

EXPEDÍCIA PAMÍR

„Nechceš ísť v auguste na Pamír?“ pýta sa ma brat jedného pekného aprílového dňa.

„OK, prečo nie,“ odpovedám ja, hoci nemám ani potuchy, čo znamená pokúšať sa o výstup na sedemtisícovku.

Lenže vtíp je v tom, že ja som sa na v tej centrálnej Ázii na horách, ktorá sa dotýkajú nebies, naozaj ocitla...



„... tá sýta červeň okolitých hôr je fascinujúca, no tak veľmi sa líši od našich ľubívych, plodných, zelených Karpát.“ (Úryvok z expedičného denníka.)

Cieľ: Leninov štít, 7134 m. n. m.

Expedičný tím: doktorand biofyziky, programátor, študent prírodných vied a medička (to akože ja).

Trochu geografie: Abu Ali Ibn Siná, Leninov štít alebo Štít nezávislosti sa nachádza v centrálnej Ázii na „streche sveta“, na hranici Tadžikistanu a Kirgirska. Leží v pohorí Pamír, treťom najvyššom pohorí tejto planéty. Čo sa priemernej nadmorskej výšky týka, tak prvom. A pretože bol štít Abu Ali Ibn Siná omylom roky považovaný za najvyššie miesto Sovietskeho zväzu, bol obdarovaný názvom Leninov štít.

Tento kopec patrí určite medzi „ľahšie“ sedemtisícovky. Prví dobyvatelia stáli na jeho vrchole už v roku 1933, Slováci sa tam dostali o 42 rokov neskôr. Napriek (alebo možno práve preto) technickej nenáročnosti sa tam odohralo nemálo tragédií. Jedno z najväčších horolezeckých nešťastí sa odohralo práve tu – v roku 1990 sa po zemetrasení zrútila lavína a zasypala 43 horolezcov. Počet obetí tohto kopca sa odhaduje na tristo, väčšina z nich v ľadovci ešte stále je. Z času načas ľadovec vyvrhne na povrch ľudské ostatky, nie je nič výnimočné stretnúť tu topánku aj s časťou nohy v nej, také malé upozornenie, *memento mori* (lat. pamätaj na smrť) žijúcim horolezcom, aby nezabúdali na opatnosť. Aj v čase nášho pokusu o výstup tam zahynul nejaký Poliak. Vysoký počet mŕtvych sa pripisuje na vrub rusko-americkej súťaživosti, keď sa Rusi snažili vyrovnáť výkonom Američanov. Išlo predsa o ich národnú hrdosť, bol to „ich štít“. Odhodlanie im, bohužiaľ, nestačilo, aby sa dokázali vyrovnáť oveľa lepšie vybaveným americkým horolezcom, a tak sa Leninov štít stal nemým svedkom mnohých zbytočných úmrtí. Možno najabsurdnejšia tragédia sa odohrala v roku 1974, keď sem Sovietsky zväz vyslal ženské družstvo. Z ôsmich horolezkyň sa nevrátila ani jedna.



„Amerikani, Amerikani?“ pokrikovali po nás miestni na všetkých trhoch.

„Kdežeby Amerika, ja som Slovenka a som na to pyšná!“
Zápis z expedičného denníka, 6.deň na horách

...
„Som sklamaná, rozladená, našťavaná na brata – ale nič sa nedá robiť. V Košiciach som mu musela sľúbiť, že keď povie „otáčame“, tak otočíme. Poznám moje sebazničujúce sklony a tvrdohlavosť, bolo od neho rozumné zabezpečiť sa dopredu. Ale nedokážem sa zbaviť pocitu roztrpčenosti. To jeho bolí hlava, má teploty, pulz nad sto, nechutí mu jesť a celú noc ma budil svojim kašľom. Ja som hladná stále, pulz mám 88 a nič ma nebolí. Tak veľmi som chcela dôjsť aspoň na Razdelnaju! Toto nie je fér... Stále nechápem, že sa v týchto výškach cítim OK, a tak sa sledujem ako hypochonder a trpím, že zajtra, zajtra sa to určite zmení.“

Diagnóza: výšková choroba

Choroba horolezcov. Hypoxický syndróm. Týmito názvami označujeme súbor príznakov a ťažkostí, ktorým je človek vystavený vo veľkých nadmorských výškach. Príčina je jasná – málo vzduchu, a teda nedostatočná ponuka kyslíka tkanivám. No to, čo

Základné zlaté pravidlo:
Dostať horskú chorobu je v poriadku.
Nie je v poriadku na ňu umrieť.

robu túto chorobu záhadnou a zaujímavou, výnimočne nebude otázka „Prečo?“, ale „Kto?“ Podľa akého vzorca si táto choroba vyberá obeť, čím to je, že taký Messner i bez kyslíkovej masky vylezie do výšky 8848 metrov a niektorí ľudia za každý zdolaný meter musia platiť bolesťami, nevoľnosťou, zvracaním? A do ktorej skupiny patríš ty? Nuž, tak to je otázka, na ktorú ti žiaden lekár alebo vedec neodpovie. O pár rokov sa to možno zmení, no zatiaľ žiaden „gén odolnosti voči nedostatku kyslíka“ veruže nepoznáme. Určite, nejaké ukazovatele už známe sú. Vysoký krvný tlak, obezita, cukrovka, chudokrvnosť, mladší vek, ženské pohlavie atď. Najmä posledné tri ma nijako nenadchli. Boli logické, to iste – chudokrvnosť i ženské pohlavie znamenajú nižší počet erytrocytov. Tieto, ako iste viete, slúžia ako prenášače kyslíka. Mladší vek už takto objasniť nejde – nevedno prečo, ale štatistiky ukazujú, že u mladších horolezcov býva edém (opuch) mozgu a pľúc častejšie. Možno je to jednoducho tým, že s vekom rastú skúsenosti a mladí majú silnejšie tendencie riskovať.

Lenže – práve ja som bola najmladší člen expedície (21), chromozómovú výbavu mám XX a keď som sa v deň svojich osemnástych narodenín vybrala darovať krv, poslali ma domov s tabletkami so železom. Diagnóza: chudokrvnosť. Avšak, ako sami vidíte z úryvku nášho denníka, táto choroba sa pri výbere obetí nespráva podľa žiadneho známeho vzorca. Isté nie je ani len to, že ak ste raz nemali problémy, ani že počas ďalšej expedície ich mať nebudete.

V tele sa nachádza množstvo kyslíka, ktoré pri jeho spotrebe 250 ml za minútu stačí asi na 5 minút, väčšina z neho (85 – 90 %) je použitá na tvorbu ATP. ATP si môžeme predstaviť ako palivo pre naše bunky, ktoré prioritne slúži na udržanie iónových gradientov na bunkových membránach. Malé tkanivové zásoby kyslíka dokumentuje skutočnosť, že po prerušení prietoku krvi mozgom, napr. pri zástave cirkulácie, dochádza k strate zraku do 7 sekúnd, strate sluchu o sekundu, dve neskôr a k úplnej strate vedomia do 10 sekúnd. Intenzita spotreby kyslíka mozgovým tkanivom pritom nepatrí k najväčším (napr. kôra obličiek a srdcový sval majú spotrebu vyššiu).

No to, čo sa dá pekne vysvetliť, je proces aklimatizácie – rozumej postupných zmien, ktorými prechádza naše telo v prostredí chudobnom na kyslík. To, nakoľko je tento proces dôležitý, nám ukazuje tabuľka. Sú v nej uvedené časy, ktoré ostávajú človeku do straty vedomia pri náhlom poklese tlaku, napr. pri strate tlaku v lietadle v daných výškach. Avšak ešte predtým, než si vysvetlíme, aké zázraky sa dejú v telách horolezcov, že tam hore dokážu fungovať dlhšie ako päť minút, musíme si povedať pár slov o zázraku menom erytrocyt.

Nadmorská výška v metroch	Čas zostávajúci do straty vedomia v minútach
7 000	5
8 000	3
9 000	1,5
10 000	1
11 000	0,6
12 000	0,5



Stanový tábor v C3, 6200 m. n. m. Stan treba poriadne zahrabať, inak sa ľahko môže stať, že vám ho odfúkne pár tisíc metrov nižšie niekam do Tadžikistanu.

Náš aklimatizačný plán (to ma na celej expedícii najviac prekvapilo, nevedela som, že v snahe vyhnúť sa výškovej chorobe horolezci chodia hore – dole, že nemôžu na vrchol vyjsť naraz):

1. noc v základnom tábore (BC 3550 m. n. m.)
2. noc v prvom tábore (C1 4400 m. n. m.)
3. noc v základnom tábore (BC 3550 m. n. m.)
4. noc v prvom tábore (C1 4400 m. n. m.)
5. noc opäť v prvom tábore (oddychový deň)
6. noc v druhom tábore (C2 5400 m. n. m.)
7. noc v treťom tábore (C3 6200 m. n. m.)
8. noc v prvom tábore (C1 4400 m. n. m.)
9. noc v prvom tábore (druhý oddychový deň)
10. noc v druhom tábore (C2 5400 m. n. m.)
11. noc v treťom tábore (C3 6200 m. n. m.)
12. deň – deň výstupu na vrchol (7134 m. n. m.)

Erytrocyt

Erytrocyt alebo červená krvinka je bunka vysoko špecializovaná na svoju funkciu – prenášanie kyslíka. Vo svojom špecializačnom ošali počas dozrievania vypudila všetky organely (napr. Golgiho aparát, mitochondrie, dokonca aj jadro!), len aby jej ostalo viac miesta na hemoglobín. Môžeme si ju predstaviť ako červenú

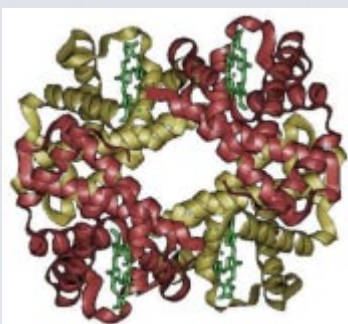


Červená krvinka komunikuje s krvnou doštičkou

hmotu piškútového tvaru vtlačenú do seba obalenú membránou. Vtlačenú do seba presne tak, aby pri danom objeme maximalizovala svoj povrch, a tak zväčšovala plochu na výmenu kyslíka. S tou optimalizáciou to ale nemôže príliš preháňať – na uzde ju držia štrukturálne proteíny, ktoré sú súčasťou jej membrány. Sú veľmi dôležitou zložkou – niektoré kapiláry v našom tele majú priemer len 5 – 6 mikrometrov, zato normálna krvinka 7,5. V praxi to znamená, že erytrocyt v snahe prejsť kapilármi musí byť schopný meniť tvar, „prelievať sa“. Zostarnuté alebo poškodené krvinky, ktoré túto schopnosť nemajú, sú odchyťované a likvidované v slezine, akomsi site našej krvi. Krvinka, ktorá sa nedokáže prepchať jej otvormi, tu proste končí. A že ich tu končí za deň veľa, si môžeš ľahko vypočítať – za predpokladu, že vieš, že priemerná životnosť erytrocytu je 120 dní a ich množstvo na liter v krvi je cca $4,5 \cdot 10^{12}$. To množstvo sa za niektorých okolností zvyšuje – napr. po vystavení sa hypoxii, teda na horách. Je to jeden z najúčinnějších adaptačných mechanizmov, bohužiaľ, trochu pomalý. Hoci už po dvoch dňoch ich počet stúpne o 10 %, najvyššie hodnoty nadobúda hematokrit (pomer erytrocytov na celkovom objeme krvi) až po mesiaci. Toto sa využíva ako legálny doping – niekoľko týždňov pred súťažou sa vrcholoví športovci odvezú na veľhory a trénujú tam. Ich telo zaregistruje nedostatok kyslíka a obličky im začnú vo zvýšenej miere vylučovať erythropoetín, čo je hormón zodpovedný za dozrievanie erytrocytov. V deň D zvykne dosahovať ich hematokrit hodnotu až 70 % (na porovnanie: za bežných okolností dosahuje hodnotu 45 – 50 %). Na rovnakom princípe funguje aj ilegálny doping, akurát že tam sa im erythropoetín podá priamo, nestimuluje sa jeho tvorba. Obidve cesty zvyšovania výkonu však majú spoločné riziko a tu je zvýšená viskozita krvi. Implicitne to znamená, že sa srdiečko viac namáha a cievy majú väčšiu tendenciu upchať sa.

Hemoglobín

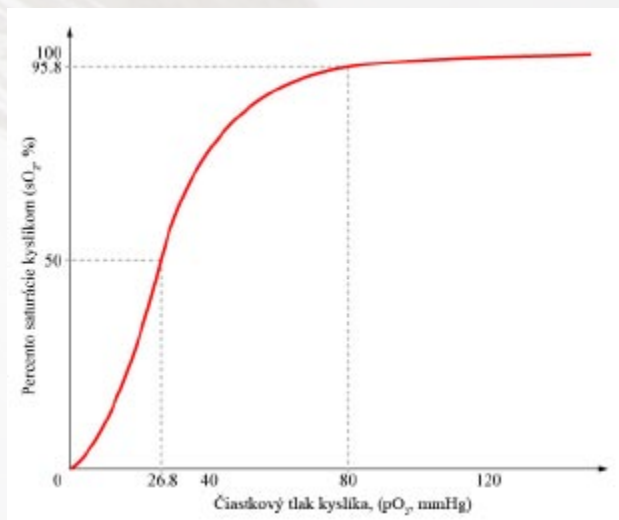
Tak, to bol letný pohľad na bunku. Pre pochopenie však potrebujeme ísť ešte hlbšie – k hemoglobínu. Hemoglobín je sférická molekula zložená zo štyroch polypeptidových, bielkovinových častí (globínov), vzájomne spojených vodíkovými mostíkmi a iónovými väzbami. Každá táto podjednotka obsahuje aj nebielkovinovú zložku – hém, práve naň sa viaže kyslík. Jedna molekula hemoglobínu teda môže obsahovať až štyri molekuly O_2 . Ohromne to uľahčuje prenos kyslíka v krvi, pretože kyslík samotný je v plazme málo rozpustný – na porovnanie: v 1l plazmy je rozpustených asi 3,2 ml O_2 , zatiaľ čo hemoglobín môže naviazať až 220 ml O_2 na 1l plazmy.



Trojrozmerná štruktúra hemoglobínu. Štyri globínové podjednotky sú vyobrazené žlté a červené, hemová skupina je zelená.

Skutočnosť, že hemoglobín je koncentrovaný v erythrocyte a nie voľne v plazme, je veľmi výhodná. Bráni tomu, aby viskozita plazmy príliš stúpala, aby hemoglobín unikal obličkami a umožňuje reguláciu väzbových vlastností hemoglobínu vnútri erythrocytu (napr. 2,3 bisfosfoglycerátom).

Ďalšou vlastnosťou hemoglobínu je, že jeho podjednotky sú asociované pomocou elektrostatických interakcií. Naviazanie kyslíka na jednu z podjednotiek spôsobí lokálne konformačnú zmenu, ktorá oslabí väzby medzi podjednotkami a uľahčí ďalšej podjednotke naviazať ten svoj kyslík. Preto má krivka sýtenia hemoglobínu kyslíkom esovitý, a nie lineárny priebeh.



Závislosť sýtenia hemoglobínu kyslíkom na čiastkovom tlaku kyslíka

Dýchanie

Predstavte si, že sa v noci zobudíte so zistením, že nedýchate. Alebo horšie – že váš kamarát, spiaci vedľa, nedýcha. Počítate desať, pätnásť hrozivých sekúnd a stále nič. V panike zatrasiete neživým telom a, hľa, váš mŕtvy kolega je odrazu hore a nie je práve nadšený, že ste ho prebudili.

Že prečo tieto pauzy v dýchaní? Spýtam sa takto – vieš, čím je regulované dýchanie, čo je tým monitorovacím parametrom? Niektorí z vás by možno odpovedali správne – hladina dýchacích plynov v krvi, teda koncentrácia kyslíka a oxidu uhličitého,

pričom prím hrá CO_2 , kyslík sa dostáva k slovu až pri veľmi nízkych koncentráciách. Problém ale nastáva, keď sa hyperventiláciou (hlboké dýchanie) vydýcha veľa CO_2 , potom je táto komunikácia „zmätená“ a prejavuje sa to práve periódami apnoe, ktoré môžu trvať až 18 sekúnd.

Strata CO_2 kvôli hyperventilácii, mimochodom, prvému a najrýchlejšiemu prostriedku, akým sa vyrovnáva s nízkym čiastkovým tlakom kyslíka, však nie je zadarmo. CO_2 vzniká disociáciou kyseliny H_2CO_3 na H_2O a CO_2 . Inak povedané, prichádzame o kyselinu a naše pH sa zvyšuje, čo je nepríjemné, pretože pH je jednou z najprísnejšie regulovaných veličín v našom tele, bunky dokážu fungovať iba vo veľmi užšom rozmedzí.

Naše zázračné telo si poradí aj s týmto problémom – v priebehu niekoľkých dní začnú obličky vo zvýšenej miere vylučovať HCO_3^- , teda látku so štatútom zásady. Kým sa tak stane, nebudte prosím prekvapení, že vás bolí hlava a cítite sa pod psa.

Dýchanie verzus hemoglobín

A teraz hádajte, čo robí prechodne zvýšené pH s disociačnou krivkou hemoglobínu? Áno, posúva ju doľava, čím umožňuje lepšiu väzbu O_2 na hemoglobín. Rovnako pôsobí i 2,3 bisfosfoglycerát, ktorého tvorba pri hypoxii výrazne stúpa. Prečo? 2,3 bisfosfoglycerát vzniká odbočkou z metabolickej dráhy zvaňej glykolyza, o ktorej zo školy vieš, že je to metabolická dráha na získavanie energie bez spotreby kyslíka. Je celkom logické, že telo, v snahe šetriť kyslík, sa preorientováva zo spaľovania tukov (β oxidácia), mimochodom deja s veľkými nárokmi na kyslík, na nedokonalé spaľovanie cukrov. Práve vzniku neúplne oxidovaných produktov látkovej premeny sa pripisujú mnohé z prejavov horskej choroby. Svoj podiel na nej nepochybne zohráva aj vyššia koncentrácia kyslíkových radikálov. Áno, kyslík, plyn maximálne nevyhnutný pre život, sa vo vyššej koncentrácii stáva toxickým. Tento toxický kyslík je v istej miere nevyhnutný pre správne fungovanie nášho tela. Používajú ho niektoré bunky imunitného systému, aby ním zlikvidovali mikroorganizmy. Ak sa ale množstvo kyslíka neúmerne zvýši, nie sú to iba škodliviny, ale aj naše telo, ktoré začne byť likvidované.

Vedeli ste, že výšky nad sedemtisíc metrov bývajú označované ako „zóna smrti“? Je to preto, že v týchto výškach sa už ľudské telo prakticky vôbec neregeneruje. A naozaj – drobné odreniny a ranky, ktoré som utŕžila počas našej expedície a ktoré zvyčajne na druhý deň už ani nevidieť, mi v Pamíre vydržali 2 – 3 týždne.



Väčšie trhliny v ľadovci sa obchádzajú, cez menšie ľudia prechádzajú naviazaní na lanu. Istenie je nevyhnutnosťou, okraje trhlín bývajú zradné a navyše často menia miesto svojho výskytu.

Postupná „likvidácia“ vlastného tela ale nemusí byť tým najhorším, čo tam hore zažijete. No a čo, že v noci teplomer ukazuje mínus tridsať, že na nezvyknutom, ženskom chrbte sa vám odrazu ocitne 25-kilová ohava v podobe batocha, no a čo, že každých 30 krokov musím 5 minút stáť a predychávať, no a čo, že ak sa práve nehýbem, tak musím byť zalezená v spacáku v piatich mikinách ako tlstá húsenica, no a čo, že sa musím brodiť cez rozvodnenú horskú riavu, z ktorej ma vyťahujú len tak-tak na poslednú chvíľu, no a čo, že ak chcem čaj, musím sa najprv prebiť hrubou vrstvou ľadu k jazierku, ktorého vodu treba navyše chemicky dezinfikovať, pretože doň steká voda z ľadovca, v ktorom ležia pozostatky vyše dvoch stoviek horolezcov...

... no a čo, je to stále lepšie, ako strata motivácie, keď zrazu nevidíte dôvod, prečo sa pohnúť, prečo spraviť ďalší a za ním ďalší krok, keď jediné, čo naozaj chcete, je ľahnúť si a spať, a pritom viete, že by to bola posledná vec, ktorú urobíte?

12. deň na horách, deň D – pokus o výstup

„Zdolali sme prvý stupák, dostávame sa na čosi ako náhorná plošina. Pohybujeme sa monotónne, stereotypne a pomaly ako zombie. Kebyže nám pred očami nesvieti krása toho kopca, desilo by ma to. Takto sa však starám len a len o to, ako nezaspáť. Natierať sa ľadom nepomáha, prejdem k rafinovanejšiemu útoku a bolestivo sa štípeť do zápästí, ostávajú mi tam malinké podliatiny, no ani toto nezaberá. Hodil by sa mi Tokiho mučiaci nástroj (také to pero s ihlou, ktorým si diabetik pichá do prstov a potom z kapilárnej krvi odmeriava hodnotu glykémie). No ten je už o nejakú tú stovku metrov nižšie spolu s jeho majiteľom.

Roman kráča prvý, ja za ním, brat trochu zaostáva. Završ ho vidím obďaleč sedieť na batochu. Nepáči sa mi to, bála by som sa oňho, keby mi ostávalo dosť kyslíka aj na strach. Uvítam stúpanie do brutálneho kopca, pretože takto pociťujem každé kilo svojej hmotnosti na päťach, kde mám otlak na otlaku a ako som už povedala, bolesť preberá.“

Aha, a ako dopadla naša expedícia? Nuž, musím priznať, že sme neboli práve partia horolezcov, ktorá by za svoj cieľ položila život (čo, mimochodom, za takýchto podmienok naozaj nie je problém). Ak ťa to zaujíma, na týchto stránkach nájdeš necenzurovaný celý expedičný denník aj s fotkami.

<http://vonku.sk/zapis.php?id=31>

<http://vonku.sk/album.php?id=106>



Veľa ľudí sa nás pýtalo, prečo to robíme. Tak presne pre toto.

S ľudským telom sa vo veľhorách dejú aj iné procesy než na úrovni erytrocytu. Zvyšuje sa hustota kapilár (tie najtenšie cievy v našom tele, v ktorých prebieha výmena kyslíka a živín medzi krvou a orgánmi) vo svaloch, v pľúcach sa zväčší povrch

pľúcnych mechúrikov, na bunkovej úrovni sa zmeny prejavujú zmmnožením mitochondrií. No i toto, rovnako ako zmmnoženie erytrocytov, je príliš pomalý dej, ktorý sa rozvíja postupne. Čo ale príde okamžite v rámci zvyšovania ponuky kyslíka, je hyperventilácia, zvýšenie minútového srdcového výdaja (objem krvi, ktorý srdce prečerpá za minútu) a frekvencie srdca. Tá častokrát dosahuje hodnoty okolo 150 úderov za minútu a vy sa len môžete pokúšať zaspáť, keď vám srdce tepe ako pred prijímačkami na vysokú.

Ešte pár slov o nočnej more všetkých horolezcov – edém pľúc a edém mozgu. Obidve choroby sú v konečnom štádiu smrteľné. Mechanizmus opuchu pľúc vzniká takto: následkom nízkeho tlaku kyslíka kapiláry v pľúcach znížia svoj priesvit, čím v nich vzrastie tlak. Zvýšený tlak vyvolá vyšší prestup plazmy do pľúc a je to... Najbežnejší varovný príznak je veľmi silný kašeľ a vykašliavanie ružového hlienu. Významnú úlohu tu hrá aj nedostatočná tvorba oxidu dusného (NO), čo je najznámejší „rozťahovač ciev“.

Mimochodom, vedeli ste, že práve oxidu dusnému vďačí svet za Viagra, slávnu modrú pilulku? V snahe prísť na účinnú liečbu srdcového infarktu (a najmä v snahe predísť ďalšiemu infarktu) sa robila štúdia, v ktorej sa podávali pacientom lieky obsahujúce túto látku. Ako je známe, NO cievy rozširuje a infarkt vzniká práve zúžením a upchaním ciev. Ľudia, ktorí viedli tento experiment, nechápali, prečo pacienti nevracajú nadbytočné, nepoužité pilulky, jednoducho sa objavil markantný rozdiel v tom, koľko liekov sa im vracalo späť v iných pokusoch. Naveľa sa pár opýtaných priznalo, že tie lieky rozširujú cievy aj v iných častiach tela než na srdci, a liek proti impotencii bol na svete.

Mechanizmus edému mozgu je príliš zložitý, cievy vo veľkom krvnom obehú sa správajú presne naopak ako cievy v pľúcnom; je to otázka skôr molekulárnej biológie než logických fyzikálnych dejov. Zaujímavejší je spôsob, akým sa opuch mozgu diagnostikuje. Človeka, u ktorého máme podozrenie na toto ochorenie, necháme kráčať po rovnej čiare. Horolezec s edémom to nezvládne. Medzi ďalšie varovné príznaky patrí zvracanie, nevoľnosť, dezorientácia, časté sú i halucinácie.



Dobrá expedičná obuv stojí okolo 15 000 korún. Nie je to najmenšia suma, ale ešte stále lepšie platíť takto než omrzlinami 3. stupňa, ktoré sa už musia amputovať.

A na záver: týždeň po návrate z Uzbekistanu (vypočítala som si, kedy má hodnota mojich erytrocytov kulminovať) som spravila ďalší pokus darovať krv. Tentokrát úspešne. Množstvo červených krviniek som mala už v mužskom rozmedzí, teda na ženu neobvykle vysoké. Keď som v rukách celá šťastná zvierala preukaz darcu, povedala som si, že niečo na tej teórii naozaj je.

Katarína Molnárová