

Spezialisierte Sprechstunden in Bern und Lausanne für die Abklärung des Risikos

Kardiovaskuläre Probleme beim Reisen in grosse Höhen

Die leichte Erreichbarkeit von Höhendestinationen mit modernen Transportmitteln führt dazu, dass immer öfter Personen ohne Höhenerfahrung oder mit vorbestehenden Krankheiten den medizinischen Gefahren grosser Höhe ausgesetzt werden.



Les moyens de transport modernes actuels rendent l'accès à des destinations de haute altitude facile. Ceci a pour corollaire, que de plus en plus de personnes saines ou malades voyagent, sans expérience préalable, en haute altitude et s'exposent ainsi aux dangers médicaux liés à celle-ci.

Physiologische Anpassungen an die Höhe

In der Höhe fällt als Folge der Abnahme des barometrischen Luftdrucks der Sauerstoffpartialdruck in der Luft ab. Dies führt oberhalb einer Höhe von ca. 2500 m.ü.M. zu einem Abfall der arteriellen Sauerstoffsättigung, der bei älteren Personen oder Herzkreislauf-Patienten bereits auf geringerer Höhe eintreten kann (1). Der Sauerstoffbedarf des Organismus ist unabhängig von der Höhe für eine gegebene Arbeit konstant. Deshalb muss das Herzzeitvolumen bei körperlicher Anstrengung in der Höhe stärker gesteigert werden als im Flachland. Zusätzlich erhöht der Anstieg des Sympathikotonus (2) bereits in Ruhe das Herzzeitvolumen und den myokardialen Sauerstoffverbrauch (Tab. 1). Dies kann einzig über eine Erhöhung der myokardialen Durchblutung geschehen, da die Sauerstoffextraktion bereits im Flachland submaximal ist. Als weiteres Problem kommen der Anstieg des Lungenarteriendrucks und die damit verbundene Belastung des rechten Herzens hinzu.

TAB. 1 Höheninduzierte, kardiovaskuläre Veränderungen		
Parameter	Akute Höhenexposition	Chronische Höhenexposition
Herzfrequenz	↑↑	↑
Schlagvolumen	↔ oder ↓	↓
Herzzeitvolumen	↑↑	↑
Herzfunktion	↑↑	↑
Koronarer Blutfluss	↑↑	↑
Systemischer BD	↑	↔
Lungenarteriendruck	↑↑	↑
Sympathikusaktivität	↑↑	↑
Parasympathikusaktivität	↔	↑↑
BD: Blutdruck. ↑↑: deutliche Zunahme. ↑: Zunahme. ↔: unverändert zum Flachland. ↓: Abnahme		



Prof. Dr. med. Urs Scherrer
Bern

Obschon die Abnahme des Sauerstoffpartialdrucks von herausragender (patho-)physiologischer Bedeutung ist, müssen zusätzliche Faktoren im Auge behalten werden. Die Abnahme der Luftfeuchtigkeit mit zunehmender Höhe begünstigt die Dehydratation. Bei Patienten mit (fortgeschrittener) Herzinsuffizienz kann dies zu Problemen führen, da häufig ein labiles Gleichgewicht zwischen Hyper- und Hypovolämie besteht. Die Kälte kann in Verbindung mit körperlicher Anstrengung zu einem übersteigerten Anstieg des Sympathikotonus und des Herzzeitvolumens führen.

Kardiovaskuläre Probleme in grosser Höhe bei gesunden Personen

Höhenlungenödem

Das Höhenlungenödem ist der häufigste, lebensbedrohliche, medizinische Notfall in grosser Höhe. Es tritt i. d. R. 36–72 Stunden nach Ankunft in Höhen > 3000 m.ü.M. bei anderweitig völlig gesunden Personen auf. Ein rascheres Auftreten oder Auftreten in geringerer (< 2500 m.ü.M) Höhe weist auf eine vorbestehende Anomalie der Lungenzirkulation hin. Personen mit Trisomie 21 gehören ebenfalls in diese Kategorie.

Die wichtigsten klinischen Symptome sind Dyspnoe, trockener Husten (manchmal auch Haemoptoe), Fieber (daher früher häufige Fehldiagnose: Pneumonie), Zyanose und Anstrengungsintoleranz. Auskultatorisch sind feuchte Rasselgeräusche hörbar (cave: Diskrepanz zwischen benignem auskultatorischem Befund bei radiologisch weit fortgeschrittenem Höhenlungenödem).

Personen, die einmal an einem Höhenlungenödem erkrankten, sind anfällig für ein Höhenlungenödem und werden bei erneuter Höhenexposition mit grosser Wahrscheinlichkeit (> 50%) erneut erkranken. Pathophysiologisch spielen zwei Mechanismen eine wichtige Rolle (3): Ein übersteigter Anstieg des Lungenarteriendrucks führt zu einem Flüssigkeitsaustritt in den Alveolarraum der Lunge. Eine verminderte endotheliale und epitheliale Produktion des gefässerweiternden Stickstoffmonoxids (NO) in der Lunge, eine übersteigerte Aktivierung gefässverengender Mechanismen sowie eventuell das bei anfälligen Personen gehäuft auftretende offene Foramen ovale tragen zu diesem Problem bei. Andererseits

besteht ein genetischer Defekt der Flüssigkeitsrückresorption aus dem Alveolarraum, welcher durch Umweltfaktoren (Kälte, Hypoxie) zusätzlich verstärkt wird. Die Kombination von übermäßigem Flüssigkeitsaustritt und gestörter Rückresorption führt zum Lungenödem (Abb. 1).

Die medikamentöse Prophylaxe (Indikation: dokumentiertes Höhenlungenödem in der Vorgeschichte) und Behandlung des Höhenlungenödems beruht auf diesen Mechanismen (Tab. 2). Einige wichtige zusätzliche Prinzipien verdienen hervorgehoben zu werden. Prophylaxe: ein langsamer Anstieg vermindert nicht nur die Häufigkeit des Höhenlungenödems sondern auch der (viel häufigeren, aber i.d.R. harmlosen) akuten Bergkrankheit. Behandlung: das Höhenlungenödem ist ein medizinischer Notfall. Der Abstieg (schon 500–1000 m bringt eine deutliche Besserung) ist die Behandlung der Wahl! Medikamente dienen einzig dem Zeitgewinn, falls ein sofortiger Abstieg nicht möglich ist. Diuretika sind nicht nur nutzlos, sondern gefährden den Patienten (Induktion einer prärenal Niereninsuffizienz).

Risikofaktoren: eine kurz vor der Höhenexposition durchgemachte Infektion der Atemwege kann auch bei nicht anfälligen Personen zu einem Höhenlungenödem führen. Frühkindliche Ereignisse (Konzeption mit Hilfe von in vitro Befruchtung, Präeklampsie) prädisponieren zu einem übersteigerten Anstieg des Lungenarteriendrucks in der Höhe (4) und können das Höhenlungenödem begünstigen.

Kardiovaskuläre Probleme in grosser Höhe bei Patienten mit vorbestehender Herzkrankheit

Infolge des reduzierten Sauerstoffpartialdrucks treten bei Patienten mit kardiovaskulären Erkrankungen Symptome eventuell schon bei geringerer Belastung oder in Ruhe auf. Deshalb ist instabilen Patienten oder solchen welche schon im Tiefland bei geringer Belastung Symptome zeigen von einem Höhengaufenthalt (>1500 m.ü.M.) abzuraten.

Bis ca. 3000 m.ü.M besteht bei stabilen und gut kompensierten Patienten mit koronarer Herzkrankung oder Herzinsuffizienz kein wesentlich erhöhtes Risiko; >3500 m.ü.M. nimmt die Leistungsfähigkeit jedoch deutlich ab und es sind gute Leistungsreserven sowie eine erhaltene linksventrikuläre Funktion vonnöten. Von Aufhalten >4500 m.ü.M ist abzuraten.

Nicht nur die Herzkrankung per se, sondern auch deren Behandlung kann die Höhentoleranz beeinflussen. So reduzieren Betablocker die Sauerstoffsättigung in grosser Höhe (4559 m.ü.M.) (5) Diuretika können den durch die Lufttrockenheit erhöhten Flüssigkeitsverlust verschlimmern und orthostatische Symptome und/oder eine prärenale Niereninsuffizienz hervorrufen.

ABB. 1 Wichtigste Mechanismen, die zur Pathogenese des Höhenlungenödems beitragen (nach [3]).



TAB. 2 Klinik, Prävention und Behandlung des Höhenlungenödems

Klinik	– Ausgeprägte Dyspnoe – Tachypnoe – Husten und Hämoptoe – Tachykardie – Verminderte Leistungsfähigkeit – Zyanose und Fieber
Prävention	Allgemeine Massnahmen – Akklimatisation, keine grossen körperlichen Anstrengungen während den ersten 2 bis 5 Tagen – Langsamer Aufstieg (>2500 m.ü.M., Anheben der Schlafhöhe um maximal 300 m/Tag im Mittel) – Genügende Zufuhr von Flüssigkeit und kohlenhydratreiche Nahrung Medikamentöse Prophylaxe (bei bekannter Höhenlungenödemanfälligkeit und ev. bei sehr raschem Anstieg in grosse Höhen [>3500 m.ü.M.]): • Beginn der medikamentösen Prophylaxe 24 Stunden vor der Ankunft in grosser Höhe mit Nifedipin 30–60 mg/Tag oder Dexamethason 4–8 mg 12stündlich (Vorteil: zusätzlich auch Prophylaxe der akuten Bergkrankheit)
Behandlung	– Unverzögerlicher Abstieg/Evakuierung! – Falls nicht möglich: • Sauerstoff • Nifedipin 60mg/Tag • Dexamethason 8 mg/Tag, falls gleichzeitig Symptome einer akuten Bergkrankheit

Koronare Herzkrankheit (KHK)

Sympathikus-Aktivierung und Dehydrierung fördern die Thrombozytenaggregation und das Thromboembolierisiko. Epidemiologische Studien konnten allerdings zeigen, dass Höhengaufenthalte bis zu 3500 m.ü.M. für Patienten mit stabiler KHK und ausreichender Leistungsfähigkeit sicher sind (6). Bei beschwerdefreien Patienten nach einem Myokardinfarkt nimmt die funktionelle Kapazität in der Höhe zwar ab, es kommt jedoch nicht zu gehäuften Ischämie-

ABB. 2

Algorithmus zur Evaluation der Patienten vor geplantem Höhengaufenthalt (nach [10])



TAB. 3

Voraussetzungen, Empfehlungen und Kontraindikationen für eine Höhenexposition (> 2500m.ü.M.)

Voraussetzungen für einen gefahrlosen Höhengaufenthalt

- stabile Erkrankung
- funktionelle Klasse ≤ NYHA II

Generelle Empfehlungen für einen Höhengaufenthalt

- langsamer Aufstieg >2500 m.ü.M. (Schlafhöhe max. 300 m/Tag steigern im Mittel)
- körperliche Überbelastung vermeiden in den ersten Tagen
- direkter Transfer auf eine Höhe von >3000 m.ü.M. vermeiden

Absolute Kontraindikationen für einen Höhengaufenthalt >2500 m.ü.M.

- instabile Erkrankung
 - instabile Angina pectoris
 - Zeichen der Ischämie während einer Belastungsuntersuchung bei tiefer oder moderater Belastung (<80 W oder <5 METs)
 - dekompensierte Herzinsuffizienz
 - unkontrollierte atriale oder ventrikuläre Arrhythmie
- Myokardinfarkt und/oder koronare Revaskularisation in den letzten 3–6 Monaten
- Dekompensierte Herzinsuffizienz in den letzten 3 Monaten
- Ungenügend kontrollierte arterielle Hypertonie (≥160/100mmHg in Ruhe, ≥220mmHg systolisch unter Belastung)
- Pulmonale Hypertonie (mittlerer pulmonal-arterieller Druck > 30mmHg, RV/RA-Gradient >40 mmHg) und/oder pulmonale Hypertonie ≥NYHA II
- Schweres Klappenvitium, auch wenn asymptomatisch
- Thromboembolisches Ereignis in den letzten 3 Monaten
- Zyanotisches oder schweres azyanotisches Herzvitium
- ICD-Implantation oder ICD-Intervention für eine Kammer-tachykardie in den letzten 3–6 Monaten
- Schlaganfall, transient ischämische Attacke oder zerebrale Blutung in den letzten 3–6 Monaten

W: Watt, MET: metabolisches Äquivalent (1 MET = VO₂ von 3.5ml O₂/kg/min).
RV: rechter Ventrikel, RA: rechter Vorhof, ICD: Interner Cardioverter-Defibrillator

Episoden unter körperlicher Anstrengung (7). Selbst bei Patienten mit KHK und mittelgradig eingeschränkter linksventrikulärer Funktion zeigten sich unter maximaler Belastung in einer Höhe von 2500 m.ü.M. keine vermehrten Zeichen von Myokardischämie, Arrhythmien oder anderen Komplikationen (8). Dennoch sollten Patienten während zwei Wochen nach einem unkomplizierten Myokardinfarkt oder einer perkutanen Intervention, drei Wochen nach einer Bypass-Operation oder sechs Wochen nach einem komplizierten Herzinfarkt einen Höhengaufenthalt vermeiden; Höhen > 2500 m.ü.M. sollten in i.d.R. nicht früher als drei Monate nach dem Ereignis aufgesucht werden.

Herzinsuffizienz

Die Höhen-induzierte Sympathikusaktivierung, erhöhte Herzfrequenz und gesteigerter myokardialer Sauerstoffbedarf, erhöhte Nachlast und/oder verstärkte interventrikuläre Koppelung erhöhen das Risiko einer Dekompensation bei herzinsuffizienten Patienten. Verglichen mit gesunden Individuen tolerieren daher Patienten mit Herzinsuffizienz einen Höhengaufenthalt schlechter. Die maximale Sauerstoffaufnahme nimmt in der Höhe bei diesen Patienten überproportional ab und führt zu einer raschen Einschränkung der körperlichen Leistungsfähigkeit. Ein Grund dafür liegt möglicherweise in der bei diesen Patienten oft übersteigerten hypoxischen pulmonalen Hypertonie. Bei stabilen, wenig symptomatischen Patienten im Flachland (NYHA ≤ II) scheint für Höhen bis ca. 3500m.ü.M. kein wesentlich erhöhtes Risiko zu bestehen, wobei die Datenlage allerdings sehr dünn ist.

Arrhythmie

Obwohl die erhöhte Sympathikusaktivität und der leichte Abfall des Kaliumspiegels infolge der respiratorischen Alkalose die Arrhythmie-neigung fördern könnten, gibt es keine gesicherten Daten, dass dem so ist [9]. Dennoch sollten Patienten mit schwerwiegenden Arrhythmien, insbesondere Kammer-tachykardien, Höhengaufenthalte über 3000–3500m.ü.M. meiden.

Pulmonale Hypertonie

Patienten mit pulmonaler Hypertonie reagieren sehr empfindlich auf Sauerstoffmangel und können bereits in geringer Höhe Symptome entwickeln. Dies gilt für alle Schweregrade der pulmonalen Hypertonie. Patienten mit nicht oder nur leicht symptomatischer pulmonaler Hypertonie sollten Höhen >2000 m.ü.M., solche mit ausgeprägter Symptomatik Höhen >1500m.ü.M. meiden.

Konklusion und Empfehlungen

Abbildung 2 zeigt einen Algorithmus zur Abklärung von Herzpatienten vor geplantem Höhengaufenthalt. Die wichtigsten Empfehlungen und Kontraindikationen sind in Tabelle 3 zusammengefasst. Falls Zweifel bezüglich Stabilität der Erkrankung oder der funktionellen Kapazität bestehen, kann ein Belastungstest mögliche Kontraindikationen für einen Höhengaufenthalt aufdecken. Last but not least sollte die grosse interindividuelle Variabilität höheninduzierter kardiovaskulärer Veränderungen (9) bei der Beratung von Patienten zur Vorsicht mahnen. Spezialisierte Höhenmedizinische Sprechstunden an den Universitätsspitalern von Bern und Lausanne bieten eine umfassende Abklärung des Risikos für Höhenkrankheiten und Beratung für die optimale Planung eines Höhengaufenthaltes für Patienten und gesunde Personen an.

Prof. Dr. med. Urs Scherrer

Universitätsklinik für Kardiologie, Inselspital
Freiburgstrasse, 3010 Bern
urs.scherrer2@insel.ch

Dr. med. Roman Brenner

Universitätsklinik für Kardiologie, Inselspital, Bern
Klinik für Kardiologie, Kantonsspital, St.Gallen

Prof. Dr. med. Yves Allemann

Dr. med. David Cerny

Dr. med. Emrush Rexhaj

PD Dr. med. Stefano F. Rimoldi

Dr. med. Robert von Arx

Universitätsklinik für Kardiologie, Inselspital, Bern

Literatur:

1. Bartsch, C. and P. Bartsch, Can patients with coronary heart disease go to high altitude? High Alt Med Biol, 2010. 11(3): p. 183-8.
2. Schmid, J.P., et al., Safety and exercise tolerance of acute high altitude exposure (3454 m) among patients with coronary artery disease. Heart, 2006. 92(7): p. 921-5.
3. Erdmann, J., et al., Effects of exposure to altitude on men with coronary artery disease and impaired left ventricular function. Am J Cardiol, 1998. 81(3): p. 266-70.
4. Rimoldi, S.F., et al., High-altitude exposure in patients with cardiovascular disease: risk assessment and practical recommendations. Prog Cardiovasc Dis, 2010. 52(6): p. 512-24.
5. Brunner-La Rocca, H.P., High altitude in the heart of healthy and sick. Cardiovascular Medicine, 2012. 15(2): p. 41-47.
6. Bartsch, C. and P. Bartsch, Can patients with coronary heart disease go to high altitude? High Alt Med Biol, 2010. 11(3): p. 183-8.
7. Schmid, J.P., et al., Safety and exercise tolerance of acute high altitude exposure (3454 m) among patients with coronary artery disease. Heart, 2006. 92(7): p. 921-5.
8. Erdmann, J., et al., Effects of exposure to altitude on men with coronary artery disease and impaired left ventricular function. Am J Cardiol, 1998. 81(3): p. 266-70.
9. Rimoldi, S.F., et al., High-altitude exposure in patients with cardiovascular disease: risk assessment and practical recommendations. Prog Cardiovasc Dis, 2010. 52(6): p. 512-24.
10. Brunner-La Rocca, H.P., High altitude in the heart of healthy and sick. Cardiovascular Medicine, 2012. 15(2): p. 41-47.

Take-Home Message

- ◆ Das Höhenlungenödem ist die häufigste lebensbedrohliche Erkrankung in grosser Höhe. Es tritt bei anderweitig völlig gesunden Personen 36 bis 72 Stunden nach Ankunft in Höhen >3000 m.ü.M. auf
- ◆ Bei diesen Personen ist die Rezidivgefahr bei erneuter Höhenexposition sehr gross. Sie lässt sich mit adäquaten prophylaktischen Massnahmen deutlich vermindern
- ◆ Für Patienten mit stabiler gut kontrollierter koronarer Herzkrankheit oder Herzinsuffizienz sind Höhengaufenthalte bis ca. 3500 m.ü.M. relativ sicher
- ◆ Falls Zweifel bestehen, kann eine Abklärung an einer spezialisierten Institution mögliche Kontraindikationen für einen Höhengaufenthalt aufdecken

Message à retenir

- ◆ L'œdème pulmonaire d'altitude est la maladie mortelle la plus commune liée à l'exposition à la haute altitude. Il se produit chez des individus par ailleurs en bonne santé 36–72 heures après l'ascension à des altitudes > 3000 m.
- ◆ Chez ces personnes, le risque de récurrence lors d'une nouvelle exposition à la haute altitude est très grand mais peut être considérablement réduit par des mesures prophylactiques appropriées.
- ◆ Pour les patients avec une maladie coronarienne ou une insuffisance cardiaque stable, des séjours en haute altitude jusqu'à environ 3500 m sont relativement sûrs.
- ◆ En cas de doute, une consultation dans un institut spécialisé permettra de sélectionner les patients chez qui un séjour en haute altitude est contre-indiqué.