

Im Rausch der Höhe





Foto: Furtenbach Adventures

Der Höhentourismus boomt. Seit Jahren steigt die Anzahl derer, die es in den Himalaya und zu den höchstgelegenen Gipfeln Südamerikas und Europas zieht. Gleichzeitig werden große Höhen durch verbesserte Infrastruktur immer schneller erreicht. Doch damit steigt auch das Risiko für Höhenkrankheiten. Welche Symptome treten auf? Wie sehen Prophylaxe und Therapie aus? Welche Medikamente können in welcher Dosierung verabreicht werden? Ein Überblick.

Von Prof. Dr. Marc Moritz Berger

Für Touristen „mit wenig Zeit“ werden Helikopterflüge von Kathmandu (1.400 m) über Lukla (2.800 m) zum Everest Basislager (5.360 m) angeboten. Für diesen Ausflug werden in weniger als zwei Stunden ca. 4.000 Höhenmeter zurückgelegt. Die gesamte Tour, inklusive Bus-Transfer vom Hotel und wieder zurück, dauert nur etwa fünf Stunden.

Auch in Europa ist die Bewältigung großer Höhenunterschiede in sehr kurzer Zeit möglich. In der Schweiz fährt die Jungfrauabahn in knapp zwei Stunden von Lauterbrunnen (810 m) zum Jungfraujoch (3.454 m). Mit der Matterhorn Glacier Ride Seilbahn können 2.000 Personen pro Stunde innerhalb von 40 Minuten von Zermatt (1.600 m) auf eine Höhe von 3.883 m transportiert werden. Solch extrem schnelle Aufstiegsprofile bergen ein enormes Risiko für die akute Höhenkrankheit. Doch auch beim klassischen Trekking, Bergsteigen und bei Skitouren werden häufig zu große Höhenunterschiede zu schnell zurückgelegt, um dem Körper ausreichend Zeit zur Höhenakklimatisation zu geben. Am Kilimanjaro erleiden aufgrund des einfachen und schnellen Aufstiegsprofils 70–90 % der Bergsteiger Symptome der akuten Höhenkrankheit, wobei die Marangu-Route, die innerhalb von fünf Tagen von 1.860 m auf den Gipfel (5.895 m) führt, die

höchsten Erkrankungsrate aufweist [6, 12]. Das Risiko, an einer akuten Höhenkrankheit zu erkranken, besteht bei fehlender Vorakklimatisation ab Höhen von ca. 2.200–2.500 m. Aus medizinischer Sicht ist für das Auftreten der akuten Höhenkrankheit jedoch weniger die absolute Höhe entscheidend, sondern vielmehr der mit der Höhe abnehmende Luftdruck (= Barometerdruck). Denn mit Abnahme des Luftdrucks sinkt auch der sogenannte Sauerstoffpartialdruck und damit die Sauerstoffversorgung des Körpers (Abb. 1). Auf dem Gipfel des Mount Everests (8.849 m) beträgt der Luftdruck nur etwa 253 mmHg und damit lediglich ein Drittel des Wertes (ca. 760 mmHg) auf Meeresebene [7, 16]. Das bedeutet, dass auch das Sauerstoffangebot auf dem Gipfel des Mount Everests im Vergleich zum Meeresebene um etwa 65 % vermindert ist, was die extreme Kurzatmigkeit und die erheblich verminderte Leistungsfähigkeit in Gipfelnähe erklärt. Kommt dann noch ein Tiefdruckgebiet (also ein wetterbedingt niedrigerer Luftdruck) hinzu, wird die Besteigung des Mount Everests (und anderer hoch gelegener Gipfel) nicht nur durch das schlechtere Wetter erschwert, sondern auch durch die verminderte Sauerstoffversorgung und Leistungsfähigkeit des Organismus. Das bedeutet auch, dass bei Schlechtwetter aufgrund

Höhe [m]	Luftdruck [mmHg]	SO ₂ [%]
8.400	272	54
4.559	438	78
3.450	495	81
0	760	97

Abb. 1 Effekt der Höhe auf die Sauerstoffversorgung des Körpers. Auf Meeresniveau beträgt der Luftdruck ca. 760 mmHg und die Sauerstoffsättigung (SO₂) des Blutes ca. 97 %. Mit zunehmender Höhe sinkt der Luftdruck und damit das Sauerstoffangebot, was zu einem Abfall der Sauerstoffsättigung führt. Die Höhe von 3.450 m entspricht der Höhenforschungsstation Jungfrauoch (Schweiz). Auf 4.559 m Höhe liegt die Capanna Regina Margherita, die höchstgelegene Hütte Europas. Auf 8.400 m Höhe befindet sich der Balkon des Mount Everests; der Gipfel liegt auf 8.849 m.

der geringeren Sauerstoffversorgung des Körpers das Risiko für die akute Höhenkrankheit grundsätzlich höher ist als bei gutem Wetter.

Die akute Höhenkrankheit

Unter dem Begriff der akuten Höhenkrankheit werden drei verschiedene Krankheitsbilder zusammengefasst: Die akute Bergkrankheit, das Höhenhirnödem und das Höhenlungenödem (Abb. 2). Alle drei Krankheiten können alleine oder in Kombination miteinander auftreten, wenn bei unzureichender Akklimatisation zu schnell in zu große Höhen aufgestiegen wird [4].

Akute Bergkrankheit

Die akute Bergkrankheit ist die mit Abstand häufigste Form der akuten Höhenkrankheit. Sie äußert sich in Form von Kopfschmerzen, die von mindestens einem der folgenden Symptome begleitet werden: Übelkeit oder Erbrechen, Appetitlosigkeit, Müdigkeit, Schwäche oder Schwindel [13]. Typischerweise treten die Symptome mit einer Latenz von 4–12 Stunden nach Erreichen einer bestimmten Höhe auf. Die akute Bergkrankheit ist unangenehm aber nicht lebensbedrohlich. Wenn nicht weiter aufgestiegen wird, bilden sich die Symptome meistens innerhalb von 24–48 Stunden wieder zurück [1]. Wenn trotz bestehender Symptome weiter

aufgestiegen wird, besteht ab Höhen von etwa 3.500–4.000 m die Gefahr, dass sich aus der akuten Bergkrankheit ein Höhenhirnödem entwickelt.

Die Wahrscheinlichkeit einer akuten Bergkrankheit steigt mit zunehmender Höhe an (Tabelle 1). Die Hauptrisikofaktoren sind ein großer Höhengewinn in kurzer Zeit, eine fehlende Vorakklimatisation sowie eine individuelle Anfälligkeit für die akute Bergkrankheit. Entgegen immer wieder aufkommenen Gerüchten sind das Geschlecht oder mangelnde körperliche Fitness keine Risikofaktoren [15]. Sehr gut trainierte Ausdauersportler haben zu Beginn einer Höhenexposition sogar ein erhöhtes Risiko für die akute

Bergkrankheit [15]. Da die Symptome unspezifisch sind, ist eine akute Bergkrankheit nicht immer sicher zu diagnostizieren. Zum Beispiel kann sie mit Magen-Darm-Infekten, Migräne oder auch einem „Kater“ nach Alkoholkonsum verwechselt werden. Im Rahmen wissenschaftlicher Studien wird die akute Bergkrankheit meist mittels des sogenannten Lake Louise Scores [13] oder des AMS-C Scores [14] diagnostiziert. Hierbei handelt es sich um Fragebögen, welche die bestehenden Symptome erfassen und den Schweregrad ihrer Ausprägung quantifizieren. Für den Routinegebrauch am Berg sowie für Nicht-Mediziner sind diese Fragebögen jedoch ungeeignet. Hier empfiehlt sich am ehesten der sogenannte Clinical

	Häufigkeit der ABK	Symptomlose Bergsteiger
2.850 m – Konkordia-Hütte	9 %	53 %
3.050 m – Finsteraarhorn-Hütte	13 %	41 %
3.650 m – Mönchsloch-Hütte	34 %	26 %
4.559 m – Margherita-Hütte	53 %	8 %

Tabelle 1. Häufigkeit der akuten Bergkrankheit (ABK) in den Westalpen. Wie aus der Tabelle ersichtlich, steigt der Anteil von Bergsteigern mit ABK mit zunehmender Höhe an. Umgekehrt sinkt mit zunehmender Höhe der Anteil der Bergsteiger ohne Symptome. Tabelle modifiziert nach [10].

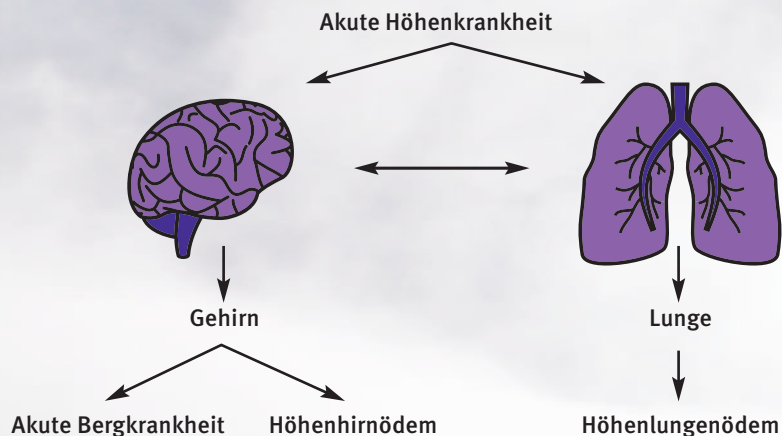


Abb. 2 Die akute Höhenkrankheit kann primär das Gehirn oder die Lunge betreffen. Ist primär das Gehirn betroffen, dann entsteht entweder die akute Bergkrankheit oder das Höhenhirnödem. Ist primär die Lunge betroffen, dann zeigt sich das Krankheitsbild des Höhenlungenödems. Gehirn und Lunge können auch gleichzeitig betroffen sein.

Functioning Score, der bei Vorliegen von Krankheitssymptomen im Zusammenhang mit einem aktuellen Höhengewinn den Schweregrad der subjektiven Einschränkung abfragt und wie folgt bewertet:

- Keine Einschränkung der Aktivität: 0 Punkte
 - Leichte Einschränkung der Aktivität: 1 Punkt
 - Moderate Einschr. der Aktivität: 2 Punkte
 - Schwere Einschr. der Aktivität: 3 Punkte
- Bei Vorliegen von Krankheitssymptomen und mindestens zwei Punkten im Zusammenhang mit einem akuten Höhengewinn sollte von einer akuten Bergkrankheit ausgegangen und entsprechend gehandelt werden [11].

Höhenhirnödem

Das Höhenhirnödem ist die seltenste Form der Höhenkrankheit. Es tritt erst ab Höhen von ca. 3.500–4.000 m auf, stellt einen medizinischen Notfall dar und ist mit einer hohen Sterblichkeit (ca. 80 %) behaftet. Klinisch ist das Höhenhirnödem durch neurologische Symptome wie Gleichgewichtsstörungen, Schwindel, Verwirrtheit und Bewusstseinsstörungen bis hin zur Bewusstlosigkeit gekennzeichnet [17]. Durch die Bewusstseinsveränderungen werden Situationen oftmals fehleingeschätzt, woraus Fehlentscheidungen am Berg resultieren können. Wenn das Höhenhirnödem nicht rechtzeitig behandelt wird, kann es durch die zunehmende Hirnschwellung zur Einklemmung des Gehirns und somit zum Tod des Patienten kommen. Das Höhenhirn-

ödem entwickelt sich häufig aus einer akuten Bergkrankheit, kann aber auch ohne Vorläufer auftreten.

Prophylaxe und Therapie der akuten Bergkrankheit und des Höhenhirnödems

Ein moderater täglicher Höhengewinn ist eine der wichtigsten Maßnahmen, um das Auftreten einer akuten Bergkrankheit und eines Höhenhirnödems zu vermeiden. Ab einer Höhe von 3.000 m sollte die tägliche Schlafhöhe um nicht mehr als 500 Höhenmeter gesteigert werden [8]. Die täglichen Aufstiegshöhen können auch darüber liegen, solange für die Übernachtung wieder abgestiegen wird („Climb high, sleep low“). Zusätzlich sollte alle drei bis vier Tage ein Ruhetag eingelegt werden. Allein diese Maßnahme reduziert das Risiko einer akuten Bergkrankheit um etwa 50 % [15]. Werden innerhalb von zwei Monaten vor der Hochtour mindestens fünf Tage auf über 3.000 m Höhe verbracht, wird das Risiko einer akuten Bergkrankheit ebenfalls um etwa 50 % reduziert [15]. Durch die Kombination dieser beiden Akklimatisationsverfahren kann die akute Bergkrankheit fast immer vermieden werden. Allerdings gibt es bezüglich der Höhentoleranz sehr große individuelle Unterschiede und manche Personen tolerieren eine viel schnellere Aufstiegsgeschwindigkeit, ohne in ihrer Leistungsfähigkeit oder ihrem Wohlbefinden eingeschränkt zu sein. Liegt eine erhöhte Anfälligkeit für die akute

Bergsport und Gesundheit, #3

Diese Serie organisieren und betreuen Dr. Nicole Slupetzky (Vizepräsidentin des ÖAV und Präsidentin des Clubs Arc Alpin) und Prof. Dr. Marc Moritz Berger (Klinik für Anästhesiologie und Intensivmedizin, Universitätsklinikum Essen, Deutschland; Präsidiumsmitglied der Österreichischen Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin). Der Experte für Prävention und Therapie der akuten Höhenkrankheiten und für alpine Notfallmedizin ist Mitinitiator des Symposiums für Alpin- und Höhenmedizin Salzburg, das gemeinsam mit dem Österreichischen Alpenverein organisiert wird.



Der Wirkstoff von Diamox, Acetazolamid, führt zu einer verstärkten Wasserausscheidung (Diurese). Bei Atembeschwerden führt Diamox zur verbesserten Ansprechbarkeit des Atemzentrums. Das Arzneimittel wird deshalb zur Prophylaxe der Höhenkrankheit eingesetzt. Foto: bergundsteigen



Bergkrankheit vor und ist ein langsamer Aufstieg nicht möglich, so kann eine medikamentöse Prophylaxe in Betracht gezogen werden (Tabelle 2). Das Mittel der Wahl ist Acetazolamid (Diamox®), das eine Stimulation der Atmung bewirkt. Die Einnahme sollte am Morgen des Aufstiegs begonnen und bis zum Abstieg bzw. für zwei bis drei Tage nach Erreichen der Endhöhe fortgesetzt werden. Die Dosierung richtet sich nach dem Risikoprofil (Aufstiegsgeschwindigkeit, Maß der Anfälligkeit) und liegt zwischen 2 x 125 mg/Tag und 2 x 250 mg/Tag. Bei Kontraindikationen gegen Acetazolamid kann auf das Kortisonpräparat Dexamethason ausgewichen werden (Tabelle 2). Beide Medikamente unterliegen der ärztlichen Verschreibungspflicht.

Zur Therapie einer leichten akuten Bergkrankheit reicht meist ein Ruhetag auf gleicher Höhe aus. Die Symptome sollten sich nach 24–48 Stunden vollständig zurückgebildet haben. Kopfschmerzen können durch Schmerzmittel (z.B. Ibuprofen) therapiert werden und Übelkeit durch Metoclopramid (MCP®) [4]. Bei starker akuter Bergkrankheit oder für Personen, bei denen die vorgenannten Maßnahmen nicht wirken, kann Dexamethason gegeben werden und/oder sollte ein Abstieg um 500–1.000 Höhenmeter erfolgen [9]. Ist dies nicht möglich sollte Sauerstoff (2–4 Liter/Minute) verabreicht werden. Wenn die Gegebenheiten einen Abstieg oder die Gabe von Sauerstoff nicht erlauben, kann mit einem portablen Überdrucksack ein Abstieg um etwa 1.000 Höhenmeter simuliert werden [8].

Höhenlungenödem

Das Höhenlungenödem tritt ab Höhen von etwa 3.000 m auf. Die ersten Symptome sind meist unspezifisch, wie zum Beispiel ein deutlicher Leistungsknick. Hinzu kommen eine verstärkte Atemnot bei Belastung und trockener Husten. Bei fortschreitender Symptomatik finden sich Atemnot in Ruhe

und feuchte, feinblasige Rasselgeräusche mit schaumig, blutigem Auswurf sowie eine bis zu 38 °C erhöhte Körpertemperatur [5]. Diese Symptome lassen differentialdiagnostisch an eine Lungenentzündung oder Herzinsuffizienz denken. Da jedoch im alpinen Gelände keine ausreichende Diagnostik zur Verfügung steht, sollte in der Höhe bis zum Beweis des Gegenteils von einem Höhenlungenödem ausgegangen und dieses therapiert werden. In 50 % der Fälle ist das Höhenlungenödem mit einer akuten Bergkrankheit und in etwa 14 % der Fälle mit einem Höhenhirnödem vergesellschaftet [2]. Ist eine Person in der Vergangenheit an einem Höhenlungenödem erkrankt, ist die Wahrscheinlichkeit, erneut an einem Höhenlungenödem zu erkranken, deutlich erhöht. So liegt bei Personen, die bereits ein Höhenlungenödem hatten, das Risiko für ein erneutes Höhenlungenödem nach einem schnellen Aufstieg (<22 Stunden) auf 4.559 m bei etwa 60 %. Bei Personen ohne Höhenlungenödem in der Vergangenheit beträgt das Risiko im gleichen Setting etwa 6 % [4].

Prophylaxe und Therapie des Höhenlungenödems

Wie bei der akuten Bergkrankheit und dem Höhenhirnödem stellt eine moderate Aufstiegsgeschwindigkeit eine effektive Prophylaxe dar. Wenn ab 3.000 m die Schlafhöhe täglich um maximal 500 Höhenmeter gesteigert wird, kann auch bei anfälligen Personen das Höhenlungenödem zuverlässig vermieden werden [8]. Ist ein solch langsamer Aufstieg nicht möglich, so kann prophylaktisch Nifedipin (Adalat®) eingenommen werden. Als Alternative dienen Tadalafil oder Sildenafil (Tabelle 2). Auch diese Medikamente sind verschreibungspflichtig. Treten Symptome des Höhenlungenödems auf, so muss so schnell wie möglich abgestiegen werden. Ist nur ein verzögerter Abstieg möglich, sollte unverzüglich Sauerstoff (2–4 Liter/Minute) gegeben werden [8]. Mittels eines portablen Überdrucksacks

Das Höhenhirnödem ist die seltenste Form der Höhenkrankheit, stellt einen medizinischen Notfall dar und ist mit einer hohen Sterblichkeit (ca. 80 %) behaftet. Am abgebildeten Hilary Step knapp unterhalb vom Gipfel des Mount Everest auf 8.790 m ist die Wahrscheinlichkeit, an einem Hirnödem zu sterben, besonders hoch. Foto: Furtenbach Adventures

	Prophylaxe	Therapie
Akute Bergkrankheit	<ol style="list-style-type: none"> Wahl Acetazolamid (Diamox®) (p.o.) 125–250 mg alle 12 Stunden, Beginn am Aufstiegstag bis 2–3 Tage nach Erreichen der definitiven Höhe. Wahl Dexamethason 2 mg alle 6 Stunden oder 4 mg alle 12 Stunden, Beginn am Aufstiegstag für max. 2–3 Tage. Wahl Ibuprofen 400–600 mg alle 8 Stunden 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Ruhetag, ggf. symptomatische Therapie mit Analgetika (z. B. Ibuprofen 600 mg alle 8 Stunden) und/oder Antiemetika (z. B. Metoclopramid 10 mg alle 8 Stunden). Wenn keine Besserung innerhalb von 24–48 Stunden → Abstieg um 500–1.000 Höhenmeter. ■ Acetazolamid (Diamox®) (p.o.) 250 mg alle 12 Stunden. ■ Dexamethason 4 mg alle 6 Stunden. ■ Wenn Abstieg nicht möglich, 2–4 l/min Sauerstoff. Wenn Abstieg nicht möglich Überdrucksack.
Höhenhirnödem	Wie bei akuter Bergkrankheit.	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wenn möglich, sofortiger Abstieg um mind. 1.000 Höhenmeter ■ Wenn Abstieg nicht möglich, 2–4 l/min Sauerstoff + 8 mg Dexamethason i.v. oder p.o. und anschließend 4 mg alle 6 Stunden bis zum Abstieg. Evtl. in Kombination mit Überdrucksack.
Höhenlungenödem	<ol style="list-style-type: none"> Wahl Nifedipin (p.o.) 30 mg retard alle 12 Stunden oder 20 mg retard alle 8 Stunden, Beginn am Aufstiegstag, für 2–3 Tage nach Erreichen der definitiven Höhe. Wahl Tadalafil (p.o.) 10 mg alle 12 Stunden, Beginn am Aufstiegstag für 2–3 Tage nach Erreichen der definitiven Höhe. Wahl Sildenafil (p.o.) 50 mg alle 8 Stunden, Beginn am Aufstiegstag für 2–3 Tage nach Erreichen der definitiven Höhe. 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Wenn möglich, sofortiger Abstieg um mind. 1.000 Höhenmeter ■ Wenn Abstieg nicht möglich, 2–4 l/min Sauerstoff + Nifedipin 30 mg retard alle 12 Stunden oder 20 mg retard alle 8 Stunden bis zum Abstieg. Evtl. in Kombination mit Überdrucksack.

Tabelle 2. Prophylaxe und Therapieoptionen der akuten Bergkrankheit, des Höhenhirnödems und des Höhenlungenödems. p.o. = per os (oral), i.v. = intravenös.

kann als überbrückende Maßnahme ein Abstieg von etwa 1.000 Höhenmetern simuliert werden. Als Medikament der Wahl sollte zusätzlich Nifedipin gegeben werden [3] (Tabelle 2). Wird das Höhenlungenödem schnell erkannt und therapiert, so ist es komplett reversibel. Unbehandelt liegt die Letalität bei etwa 50 % [4].

Fazit

Eine akute Höhenkrankheit kann sich jederzeit innerhalb der ersten fünf Tage nach Aufstieg in Höhen über 2.500–3.000 m entwickeln. Während die akute Bergkrankheit harmlos und in der Regel selbstlimitierend ist, sind das Höhenlungenödem und Höhenhirnödem lebensbedrohliche Erkrankungen, die einer sofortigen Therapie bedürfen. Werden bestimmte Verhaltensmaßnahmen eingehalten, wie zum Beispiel eine moderate Aufstiegs geschwindigkeit und eine gute Vorakklimatisation, kann die Höhentoleranz deutlich verbessert werden. ■

Literaturverzeichnis

- Bartsch P, Bailey DM, Berger MM et al. (2004) Acute mountain sickness: controversies and advances. *High Alt Med Biol* 5:110-124
- Bartsch P, Dehnert C, Mairbaurl H et al. (2007) Who gets high altitude pulmonary edema and why? In: Aldashev A, Naeije R (eds) *Problems of High Altitude Medicine and Biology*. Springer, p 185-195
- Bartsch P, Maggiorini M, Ritter M et al. (1991) Prevention of high-altitude pulmonary edema by nifedipine. *N Engl J Med* 325:1284-1289
- Bartsch P, Swenson ER (2013) Clinical practice: Acute high-altitude illnesses. *N Engl J Med* 368:2294-2302
- Dehnert C, Berger MM, Mairbaurl H et al. (2007) High altitude pulmonary edema: A pressure-induced leak. *Respir Physiol Neurobiol* 158:266-273
- Eigenberger P, Faino A, Maltzahn J et al. (2014) A retrospective study of acute mountain sickness on Mt. Kilimanjaro using trekking company data. *Aviat Space Environ Med* 85:1125-1129
- Houston CS, Sutton JR, Cymerman A et al. (1987) Operation Everest II: man at extreme altitude. *J Appl Physiol* 63:877-882
- Luks AM, Auerbach PS, Freer L et al. (2019) Wilderness Medical Society Practice Guidelines for the Prevention and Treatment of Acute Altitude Illness: 2019 Update. *Wilderness Environ Med* 30(S4): S3-S18
- Luks AM, Swenson ER, Bartsch P (2017) Acute high-altitude sickness. *Eur Respir Rev* 26:pil: 160096
- Maggiorini M, Buhler B, Walter M et al. (1990) Prevalence of acute mountain sickness in the Swiss Alps. *Bmj* 301:853-855
- Meier D, Collet TH, Locatelli I et al. (2017) Does This Patient Have Acute Mountain Sickness?: The Rational Clinical Examination Systematic Review. *JAMA* 318:1810-1819
- Meyer J (2012) Twice-daily assessment of trekkers on Kilimanjaro's Machame route to evaluate the incidence and time-course of acute mountain sickness. *High Alt Med Biol* 13:281-284
- Roach RC, Hackett PH, Oelz O et al. (2018) The 2018 Lake Louise Acute Mountain Sickness Score. *High Alt Med Biol* 19:4-6
- Sampson JB, Cymerman A, Burse RL et al. (1983) Procedures for the measurement of acute mountain sickness. *Aviat Space Environ Med* 54:1063-1073
- Schneider M, Bemasch D, Weymann J et al. (2002) Acute mountain sickness: influence of susceptibility, preexposure, and ascent rate. *Med Sci Sports Exerc* 34:1886-1891
- West JB (1984) Human physiology at extreme altitudes on Mount Everest. *Science* 223:784-788
- Wilson MH, Newman S, Imray CH (2009) The cerebral effects of ascent to high altitudes. *Lancet Neurol* 8:175-191