

Jak przeżyć na wysokościach?

PDF FULL-TEXT
www.lekwpolsce.pl

Oddano do publikacji: 13.06.2013

Justyna Czarnocka
Koło Naukowe SKN Free Radicals przy Zakładzie Chemii Fizycznej
Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego WUM
opiekun koła: dr n. farm. Katarzyna Paradowska



Słowa kluczowe: choroby wysokogórskie, aklimatyzacja, liście koki, adaptacja organizmu do warunków górskich.

Streszczenie

W ostatnich latach wzrastająca liczba ekspedycji wysokogórskich wywołała zainteresowanie naukowców wpływem obniżonego ciśnienia atmosferycznego na funkcjonowanie człowieka. Lekarze zajmujący się medycyną wysokogórską opracowali farmakologiczną procedurę umożliwiającą ułatwienie i przyspieszenie aklimatyzacji dzięki zastosowaniu takich leków, jak: acetazolamid, nifedypina, deksametazon.

Z drugiej strony antropologowie próbują poznać sposoby adaptacji ludności górskiej do warunków stałej hipoksji. Dotychczas odkryto zmiany metaboliczne w organizmach mieszkańców Tybetu i Andów. Aby przeżyć na wysokościach pierwsi wydychają większą ilość tlenu azotu (NO), podczas gdy drudzy wykazują podwyższony poziom hemoglobiny, co skutkuje poprawą transportu tlenu z krwi do tkanek.

Key words: psoriasis, keratinocytes, topical treatment, emollients, dithranol.

Abstract

In recent years a growing number of high mountain expeditions have drawn scientists' attention to the human performance in high altitude atmosphere. Mountaineering medicine has found a pharmacological way to ease and accelerate acclimatization by using drugs such as acetazolamide, nifedipine and dexamethasone.

Meanwhile anthropologists have been searching for patterns of the body's adaptation to high altitude hypoxia in local inhabitants. It resulted in a discovery of metabolic changes in organisms of Tibetan and Andean inhabitants. In order to survive in a high altitude area, the former boost the amount of exhaled nitrogen monoxide, NO, while the latter improve a transfer of oxygen, from the blood to the tissues, by increasing the hemoglobin level.

Wprowadzenie

Ponad 95% ludności Ziemi zamieszkuje tereny nizinne – poniżej 1000 m n.p.m., dlatego zmiana wysokości jest dla większości ludzi dużym wyzwaniem. Odpowiednie tempo wspinaczki pozwala stopniowo dostosować organizm do klimatu wysokogórskiego, co wykorzystywane jest przez miłośników górskich ekspedycji. Jednak coraz więcej turystów wyjeżdża w wysokie góry bez

przygotowania. Żle mogą się czuć przez pierwsze dni narciarze na alpejskich stokach, np. w Chamnix, gdzie większość tras przebiega powyżej 2000 m. Podobne w Austrii, trasy na lodowcach znajduje się na wysokości 2100–3100 m. n.p.m. Uczestnicy wycieczek przylatujący do peruwiańskiego Cusco (3300 m n.p.m.) i Machu Picchu (2400 m n.p.m.) cierpią na mdłości i zawroty głowy, ale na miejscu mogą zaopatrzyć się w tlen.

W jaki sposób postępować, aby ułatwić proces adaptacji i jakie zagrożenia wiąże się ze źle przeprowadzoną aklimatyzacją? W górach warunki znacznie różnią się od tych występujących na terenach niżej – na poziomie morza panuje ciśnienie 780 mm Hg, a zawartość tlenu w atmosferze wynosi 21%, natomiast na wysokości 3600 m n.p.m. wynosi już tylko 499 mm Hg¹. Stężenie procentowe tlenu pozostaje to samo, ale rozrzedza się powietrze i ilość cząsteczek tlenu zmniejsza się. Odpowiedzią organizmu na taką sytuację jest regulacja oddychania. Podczas wdechu do krwi dostarczany jest tlen, z kolei podczas wydechu oddawany jest dwutlenek węgla. Przy niskim ciśnieniu trudniej wykonać pełny wdech, dlatego w górach ilość dostarczonych cząsteczek cennego O₂ jest zmniejszona. Oddech staje się szybszy i głębszy, by zapobiec niedotlenieniu organizmu. Podczas hiperwentylacji zwiększa się ilość wydychanego CO₂, a jednocześnie stężenie CO₂ we krwi spada, powodując jej alkalizację. Aby wyrównać pH krwi nerki zaczynają ze zwiększoną siłą wydalać alkalia w postaci HCO₃⁻. W taki właśnie sposób organizm przystosowuje się do warunków wysokogórskich.

Ostra choroba wysokogórska

Proces przystosowania organizmu można farmakologicznie wspomóc dzięki stosowaniu leków zwiększających wydalanie moczu. Moczopędnie działający **acetazolamid** znalazł zastosowanie w profilaktyce i leczeniu *ostrej choroby wysokogórskiej* (AMS – *Acute Mountain Sickness*)².

AMS występuje u ponad 50% osób biorących udział w wyprawach trekkingowych i ekspedycjach powyżej 2500 m n.p.m. Choroba przejawia się bólem głowy, zaburzeniami snu, utratą apetytu, apatią, obrzękami kończyn, nudnościami lub wymiotami. Wymienione objawy zazwyczaj ustępują po kilku dniach, pod warunkiem, że pozostaje się na tej samej wysokości, unika wzmożonej aktywności fizycz-

nej i spożywa odpowiednio dużo płynów. W przeciwnym wypadku konieczna jest farmakoterapia – leki przeciwbólowe (np. paracetamol, ibuprofen) i przeciwwymiotne – oraz zaprzestanie dalszej wspinaczki. Jeśli powyższe postępowanie nie przyniesie pożądanego efektu, to po 6–12 godzinach należy podać acetazolamid w dawce 250 mg³.

Wysokościowy obrzęk płuc

Na wysokości 3000 m n.p.m. ilość tlenu, jaką wdychamy, jest bardzo mała. Jeżeli więc nie zostanie przeprowadzona prawidłowa, stopniowa aklimatyzacja, organizm nie zdąży dostosować się do panujących warunków i włącza się mechanizm obronny. Krew, przepływając przez płuca, nie pobiera wystarczającej ilości tlenu, co powoduje skurcz płucnych naczyń krwionośnych. Oznacza to, że mniejsza ilość krwi przepływa przez pęcherzyki płucne, ale dzięki temu krew opuszczająca płuca jest w wyższym stopniu nasycona tlenem.

Niestety, jednocześnie rośnie ciśnienie w tych naczyniach, co może wywołać przesiąkanie płynu do opłucnej. W ten sposób rozwija się *wysokościowy obrzęk płuc* (HAPE – *High Altitude Pulmonary Edema*). Chory ma uczucie duszności oraz ciasnoty w klatce piersiowej, nawet przy niewielkim wysiłku. Wydolność organizmu znacznie spada, tętno jest przyspieszone, może także pojawić się kaszel i „bulgoczący” oddech. Wystąpienie powyższych objawów wymaga natychmiastowego zaprzestania wspinaczki i podjęcia kroków w celu ich zniwelowania. Chory powinien odpocząć z uniesioną górną połową ciała i przyjąć leki pomagające zmniejszyć obrzęk płuc.

Według zaleceń Międzynarodowej Federacji Związków Alpinistycznych⁴ wskazane jest podanie **nifedipiny o przedłużonym uwalnianiu**. Lek ten powoduje rozkurczenie tętnic (m.in. płucnych), co obniża ciśnienie, umożliwiając usunięcie płynu

¹ http://www.altitude.org/air_pressure.php (dostęp: 28.05.2013)

² Bengt Kayser, Lionel Dumont, Christopher Lysakowski, Christophe Combescure, Guy Haller, Martin R. Tramér, *Reappraisal of Acetazolamide for the Prevention of Acute Mountain Sickness: A Systematic Review and Meta-Analysis*, High Altitude Medicine & Biology Volume 13, Number 2, 2012, pp. 82-92.

³ *Postępowanie przedszpitalne w zagrożeniu życia w przebiegu ostrej choroby górskiej, wysokościowego obrzęku płuc i wysokościowego obrzęku mózgu* – Stanowisko komisji medycznej federacji związków alpinistycznych (UIAA) – część 2, Th. Küpper, U. Gieseler, C. Angelini, D. Hillebrandt, J. Milledge, Whistler (Kanada) 2012, [tłumaczenie polskie: Maciej Uchowicz].

⁴ Ibidem.

z opłucnej i poprawę dotlenienia organizmu. Jeśli jest dostępny, można podać choremu tlen lub zastosować komorę hiperbaryczną. Należy jednak pamiętać, że pobyt w komorze nie leczy HAPE, a jedynie pozwala zyskać na czasie. W każdym przypadku konieczne jest zejście chorego z wysokości tak szybko, jak to możliwe.

Wysokościowy obrzęk mózgu

Najpoważniejszym schorzeniem związanym z pobytem na wysokości jest *wysokościowy obrzęk mózgu* (HACE – *High Altitude Cerebral Edema*)⁵. Objawy występują najczęściej na wysokości 4000–5000 m n.p.m. HACE objawia się przede wszystkim nasilonym bólem głowy, który nie ustępuje po podaniu typowych leków przeciwbólowych. Pojawiają się także nudności, wymioty i zawroty głowy. U chorego występują również zaburzenia koordynacji ruchowej – ataksja. Zauważalne są też zmiany zachowania – splątanie lub omamy. W skrajnych przypadkach może dojść do śpiączki i zgonu w wyniku zatrzymania oddechu. Podobnie jak w przypadku HAPE, nieodzowne jest zejście z wysokości. W miarę możliwości chory powinien być zniesiony na noszach lub przetransportowany śmigłowcem do szpitala. Podczas samodzielnego schodzenia ryzyko wypadku stwarzają zawroty głowy oraz niezborność ruchowa. Ponadto wskazane jest doustne podanie **deksametazonu** (w cięższych przypadkach konieczna jest iniekcja dożylna lub domięśniowa⁶). Deksametazon jest silnym lekiem steroidowym ratującym życie w przypadku HACE poprzez zmniejszenie obrzęku mózgu i tym samym ciśnienia śródczaszkowego.

Erythroxylon coca

Opisane powyżej schorzenia najczęściej wynikają z nieprawidłowej aklimatyzacji. Co ciekawe, dotyczą one tylko osób na stałe zamieszkujących niższe tereny, gdyż organizmy mieszkańców stref wysokogórskich przez wiele pokoleń dostosowały się do życia w warunkach obniżonego ciśnienia

atmosferycznego. Jednym ze sposobów adaptacji człowieka do warunków wysokogórskich jest żucie **liści koki** (*Erythroxylon coca*) przez rdzenną ludność Andów. Od dawna próbowano wytłumaczyć, jak ten rytuał wpływa na wydolność organizmu w górach.

W Peru, w miejscowości Cajamaraca (2700 m n.p.m.) przeprowadzone zostały badania przez V. Cosiker i wsp. na grupie 14 zdrowych mężczyzn w celu określenia biochemicznego i fizjologicznego wpływu żucia koki na organizm. Dziesięciu osobom podano 8 g koki z odrobiną cytryny, a czterech pozostałych stanowiły grupę kontrolną. Podczas eksperymentu przeprowadzono: pomiary ciśnienia, tętna oraz badanie krwi. Oznaczenia wykonywano przed i po 20-minutowych ćwiczeniach na rowerze stacjonarnym, powtarzanych ośmiokrotnie. Wyniki tych pomiarów nie wykazały różnic w ciśnieniu, częstotliwości tętna ani utlenowaniu krwi pomiędzy grupami. U osób żujących kokę badanie krwi wykazało znaczące podwyższenie poziomu glicerolu, mleczanu oraz pirogonianu. Wyniki te sugerują, że w grupie badanej nastąpiło zwiększenie spalania kwasów tłuszczowych i tłuszczów, kosztem obniżenia metabolizmu cukrów⁷. Jest to mechanizm świadczący o dostosowaniu sposobu przemiany materii do długotrwałego wysiłku fizycznego. Wyniki tego eksperymentu prowadzą do wniosku, że żucie liści koki wzmacnia zdolności adaptacyjne organizmu do warunków wysokogórskich.

Podstawowe leki, które przydatne są w spinnaczce wysokogórskiej przedstawia tab. 1.

Mechanizmy adaptacji do warunków górskich

Bardzo interesujące badania, umożliwiające zrozumienie procesów adaptacji człowieka do środowiska, przeprowadziła Cynthia M. Beall z uniwersytetu w Cleveland (Ohio, USA). Badania obejmowały rdzenną ludność Andów, Tybetu oraz Etiopii. Wiadomo, że wraz ze wzrostem wysokości maleje ciśnienie atmosferyczne, powodując

⁵ Postępowanie przedszpitalne..., 2012.

⁶ Ibidem.

⁷ V. Casikar, E. Mujica, M. Mongelli, J. Aliaga, N. Lopez, C. Smith, F. Bartholomew, Does Chewing Coca Leaves Influence Physiology at High Altitude? Indian J Clin Biochem, July 2010, Volume 25, Issue 3, pp. 311–314.

stałą hipoksję u osoby przebywającej w górach. Aby utrzymać organizm w dobrej kondycji, musi być zapewnione odpowiednie dotlenienie tkanek. Badania mieszkańców Boliwii (4000 m n.p.m.) wykazały, że mają oni o 25% wyższy poziom hemoglobiny niż ludność nizinna⁸. Zatem mniejsza dostępność tlenu z powietrza rekompensowana jest przez lepsze przenoszenie O₂ w układzie krwionośnym.

Odmienny mechanizm adaptacji wykształcił się wśród ludów zamieszkujących góry Tybetu (4000 m n.p.m.). Naukowcy odkryli, że Tybetańczycy wydychają mniej tlenu azotu (NO) niż grupa kontrolna, żyjąca na poziomie morza, dzięki czemu większa ilość cząsteczek NO krąży we krwi⁹. Gaz rozkurcza naczynia krwionośne, obniżając ciśnienie krwi. Mechanizm ten przeciwdziała obkurczeniu naczyń wywołanemu hipoksją spowodowaną przebywaniem na dużych wysokościach. Ponadto w społeczności tybetańskiej zaobserwowano naturalną selekcję organizmów lepiej dostosowanych do warunków górskich. No-

worodki, które odziedziczyły gen odpowiadający za większe utlenowanie krwi, miały większe szanse na przeżycie¹⁰.

Wśród trzeciej badanej grupy – ludności górskiej Etiopii (3500 m n.p.m.) – nie stwierdzono żadnego z wymienionych mechanizmów adaptacji organizmu do warunków środowiska¹¹. Pytanie: jak Etiopczycy przystosowali się do wysokogórskiej hipoksji, pozostaje ciągle bez odpowiedzi.

Wyniki badań nad procesami dostosowania organizmu ludzkiego do wysokogórskiego klimatu oraz obserwacje nad jego reakcjami na zmianę wysokości świadczą o tym, że człowiek ciągle podlega ewolucji i dostosowuje się do warunków otaczającej go przyrody. Stosując właściwe procedury postępowania i odpowiednie środki farmakologiczne potrafimy coraz lepiej zapobiec niepożądanym konsekwencjom pobytu na dużych wysokościach. Pomaga w tym analiza tragicznych wypadków, takich jak śmierć dwóch z czterech zdobywców Broad Peak w Himalajach w lutym 2013 r. Uważa się, że uczestnicy tej pol-

Tabela 1. Apteka w górach – podstawowe preparaty

Działanie	Lek
przeciwbólowe	paracetamol, ibuprofen
silne przeciwbólowe	tramadol, ketamina*
adaptacyjne	liście koki**
przeciwwymiotne	dimenhidrinat
moczopędne	acetazolamid
obniżające ciśnienie	nifedypina o przedłużonym działaniu
silne przeciwobrzękowe	deksametazon

Należy koniecznie pamiętać o zabraniu leków przyjmowanych przewlekłe!

*Ketamina (*ketamine*) jest produktem leczniczym dostępnym w Polsce wyłącznie w postaci iniekcji jako lek Lz. Zaliczana jest do grupy anestetyków (NO1AX); wskazana jest jako szybko działający pojedynczy lek znieczulający do krótkich zabiegów diagnostycznych (postać iv), gdy nie jest wymagane zwiótczenie mięśni szkieletowych lub jako wprowadzenie do znieczulenia ogólnego (postać im).

**Liście koki nie są dopuszczone do obrotu jako surowiec farmaceutyczny w Polsce.

[oba przypisy: W. Łuszczyna]

⁸ Cynthia M. Beall *Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia*, Integrative and Comparative Biology Volume 46, Issue 1, 2006, pp. 18-24.

⁹ Ibidem.

¹⁰ Ibidem.

¹¹ Ibidem.

skiej zimowej wyprawy zbyt długo przebywali na wysokości 8000 m n.p.m.

Ponadto doświadczenia medyczne zebrane na wysokogórskich wyprawach mogą być bardzo przydatne w lotnictwie oraz w przygotowywaniu załogowych misji kosmicznych.

Złote zasady zachowania się w górach wysoko podsumowuje tab. 2.

Tabela 2. Złote zasady^{12,13}

I	Odpoczywaj i jedz co 2-3 godziny. Dużo pij!
II	Spożywaj pokarmy bogate w węglowodany, ogranicz alkohol i sól.
III	- Wchodź wysoko, śpij nisko! - Jeśli przekroczysz wysokość 2500-3000 m n.p.m., spędzaj nocleg maksymalnie 300-500 m n.p.m. wyżej niż poprzedniej nocy. - Co trzeci dzień spędź noc na tej samej wysokości.
IV	Przy pogorszeniu samopoczucia przyjmij, że są to symptomy AMS – nie wspinaj się wyżej i lecz objawy.

¹² Zasada 4 x 4 dla osób w górach – Stanowisko komisji medycznej federacji związków alpinistycznych (UIAA) – część 1, J. Kubalová, Zdonovie (Republika Czeska) 2008, [tłumaczenie polskie: Maciej Uchowicz].

¹³ Peter H. Hackett, David R. Shlim, *Altitude illness*, Centers For Disease Control, <http://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2012/chapter-2-the-pre-travel-consultation/altitude-illness> (dostęp: 28.05.2013).

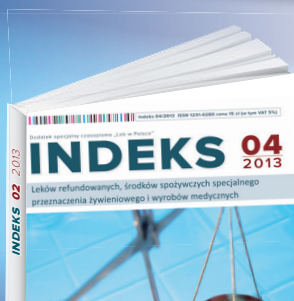
Piśmiennictwo:

1. V. Casikar, E. Mujica, M. Mongelli, J. Aliaga, N. Lopez, C. Smith, F. Bartholomew, Does Chewing Coca Leaves Influence Physiology at High Altitude? *Indian J Clin Biochem*, July 2010, Volume 25, Issue 3 pp. 311–314.
2. Cynthia M. Beall Andean, Tibetan, and Ethiopian patterns of adaptation to high-altitude hypoxia, *Integrative and Comparative Biology* Volume 46, Issue 1, 2006, pp. 18-24.
3. Peter H. Hackett, David R. Shlim, *Altitude illness*, Centers For Disease Control, <http://wwwnc.cdc.gov/travel/yellowbook/2012/chapter-2-the-pre-travel-consultation/altitude-illness> (dostęp: 28.05.2013).
4. Bengt Kayser, Lionel Dumont, Christopher Lysakowski, Christophe Combescure, Guy Haller, Martin R. Tramér, Reappraisal of Acetazolamide for the Prevention of Acute Mountain Sickness: A Systematic Review and Meta-Analysis, *High Altitude Medicine & Biology* Volume 13, Number 2, 2012, pp. 82-92.
5. Zasada 4 x 4 dla osób w górach – Stanowisko komisji medycznej federacji związków alpinistycznych (UIAA) – część 1, J. Kubalová, Zdonovie (Republika Czeska) 2008, [tłumaczenie polskie: Maciej Uchowicz].
6. Postępowanie przedszpitalne w zagrożeniu życia w przebiegu ostrej choroby górskiej, wysokościowego obrzęku płuc i wysokościowego obrzęku mózgu – Stanowisko komisji medycznej federacji związków alpinistycznych (UIAA) – część 2, Th. Küpper, U. Gieseler, C. Angelini, D. Hillebrandt, J. Milledge, Whistler (Kanada), 2012, [tłumaczenie polskie: Maciej Uchowicz].
7. Wpływ ekstremalnych temperatur na leki. Wraz z uwagami na temat działań ubocznych i stosowaniu niektórych leków w górach – Stanowisko komisji medycznej federacji związków alpinistycznych (UIAA) – część 10, Th. Küpper, J. Milledge, B. Basnyat, D. Hillebrandt, V. Schöffl, Zdonovie (Republika Czeska) 2008, [tłumaczenie polskie: Maciej Uchowicz].
8. http://www.altitude.org/air_pressure.php (dostęp: 28.05.2013).

Adres Autorki:

Justyna Czarnocka
e-mail: czarnocka.j@wp.pl

Aktualna lista refundacyjna w wersji papierowej



ZGODNA Z PUBLIKACJĄ:



Ministerstwa Zdrowia

DLA PRENUMERATORÓW „LEKU W POLSCE” CENA 15 ZŁ
(wraz z kosztami wysyłki)

Zamów już teraz: www.medyk.com.pl infolinia 801 55 45 42