

Mag. rer. oec. soc. Alexander Daume  
Global Health Consult | 1090 Wien, Rotenlöwengasse 22/5  
Postadresse | 1210 Wien, Bentheimstraße 10/27  
☎ +43 676 33 57 995 ✉ office@hypoxia.at  
🌐 hypoxia.at 📄 hoehentherapie.at

## Alpinmedizin: Das Ringen um Sauerstoff

Der sinkende Sauerstoffpartialdruck in großen Höhen stellt physische und psychische Systeme auf eine harte Probe, der nur durch eine entsprechende Vorbereitung und striktes Selbstmanagement begegnet werden kann.

Gerade der herrschende Trend im Alpinismus, auch die höchsten Gipfel der Erde im „reinen Alpinstil“, also ohne die Zuhilfenahme von künstlichem Sauerstoff, zu erklimmen, stellt Alpin- und Höhenmediziner vor zunehmende Herausforderungen. Doch es sind nicht nur die Extremgänger, die alpinmedizinisches Know-how fordern. Auch in der Sportmedizin werde mit der Diskussion um Vor- und Nachteile des Höhentrainings die Frage nach den Auswirkungen dünner Luft immer wichtiger: „Die Alpinmedizin erfordert eine intensive Vernetzung mit allen anderen klinischen Disziplinen“, meint der Grazer Genetiker Univ.-Doz. Dr. Wilfried Renner vom Klinischen Institut für Medizinische und Chemische Laboratoriumsdiagnostik, Medizinische Universität Graz.

Ab welchen Höhen aber kommt es zu Auswirkungen auf den menschlichen Organismus?

„Wikipedia definiert den Begriff ‚High Altitude‘ ab einer Meereshöhe von 1.500 Metern - das entspricht in unseren Regionen etwa der Baumgrenze“, sagt Renner. In Wirklichkeit könne aber keine scharfe Grenze gezogen werden. „Typisch für die Höhenmedizin sind nicht die Auswirkungen von Kälte oder UV-Strahlung, denn gegen diese beiden Faktoren können wir uns weitgehend schützen, sondern es sind die Folgen des immer geringer werdenden Sauerstoffpartialdrucks.“

### Hypoxie und Angiogenese

Bekannt ist, dass unter Hypoxie der Vascular Epithelial Growth Factor (VEGF) ansteigt.

„VEGF führt zum Wachstum von Gefäßen, zur Angiogenese und damit zur langsamen Adaptation - das ist allerdings ein Prozess, der Wochen und Monate dauert“, erklärt Renner.

Aktuelle Forschungsarbeiten zeigen, dass der VEGF Erhöhung bereits die Produktion des Hypoxia Induced Factors (HIF-1) vorangeht. „HIF-1 ist zugleich Sensor und Effektor, er schaltet bis zu 100 Gene ein, und das VEGF-Gen ist nur eines davon.“ Ein weiteres Gen, das von HIF-1 aktiviert wird, ist das Erythropoetin-(EPO)-Gen. „Hypoxie ist gleichsam natürliches EPO Doping. Im Leistungssport wird dem bereits dahingehend Rechnung getragen, dass nach einem Höhenttraining ein erhöhter Hämatokrit mit einer vorübergehenden Sperre des Athleten geahndet wird“, führt Renner aus.

Während VEGF-Hemmer bereits erfolgreich in der Tumorthherapie eingesetzt werden, da sie die Gefäßneubildung verhindern, stellen HIF-Stabilisatoren eine neuere Entwicklung dar.

„Solche HIF-Stabilisatoren sind zwar noch im Stadium der Entwicklung; sie können unter anderem zur Behandlung von Anämien und zur beschleunigten Adaptation in der Höhe eingesetzt werden. Ich kann mir durchaus vorstellen, dass damit bereits Versuche in Richtung Leistungssteigerung und Doping unternommen werden“, so Renner. Offen bleibe allerdings die Frage, ob sich die über HIF-1 und VEGF gesteigerte Gefäßneubildung für Tumorpatienten beim Aufenthalt in der Höhe nicht nachteilig auswirken könnte. „Dazu gibt es bislang noch keine Daten, es ist aber durchaus vorstellbar, dass in der Höhe die Metastasierung beschleunigt werden könnte“, vermutet Renner.

## **Hormone an der Grenze**

„Höhentraining ist der Versuch des Menschen, ohne Verabreichung von Erythropoetin eine Polyglobulie, besseren Sauerstofftransport und eine gesteigerte Leistung zu erreichen. Höhenttraining bewirkt aber noch stärker als andere Trainingsformen die Gefahr des Übertrainings“, präzisiert Univ.-Prof. Dr. Falko Skrabal, Vorstand der Medizinischen Abteilung am Krankenhaus der Barmherzigen Brüder in Graz. Es gibt nahezu kein Hormonsystem, das nicht auf die Auswirkungen des geringeren Sauerstoffpartialdrucks reagiert. „Unter anderem werden die Gonadotropine LH und FSH vermindert, Testosteron dagegen erhöht - allerdings wird dieses Testosteron nicht im Hoden, sondern in der Nebenniere gebildet.“ Als Folge davon ist bei Höhenbergsteigern bis zu einem Jahr nach Extrembelastungen in Höhen um 8.000 Metern eine veränderte Morphologie der Spermien nachweisbar.

„In der Höhe kommt es auch zu einem deutlichen Anstieg von Cortisol sowie von ACTH und Aldosteron - die Auswirkungen dieser Hormonveränderungen sind über die erhöhte Salz- und Wasserretention spürbar“, erklärt Skrabal. Die von Bergsteigern und Alpinmedizinern gleichermaßen gefürchteten Hirn- und Lungenödeme entstehen jedoch auf Basis unterschiedlicher Mechanismen: „Zum Hirnödem führen neben der Vasodilatation im Hirn die erhöhte Permeabilität der Gefäße sowie die erwähnte Salz- und Wasserretention“, sagt Skrabal. Erweiterte Gefäße mit erhöhter Durchlässigkeit lassen demnach Flüssigkeit austreten, ein lebensbedrohlicher Anstieg des Hirndrucks ist die Folge. „Eine solches Hirnödem verläuft in 95 Prozent aller Fälle tödlich“, betont auch der erfahrene Extrembergsteiger Josef „Sepp“ Hinding. „In der Lunge dagegen führt die Aktivierung des Sympathikus und die daraus resultierende Endothelaktivierung zu einer Vasokonstriktion“, berichtet Skrabal. Doch auch in der Lunge werden die Gefäße in der Höhe durchlässig - das Resultat ist im schlimmsten Fall das Höhenlungenödem.

## **Kein Hunger, kein Durst**

Höhen über 4.000 Metern bewirken im Organismus zudem eine absolute und chronische Abnahme des Sättigungshormons Leptin. „Das Warnsignal Hunger tritt trotzdem kaum ein. Ursächlich für die Leptin-Suppression dürfte der höhenbedingte Anstieg der Katecholamine Adrenalin und Noradrenalin sein. Eine weitere Höhenbergsteigern bestens bekannte Auswirkung der Höhenluft ist das fehlende Durstgefühl: „Hauptursache der Dehydrierung ist aber nicht die Schweißproduktion, sondern der Flüssigkeitsverlust über die Lunge als Folge der vertieften Atmung und der extrem trockenen Luft in der Höhe“, erklärt dazu Skrabal.

Genau wie im Leistungssport sei auch im Alpinismus die Ernährung Bestandteil des Trainings, betont der bayrische Ernährungsphysiologe Dr. Volker Veitl. „Eine Ernährungsumstellung wird auch nicht von heute auf morgen wirksam, sondern es dauert zumindest zwei Wochen, bis ein Effekt spürbar ist.“ Die besonderen Anforderungen in der Höhe entstehen erst durch den längeren Aufenthalt: „Wenn Sie einen Tag lang auf dem Dachstein verbringen, ist es egal, ob Sie vorher ein Schnitzel essen oder nicht - doch bei längeren Trekkingtouren oder Aufenthalten über 4.000 Metern sollte genau wie im Ausdauersport die Ernährung rechtzeitig angepasst werden.“

In Höhen zwischen 2.000 und 4.000 Metern können die Belastungen durch geringen Sauerstoffpartialdruck, Wasserverlust und Strahlenexposition in der Regel noch vollständig kompensiert werden. „Darüber nimmt der verfügbare Sauerstoff ab, sodass wir wesentlich mehr Liter Luft benötigen, um Energie aus Fetten oder Kohlenhydraten zu gewinnen“, erläutert Veitl.

## **Fett oder Kohlenhydrate?**

„Eines der größten Probleme in der Höhe ist der ohnehin schon schlechtere Appetit als Folge des Leptinmangels bei gleichzeitiger Notwendigkeit, größere Mengen zu sich zu nehmen, um den Energiebedarf zu decken“, macht Veitl das Problem deutlich. Ob die Nahrung im Hochgebirge nun fetter - und damit zwar geringere Mengen, dafür aber mehr Sauerstoff zur Energiegewinnung erforderlich sind - oder reicher an Kohlenhydraten sein sollte, bleibe letztlich eine individuelle Entscheidung. „Wenn Sie 3.000 bis 4.000 Kilokalorien aus kohlenhydratreicher Kost gewinnen wollen, dann müssen sie bei gleicher Energiemenge das doppelte Volumen aufnehmen als in niedrigeren Lagen - das ist schon sehr viel und auf dem Berg mitunter ein logistisches Problem.“

„Zur Frage, ob in großen Höhen zusätzlich Vitamine oder Nahrungsergänzungsmittel nötig seien, verweist Veitl auf Studien, die zeigen, dass die Zufuhr von Vitamin E oder C sich auch bei Leistungssportlern nicht auf die Leistungsfähigkeit auswirke: „Allerdings kommt es durch die fotobiologische Belastung in Eis und Schnee zur gesteigerten Bildung freier Radikale. Eine Kost, die reich an Antioxidantien ist, kann daher nur empfohlen werden.“ Bei ausgeglichener Kost seien selbst für Leistungssportler und Extremalpinisten Nahrungsergänzungsmittel nicht nötig, sagt Veitl.

„Nur wenn die Sportler chronisch zu wenig essen, dann ist es nötig, Mineralstoffe zuzuführen. Vor allem fehlt ihnen häufig Zink, wenn bei kohlenhydratreicher Kost zu wenig Fleisch gegessen wird.“

## **Essen und Trinken nach Plan**

Unerlässlich auf dem Berg ist die ausreichende Zufuhr von Flüssigkeit, „mindestens vier bis fünf Liter pro Tag oder nach der Faustregel, dass der Harn möglichst hell und klar sein sollte - ‚Ginclear‘, wie dazu die britischen Bergsteiger sagen.“ Doch auch daraus entstehen logistische Probleme, speziell im Trekking- Sport. „Das Problem, genügend Wasser in die Zelle zu bekommen, ist am Berg oft nicht gelöst“, sagt dazu Veitl. Auch die von Höhenbergsteigern zur Prävention des Lungenödems häufig eingenommene Substanz Azetazolamid wirke diuretisch, ebenso wie Tee oder Kaffee.

„Abhilfe schaffen hier Lösungen wie Maltodextrin, die Natrium und Glukose enthalten und zugleich wichtige Energielieferanten sind.“ Insgesamt gelte am Berg nur eine Faustregel:

„Essen und Trinken streng nach Plan“, betont Veitl. Nahrungs- und Flüssigkeitszufuhr sind streng in den Tagesablauf einzuplanen, und Essenszeiten dürften nicht von Aktivitäten überlagert werden.

„Um mit einem guten Ernährungszustand in die Berge zu gehen, sollte zwei Monate vor Expeditionsbeginn mit dem Ernährungstraining begonnen werden.“

Als Basis dafür gilt nach wie vor die klassische Ernährungspyramide“, betont Veitl.

Von Mag. Christina Lechner

© MMA, CliniCum 9/2007