normalization of arterial O₂ content? *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol* 2003; 284: R304–16.
- e5. Hansen J, Sander M: Sympathetic neural overactivity in healthy humans after prolonged exposure to hypobaric hypoxia. *J Physiol* 2003; 546: 921–9.
- e6. Reeves JT, Mazzeo RS, Wolfel EE, Young AJ: Increased arterial pressure after acclimatization to 4300 m: possible role of norepinephrine. *Int J Sports Med* 1992; 13 Suppl 1: S18–21.
- e7. Maggiorini M, Buhler B, Walter M, Oelz O: Prevalence of acute mountain sickness in the Swiss Alps. *BMJ* 1990; 301: 853–5.
- e8. Honigman B, Theis MK, Koziol-McLain J, Roach R, Yip R, Houston C, et al.: Acute mountain sickness in a general tourist population at moderate altitudes. *Ann Intern Med* 1993; 118: 587–92.
- e9. Montgomery AB, Mills J, Luce JM: Incidence of acute mountain sickness at intermediate altitude. *JAMA* 1989; 261: 732–4.
- e10. Roach RC, Maes D, Sandoval D, Robergs RA, Icenogle M, Hinghofer-Szalkay H, et al.: Exercise exacerbates acute mountain sickness at simulated high altitude. *J Appl Physiol* 2000; 88: 581–5.
- e11. Bärtsch P, Swenson ER, Paul A, Julg B, Hohenhaus E: Hypoxic ventilatory response, ventilation, gas exchange, and fluid balance in acute mountain sickness. *High Alt Med Biol* 2002; 3: 361–76.
- e12. Sanchez del Rio M, Moskowitz MA: High altitude headache – Lessons from headaches at sea level. In: Roach RC, Wagner PD, Hackett PH (eds.): *Hypoxia: Into the Next Millennium*. New York: Kluwer Academic/Plenum Publishers; 1999: 145–53.
- e13. Bailey DM, Bärtsch P, Knauth M, Baumgartner RW: Emerging concepts in acute mountain sickness and high-altitude cerebral edema: from the molecular to the morphological. *Cell Mol Life Sci* 2009; 66: 3583–94.
- e14. Fischer R, Vollmar C, Thiery M, Born C, Leitl M, Pfluger T, et al.: No evidence of cerebral oedema in severe acute mountain sickness. *Cephalalgia* 2004; 24: 66–71.
- e15. Schoonman GG, Sandor PS, Nirkko AC, Lange T, Jaermann T, Dydak U, et al.: Hypoxia-induced acute mountain sickness is associated with intracellular cerebral edema: a 3 T magnetic resonance imaging study. *J Cereb Blood Flow Metab* 2008; 28: 198–206.
- e16. Bärtsch P: High altitude pulmonary edema. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: S23–27.
- e17. Bärtsch P, Maggiorini M, Mairbaurl H, Vock P, Swenson ER: Pulmonary extravascular fluid accumulation in climbers. *Lancet* 2002; 360: 571; author reply 571–2.
- e18. Hackett PH, Creagh CE, Grover RF, Honigman B, Houston CS, Reeves JT, et al.: High-altitude pulmonary edema in persons without the right pulmonary artery. *N Engl J Med* 1980; 302: 1070–3.
- e19. Larson EB, Roach RC, Schoene RB, Hornbein TF: Acute mountain sickness and acetazolamide. Clinical efficacy and effect on ventilation. *JAMA* 1982; 248: 328–32.
- e20. Dumont L, Mardirosoff C, Tramer MR: Efficacy and harm of pharmacological prevention of acute mountain sickness: quantitative systematic review. *BMJ* 2000; 321: 267–72.
- e21. Sutton JR, Houston CS, Mansell AL, McFadden MD, Hackett PM, Rigg JR, et al.: Effect of acetazolamide on hypoxemia during sleep at high altitude. *N Engl J Med* 1979; 301: 1329–31.
- e22. Birmingham Medical Research Expeditionary Society Mountain Sickness Study Group: Acetazolamide in control of acute mountain sickness. *Lancet* 1981; 1: 180–3.
- e23. Johnson TS, Rock PB, Fulco CS, Trad LA, Spark RF, Maher JT: Prevention of acute mountain sickness by dexamethasone. *N Engl J Med* 1984; 310: 683–6.
- e24. Montgomery AB, Luce JM, Michael P, Mills J: Effects of dexamethasone on the incidence of acute mountain sickness at two intermediate altitudes. *JAMA* 1989; 261: 734–6.
- e25. Bärtsch P, Vock P, Franciolli M: High altitude pulmonary edema after successful treatment of acute mountain sickness with dexamethasone. *J Wild Med* 1990; 1: 162–4.
- e26. Naeije R, Melot C: Acute pulmonary oedema on the Ruwenzori mountain range. *Br Heart J* 1990; 64: 400–2.
- e27. Okin JT: Response of patients with coronary heart disease to exercise at varying altitudes. *Adv Cardiol* 1970; 5: 92–6.
- e28. Khanna PK, Dham SK, Hoon RS: Exercise in an hypoxic environment as a screening test for ischaemic heart disease. *Aviat Space Environ Med* 1976; 47: 1114–7.
- e29. Grover RF, Tucker CE, McGroarty SR, Travis RR: The coronary stress of skiing at high altitude. *Arch Intern Med* 1990; 150: 1205–8.
- e30. Morgan BJ, Alexander JK, Nicoli SA, Brammell HL: The patient with coronary heart disease at altitude: observations during acute exposure to 3100 meters. *J Wild Med* 1990; 1: 147–53.
- e31. Roach RC, Houston CS, Honigman B, Nicholas RA, Yaron M, Grisom CK, et al.: How well do older persons tolerate moderate altitude? *West J Med* 1995; 162: 32–6.
- e32. Levine BD, Zuckerman JH, deFilippi CR: Effect of high-altitude exposure in the elderly: the Tenth Mountain Division study. *Circulation* 1997; 96: 1224–32.
- e33. Erdmann J, Sun KT, Masar P, Niederhauser H: Effects of exposure to altitude on men with coronary artery disease and impaired left ventricular function. *Am J Cardiol* 1998; 81: 266–70.
- e34. Agostoni P, Cattadori G, Guazzi M, Bussotti M, Conca C, Lomanto M, et al.: Effects of simulated altitude-induced hypoxia on exercise capacity in patients with chronic heart failure. *Am J Med* 2000; 109: 450–5.

- e35. Wyss CA, Koepfli P, Fretz G, Seebauer M, Schirlo C, Kaufmann PA: Influence of altitude exposure on coronary flow reserve. *Circulation* 2003; 108: 1202–7.
- e36. Schmid JP, Noveanu M, Gaillet R, Hellige G, Wahl A, Saner H: Safety and exercise tolerance of acute high altitude exposure (3 454 m) among patients with coronary artery disease. *Heart* 2006; 92: 921–5.
- e37. Bartscher M, Mittleman MA: Time-dependent SCD risk during mountain sports changes with age. *Circulation* 1995; 92: 3151–2.
- e38. Bartscher M, Philadelphia M, Nachbauer W, Likar R: The risk of death to trekkers and hikers in the mountains. *JAMA* 1995; 273: 460.
- e39. Bartscher M, Pachinger O, Mittleman MA, Ulmer H: Prior myocardial infarction is the major risk factor associated with sudden cardiac death during downhill skiing. *Int J Sports Med* 2000; 21: 613–5.
- e40. Arbab-Zadeh A, Levine BD, Trost JC, Lange RA, Keeley EC, Hillis LD, et al.: The effect of acute hypoxemia on coronary arterial dimensions in patients with coronary artery disease. *Cardiology* 2009; 113: 149–54.
- e41. Bartscher M, Philadelphia M, Likar R: Sudden cardiac death during mountain hiking and downhill skiing. *N Engl J Med* 1993; 329: 1738–9.
- e42. Huismans HK, Douma WR, Kerstjens HA, Renkema TE: Asthma in patients climbing to high and extreme altitudes in the Tibetan Everest region. *J Asthma* 2010; 47: 614–9.
- e43. Graham WG, Houston CS: Short-term adaptation to moderate altitude. Patients with chronic obstructive pulmonary disease. *JAMA* 1978; 240: 1491–4.
- e44. Dillard TA, Beninati WA, Berg BW: Air travel in patients with chronic obstructive pulmonary disease. *Arch Intern Med* 1991; 151: 1793–5.
- e45. Golan Y, Onn A, Villa Y, Avidor Y, Kivity S, Berger SA, et al.: Asthma in adventure travelers: a prospective study evaluating the occurrence and risk factors for acute exacerbations. *Arch Intern Med* 2002; 162: 2421–6.
- e46. Louie D, Pare PD: Physiological changes at altitude in nonasthmatic and asthmatic subjects. *Can Respir J* 2004; 11: 197–9.
- e47. Cogo A, Basnyat B, Legnani D, Allegra L: Bronchial asthma and airway hyperresponsiveness at high altitude. *Respiration* 1997; 64: 444–9.
- e48. Allegra L, Cogo A, Legnani D, Diano PL, Fasano V, Negretto GG: High altitude exposure reduces bronchial responsiveness to hypobaric aerosol in lowland asthmatics. *Eur Respir J* 1995; 8: 1842–6.
- e49. Matthys H, Ernst HH, Volz E, Konietzko N: Hemodynamic and ventilatory changes in patients with obstructive airway disease exposed to a simulated altitude of 2,500 m. *Prog Resp Res* 1975; 9: 187–94.
- e50. Richalet JP, Keromes A, Dersch B, Corizzi F, Mehdioui H, Pophillat B: Caractéristiques physiologiques des alpinistes de haute altitude. *Sci Sports* 1988; 3: 89–108.
- e51. Pesce C, Leal C, Pinto H, Gonzalez G, Maggiorini M, Schneider M, et al.: Determinants of acute mountain sickness and success on Mount Aconcagua (6 962 m). *High Alt Med Biol* 2005; 6: 158–66.
- e52. Bartscher M, Flatz M, Faulhaber M: Prediction of susceptibility to acute mountain sickness by SaO₂ values during short-term exposure to hypoxia. *High Alt Med Biol* 2004; 5: 335–40.
- e53. Hohenhaus E, Paul A, McCullough RE, Kucherer H, Bartsch P: Ventilatory and pulmonary vascular response to hypoxia and susceptibility to high altitude pulmonary oedema. *Eur Respir J* 1995; 8: 1825–33.