



Kurz cvičiteľov skalného lezenia 2010  
Horolezecká škola slovenského horolezeckého spolku JAMES

---

Seminárna práca

# Vplyv nadmorskej výšky na organizmus človeka

Košice 8.11.2010

Marek Nagy

## **Abstrakt**

Seminárna práca pojednáva o problémoch spojených s pobytom vo veľkých nadmorských výškach. Rozoberá vplyvy nízkeho atmosférického tlaku na ľudský organizmus a popisom známych chorôb spojených s výškou.

Taktiež prevenciu a známe postupy liečenia týchto onemocnení. V neposlednom rade poskytuje ukážku toho, aké sú vysoké hory krásne, ale hlavne že k nim treba pristupovať veľmi zodpovedne a nepodceňovať ich silu.

Pretože aj drobné chyby sa v horách trestajú tým najcennejším čo v živote máme, a to vlastným životom... .

# Predhovor

Niektor múdry raz povedal:

**„Hory sú výzvou k životu prostému a tvrdému, ktorého prednosťou je, že hovorí človeku pravdu o ňom samom...“.**

V tomto zamyslení je skrytá obrovská múdrosť, ktorú si mnohí z nás ani len neuvedomujú. Naozaj sa snažím veľmi rozumieť ľudskému zmýšľaniu, pochopiť odhodlanie, nadšenie mnohých ľudí pustiť sa do zápasu a vystupovať na miesta kam nelietajú ani vtáky. Na miesta kde z dlhodobšieho hľadiska nie je možný akýkoľvek život.

Sám som horolezec a viem, že človek len na tých málo miestach na svete, pri stíšení duše vidí svoj život v tej najpravejšej podstate. Život tak, aký by mal byť ako by ho mal prežívať a stavať sa k ostatným ľuďom. Asi len tu človek vidí čo robí zle, kam sa ženie so svojím prístupom k životu. Niektor hovorí, že hory sú preňho: „práčkou na myseľ...“. Keď človek nekonečné hodiny vystupuje „len“ pre niekoľko výškových metrov, ktoré možno už v ten istý deň zlezie... . Keď nekonečné hodiny vystupuje v hrozných podmienkach, v silnom vetre, snežení, zime. Keď sa ako prvý prebára po pás hlbokom snehu, keď počíta kroky, ktoré ho majú doviest' na vrchol. Smiešne krátkodobé ciele, ktoré ale sledujú cieľ. „Spravím desať krokov a oddýchnem si, mám ich päť a lapám po dychu a v duchu si nadávam“, predstavte si radosť z jedenástich ... ..

Hory nás učia pokore a beda tým, ktorí na to pozabudnú.

Chápem, že dnešná uponáhľaná doba už „nenosí“ pokoru. Nie je to „cool“ alebo „in“, možno obidvoje. Ľudia už nemajú čas sa na chvíľu pozastaviť, zamyslieť sa nad svojím životom a berú ho ako samozrejmosť. Zabúdame na to, že naše životy sú krásne kryštály jedinečne vybrúsené podľa charakteru, povahy, ktoré sú ale na druhej strane veľmi krehké a ľahko ich vlastným konaním dokážeme zničiť.

Dnes je horolezectvo naozaj veľmi prístupné širokej verejnosti (možno aj preto máme toľko lezeckých odvetví). Urobiť kurz, zohnať vybavenie dokonca navštíviť za pár týždňov miesta, na ktoré sa v minulosti pripravovali skupiny ako aj jednotlivci niekoľko rokov dnes už nie je problém. Žijeme povrchne a podstata lezenia v prežívaní, je preč. Možno preto sa nechávame zmiast' rôznymi reklamami našich i zahraničných predajcov v sieti najrôznejších obchodných domov. Možno preto si myslíme že taká alebo onaká membrána nám zaistí úspech a oblečie nás do novej „nezničiteľnej“ kože. Masovo rozšírený šport často pre ľudí, ktorí nedokážu alebo nevedia vnímať hory s rešpektom. Neprežívajú to, čo dokázala uskutočniť hŕstka vyvolených cítiacich ľudí s vybavením v ktorom by sme už dnes nešli ani za dom na prechádzku.

Autor

## Úvod

Vysokohorská turistika sa stáva čoraz populárnejšou. Trekking v Nepále či výstup na Kilimandžáro sú zahrnuté v ponuke mnohých cestovných kancelárií, pričom neinformovaní turisti sa bez skúseností vydávajú až do nadmorských výšok okolo 7000 metrov.

Cestujú do La Paz, sídla vlády Bolívie, s výškou 3658 m najvyššie položeného sídla vlády na svete. Hlavné mesto krajiny je mimochodom Sucre.

Železničná trať medzi Limou (Peru) a La Oroyou (Peru) v Andách stúpa na takmer 4500 m výšky. Väčšina cestujúcich musí byť počas cesty opatrená kyslíkom, ktorý podáva personál.

Na ceste z Číny do Lhasy/Tibet, ktorú medzičasom používa mnoho turistov sa človek dostane cez priesmyk Tangula s výškou okolo 5300 m. Cez tento priesmyk jazdia aj linkové autobusy.

Od výšky cca 2000 m treba rátať s prvými príznakmi výškovej choroby. Dôvodom toho je nízky obsah kyslíka v tele, lebo tlak vzduchu a tým parciálny tlak kyslíka sa s výškou znižujú.

Treking a vysokohorské turistika sa vo svete tešia naozaj veľkej obľube. Jedným z fenoménov posledných rokov je narastajúci počet ľudí, ktorí cestujú po horách a vystupujú na vysoké štíty často bez základných znalostí alpinizmu. Táto skupina ľudí nechodí pravidelne na alpské štíty, takže nemá ani dostatok skúseností pre určovanie výškovej taktiky. No ani ten, kto sa vo výškach s riedkym vzduchom pohybuje pravidelne, nie je proti komplikáciám imúnny. Ľahšie ochorenie dýchacích ciest môže postihnúť každého a potom výšková choroba neobíde ani profesionála. Prekročenie istej výškovej hranice však so sebou zvyčajne prináša komplex zdravotných problémov nazývaných horská choroba.

## Výšková choroba

Bolesť hlavy, únava, pocit slabosti, závrate, porucha rovnováhy, dýchavičnosť, nevoľnosť, zvracanie, nechutenstvo, nespavosť, opuch tváre, zápätia a členkov patria k spektru príznakov tohto patologického stavu.

Pod výškovou chorobou rozumieme všetky následky, symptómy a ťažkosti, ktoré sa vyskytujú v dôsledku nízkeho tlaku vzduchu resp. parciálneho tlaku kyslíka vo väčších výškach. Môžu to byť ľahké symptómy od cca 2000 m až po ťažké symptómy, ako pľúcne a mozgové edémy, trombózy a pľúcne embólie vo väčších výškach. Výšková choroba môže vo svojej ťažkej forme viesť k smrti. Postihnutí sa musia čo najrýchlejšie dopraviť do nižších výšok.

*Chápe, že väčšine ľudí, ktorí budú čítať túto prácu nie je až tak fyzika blízka. Treba si ale uvedomiť, že fyzikálne zákonitosti platia neustále všade okolo nás a fyzika je „odkukaná,, z prírody. Bez nej to proste nejde. Čím viac sa budeme snažiť ju pochopiť, tým viac sa nám bude snažiť poodhaliť svoje „skryté“ tajomstvá. Tým dokážeme lepšie a bezpečnejšie vystupovať až k nebesiam.*

## Fyzikálne a fyziologické predpoklady

### Tlak

Dôležitou fyzikálnou veličinou pri pobyte vo väčších výškach je tlak resp. parciálny tlak. Je definovaný ako sila na plochu:

$$P = F/A$$

kde:

$P$  = tlak (od „pressure“)

$F$  = sila (od „force“)

$A$  = plocha (od „area“)

Aby sme sa dostali k jednotke tlaku, dosadíme do rovnice jednotku pre silu a plochu. Ak pôsobí napríklad sila o veľkosti 1 newtona ( $1 \text{ N} = 1 \text{ m} \cdot \text{kg} \cdot \text{s}^{-2}$ ) na nejakú plochu o veľkosti  $1 \text{ m}^2$ , tak sa jednotka tlaku, ktorá z toho vznikla označuje ako pascal (= Pa).

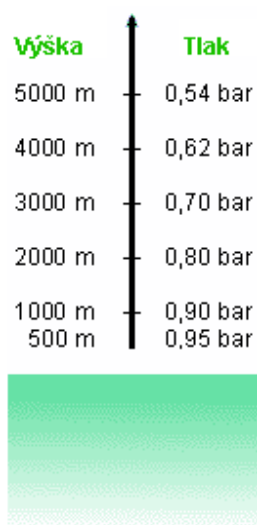
$$1 \text{ Pa} = 1 \text{ N/m}^2$$

Stopäť pascalov sa označuje ako jeden bar:

$$1 \text{ bar} = 105 \text{ Pa}$$

Priemerný tlak vzduchu činí v nulovej nadmorskej výške 1,013 bar.

Pri polohách s vysokým tlakom resp. s nízkym tlakom však môže značne kolísať.



### Tlakové pomery v rôznych výškach

Vzduch je silne stlačiteľný. Tlak vzduchu sa v atmosfére pri rastúcej výške znižuje. Znižovanie tlaku nie je pritom ako napr. pri vode lineárne, preto tlak vzduchu nie je napr. v 4 000 m spolovice tak veľký ako v 2000 m.

### Parciálny tlak

Pod parciálnym tlakom (= čiastkovým tlakom) plynu v plynnej zmesi. Rozumieme tlak plynu, ktorý spôsobuje plyn, ktorého parciálny tlak sa pokúšame vyšetriť.

Parciálny tlak  $p_T$  istého plynu v plynnej zmesi s celkovým tlakom  $p_0$  (celkový tlak plynnej zmesi (v ktorej vyšetrujeme parciálny tlak určitého plynu, ktorý je obsiahnutý v zmesi)),  $V_n$  je potom percentuálny podiel plynu, ktorého parciálny tlak sa pokúšame vypočítať.

$$p_T = p_0 * V_n$$

parciálny tlak = celkový tlak \* percentuálny podiel objemov jednotlivých plynov

Podľa definície parciálneho tlaku vyplýva, že zo súčtu parciálnych tlakov ( $p_{T1}+p_{T2}...$ ) všetkých plynov zastúpených v plynnej zmesi získame opäť celkový tlak  $p_0$  plynu.

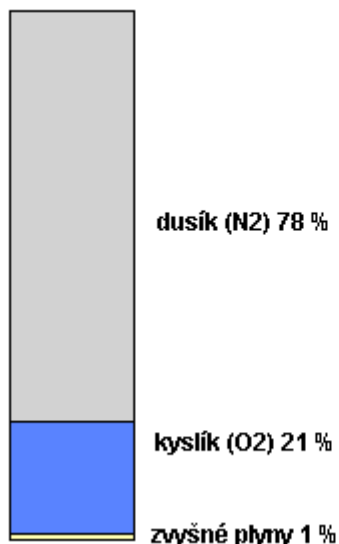
Príklad: *zloženie vdychovaného a vydychovaného vzduchu v percentách.*

Povedzme, že vo vdychovanom vzduchu je celkový tlak napríklad 1 bar. Percentuálny podiel objemu kyslíka v atmosfére je 0,21 (= 21 %), dusíka 0,78 (= 78 %) a zvyšných plynov 0,01 (= 1 %). V tomto prípade sa parciálny tlak kyslíka vypočíta nasledovne:

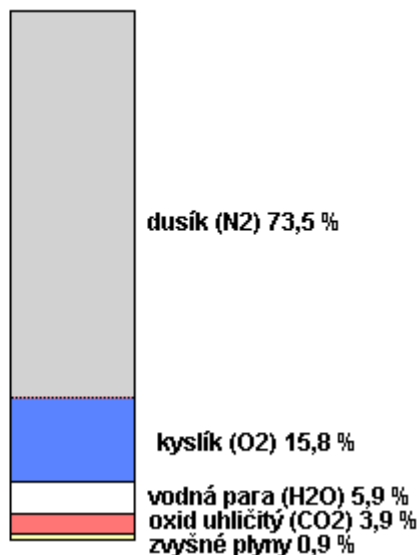
$$p_{O_2} = 1 \text{ bar} * 0,21 = 0,21 \text{ bar}$$

Zloženie vdychovaného a vydychovaného vzduchu v percentách

### vdychované plyny



### vydychované plyny



### Dýchaný vzduch

*Zloženie vzduchu sa do výšky 90 –100 km nemení. Podiel kyslíka je stále približne 21 %.*

Parciálny tlak kyslíka v okolitom vzduchu a následne v pľúcach zohráva pre vznik a liečbu výškovej choroby rozhodujúcu úlohu. Zloženie vzduchu sa so zvyšujúcou nadmorskou výškou nemení, alebo sa mení len nepatrne. V nasledujúcej tabuľke možno zistiť, že parciálny tlak kyslíka vo výške okolo 5 000 m klesol už na polovicu vzhľadom na hladinu mora. Za všetky symptómy a ťažkosti výškovej choroby je konečne zodpovedný príliš nízky parciálny tlak kyslíka v atmosférickom vzduchu a tým v pľúcnych mechúrikoch (alveolách).

V nasledujúcej tabuľke sú pre rôzne nadmorské výšky uvedené priemerné celkové tlaky, ako aj priemerné parciálne tlaky kyslíka pre atmosférický tlak a parciálny tlak kyslíka spolu s vodnou parou a teda v pľúcnych mechúrikoch.

*Poznámka: V medicíne sa tlak ako napr. krvný tlak ešte vždy uvádza v milimetroch ortuťového stĺpca (mm Hg). Táto jednotka tlaku a tlak v baroch spolu nasledovne súvisia:*

**750 mm Hg = 1 bar**

výška v [m]	tlak vzduchu v [mm Hg]	parciálny tlak kyslíka v atmosfére v [mm Hg]	parciálny tlak kyslíka v pľúcach v [mm Hg]
0 = nadmorská výška	760	149	105
2000	596	115	76
3000	526	100	61
4000	462	87	50
5000	405	75	42
6000	354	64	38
7000	308	55	35
8000	267	46	32
10000	199	32	-
14000	106	12	-

### Príčiny výškovej choroby

V princípe sa rozlišujú štyri zóny v ktorých môže v dôsledku nedostatku kyslíka dochádzať k rozličným reakciám organizmu. Je dôležité upozorniť na to, že sa na tieto oblasti treba pozerať ako na priemerné hodnoty, pretože individuálne dispozície a aklimatizácia môžu viesť k značným posunom.

### Indiferentná zóna

V oblasti nadmorskej výšky vo výške 0 m do 2000 m výšky nie sú telesné a psychické funkcie človeka prakticky ovplyvňované. Športové a iné telesné vrcholné výkony (práca) nie sú preto obmedzené, alebo sú obmedzené len nepodstatne.

### Zóna úplnej kompenzácie

Táto oblasť siaha od 2 000 m do 4 000 m. Znížený tlak vzduchu s menšou ponukou kyslíka vedie už bez telesnej námahy, teda v pokoji k zvýšeniu srdcovej frekvencie, minútového dychového objemu, ako aj srdcového minútového objemu. Okrem toho sa dodatočnou tvorbou červených krviniek (erytrocytov) zväčšuje hustota krvi. Pri záťaži tieto hodnoty značne stúpajú v porovnaní s tým, ako by to bolo v prípade nadmorskej výšky. Telesná a psychická výkonnosť je značne redukovaná.



## **Zóna neúplnej kompenzácie**

Táto oblasť sa rozkladá od výšky cca 4 000 m do cca 7 000 m. V tejto zóne je bez aklimatizácie nutné počítať so značnými poruchami až po bezvedomie a smrť.

Telesná a psychická výkonnosť je značne redukovaná, ubúda schopnosť rozhodovania a reakcie. V tejto oblasti sa môžu vyskytnúť všetky pod symptómami menované reakcie.

## **Kritická zóna**

Táto oblasť začína asi vo výške 7 000 m. V horolezeckých kruhoch sa hovorí aj o zóne smrti. Od 7 000 m výšky nie je v pľúcach, v pľúcnych mechúrikoch dosiahnutý kritický parciálny tlak kyslíka 30 – 35 mm Hg. Pod touto hodnotou nie je možná dostatočná výmena plynov (difúzia) z pľúc do krvi a z krvi do buniek. Pritom sa v tejto výške spravidla veľmi rýchlo objavujú život ohrozujúce reakcie uvedené pod symptómami. Bez prívodu kyslíka alebo rýchleho transportu do nižšej výšky je spravidla treba počítať so smrťou. Ako veľmi však takéto reakcie závisia od individuálnych daností, ukazuje príklad horolezca z Južného Tirolska Reinholda Messnera, ktorý bez prívodu kyslíka zdolal Mount Everest 8 848 m, rovnako aj ďalších, ktorí bez kyslíka vystupujú na osemtisícové vrcholy.

## **Symptómy**

Ako bolo spomínané od výšky 2 000 m treba rátať s prvými príznakmi výškovej choroby.

*Bolesť hlavy, únava, pocit slabosti, závrate, porucha rovnováhy, dýchavičnosť, nevoľnosť, zvracanie, nechutenstvo, nespavosť, opuch tváre, zápätia a členkov patria k spektru príznakov tohto patologického stavu.*

Pritom sa symptómy dajú rozdeliť do troch stupňov. Bezpodmienečne treba dbať na to, že ťažké formy výškovej choroby môžu bez pomoci a bez znesenia do nižších výšok, resp. bez podania kyslíka veľmi rýchlo viesť k smrti.

Pritom je na pováženie, že zo známych smrteľných prípadov v Nepále, sa v dôsledku výškovej choroby prihodilo asi 80 % v skupinách. Tento počet sa dá možno vysvetliť tlakom skupiny a strachom zo zlyhania. (Pamätajte, že rýchlosť skupiny určuje jej najpomalší člen).

**Pozor :** Pretože sa výšková choroba môže objaviť celkom nezávisle od veku a športového tréningového stavu, treba sa vyhnúť každému „hrdinstvu“ a každý príznak výškovej choroby je treba brať vážne a je nutné siahnuť po príslušných opatreniach.

### **Lahké symptómy**

- bolesti hlavy
- nevoľnosť
- celková nevoľnosť
- pokles výkonnosti
- pulz zrýchlený o viac než 20 %

*Ak symptómy po jednej noci odznejú, môže sa risknúť resp. podstúpiť ďalší pomalý výstup.*

### **Ťažké symptómy**

- ťažké, pretrvávajúce bolesti hlavy
- ťažká nevoľnosť a zvracanie
- silný pokles výkonnosti
- úplná strata energie
- dýchavičnosť a zrýchlený tlkot srdca, aj v pokoji
- nočná nespavosť
- suchý, silný kašeľ
- pocity závratu a neistota pri chôdzi
- tmavý moč o objeme menej než 500 ml za deň

### **Najťažšie symptómy**

- veľmi silné bolesti hlavy
- úplný pokles výkonnosti
- pomätenosť
- silný, stály kašeľ
- zrýchlené búšenie srdca
- žiadne vylučovanie moču

### **Na základe tohto popisu rozlišujeme výškové choroby:**

- akútna výšková choroba (acute mountain sickness; AMS)
- výškový mozgový edém (high altitude cerebral edema; HACE)
- výškový pľúcny edém (high altitude pulmonary edema; HAPE).

## **Akútna výšková choroba**

Patrí v podstate ku každodennému horolezectvu. Môže sa vyskytnúť vo výškach medzi 2500 a 6000 metrov a pravdepodobne postihuje 30 až 50 percent výškových turistov. Dá sa predpokladať, že mnoho alpských horolezcov, ktorí chcú cez víkend zliezť štvrtisícovku, dostane akútnu výškovú chorobu. Napriek tomu to v Alpách nemá skoro žiadne následky, pretože postihnutí môžu krátkymi cestami včas zostúpiť do doliny. V neprebádaných pohoriach to však väčšinou možné nie je. Vtedy to začína byť vážne. Hlavným symptómom výškovej choroby AMS je bolenie hlavy. To však ešte nemusí byť predzvesťou choroby. Ak sa však prejavia ďalšie ťažkosti, treba zvýšiť pozornosť. Akútna výšková choroba je istá, ak postihnutý pociťuje okrem bolesti hlavy jeden (alebo viaceré) z nasledujúcich symptómov:

- únava
- slabosť
- nechutenstvo
- nevoľnosť
- zrýchlenie tepu v pokoji (bezprostredne po prebudení) o viac ako 20 %
- ťažkosti s dýchaním pri záťaži
- nespavosť
- opakované zástavy dýchania počas noci
- apatia
- periférne opuchy
- znížený objem moču počas 24 hodín.

Ak sa objavia uvedené symptómy, v prípade pochybností vždy platí diagnóza „akútna výšková choroba“. Ťažkosti výškového ochorenia sa vyskytnú 6 až 48 hodín po dosiahnutí danej výšky a pri zodpovednom správaní po jednom alebo dvoch dňoch spontánne ustúpia. Akútna výšková choroba (AMS) je stupňovateľný fenomén. To znamená, že sa môže prejavovať slabo, ale aj veľmi výrazne. Charakteristické sú plynulé prechody z ľahších do ťažších fáz. Mimochodom: ťažkosti s dýchaním, podkožné opuchy alebo periodické spánkové dýchanie (Cheyne-Stokeovo dýchanie) sami osebe ešte nie sú prejavmi výškového ochorenia, ale nedostatočne aklimatizovaného organizmu.

## **Výškový mozgový edém (HACE)**

Vyvinie sa vždy z miernej stále sa sťažujúcej výškovej choroby a jeho symptómy sa začínajú prejavovať už po 12 až 24 hodinách. Túto chorobu spôsobuje nadmerné množstvo tekutiny v hlave, ktorá stláča mozog a čiastočne ovplyvňuje jeho riadiacu funkciu. Mozgový edém končí skôr či neskôr smrťou. Jeho hlavným prejavom je narušenie koordinácie pohybu. Ak sa spolu s ním objavia ešte nejaké z nasledujúceho zoznamu, ide o mozgový edém:

- veľmi ťažké bolesti hlavy, ktoré neustanú ani po požití utišujúcich prostriedkov
- nevoľnosť a zvracanie
- závrat
- halucinácie
- svetloplachosť
- poruchy zraku

- nerozumné konanie
- odmietanie verbálneho kontaktu
- poruchy vedomia („okná“, bezvedomie a pod.)
- kóma
- objem moču počas 24 hodín menší ako 0,5 litra.

### **Výškový pľúcny edém (HAPE)**

Nahromadenie tekutiny v pľúcach. Táto „záplava“ blokuje výmenu plynov v pľúcach a vedie k zlému prijímaniu kyslíka a odovzdávaniu oxidu uhličitého. Môže sa vyvinúť nezávisle od akútnej výškovej choroby (AMS) i mozgového edému. Veľmi často sa však vyskytuje práve spoločne s opuchom mozgu (HACE), čo situáciu pacienta dramaticky zhoršuje. Hlavným príznakom pľúcneho edému je náhly pokles výkonnosti. Tento však môže mať množstvo rôznych dôvodov. Výškový pľúcny edém sprevádzajú ešte ďalšie príznaky z nasledujúceho zoznamu:

- ťažkosti s dýchaním i v pokoji
- zrýchlený dych
- modranie pokožky
- neskôr suchý kašeľ
- vykašliavanie krvavých, spenených hlienov
- chraptivé zvuky pri dýchaní
- pocit páľčivého tlaku za hrudnou kosťou
- zvracanie
- horúčky
- nemožnosť uloženia do vyrovnanej vodorovnej polohy
- objem moču počas 24 hodín menší ako 0,5 litra.

Treba si uvedomiť, že mozgový edém sa vyvíja z miernej a postupne sa zhoršujúcej výškovej choroby. Dá sa predpokladať, že tomuto vývoju, ktorý často vedie k smrti, je možné pri včasných protipatreniach zabrániť. Znaky miernej výškovej choroby sa však veľakrát podceňujú a ignorujú.

### **Protipatrenia**

Nutné kroky na predchádzanie eskalácie choroby sa obvykle neprijímajú včas. Mnohí ľudia zo strachu alebo falošnej hrdosti nepriznajú svoje problémy ani sebe, nieto ešte priateľom alebo iným účastníkom výstupu. Počas aklimatizácie v prvých štyroch až šiestich dňoch po dosiahnutí nového výškového stupňa postihuje takmer každého (zväčša mierna) výšková choroba. Popieranie akýchkoľvek ťažkostí treba brať s rezervou a pochybnosťami. Treking a výstupy vo vysokých horách sú svojím spôsobom aj krízovým manažmentom. Človek by mal byť pripravený na možné problémy. Rakúska spoločnosť pre alpskú a výškovú medicínu vydala k tejto problematike smernice, ktoré umožňujú dobrú, vedecky a praxou podloženú orientáciu v potrebných postupoch.

*Ak sa AMS potvrdí... :*

**Pri miernej výškovej chorobe AMS treba postupovať nasledovne:**

- jeden oddychový deň bez akejkoľvek aktivity
- prípadne i dočasný zostup
- vedome zrýchliť dýchanie
- požiť 2 × 250 mg acetazolamidu (obsahuje ho liek Diamox, Diluran)
- požiť Ibuprofen, Sumatriptan, Aspirin a pod.

Uvedené poradie naznačuje aj dôležitosť jednotlivých opatrení. Treba opätovne zdôrazniť, že dodržanie týchto rád pri diagnóze „akútna výšková choroba“ je veľmi dôležité, pretože nebezpečný mozgový opuch vždy nastupuje po akútnej výškovej chorobe.

**Pri ťažkej výškovej chorobe AMS a mozgovom edéme treba zabezpečiť:**

- odnesenie postihnutého (samostatný zostup zhoršuje stav!)
- dýchanie kyslíka (spočiatku vysoký tok, neskôr 2 - 4 l/min.)
- požitie dexamethasonu, prvá dávka 8 mg, potom každých 6 hodín 4 mg (obsiahnuté v lieku Fortecortin, Dexamed)
- požitie 2 × 250 mg acetazolamidu (liek Diamox, Diluran)
- pretlakový vak.

*Lieky Fortecortin, Dexamed a Diamox, Diluran pomáhajú iba pri mozgovom opuchu, nie pri opuchu pľúc. Účinná látka acetazolamid obsiahnutá napr. v lieku Diluran ma zásadný vplyv na tvorbu a hromadenie tekutiny v tele a teda znižuje opuchy.*

**Pri výškovom pľúcnom edéme (HAPE) treba zabezpečiť:**

- odniesť postihnutého (samostatný zostup zhoršuje stav!)
- dýchať kyslík (spočiatku vysoký tok, neskôr 2 - 4 l/min.)
- požiť 10 mg nifedipínu, neskôr každých 6 hodín 20 mg nifedipínu retard (liek Adalat, Cordipin)
- použiť pretlakový vak
- spôsobiť vydychovanie proti odporu
- chrániť pred zimou.

**Charakteristika**

*Nifedipín blokuje vstup kalcia do buniek srdcového svalu, hladkého svalstva a artérií. Zníženie činnosti srdca bezprostredne znižuje spotrebu kyslíka. V dôsledku zľahčenia činnosti srdca sa nepriamo zníži tiež potreba kyslíka. Uvoľnenie nifedipínu z tablety s predĺženým uvoľnením je pomalšie, takže nifedipín dosahuje maximálnu koncentráciu za 2 až 4 hodiny a jeho účinok pretrváva 10 až 12 hodín. (Poznámka autora: Pri výstupe na jednu sedem*

*tisícovku som mal stále vo svojej lekárničke okrem iných liekov aj liek **Cordipin**, ktorý obsahuje hore uvedenú účinnú látku. )*

### **Pretlakový vak (Hyperbarická komora)**

Používa sa od 1988. Vak je určený pre neodkladné liečenie (AMS, HAPE, HACE). Cieľom pretlakového vaku je najmä zlepšiť pacientov stav aspoň tak, aby mohol zostúpiť. Nie vždy sa to však podarí dosiahnuť. Postihnutý sa uloží do vaku. Zatvorený vak sa napumpuje ručnou alebo nožnou pumpou.

Skutočná výška a simulovaná výška vo vaku:

4 000 –1 650 m

5 000 –2 450 m

6 000 –3 100 m

7 000 –3 850 m

8 000 –4 500 m

Je nutné 8 – 12 krát za minútu dopumpovať čerstvý vzduch, čo niekedy môže byť pre obsluhu vaku fyzicky náročné. 60–90 minút pobytu vo vaku zdravotný stav výraznelepší.

Doporučená doba liečenia vo vaku: AMS 2 hodiny, HAPE 4 hodiny, HACE 6 hodín, potom zostup najmenej do výšky kde neboli ťažkosti. Ak postihnutý nemôže sám zostúpiť môžeme ho vo vaku aj transportovať. Nie je vhodný pre ľudí, ktorí trpia klaustrofóbiou alebo sú v bezvedomí. Profylaktické použitie vaku nemá význam.

Pri expedíciách a trekingu je pretlakový vak dôležitá súčasť výstroja.

Nevýhody pretlakového vaku:

- váha 5 –7 kg
- vysoká cena
- nutný väčší počet vycvičených ľudí
- transport vo vaku je veľmi ťažký často až nemožný
- vo výškových táboroch nie je väčšinou vak k dispozícii

### **Pretlakový vak**



## TAR (Thin Air Rescue) - prilba



## Pretlaková prilba

Novinka vyvinutá na univerzite v Innsbrucku. Prilba odstraňuje nevýhody vaku. Prilba sa pumpuje podobnou pumpou ako vak, aj simulovaná výška v prilbe je podobná ako vo vaku.

Hlavné výhody prilby:

- postihnutý si môže aj sám pumpovať vzduch,
- prilba zakrýva len hlavu a hrdlo, stačí pumpovať menší objem vzduchu,
- nohy a ruky sú voľné čo umožňuje okamžitý zostup bez prerušenia pretlakovej liečby.

## Prevenia voči výškovej chorobe:

### Dostatočná aklimatizácia

Na úvod si uvedieme tabuľku, ktorá by mala poukazovať na to, aká dôležitá je aklimatizácia.

Táto tabuľka deklaruje časový interval fatálnej reakcie organizmu pri rýchlom poklese tlaku napr. v kabíne lietadla. Teda v akom časovom rozpätí dochádza k úmrtiu pri rýchlych fyziologických zmenách v organizme človeka.

výška v [m]	časové rozpätie v [min]
7000	5
8000	3
9000	1,5
10000	1

A teda prečo aklimatizovať!

Na rozdiel od údajov z odbornej literatúry uplynulých rokov, stav osobnej trénovanosti horolezca nie je určujúci. Vrcholná forma nie je ochranou proti výškovej chorobe, hoci v kritických prípadoch umožňuje rýchlejší zostup. Výskyt výškového ochorenia nemá nič spoločné s vysokým alebo nízkym krvným tlakom. Rozdiel nie je ani medzi fajčiarimi a nefajčiarimi. Jedine konanie horolezca vo výškach rozhoduje o tom, či aklimatizácia prebehne úspešne alebo nie.

## Aklimatizácia

Dlhodobý proces, znamená úplné prispôsobenie sa výške. Medzi hlavné prejavy aklimatizácie patrí zvýšená transportná kapacita kyslíka krvou. To znamená, že krvný obeh opäť funguje v normálnych hodnotách ako doma. Aklimatizácia je proces, ktorý riadi zmenu zloženia krvi a trvá prirodzene nejaký čas. V podstate ide o zvýšenie počtu červených krviniek, aby bol prenos kyslíka efektívnejší. Zlepší sa príjem kyslíka v bunkách a ďalšie zložité regulačné pochody. Po dlhšom pobyte, keď sa už červené krvinky rozmnožia, pulzová frekvencia znovu klesne a spotrebováva sa tak opäť menej energie. Zvýšenie počtu červených krviniek spôsobí, že krv je hustejšia. Počas dvoch až troch týždňov dosiahne množstvo červených krviniek maximum, potom opäť pomaly klesá a postupne nastupujú ďalšie fyziologické mechanizmy aklimatizácie. Aj po aklimatizácii je frekvencia dýchania o niečo vyššia ako doma. Aby sme dosiahli dobrú aklimatizáciu musíme dodržať odporúčané pravidlá.

**Pri aklimatizácii sa neprejavuje pamäťový efekt čiže adaptačné zmeny majú len prechodnú – reverzibilnú povahu! To znamená, že pri každom novom podujatí sa musíme znovu aklimatizovať.** Predchádzajúca dobrá reakcia na výšku neznamená, že už nemôžeme dostať akútnu horskú chorobu.

## Telesná zdatnosť a aklimatizácia

Schopnosť podávať dlhodobo telesný výkon je daná maximálnou spotrebou kyslíka –  $VO_2$  max. Ide o maximálne množstvo kyslíka, ktoré je organizmus pri intenzívnom telesnom zaťažení schopný prijať, preniesť pracujúcim svalom a využiť pre aeróbnou produkciu využiteľnej energie. Jednoduchšie povedané: označuje výkonnosť celého organizmu t. j. schopnosť dýchacieho a obehového systému zásobovať pracujúce svaly kyslíkom zo vzduchu. Vyjadruje sa v litroch za minútu alebo v ml/min. na kg váhy. Množstvo kyslíka, ktoré sme schopný využiť, určuje množstvo energie, ktorá bude k dispozícii pre svalovú prácu. Vyššia maximálna spotreba kyslíka teda vytvára predpoklady pre lepší vytrvalostný výkon. Naša schopnosť prijímať kyslík je ohraničená. Je limitovaná genetickými faktormi, tréningom ju môžeme zvýšiť len o 20 – 30 %. Priemerní ľudia majú  $VO_2$  max. 40 – 50 ml/kg/min, športovci 60 – 65 a najlepší vytrvalci dosahujú  $VO_2$  max. nad 80. Napr. Lance Armstrong - 84, Miguel Indurain - 88. Najvyššie  $VO_2$  max. mávajú bežci na lyžiach, pretože zaťažujú veľkú skupinu svalov napr. Bjorn Daehli - 96! U špičkových horolezcov sa priemerná hodnota  $VO_2$  max. pohybuje v intervale 55 – 60 ml/kg/min. teda hodnoty nižšie než majú najlepší vytrvalci. K výstupu na vrchol Mount Everestu stačí  $VO_2$  max. 50 ml/kg/min. na kg a menej. So stúpajúcou nadmorskou výškou  $VO_2$  max. klesá. od výšky 2 500 m 10 % na každých 1 000 výškových metrov.

Pred horskou nemocou nie je chránený nikto a preventívne nepôsobí ani dobrá kondícia. Pribeh aklimatizácie sa nedá urýchliť žiadnym tréningom! Výkon vo výške nad 3 000 m a ani rýchlosť aklimatizácie nezávisia od úrovne telesnej pripravenosti, kondícii ale od úrovne



aklimatizácie. Najlepšie vyhliadky na **úspešné dosiahnutie vrcholu nemá najzdatnejší, ale najlepšie aklimatizovaný!** Ale po správnej aklimatizácii maximálna výška, ktorú môžeme dosiahnuť, je priamo úmerná  $VO_2$  max. a dobrá kondícia umožňuje rýchlejší výstup i zostup.

### Postup pri aklimatizácii

Vo výške 3 000 – 5 300 m sa môže zdravý človek správnou aklimatizáciou prispôbiť na normálny výkon. Trvalá aklimatizácia je možná len do výšky 5 300 m. Nad touto hranicou sa nedá úplne prispôbiť výške. Pre nedostatok kyslíka je možná iba adaptácia núdzovo riešiacia existenciu človeka na krátky čas. Ale adaptácia stojí veľa energie, takže pri dlhšom pobyte nad túto výšku ju trvalo strácame a telesná aj duševná výkonnosť klesá. Výška 5 300 m je horná hranica po ktorú môže človek dlhodobo pôsobiť, a preto ani základný tábor expedícií by nemal byť vyššie.

Výška od ktorej musíme počítať s postupnou aklimatizáciou je 2 500 – 3 000 m. Prispôbenie sa výške (aklimatizácia) musí prebiehať pomaly a stupňovite. Ak sa rýchlo (autom, lietadlom) dostaneme do výšky nad 3 000 m zostať bezpodmienečne spať minimálne tri dni v tejto výške, než začneme vystupovať vyššie.

Dĺžka aklimatizácie je individuálna a je podmienená aj genetickými faktormi. Rozhodujúcim kritériom pre optimálnu aklimatizáciu na výšku je čas, ktorý dá človek svojmu telu na vyrovnanie sa s výškovým rozdielom. Pre aklimatizáciu nie je také dôležité do akej výšky vystúpime, ale v akej výške budeme spať. Dobrou prevenciou horskej choroby je dodržiavať obecné platné jednoduché odporúčenia a zlaté pravidlá:

### Odporúčania:

- základné pravidlo znie: „**Nechod' príliš rýchlo, príliš vysoko!**“
- výška v ktorej budeme spať by sa mala zvyšovať denne o 300 až 500 m
- prespať o 200 – 300 m nižšie než je v ten deň dosiahnutá max. výška
- počas aklimatizácie nevystupovať počas jedného dňa vyššie než o 1 500 m
- na každých 1 000 m dosiahnutej výšky pridať jeden odpočinkový deň
- prvý týždeň by sme nemali vystúpiť vyššie ako 5 000 m
- na začiatok žiadny veľký výkon, telesnú námahu zvyšovať postupne, vyhnúť sa maximálnemu zaťaženiu, pretože to môže narušiť aklimatizáciu
- zabrániť dehydratácii a vo výškach nad 3 000 m piť denne min. 2 – 3 litre tekutín
- v strave uprednostňovať uhlíohydráty(menej náročné na kyslík)
- spať v polohe s mierne zvýšenou hornou polovinou tela
- podľa možnosti neberte žiadne lieky, priebeh aklimatizácie sa nedá urýchliť žiadnym liekom!
- Ak sa zhoršuje váš zdravotný stav, okamžite zostúpte! Nečakajte do rána, okamžite zostúpte na výšku, kde ste sa naposledy cítili po prebudení dobre!
- Chod' hore, ale spi dole!
- Nezostaň dlho privysoko!
- Chod' hore dostatočne aklimatizovaný!

## **Pitný režim vo výškach**

Denná spotreba tekutín je normálne 2,5 litra, vo veľmi veľkej výške môže stúpnuť na päť až osem litrov! Tekutiny strácame zvýšeným potením pri námahe, častejším močením, ale najviac tekutín strácame rýchlejším dýchaním (hyperventilácia). Zvlhčovaním vdychovaného vzduchu, vo veľkej výške väčšinou veľmi chladného a suchého, stráca telo veľa vody, ktorá sa dýchaním mení na vodnú paru. Vedľa priamej straty tekutín dýchaním, existuje aj ďalší vedľajší efekt. Rýchlejším dýchaním sa vydýcha viac oxidu uhličitého a tým sa stáva krv zásaditejšia. Aby sa zachovalo pôvodné pH, krv sa musí okysliť, obličky vylučujú viac zásad a tým sa strácajú ďalšie tekutiny.

Práve vo výške nie je príjem tekutín dostatočne regulovaný pocitom smädu. Vo veľkej výške neexistuje voľná voda, ale všetka sa musí získať roztopením snehu. Pretože je to proces náročný na čas a palivo, často sa pocit smädu podceňuje a potláča. Preto sa musíme bezpodmienečne do prípravy tekutín nútiť. Bez ohľadu na smäd piť každé dve až tri hodiny a dopĺňať tekutiny aj pri odpočinku. Súčasne musíme nahrádzať stratené minerály a soľ! Aj malá strata tekutín spôsobí výrazný pokles výkonnosti a zvýši riziko trombózy, embólie a omrzlín. Vo výškach sa krv zhutňuje nie len stratou tekutín ale aj rozmnožením červených krviniek vplyvom aklimatizácie. Nebezpečenstvo omrzlín nehrozí ani tak pre nízku teplotou, ale viac slabším prekrvením periférii (prsty na nohách a rukách) hustejšou krvou.

Denne by sme mali vypiť vo výškach nad 3 000 m 2 - 3 litre, nad 5 000 m 5 litrov a viac. Strata tekutín pri suchom vzduchu vo výškach nad 6 000 m môže byť až 7 litrov denne a viac. Správny pitný režim (udržovanie rovnováhy tekutín v organizme) hrá pri pobyte vo vyšších výškach (treking, expedície) úplne rozhodujúcu úlohu! Platí, že zvýšené močenie poukazuje na dobrú adaptáciu na výšku. Keď je produkcia moču v období adaptácie vysoká je predpoklad, že sa nerozvinie akútna výšková choroba. Malé množstvo moču (najčastejšie tmavožltý, čo znamená, že je príliš hustý), poukazuje na nedostatočný príjem tekutín a nebezpečné vysušenie tela.

## **Zlaté pravidlá**

- Každý môže dostať horskú chorobu, ale nikto nemusí na ňu zomrieť!
- Každá choroba vo väčšej výške sa v prípade pochybnosti považuje za horskú chorobu!
- Nikdy nepokračujte vo výstupe s príznakmi horskej choroby!
- Ak sa zhorší zdravotný stav ihneď zostúpte!
- Nikdy nenechávajte osobu s horskou chorobou osamote!

## **Príznaky dostatočnej aklimatizácie**

- výkon zodpovedá trénovanosti
- pokojový pulz opäť klesne na pôvodnú hodnotu
- prehĺbené dýchanie v pokoji a pri zaťažení
- periodické dýchanie v noci
- dostatočné množstvo moču

Prakticky to znamená týždennú aklimatizáciu po výške 5 000 m a ďalej na každých ďalších 1 000 m týždeň. Po 8 – 10 dňoch pochodu so stredne ťažkým batohom je aklimatizácia dostatočná na prechod sediel medzi 5 000 m a 6 000 m alebo k spaniu v základnom tábore. Ak ostaneme v dosiahnutej výške viac dní tak nečakať pasívne. Ľahká telesná aktivita napr. kratšie túry podporuje proces aklimatizácie. Jednoduchý a veľmi cenný údaj o priebehu aklimatizácie je ranný pokojový pulz. V počiatočnej fáze alebo pri každej novej dosiahnutej výške zmerať tep a namerané hodnoty zapísať. Dobrý priebeh aklimatizácie je vtedy ak je malý rozdiel medzi pulzom doma a vo výške. Ak je rozdiel väčší ako 20 – 30 úderov v žiadnom prípade nepostupovať vyššie. Pulz niekoľko dní kolíše a po úspešnej adaptácii dosiahne normálne hodnoty ako doma.

Poznámka: príčinou zvýšenia pulzu môže byť aj nedostatok tekutín.

*Messner odporúča nasledovný postup:*

*Na päť tisícovku minimálne týždeň, na šesť tisícovku dva týždne, na sedem tisícovku tri a na osem tisícovku štyri týždne. I pre najvyššie osem tisícovky (8 500 m a vyššie) odporúča štyri týždne ale nie viac než šesť týždňov.*

## **Praktické tipy**

Okrem výšky sa v prvom rade sa musíme vyrovnáť s časovým posunom, čo má tiež vplyv na výkonnosť. Aklimatizácia na časový posun trvá cca týždeň. Výškové tábory na začiatku nemajú ležať príďaleko od seba a prenocovať v nich po dvoch troch výstupoch. Medzi pobytmi vo výškovom tábore sú nutné oddychové dni na regeneráciu v základnom tábore. Po dvoch až troch týždňoch adaptácie by sme mali podniknúť výstup na vrchol, optimálne medzi tretím a šiestym týždňom potom fyzická a psychická výkonnosť opäť klesá. Pri problémoch so spánkom sa odporúča užiť ľahký uspávací prostriedok. Prírodnene súčasne sa spomalí dýchanie a telo dostáva menej kyslíka, takže niekedy je lepšie zrieť sa tabletiiek.

Výška nad 7 000 m sa označuje ako „pásma smrti“. Tu dochádza k rýchlejšiemu a výraznejšiemu poklesu výkonnosti. Je spojený s únavou a letargiou, takže v prípade nehody pomoc väčšinou nie je možná. Preto sa tu zdržovať len tak krátko ako je to len možné a po dosiahnutí vrcholu podľa možnosti zostúpiť čo najnižšie. Maximálna dosiahnutá výška závisí predovšetkým od horolezeckých schopností a schopnosti maximálnej absorpcie kyslíka. Ďalej je dôležitá veľká vytrvalosť ale najväčšiu úlohu hrá pravdepodobne psychická pohoda. Výkonnosť v extrémnej výške môžeme dosiahnuť len ak budeme mať dostatok času na aklimatizáciu. Potrebný čas je 40 a 50 dní. Pri správnej taktike aklimatizácie je absorpčná schopnosť kyslíka dostatočná aj vo výške nad 8 000. Vystúpiť a opäť zísť dolu môžeme aj bez kyslíka.

Výkonnosť v extrémnej výške klesne asi na 25 – 30 % ( $VO_2$  max. z 55 ml/min/kg na 15 ml/min/kg) a umožní nám stúpať rýchlosťou 125 – 150 výškových metrov za hodinu. Deň pred výstupom na vrchol by sme nemali spať nižšie ako o 1 000 výškových metrov ako je vrchol a musíme počítať s 6 – 8 hod. pre výstup a 4 hod. pre zostup. Rýchly postup znamená aj bezpečnosť a nesmie klesnúť pod 100 výškových metrov za hodinu. Bod návratu musí byť max. po 10 - tých hodinách. Každú stratu tekutín musíme ihneď nahradiť. Strata tekutín o 1 liter zmenší absorpcia kyslíka o 5 %. Užívanie Diamoxu a dlhý pobyt vo výškovom tábore zhoršujú sytenie kyslíkom v extrémny výške.

Efektívna pomoc v týchto výškach je len teoretická. Zachrániť život môže len kyslík. Výstup

na vrchol musíme naplánovať v čase, keď je optimálny barometrický tlak (tlaková výš). Rozdiel tlakov pri tlakovej níži a výši na hladine mora môže byť 50 hPa čo vo výške 8 000 m robí rozdiel tlakov 20 hPa. Tento rozdiel tlakov robí cca 400 výškových metrov, čo v takej výške nie je zanedbateľné. Samozrejme taktiež aj teplota vzduchu má vplyv súvislosť výšky s atmosférickým tlakom. Napr. tlak vzduchu 550 hPa je pri studenom vzduchu vo výške 4 600 m a pri vzduchu teplejšom o 23 °C je ten istý tlak vo výške 5 000 m, čo je rozdiel 400 výškových metrov. Tlak vzduchu 400 hPa je pri studenom vzduchu vo výške 6 800 m a pri vzduchu teplejšom o 21 °C je ten istý tlak vo výške 7 400 m, čo už je rozdiel 600 výškových metrov.

### **Problémy pri aklimatizácii**

Sú vyvolané veľkým fyzickým zaťažením so zvýšenou spotrebou kyslíka a s nižším množstvom kyslíka spôsobený veľkou výškou. Problémy s výškou v prvých dňoch v priebehu adaptácie stretnú skoro každého horolezca. K tomu patrí ľahká bolesť hlavy, poruchy spánku, nechutenstvo, dychová nedostatočnosť pri zaťažení, ktoré v normálnych prípadoch po pár dňoch pominú. Dĺžka trvania adaptácia na výšku je rôzna a závisí od rýchlosti stúpania, absolútnej výšky, prekonaného výškového rozdielu a eventuálne od chorôb (infekcia dýchacích ciest alebo hnačka). Problémy sú tým menšie čím dlhšia je aklimatizácia. Príležitostne môžu vznikať opuchy mäkkých častí, to znamená opúchanie hromadením vody v tkanive, najčastejšie na tvári alebo na rukách a nohách. Nad 5 000 m dochádza k malým krvácaniam sietnice oka. V prípade že nie sú žiadne ďalšie príznaky horskej choroby sa tieto zmeny vrátia sami naspäť. V spojení s inými ťažkosťami to môžu byť prvé varovné príznaky vznikajúcej horskej choroby.

### **Príprava doma**

Aklimatizácia sa nedá natrénovať a neexistuje ani metóda ktorá by určila reakciu organizmu na veľkú výšku. Podľa aklimatizácie na každých 1 500 m výšky klesá výkonnosť o asi 10 %. V každom prípade sa odporúča vytrvalostný tréning – jogging, bicykel, beh. Teda činnosť, ktorá krátkodobo vyvolá v organizme nedostatok kyslíka. Vedľa kondície to zlepšuje prenos kyslíka.

Pred vycestovaním sa dať zaočkovať podľa toho kam ideme napr. brušný týfus, cholera malária, tetanus, žltáčka a na posilnenie obranného systému. Vziať aj v dostatočnom množstve lieky ktoré pravidelne užívame. Dôležité je nechať si skontrolovať zuby a prípadne opraviť. Problémy so zubami sú vo veľkej výške vplyvom teploty a zmien tlaku vzduchu väčšie napr. vypadávanie plomb. Osobne odporúčam absolvovať vyšetrenie ako : EKG, spiroergometria, ultrazvuk ... .

## Záver

Verím, že táto ucelená „písomnosť“ Vám bude dobrým teoretickým nástrojom na prekonávanie hlavne samých seba. Pri pohybe vo vysokých horách nezabúdajte, že hory sú krásne pre pripraveného, ale kruté k nevedomým.

Ukončím to vyjadrením našej najznámejšej horolezeckej legendy, ktorý povedal:

*„Verím že pán Boh utvoril naše telá tak, aby dosiahli všade na svete... „*

*Ing. Jozef Psotka*

Zoznam internetových zdrojov, čerpaných pre túto prácu:

<http://www.volny.cz/arturz/hornemoc.htm>

<http://www.fitcom.sk/sk/nastrahy-na-cestach/vyskova-choroba-8.htm>

<http://primar.sme.sk/c/4117162/vyskova-choroba.html>

<http://www.james.sk/jclshow.asp?Id=193>

<http://www.kstst.sk/pages/vht/akli1.htm>

<http://www.k2studio.sk/?cube=text&c=104>