

ZMENY UKAZOVATEĽOV NIEKTORÝCH FYZIOLOGICKÝCH FUNKCIÍ HOROLEZCOV V HYPOBARICKÝCH PODMIENKACH BAROKLIMOKOMORY

MUDr. Leona HUBAČOVÁ, CSc., MUDr. Imrich BORSKÝ, CSc.,
RNDr. František STRELKA, CSc.,¹ MUDr. Branislav LÍŠKA, CSc.,²
MUDr. RNDr. Miroslav PALÁT, CSc.³

¹Výzkumný ústav preventívneho lekárstva v Bratislave
(riaditeľ: prof. MUDr. J. Červenka, CSc.)

²Katedra chémie a biochémie, lekárska fakulta UK v Bratislave
(vedúci: prof. ing. L. Bergendi, DrSc.)

³Katedra fyziatrie, balneológie a liečebnej rehabilitácie,
Inštitút pre ďalšie vzdelávanie lekárov a farmaceutov v Bratislave
(vedúci: MUDr. RNDr. M. Palát, CSc.)

K životnému jubileu MUDr. Vladimíra Doležala, CSc.

V poslednom desaťročí došlo v zahraničí i u nás k značnému rozmachu horolezeckého športu. Od roku 1978, kedy Reinhold Messner a Peter Habeler dosiahli vrchol Mount Everestu po prvý raz bez použitia doplnujúcich zdrojov kyslíka [13] sa problematika vysokohorskej fyziológie a medicíny stáva celosvetovou. Výstup na Mount Everest je jedným z najobťažnejších a najriskynejších športových podujatí, vyžadujúcich si maximálnu kondíciu, koncentráciu a mobilizáciu psychických a fyzických síl. Avšak i výstupy do nižších polôh sú namáhavé a náročné a častokrát sa nezaobídu bez obetí na ľudských životoch [11]. Preto sa v poslednej dobe lekári (predovšetkým fyziológovia a psychológovia) venujú vo zvýšenej miere problematike vplyvu hypobárie a s tým spojennej hypoxie na ľudský organizmus.

Pozornosť sa venuje zmenám zdravotného stavu ľudí pri pobyte vo vysokých horských polohách (2 a i.), zmenám ukazovateľov fyziologických funkcií pri výstupe na hory (1, 9 a i.), prípadne v experimentálnych situáciách v hypobarických komorách (5, 12 a i.). Športových lekárov zasa zaujímajú výkony športovcov vo vyšších nadmorských výškach (6 a i.).

Problematika vplyvu hypoxie je podrobne rozpracovaná i v leteckej fyziológii [10 a i.], ktorá sa okrem iného zaoberá patofyziológiou tlakových zmien v telesných tekutinách, desaturáciou aeropatiou, explozívnu dekompresiou a problematikou hypoxémickej hypoxie.

V ČSSR sa adaptačnými reakciami ľudského organizmu vo vyšších horských polohách zaoberal Doležal [4]. Vplyv práce na lanovkárov vo Vysokých Tatrách študoval Borský [3].

V r. 1984 sa vo Výskumnom ústave preventívneho lekárstva v Bratislave vyšetrovali členovia expedície Sagarmatha '84, ktorí sa mali zúčastniť výstupu na Mount Everest. Probandi sa okrem iných vyšetrení podrobili ergometrickému vyšetreniu pri normálnom atmosférickom tlaku (t. j. tlaku na úrovni nadmorskej výšky Bratislavy). Ďalej sa u nich zisťoval vplyv stupňovitej hypobárie (a s tým spojenej hypoxie) a fyzického zaťaženia na niektoré fyziologické

funkcie. Účelom vyšetrení bolo jednak vypracovať metódu testovania zdatnosti horolezcov v experimentálnych hypobarických podmienkach, jednak poskytnúť lekárovi výpravy informácie o zdatnosti jednotlivých členov expedície.

Predmetom tejto práce sú výsledky zmien srdcovej frekvencie (SF) a krvného tlaku systolického a diastolického (TK_s, TK_d) u 12 mužov — členov expedície pri práci v hypobarických podmienkach baroklimokomory.

Metodika

Vyšetrovaní sa zúčastnilo 8 horolezcov, ktorí plánovali vystúpiť na Mount Everest. Ich priemerný vek bol $38,3 \pm 5,3$ rokov, ich telesná výška bola $175,6 \pm 4,5$ cm a telesná hmotnosť $72,7 \pm 5,1$ kg. Ďalší 4 členovia expedície boli vedeckí pracovníci-geografi, dobre trénovaní muži (priemerný vek $44,3 \pm 4,2$ rokov, priemerná výška $180,3 \pm 4,2$ cm a priemerná hmotnosť $83,9 \pm 5,0$ kg). Títo muži sa rekreačne venovali horolezectvu a mali v Himalájach vystúpiť do výšky maximálne 2000 m.

Ergometrické vyšetrenie v normobarických podmienkach sa robilo pomocou zaťaženia na bicyklovom ergometri postupným zvyšovaním záťaže po 50 W každých 5 minút až do maxima. Fyzická záťaž v hypobárii sa modelovala v baroklimatickej komore pomocou bicyklového ergometra intenzitou 150 W (t. j. približne 2 W na 1 kg telesnej hmotnosti). Po odskúšaní niekoľkých variantov modelu sa ukázal ako najvhodnejší nasledujúci model zaťaženia: striedali sa 5-minútové pracovné cykly s 15-minútovými oddychovými pauzami. Počas oddychových prestávok sa v baroklimokomore kontinuálne znižoval tlak — v priebehu 10 minút sa znižoval tlak ekvivalentný výstupu o 1000 m nadmorskej výšky. Potom bola na dosiahnutej výške 5-minútová aklimatizačná prestávka a nasledovalo 5-minútové pracovné zaťaženie. Probandi bicyklovali v stupňovitej hypobárii až do vyčerpania. Maximálna výška, pri ktorej ešte niektorí z probandov boli schopní pracovať, bola 7000

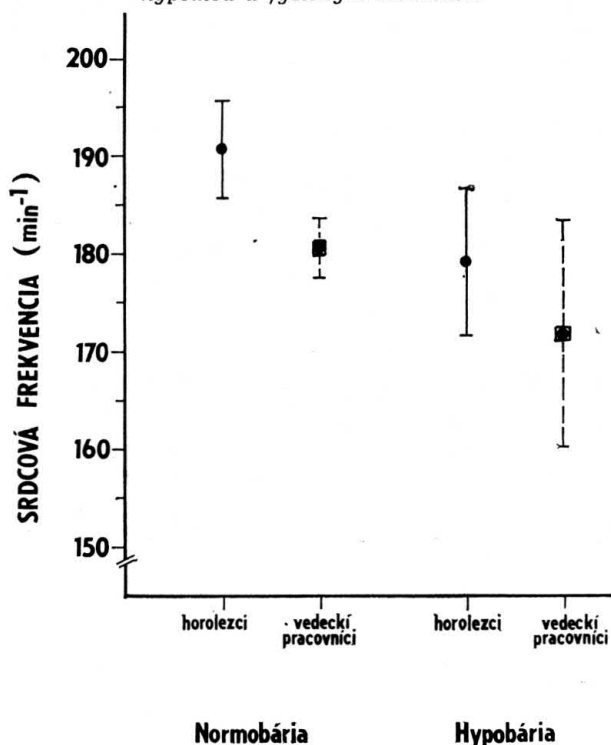
metrov, čo zodpovedá hypobárii 41,1 kPa. Počas vyšetrení sa monitorovala srdcová frekvencia pomocou elektrokardiografického záznamu a meral sa krvný tlak metódou Riva-Rocci.

Výsledky

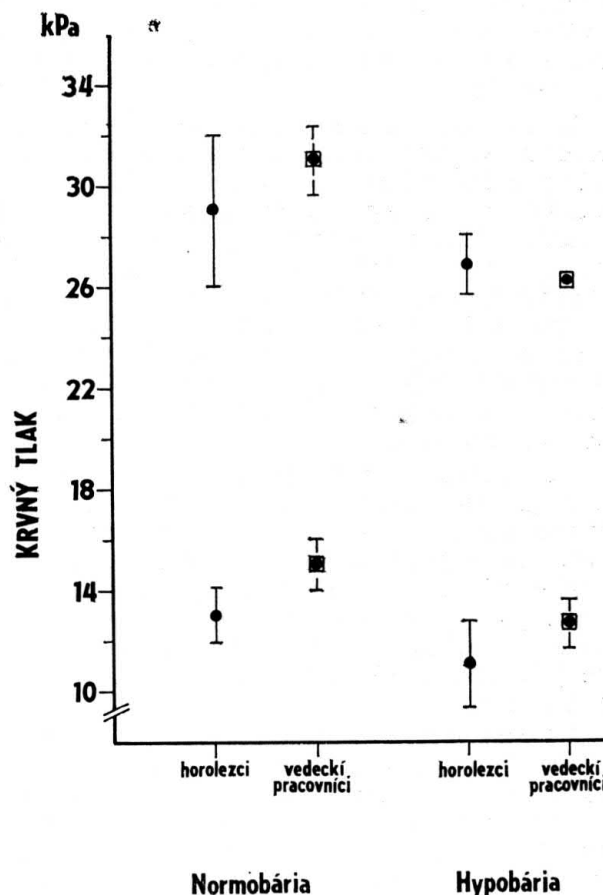
Pri ergometrickom vyšetrení v normálnom atmosférickom tlaku horolezci dosahovali vyššie maximálne výkony (až do 300 W) v porovnaní s vedeckými pracovníkmi, ktorí boli schopní pracovať pri maximálnej záťaži 200 W. V hypobarických podmienkach pracovali dvaja vedeckí pracovníci v maximálnej výške 5000 m a jeden v 6000 m, traja horolezci až v 7000 m modelovanej nadmorskej výšky.

Na grafe 1 sú znázornené hodnoty maximálnej SF horolezcov a vedeckých pracovníkov pri ergometrickom vyšetrení v normobárii a pri kombinovanom pôsobení hypobárie, hypoxie a fyzického zaťaženia. Priemerné hodnoty maximálne dosiahnutej SF pri vyšetreniach v normobárii boli u horolezcov $191,8 \pm 5,2$ úderov min^{-1} , u vedeckých pracovníkov $180,5 \pm 3,0$ úderov min^{-1} , čo bol štatisticky významný rozdiel ($p < 0,01$). V hypobárii sa zistili u horolezcov priemerné hodnoty maximálnej SF $179,3 \pm 7,4$ úderov min^{-1} , u vedeckých pracovníkov $172,0 \pm 14,1$ úderov min^{-1} (rozdiel nebol štatisticky významný). V hypobárii sa zistili významne nižšie hodnoty maximálnej SF v porovnaní s normobáriou u oboch skupín probandov. U vedeckých pracovníkov sa na rozdiel od

Graf 1. Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky maximálnej srdcovej frekvencie horolezcov a vedeckých pracovníkov pri ergometrickom vyšetrení v normobarických podmienkach a pri kombinovanom zaťažení hypobáriou, hypoxiou a fyzickým zaťažením



Graf 2. Priemerné hodnoty a smerodajné odchýlky maximálnych hodnôt systolického a diastolického krvného tlaku horolezcov a vedeckých pracovníkov pri ergometrickom vyšetrení v normobarických podmienkach a pri kombinovanom zaťažení hypobáriou, hypoxiou a fyzickým zaťažením



horolezcov zistila v hypobárii vysoká variabilita SF.

Graf 2 znázorňuje maximálne hodnoty TK_s a TK_d, ktoré boli tiež štatisticky významne nižšie ($p < 0,05$) v hypobárii pri porovnaní s prácou v normobárii: TK_s a TK_d u horolezcov mali v normobárii hodnoty: $29,1 \pm 2,6$ kPa, resp. $13,1 \pm 1,1$ kPa, v hypobárii: $26,9 \pm 1,2$ kPa, resp. $11,1 \pm 1,7$ kPa. U vedeckých pracovníkov mali hodnoty: $31,1 \pm 1,3$ kPa a $15,1 \pm 1,0$ kPa v normobárii, resp. $26,3 \pm 0,0$ kPa a $12,6 \pm 0,9$ kPa v hypobárii. V hypobárii sa u vedeckých pracovníkov zistila tiež nižšia tlaková amplitúda v porovnaní s horolezcami. Horolezci boli schopní pracovať vo výraznejšej hypobárii (hypoxii) a podávať vyššie výkony než vedeckí pracovníci.

Diskusia

Pri porovnaní veku našich probandov (priemerne 38 rokov) s vekom iných horolezcov podľa literárnych údajov sa zistilo, že naši horolezci boli starší než členovia iných vysokohorských expedícií v posledných desaťročiach. Pugh [8] udáva priemerný vek horolezcov, kto-

rí sa zúčastnili výstupu na Mount Everest v roku 1953 a 1971, na Annapurnu v r. 1970 atď. 33 rokov. Priemerná hmotnosť našich horolezcov (73 kg) bola takmer zhodná s priemernou hmotnosťou horolezcov uvedenou v jeho práci. Hmotnosť našich vedeckých pracovníkov bola vyššia v priemere o 11 kg. Telesná výška našich probandov (177 cm) sa od Pughových prakticky nelíšila.

Maximálna srdcová frekvencia pri ergometrickom vyšetrení bola u našich horolezcov o 2 úderý srdca vyššia v porovnaní s Pughovými údajmi, u vedeckých pracovníkov bola o 10 úderov nižšia. V zhode s ďalšou Pughovou prácou (7) a s Richaletom (9) sme zistili nižšiu maximálnu srdcovú frekvenciu pri vyšetreniach v hypobárii. Richalet popisuje zníženie krvného tlaku pri náhlom výstupe na výšku 3000 m. Naši probandi mali pri práci nižšie hodnoty krvného tlaku pri modelovaní výšok pri porovnaní s prácou v normobárii.

Na základe našich vyšetrení v normobarických a hypobarických podmienkach sa zistila vyššia zdatnosť horolezcov v porovnaní s vedeckými pracovníkmi. Horolezci dosahovali vyššie výkony v normobárii, boli schopní dlhšieho pobytu vo výraznejšej hypobárii a hypoxii a boli schopní pracovať vo vyšších modelovaných nadmorských výškach než vedeckí pracovníci.

Pri hodnotení záťažových testov a práce v hypobarických podmienkach treba zdôrazniť mimoriadne veľkú psychickú motiváciu obidvoch skupín probandov v snahe dosiahnuť maximálny výkon. Väčšinou bola práca zastavená nie spontánne probandmi, ale experimentátorom z dôvodov dosiahnutia maximálnej srdcovej frekvencie zodpovedajúcej určitému veku pri maximálnom zaťažení, ďalej pri veľmi vysokých hodnotách krvného tlaku alebo pri určitých zmenách elektrokardiogramu. Len v niektorých málo prípadoch probandi prestali pracovať sami — pri pocitoch dušnosti alebo veľkej bolesti svalov dolných končatín.

Uvedené výsledky, ako i výsledky ďalších vyšetrení, slúžili komplexnému stanoveniu funkčnej zdatnosti horolezcov. Individuálne hodnotenie funkčnej zdatnosti probandov sa odovzdalo zdravotníckej sekcii horolezeckého zväzu ČSZTV na ďalšiu realizáciu, čo sa mohlo využiť ako objektívne podklady pri výbere členov vrcholového družstva.

Súhrn

Dvanásť členov expedície Sagarmatha '84 (8 horolezcov a 4 vedeckí pracovníci-geografi) sa

vyšetrovalo v hypobarických podmienkach baroklimokomory. Fyzická záťaž sa modelovala pomocou bicyklového ergometra intenzitou 150 W. Maximálna modelovaná výška, pri ktorej ešte niektorí probandi boli schopní pracovať, bola 7000 m. Výsledky zmien srdcovej frekvencie a krvného tlaku pri práci v hypobarických — a s tým súvisiacich — hypoxických podmienkach sa porovnali so zmenami pri ergometrickom vyšetrení (stupňovitá záťaž až do maxima) v normálnom atmosférickom tlaku.

Literatúra

1. ALBRECHT, H. - ALBRECHT, E.: Ergometric, rheographic, reflexographic, and electrocardiographic tests at altitude and effects of drugs on human physical performance. *Federation Proceedings*, 28, 1969, č. 3, s. 1262—1267.
2. BENSON, W. G.: Altitude sickness. *Brit. Med. J.*, 291, 1985, č. 6509, s. 1648.
3. BORSKÝ, I. - HAJZOKOVÁ, M. - HUBAČ, M.: Zmeny niektorých krvných hodnôt u zamestnancov visunutej lanovky v Tatranskej Lomnici. *Pracov. Lék.*, 12, 1960, č. 8, s. 426—430.
4. DOLEŽAL, V. et al.: Adaptační reakce organismu v horách ve výšce 1500—2000 m. *Voj. zdrav. Listy*, 35, 1966, č. 2, s. 56—59.
5. GIPPENREITER, E.: Biomedical experiences of the first Soviet expedition to Mount Everest. In: *Proceedings of the Third Banff International Hypoxia Symposium, Hypoxia, Exercise and Altitude*, New York, A. R. Liss, Inc. 1983. 495 s.
6. HOYT, R. W. - EGLER, J. M. - ASAKURA, T.: Relationship between uphill running performance at altitude and blood metabolite levels. *Clin. Physiol. Biochem.*, 1984, č. 2, s. 192—197.
7. PUGH, L. G. C. E.: Muscular exercise on Mount Everest. *J. Physiol. (Lond.)*, 141, 1958, s. 233—261.
8. PUGH, L. G. C. E.: Maximum oxygen intake in Himalayan mountaineers. *Ergonomics*, 15, 1972, č. 2, s. 133 až 137.
9. RICHALLET, J. P.: The French scientific expedition to Numbur, Autumn 1981. In: *Proceedings of the Third International Hypoxia Symposium, Hypoxia, Exercise and Altitude*, New York, A. R. Liss, Inc. 1983. 495 s.
10. ŠULC, J.: *Letecká fyziologie*. Praha, Naše vojsko 1980. 281 s.
11. Úrazovost v ČHS v letech 1980—1983. In: *Sborník z konference úrazové zábrany, Horolezecký svaz Českého ústředního výboru ČSTV* 1984. 12 s.
12. WAGNER, P. D. - GALE, G. E. - MOON, R. E. - TORRE-BUENO, J. R. - STOLP, B. W. - SALTZMAN, H. A.: Pulmonary gas exchange in humans exercising at sea level and simulated altitude. *J. Appl. Physiol.*, 61, 1986, č. 1, s. 260—270.
13. WEST, J. B.: American medical research expedition to Everest: a study of man during extreme hypoxia. In: *Proceedings of the Third Banff International Hypoxia Symposium, Hypoxia, Exercise and Altitude*, New York, A. R. Liss, Inc. 1983. 495 s.

Klíčové slová: Fyziologické funkcie; Hypobária; Hypoxia; Horolezci.