

ČESKÝ HOROLEZECKÝ SVAZ
Lékařská komise

SPOLEČNOST HORSKÉ MEDICÍNY
c/o Český horolezecký svaz

Bulletin
Lékařské komise
a
Společnosti horské medicíny

FYZIOLOGIE HOROLEZECTVÍ

Zpracoval : MUDr. Ivan Rotman

Vydal : Dana Heřmanová, sekretariát ČHS,
Perucká 30, 120 00 Praha 2, tel/fax 6910340

únor 1993

FYZIOLOGIE HOROLEZECKÝ VÝKONU

Lze říci, že horolezectví je každá sportovní činnost spojená s výstupy v horách nebo v horolezeckém terénu. O vlastním lezení se hovoří, jakmile je k výstupu třeba použít i horní končetiny.

Pohyb v horách je jednou z nejvěstrannějších forem tělesné činnosti s primárně preventivním významem v předcházení tzv. civilizačním chorobám. Intenzívne zatěžuje srdečně cévní, dýchací a pohybový systém, rozvíjí vytrvalost, sílu, obratnost i kloubní pohyblivost. Protektivní účinek pohybu lze očekávat, jestliže dynamicky zatěžuje velké svalové skupiny, trvá nejméně 30-40 minut, provozuje se třikrát týdně a častěji a spotřeba kyslíku při námaze dosahuje minimálně 50% maxima (tj. minimálně 65% maximálního výkonu (38). Ve věku 35 let se maximální spotřeba kyslíku (VO₂ max) v průměrné populaci mužů pohybuje kolem 3 l/min. Při VO₂ 1,5 l/min činí energetický výdej přibližně 32 kJ/min. Chůze po rovině má malý tréninkový efekt, teprve náklad 50 kg by zvýšil výdej energie na 34 kJ/min, tj. nad hodnotu 31,4 kJ/min, nad kterou Morris a spol. (41) zjistili nižší výskyt ischemické choroby srdeční. Chůze do 16 stupňového svahu bez břemene rychlostí 2,5 km/h je u 70 kg muže provázena energetickým výdejem 34,7 kJ/min (31).

1. POHYBOVÉ SCHOPNOSTI A HOROLEZECKÝ VÝKON

Kromě psychických požadavků, jež jsou ovšem zásadní, klade horolezectví vysoké nároky na všechny kondiční pohybové schopnosti:

1. na vytrvalost a její maximální využívání,
2. na sílu, na maximální sílu a vytrvalostní sílu všech velkých svalových skupin, neboť vystupování je neustálé zvedání vlastní hmotnosti,
3. na obratnost, zejména smysl pro rovnováhu a prostorovou orientaci, které spolu s optimální pohyblivostí umožňují uplatňovat správnou techniku lezení,
4. na flexibilitu, zvláště velkého rozsahu pohybů v kyčelních kloubech, páteře, ramenních kloubech a v kloubech prstů.

Při lezeckém výcviku nelze příliš počítat s tím, že se opakováním a odstraňováním chyb lze vytvořit potřebné pohybové návyky. Opakováním cvičením se získávají technické dovednosti (manipulace s lanem, sláňování aj.) a do jisté míry je možné v základní podobě vypěstovat určité pohybové návyky při lezení určitých skalních útvarů (spáry, komíny), avšak lezení neznámým různě členitým terénem a zajišťování nelze natrénovat předem. Situace si mohou být podobné, neopakuji se však často. Psychologické poznatky o lezení a horolezcích zdůrazňují komplexnost zrakových, pohybových, hmatových a polohových podnětů, jejich vliv na napětí svalů a vytváření představ, tvorivou koordinaci, vědomou kontrolu a koncentraci pozornosti, volní vlastnosti a motivaci. Představa postupu od jednoho chytu k druhému na větším úseku je podstata horolezeckého "lezení očima" (1, 60).

Samo lezení, jako fyziologicky pohyb, vykonávaný ještě dříve než člověk začne chodit, má prospěšný vliv na rozvoj motorických

schopnosti a celkový vývoj.

2. KREVNÍ OBĚH, METABOLISMUS A VÝDEJ ENERGIE PŘI HOROLEZECKÉM VÝKONU

Odezva kardiovaskulárního systému a metabolismu na horolezecký výkon je do značné míry ovlivněna obtížností a podmínkami výstupu, trénovaností a schopnostmi horolezce, i psychickou zátěží. Chůze po nerovném terénu rychlostí 5-6 km/h vyžaduje 30-40% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ a lze ji vykonávat po mnoha hodin. Těžký oděv, obuv a náklad 20-25 kg zvýší zátěž o 1/3, tj. na 40-50% $\dot{V}O_2 \text{ max}$. Při sklonu terénu vyšším než 20% je výdej energie zcela závislý na převažující vertikální složce pohybu lezce s nákladem. Výstup rychlostí 450-600 výškových m/h odpovídá průměrně 50%, sestup rychlostí 1000 výškových m/h 30-40% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ (15).

Podle Daňka (18) lze spotřebu energie při chůzi vypočítat ze známé vzdálenosti, převýšení a tělesné hmotnosti: 0,6 kcal (2,5 kJ) na každý kilometr horizontální vzdálenosti a každých 60 m převýšení na 1 kg hmotnosti člověka a jím nesené zátěže.

Z hlediska energetické náročnosti a reakce krevního oběhu nemusí být samotný lezecký výkon nejnamáhavější fyzickou zátěží. Sporov (57) uvádí tyto hodnoty (přepočítáno na kJ/min):

- výstup po strmé stezce s průměrným sklonem 30 stupňů a výškovým rozdílem 65 m: při výstupu 35, při sestupu 25,2 kJ/min,
- jištěné lezení po neznámé 40 m skalní stěně (bez udání obtížnosti): 23,1 kJ/min,
- lezení převisu pomocí skob, smyček a tahu lana: zdolání 3 m trvalo 15 minut a výdej energie byl pouze 11,9 kJ/min.

Menší výdej energie při obtížnějším a technickém lezení lze vysvětlit pomalejším výstupem. To potvrdilo i sledování Bartuškové a spol. (2). Při turistickém výstupu po neudržované stezce se zátěží 1 kg/2,5 kg hmotnosti (přibližně 30 kg), s převýšením 30 m a při sklonu 23 stupňů činil výdej 98,7 kJ/min (tj. 2018% nál. BM), což odpovídalo 65% $\dot{V}O_2 \text{ max}$ sledovaných sportovců s průměrnou $\dot{V}O_2 \text{ max}$ 3,2 l/min. Při stěnovém výstupu III. stupně obtížnosti (40 m, sklon 60 stupňů, převýšení 30 m, jištění shora, zátěž asi 20 kg) byl výdej energie 70,0 kJ/min. tj. 1528% nál. BM.

Jeschke a Novák (36) naměřili na nejtěžších cestách te波ovou frekvenci (TF) přesahující i 200 tepů/min, přičemž nezjistili souvislost s dosaženým časem výstupu. Matějková a Skříčka (40) zjistili u 12 československých reprezentantů horolezeckého svazu ($\dot{V}O_2 \text{ max}$ 56-66 ml/min.kg, W_{max} 4,9-6 W/kg) při výstupu cestou obtížnosti VI, A0 (krajně těžké lezení s pomocí skob jako opěrných bodů), s převýšením 30 m a přelezené s horním jištěním za 4,12-11,2 (průměrně 6,6) min průměrnou TF 168±15 tepů/min a výdej energie 1224±171% nál. BM.

Sack a Nowy (52) sledovali u dvou horolezců telemetricky te波ovou frekvenci během 4 h průstupu strmou 1930 m vysokou stěnou Watzmanu v německých Alpách. U jednoho byla průměrná resp. maximální TF 136 resp. 148, u druhého 165 resp. 182 tepů za minutu.

Jeschke a Winter (35) zjišťovali telemetricky TF, $\dot{V}O_2$ a další

parametry u 16 horolezců (34,4±10,8 let) při výstupech obtížnosti III+ až VI- s převýšením 40–65 m, trvajících v průměru 8–11 min. Průměrná TF dosahovala 89–92% a dechová frekvence 68–73% maximálních hodnot naměřených při zátěžovém vyšetření v laboratoři. Při výstupu obtížnosti III+ (65 m přelezeno za 11,2±2,3 min) činila průměrná TF 160±13 tepů/min a $\dot{V}O_2$ 25,3±6,4 ml/min.kg, při obtížnosti V. stupně (65 m, 10,7±2,5 min) 163±13/min resp. 27,7±4,8 ml/min.kg (tj. 65% $\dot{V}O_2$ max) a při obtížnosti VI- (40 m, 8,1±2,8 min) 170±17 tepů/min a 24,7±4,2 ml/min.kg (tj. 55% $\dot{V}O_2$ max).

Při lezení III.–IV. stupně obtížnosti, který pro většinu nehorolezců znamená hranici jejich schopností, přesahuje hladina laktátu 4 mmol/l. Při opakovaném výstupu 16 netrénovaných studentů 10 m stěnu III. stupně obtížnosti se průměrné hodnoty při 1. resp. 2. výstupu významně lišily: doba výstupu 80±25 resp. 50±13 s, TF 118±15 resp. 141±20 tepů/min, laktát 4,0±1,8 resp. 5,3±1,9 mmol/l (56). Ti, kteří byli rychlejší, zejména při 2. výstupu, měli nižší hladinu laktátu než pomalejší. Svědčí to o rozhodujícím vlivu koordinačních a technických schopností na ekonomičnost metabolismu i rychlosť výstupu. Čím větší je energetická náročnost výstupu, tím větší je účast anaerobního metabolismu a větší závislost na zásobách glykogenu.

V přepočtu na 1 kg a 1 h udává Berghold (5) výdej energie pro chůzi do mírného kopce asi 15,5, pro lehké skalní lezení 14,2–41,8, pro lezení po strmé skále 25,1–64,8 a pro extrémní skalní lezení 25,1–58,5 kJ. V tabulce č 1 je uveden výdej energie na určitou vzdálenost.

Tab. č. 1. Výdej energie na určitou vzdálenost v přepočtu na 1 kg tělesné hmotnosti (5).

1000 m po rovině	kJ	kcal	1000 m výškového rozdílu	kJ	kcal
běžný terén	167–209	40–50	po suché cestě	418	100
po sněhu	209–251	50–60	do kopce ve sněhu	627	150
po ledovci	238–276	57–66	v sestupu	96	23

Na 1000 m chůze z kopce 263 kJ (63 kcal) na 1 kg tělesné hmotnosti.

Podle Eigelsreitera a spol. (21) není výdej energie ve výškách kolem 4000 m příliš intenzívni (790–930% nál. BM). Trvá však mnoho hodin, takže celkový denní výdej může dosáhnout až 41 800 kJ. Středně těžké a středně dlouhé výstupy vyžadují 16 700, dlouhé a těžké výstupy přes 25 000 kJ/24 h.

3. CHARAKTERISTIKA HOROLEZECKÝCH DISCIPLÍN

Požadavky na rozvoj jednotlivých pohybových schopností se liší dle prováděné horolezecké disciplíny. Dnešní spektrum horských, horolezeckých a lezeckých sportů je nesmírně široké: zahrnuje turistiku,

ku v horách, dálkové pochody v horách, výstupy po zajištěných a uměle budovaných horských cestách, skalní lezení v horách, sportovní lezení dle určitých pravidel, soutěžní sportovní lezení, bouldering (nejištěné extrémně obtížné lezení na velkých skalních blocích), ledovcové túry, lezení v ledu, výstupy nad 2600 m, skialpinismus, trekink (lehké túry v mimoevropských horách do 6000 m), výstupy nad 6000 m expedičním stylem i tzv. lehké výstupy alpským stylem bez postupových táborů na nejvyšší hory světa, dále i létání na padáku v horách, horská cyklistika aj. (69).

A. Horská turistika (dlouhodobá vytrvalostní (aerobní) zátěž).

Jde o pohyb po horských stezkách bez nároků na speciální dovednosti resp. výzbroj s dlouhotrvající vytrvalostní zátěží mírné až střední intenzity. Tělesný výkon je podáván témař zcela aerobně, energetický výdej je hrazen přednostně tuky, srdeční frekvence dosahuje až 130-140 tepů za minutu. Anaerobní práh je dosažen nebo překročen jen při zdolávání strmých a obtížnějších úseků. Účast tuků je tím vyšší, čím je tura déle tura trvá.

Vyžaduje přiměřenou zdatnost, odpovídající minimálním hodnotám maximální spotřeby kyslíku u mužů 45-48, u ženy 37-40 ml/kg.min (12, 13, 69). Raas (46) uvádí vzorec pro výpočet náležité hodnoty $\dot{V}O_2 \text{ max}$:

$$\text{relativní } \dot{V}O_2 \text{ max} = \text{tělesná hmotnost v kg} * 0,6 \text{ ml/kg.min}$$

Z čistě výkonnostního hlediska nejsou pro turistiku v horách zapotřebí mimořádné vytrvalostní schopnosti. Vztahuje se to i na turistiku ve vysokých horách (trekink), kde výkon limituje hypoxie.

B. Horolezectví (intenzívni dlouhodobá vytrvalostní zátěž střední až submaximální intenzity s různě vysokým podílem síly).

Od turistiky se horolezectví liší především tím, že vyžaduje určité specifické dovednosti (technika chůze, lezecká technika, lyžařská technika) a potřebnou výzbroj. Předpokládá se maximální spotřeba kyslíku u mužů alespoň 55, u žen asi 45 ml/kg.min, pro výšky nad 5000 m (trekink a expediční horolezectví) u mužů kolem 60, u žen 52 ml/min.kg (12, 13, 69), dále dobrá vytrvalostní síla dolních končetin (dlouhé pochody a výstupy, nošení břemen), i horních končetin (dlouhé výstupy). Srdeční frekvence se pohybuje kolem 150-160 tepů za minutu. Ve vysokých horách, kde se hodnota $\dot{V}O_2 \text{ max}$ s výškou snižuje v důsledku hypoxie, však o výkonu rozhoduje především aklimatizace.

V náročnějších úsecích výstupu nejsou horolezci s vysokým anaerobním prahem nuteni přecházet příliš brzy a příliš často k anaerobnímu metabolismu (69). Důležitost hradit výdej energie co nejvíce aerobní glykolýzou je zdůrazněna zejména v podmínkách hypoxie, při které se projevuje nevýhodný energetický ekvivalent tuků s vyššími nároky na spotřebu kyslíku (6, 9).

Při skalním lezení do VII. stupně obtížnosti dle stupnice Světové horolezecké federace (UIAA), lezení v ledu a skialpinismu limi-

tuje výkon vytrvalostní síla dolních i horních končetin, spíše submaximální než maximální. Přiměřená zdatnost a dobrá kloubní pohyblivost jsou podmínkou. Pro málo trénované horolezce jsou delší výstupy III. stupně obtížnosti již příliš velkou zátěží, i když jsou schopni v nevelehoršském terénu přelézt bez problémů 2-3 lanové délky, tj. asi 100 m. Ze zkušenosti se doporučuje, aby průměrná obtížnost delší túry v horách byla nejméně o jeden stupeň nižší, než je nejvyšší obtížnost zvládnutá na cvičných skalách (42).

Tato forma má velký preventivní význam a lze ji doporučovat nejširší veřejnosti.

C. Sportovní lezení (vytrvalostní a maximální síla při vysokém podílu komplexní zátěže).

Na rozdíl od převážně kontinuální zátěže stejné intenzity při turistice v horách a horolezeckých výstupech se sportovní a soutěžní lezení se zdoláváním extrémně obtížných cest vyznačuje intervalovým charakterem zátěže. Na dolních končetinách má největší význam vytrvalostní síla, na horních končetinách a horní polovině těla maximální síla. Navíc je zapotřebí velké flexibility a koordinačních schopností. Obecná vytrvalost je také významná, a přestože její podíl na celkovém výkonu je daleko menší než u horolezectví (10, 69), zjistili u sportovních lezců Fetz a spol. (23) vysokou úroveň obecného sportovně motorického profilu.

4. FYZIOLOGIE HOROLEZECKÉHO VÝKONU V EXTRÉMNÍCH NADMOŘSKÝCH VÝŠKÁCH.

Nejdůležitějším faktorem velehorského prostředí, který rozhoduje o výkonu při výstupu na vrcholy nejvyšších hor, je nízký parciální tlak kyslíku (PO_2), klesající se stoupající výškou. V 5500 m činí polovinu a na vrcholu Mount Everestu v 8848 m jen třetinu hodnoty (49,5 mmHg) naměřené při hladině moře (159,2 mmHg, 47). Na pokles PO_2 v celé "kyslíkové kaskádě" reaguje organismus aklimatizačními procesy. V první fázi po příchodu do výšky se zvyšuje ventilace a minutový srdeční objem, mění se afinita hemoglobinu ke kyslíku, později se zvyšuje počet erytrocytů a dochází ke změnám ve složení a metabolismu periferních tkání (zvýšení obsahu myoglobinu a enzymové aktivity). Ke změně dochází ve fázích závislých na trvání pobytu ve výšce (obr. 1, 33). Posun disociační křivky kyslíku doprava se snížením afinity hemoglobinu ke kyslíku, ke kterému dochází ve středních výškách, zlepší odevzdávání kyslíku v periferních tkáních (37).

Avšak již od 5000 m (4, 59) a zejména v extrémních výškách - při malém tlakovém spádu v kyslíkové kaskádě - je sycení hemoglobinu při průchodu plicním řečištěm zpomalenou a limitujícím faktorem přenosu kyslíku se stává difúze přes alveolokapilární membránu. Proto je výhodnější zvýšená afinita Hb umožněná hypokapnií a nekompenzovanou respirační alkalózou v důsledku hyperventilace (64). Mairbäurl a spol. (39) zjistili, že po 5 dnech pobytu ve 4559 m se afinita Hb nelišila od hodnot naměřených v nížině, posun disociační křivky doprava byl i při zvýšeném množství 2,3 DPG

v erytrocytech kompenzován alkalózou.

Na úrovni tkání limituje metabolismus omezená difúze kyslíku z periferních kapilár do mitochondrií (65). Při delším pobytu ve výškách nad 5000 m se však zmenšuje tloušťka svalových vláken, objem svalové hmoty klesá o 10%, klesá objem mitochondrií o 25% a oxidativní kapacita svalů se snižuje o 20% (32). Kapilární síť podléhá katabolismu jen omezeně, takže přísun kyslíku mitochondriím se spíše zlepšuje. Aktivita enzymů glykolýzy se zvyšuje, naopak aktivita enzymů Krebsova cyklu, oxidace tuků a utilizace ketolátek klesá (34). Snižuje se absolutní maximální svalová síla, avšak v přepočtu na zmenšený průřez vláken se nemění (22).

Prahovou výškou, od které se již každý člověk musí hypoxii přizpůsobovat a ve které vznikají výškou způsobené poruchy, je 3000–3500 m. Aklimatizace probíhá vždy stupňovitě, po etapách: po úspěšné aklimatizaci na dosaženou výšku se člověk po dosažení vyšší nadmořské výšky musí nové výšce opět znova přizpůsobovat.

Po příchodu do výšky se organismus nachází v kritické fázi adaptace, která předchází vlastní aklimatizaci (obr. 2, 7). Mobilizace přizpůsobovacích mechanismů (stresová reakce) je provázena zrychlením tepové frekvence v klidu a zvětšením rozdílu mezi systolickým a diastolickým krevním tlakem. Z hlediska sportovní fyziologie lze hovořit o ukončené aklimatizaci po návratu klidové pulsové frekvence naměřené ráno po probuzení k výchozí individuální hodnotě.

Richalet a spol. (49) rozlišují čtyři fáze pobytu ve výšce:

1. latentní fáze – trvá prvních 6 hodin po příchodu do výšky, bez příznaků akutní horské nemoci,
2. aklimatace – období získávání aklimatizace s velkým rizikem aklimizačních poruch resp. horské nemoci,
3. aklimatizace – období 2–3 týdnů, během kterých je člověk optimálně přizpůsoben výšce a je schopen největších fyzických výkonů,
4. fáze degradace (výškové deteriorace) se zhoršením fyzických a psychických funkcí (obr. 3).

Doba potřebná pro aklimatizaci je individuálně odlišná a navíc závisí na rychlosti výstupu, dosažené absolutní výšce, překonaném relativním výškovém rozdílu a zdravotním stavu jednotlivce, nikoli však jeho zdatnosti (obr. 4, 50). Orientačně platí, že na výšku 3000 m je třeba se aklimatizovat 2–3 dny, na 4000 m 3–6 dní, na 5000 m 2–3 týdny a výškám nad 5300–5500 m se již přizpůsobit nelze (7). Nad touto hranicí dochází i při maximálním fyzickém šetření k nezadržitelnému a progresivnímu zhoršování zdravotního stavu a snižování výkonnosti, k tzv. výškové deterioraci, a to tím rychleji, čím výše se člověk zdržuje (25). Úplné tělesné zotavení je možné jen pod touto hranicí (obr. 5).

Výkon horolezce v extrémní výšce (ani rychlosť aklimatizace resp. náchylnost ke vzniku akutní horské nemoci) není limitována hodnotou $\dot{V}O_2 \text{ max}$, nýbrž aklimatizací, avšak $\dot{V}O_2 \text{ max}$ je přímo úměrná výšce, kterou horolezec zpravidla na expedici je schopen dosáhnout,

a nedostatečným příslunem tekutin. Při střední zátěži v 5500 m činí ztráty vody dýcháním 200 ml/h (45).

5. VĚKOVÉ ZVLÁŠTNOSTI A HOROLEZECKVÍ ŽEN

Horskou turistikou ve středních výškách může v zásadě provozovat každé zdravé dítě, podobně jako jiné sporty. Ve srovnání s dospělými je však nutné brát v úvahu menší toleranci dlouhotrvající zátěže, stupeň vývoje koordinačních schopností a otázku psychické zátěže. Při striktním dodržení bezpečnostních opatření jsou od 4-6 let možné první kroky na skále při okraji cest (3). S vlastním lezením lze souhlasit až od 14. roku (8), Greinwald (27) uvádí 7-12 let. Věk 7-10 let je ideální pro nácvik bezpečné chůze v neschůdném terénu (27).

Rychlé změny výšky (letadlem, autem, lanovkou) mohou děti absolovovat až od 3. roku věku, kdy jsou fyziologicky schopny přizpůsobovat se výšce (8, 11). Později, po dosažení 20 let (55), není hypoxie omezujícím faktorem, ale je nutné respektovat náročné velehorské a tropické podmínky, problematiku očkování a brát ohledem na hygienické podmínky při trekinku. V praxi je možná účast dětí na trekinku od 10 let jen s podmínkou, že nebudou fyzicky přetěžovány (11). Páteř a klouby lze plně zatěžovat nejdříve od 16. roku (8). Nejvyšší hmotnost batohu může být ve věku 5 let 5 kg, v 8 letech 3 kg, ve 12 letech 5 kg a v 16 letech 7 kg (8).

Pohyb ve středních výškách (1500-2500 m) má velký význam pro zotavení organismu, je však třeba dbát na odpovídající aklimatizaci. Platí to zejména pro starší méně trénované osoby. Snášenlivost výšek je však až překvapivě dobrá a pro rekreační horolezectví starších zdravých osob neznamená výška sama o sobě (rozhodně ne do 3000 m) větší omezení (8), i když po 50. roce se udává vyšší pravděpodobnost horší aklimatizace (55). Haas a Reif (28) sledovali 17 mužů ($66,8 \pm 2,8$ let) a 8 žen ($60,1 \pm 4,5$ let), členy mnichovské sekce Německého Alpenvereinu v průběhu 13 km túry s převýšením 1316 m. Jejich $\text{VO}_2 \text{ max}$ činila $33,3 \pm 6,3$ u mužů a $32,2 \pm 6,6$ ml/min.kg u žen. V nejstrmějším úseku podávali výkon kolem 95 W. Průměrná TF (140 tepů/min) i koncentrace laktátu ($3,11 \pm 0,55$ mmol/l) se pohybovaly zřetelně pod anaerobním prahem stanoveným v laboratorních podmínkách a odpovídaly 60-75% $\text{VO}_2 \text{ max}$. Krevní tlak se spíše snižoval, výrazněji u jedinců, u kterých byla zjištěna mírná hypertenze.

Ženy mají podstatně lépe vyvinutou i trénovatelnou jemnou pohybovou koordinaci než muži a v krizových situacích jsou schopny účinněji mobilizovat svou psychiku a věli k přežití (8). Uzává se, že na výšku se aklimatizují stejně dobře či špatně jako muži, ale Richalet a spol. (49) pozorovali ve skupině 102 mužů a 26 žen ve věku 25-59 (průměrně 35 ± 8) let výskyt akutní horské nemoci u žen v 65% a u mužů jen v 37%. Užívání hormonální antikoncepce zvyšuje riziko trombóz a omrzlin podmíněné dehydratací a hemokoncentrací při působení hypoxie a chladu. Ve výšce nad 3000 m je lidské embryo ohroženo hypoxií (pro kuřačky to platí od 2000 m), tudíž je nutné vyloučit

avšak až po aklimatizaci (49).

Vzestup koncentrace hemoglobinu a počtu erytrocytů je v první fázi ve skutečnosti způsoben poklesem objemu plazmy a hemokoncentrací důsledku dehydratace, teprve později dochází ke skutečnému zvýšení počtu krvinek při stimulaci krvetvorby. Do výšky kolem 5000 m se tak kompenzuje pokles saturace tepenné krve kyslíkem při nízkém PO₂, jakmile však hematokrit stoupne nad 0,55, začíná následkem zvýšené viskozity krve klesat minutový srdeční objem. Ve výškách nad 5000 m považoval Pugh (44) za optimální množství hemoglobinu hodnotu kolem 180 g/l. V poslední době je však prospěšnost zvýšeného počtu erytrocytů vůbec zpochybňována (67).

Pokles VO₂ max s výškou je exponenciální. Ve výšce 2500 m je VO₂ max snížena asi o 6-8%, ve 4200 m již o 25%, a to i u aklimatizovaných (61). Od 5400-6000 m není horolezec schopen udržet svou běžnou navyklou rychlosť výstupu, při které se jeho energetický výdej pohybuje v rozmezí 50-75% VO₂ max. Přechází k přerušovanému způsobu výstupu s přestávkami, během kterých se částečně splácí kyslíkový dluh (20). V r. 1981 Američané snížili PO₂ ve vdechovaném vzduchu při spiroergometrii provedené ve výšce 6300 m na 42,5 mmHg (5,6 kPa), což odpovídá vrcholu Everestu (kde byl naměřen skutečný tlak vzduchu 253 mmHg), a naměřili u aklimatizovaných VO₂ max jen 1,07 l/min (15,3 ml/min.kg), tj. 20-25% hodnoty naměřené při hladině moře (62). Tato hodnota je ekvivalentní pomalé chůzi v nížině. V extrémní výšce je hodnota VO₂ max limitována aktuálním barometrickým tlakem, i jeho kolísáním při změně počasí a v závislosti na ročním období: pokles o 5% způsobí snížení VO₂ max o 25% resp. na 0,8 l/min. PCO₂ v plicních sklipcích klesá na 7,5 mmHg (1,0 kPa), v arteriální krvi se pH zvyšuje až na 7,78 a PO₂ klesá na méně než 30 mmHg. Posun disociační křivky oxyhemoglobinu doleva umožní nasycení tepenné krve na 72%, bez změny affinity by saturace činila pouze 50% (66).

Účast anaerobního metabolismu je při fyzické zátěži nad 5300 m minimální. Maximální hladina laktátu se stoupající výškou klesá (19) a při vyčerpávající zátěži nad 7500 m se paradoxně laktát již vůbec nezvyšuje (17, 63). Jako příčiny uvádějí Boutelier a spol. (14) především rychlý pokles pH při fyzické zátěži za současně snížené hladině bikarbonátu v plazmě (v důsledku pomalu postupující renální kompenzace respirační alkalózy vylučováním bikarbonátů), který inhibicí fosfofruktokinázy zastavuje glykolýzu, dále nedostatek glycogenu a větší využívání tuků, pomalé vyplavování laktátu a pokles perfuze svalů. Green a spol. (26) uvažují o snížení aktivaci kontraktilních bílkovin ve svalu jako primární příčině inhibice anaerobní glykolýzy ("metabolic arrest", 30), chránící organismus před katastrofickými následky metabolické acidózy při svalové práci v podmírkách hypoxie.

Dalším limitujícím faktorem výkonu ve velehorském prostředí je dehydratace způsobená hyperventilací suchého a chladného vzduchu

u účastnic expedice graviditu (11).

6. VÝBĚR SPORTOVNÍCH TALENTŮ

Neexistuje jednoduchá a spolehlivá vyšetřovací metoda, kterou by bylo možné předpovědět schopnost aklimatizace. Tolerance výškové hypoxie a v náchylnost k akutní horské nemoci vykazuje značné individuální rozdíly. Podstatou odolnosti je schopnost reagovat na hypoxii dostatečným zvýšením (prohloubením a zrychlením) dýchání (hyperventilaci, tzv. hypoxic ventilatory response, hyperventilační reakce, HVR). Jedinci se silnou hyperventilační reakcí (HVR) na dýchání směsi s nízkým obsahem kyslíkem se však aklimatizují lépe, ale vztah k výkonu není jednoznačný (53-55). Pomocí HVR a anamnestických údajů lze s méně než 10% chybou odlišit osoby s vysokým rizikem akutní horské nemoci, ale předpověď, že jedinec dosáhne výšky 7500 m, zklamala ve 37% (49). Avšak i osoby s nepříznivou dispozicí mohou vystoupit do extrémních výšek, jestliže jako ostatní, ovšem se zvláštní důsledností a bez jakýchkoli kompromisů, dodrží-li správný postup aklimatizace.

I když samotný vytrvalostní trénink a obecná zdatnost nemá pro budoucí aklimatizaci praktický význam, vytrvalostní schopnosti rozhodují o výkonu ve výšce nad 3000 m, jakmile se organismus výše přizpůsobí. Optimálně trénovaný atlet se na výšku aklimatizuje stejně dobře či špatně jako zcela netrénovaný jedinec, pak však o výkonu rozhoduje $\dot{V}O_2 \text{max}$ naměřená v nižině (48). Osoby trénované, s vyšší $\dot{V}O_2 \text{max}$ dosáhly při expedicích do extrémních výšek vyšších poloh, než méně trénovaní (49).

Raas (46) naměřil u 56 špičkových alpinistů průměrnou $\dot{V}O_2 \text{max}$ 58 ± 4 , Richalet a spol. (49) u 22 elitních horolezců $55,8 \pm 4 \text{ ml/min.kg}$, tedy hodnoty nižší než mají nejlepší vytrvalci v atletických sportech. Sutton a Pugh (58) odhadli $\dot{V}O_2 \text{max}$ R. Messnera (56 kg, 172 cm) a P. Habelera (64 kg, 178 cm), kteří jako první dosáhli vrcholu Mount Everestu bez umělého kyslíku, na $75-83 \text{ ml/min.kg}$, tj. o 25-30% více než má většina horolezecké elity a o 50% více než měli nejlepší horolezci 50. let. Oelz však u Messnera naměřil delší dobu po expedici hodnotu $48,8 \text{ ml/min.kg}$ (43) a Schoene u Habelera paradoxně zjistil nízkou HVR (55).

Zdatnost může být i rizikovým faktorem, jestliže dovolí horolezci, aby se do extrémní výšky dostal nepřiměřeně rychle, a tak vlastně způsobí vznik AHN. K výstupu na vrchol Mount Everestu není třeba být maratoncem, stačí k tomu $\dot{V}O_2 \text{max}$ 50 ml/min.kg i méně (11). Nejhodnějším fyziologickým kritériem horolezeckého výkonu je rychlosť lezení, která rozhoduje o tom, zda horolezec vystoupí na vrchol a bezpečně se vrátí dolů (58), případně maximální dosažená výška (49). Faktory psychologického rázu, jako motivace, snaha překonat sama sebe, vyhledávání rizika apod. mohou člověka dovést k nejvyšším výkonům.

Zatko a Záhorec (68) zjistili, že relativně nejužší vztah k lezeckému výkonu - k překonávání nejtěžších lezeckých cest mají v po-

zitivním smyslu obvod předloktí a síla horních končetin, zejména prstů rukou, síla flexorů kyčlí, paravertebrálních svalů, plantární flexe, dále rovnovážná vytrvalost a procento tuku v negativním smyslu. Lezci měli průměrnou tělesnou výšku s relativně nižší tělesnou hmotností, relativně (k tělesné výšce) delší horní končetiny s dominujícím obvodem předloktí, kratší ruce (kratší prsty), kratší chodidla a nízké procento tělesného tuku. Světová elita ve sportovním lezení je spíše menší postavy.

Podle Fetze a spol. (24) charakterizuje speciální sportovně motorický profil lezců rychlostní síla a lokální dynamická vytrvalost flexorů paže a předloktí, lokální statická vytrvalostní síla flexorů prstů, statická flexibilita kyčelních kloubů a bederní páteře a statická rovnováha ve stojí na jedné noze a na pohyblivé podložce.

Kratší prsty jsou z biomechanického hlediska výhodnější neboť rameno síly, kterou se lezec drží za chyty je kratší. Při delších prstech se lezec musí malých chytů častěji držet s prsty v extenzi v distálních mezičlánkových kloubech a síly působící v malých kloubech prstů mohou již při tělesné hmotnosti 72 kg přesáhnout 700 N (16). Rotman a spol. (51) pozorovali u našich lezců lineární závislost výskytu deformací kloubů prstů na tělesné výšce.

7. RIZIKA POŠKOZENÍ ZDRAVÍ PŘI HOROLEZECKÝ

Pro horolezecký je charakteristické vysoké riziko těžkých a často smrtelných úrazů: mnohočetných zlomenin, úrazů hlavy, poranění vnitřních orgánů, podchlazení a úrazů bleskem. Časté jsou omrzliny. Specifickými poraněními je šok ve visu na laně, úrazy páteře po pádu do lana (zejména při navazování na samotný sedací úvaz), zasypání lavinou a pády do ledovcových trhlin (kombinace úrazů a podchlazení).

Ve výškách od 3000 m (u vnímatlivých i v nižších) hrozí vznik akutní horské nemoci včetně jejich nejtěžších život ohrožujících forem - výškového otoku plíc a mozku, které nezřídka končí fatálně.

Přetížení a chronické škody pohybového aparátu postihují u sportovních lezců především šlachy flexorů a drobné klouby prstů rukou. Specifická jsou přetržení poutek šlach flexorů prstů, časté jsou epikondylity a útlakové nervové syndromy postihující nervus medianus a nervus ulnaris. Nelze pominout ani velké zatěžování páteře, které při přelézání určitých skalních útvarů dosahuje 2000-3000 N (16). Horolezci si také často stěžují na bolesti v kolenních kloubech (chondropathia patellae).

Legendy k obrázkům

Obr. 1. Průběh změn některých fyziologických parametrů ve výšce 5000 m (podle Houstona, 33).

Obr. 2. Průběh klidové ranní tepové frekvence při aklimatizaci (podle Bergholda, 7).

Obr. 3. Vývoj přirozené aklimatizace a její fáze (1. f. latentní fáze). Podle Herryho a spol. (29).

Obr. 4. Minimální a průměrná doba aklimatizace pro výšky od 3000 do 8000 m. Podle Richaleta (50).

Obr. 5. Hranice přirozené aklimatizace. Podle Herryho a spol. (29).

LITERATURA

1. Bajo I. In: V. Procházka a kol.: Horolezeckví, Olympia, Praha 1990.
2. Bartošková, S., Seliger, V., Veselý, L.: Energetický výdej při modelovém turistickém a horolezeckém výstupu v nižších polohách. Teor. Praxe těl. Vých., 23, 1975, č. 8, s. 459-464.
3. Bauer, C.: Belastungsfähigkeit des kindlichen Organismus beim Bergsteigen. 32. Deutscher Sport Ärzte-Kongress, 18.-21.10.1990, München.
4. Bencowitz, H. Z., Wagner, P. D., West, J. B.: Effect of change in P_{aO_2} on exercise tolerance at high altitude: A theoretical study. J. Appl. Physiol., 53, 1982, s. 1487-1495.
5. Berghold, F.: Richtige Ernährung beim Bergsteigen. Bergverlag Rudolf Rother, München 1980.
6. Berghold, F., Bachl, N., Hamar, D., Erd, E.: Metabolische Beanspruchung im Tourenschilauf. Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin, 35, 1984, č. 12, s. 407-414.
7. Berghold, F.: Die Spielregeln des Höhenbergsteigens. Wie verhält man sich als Bergsteiger in Höhen ab 2000 m. Alpinmedizinisches Merkblatt Nr. 3. Verband der Österreichischen Berg- und Schiführer, 1986.
8. Berghold, F.: Bergmedizin heute. Ratgeber für gesundes Wandern und Bergsteigen. Bruckmann, München 1987.
9. Berghold, F. et al. 1989. In: Jahrbuch 1990. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Wien 1990. S. 33.
10. Berghold, F.: Körperliche Beanspruchung bei verschiedenen Formen der Alpinistik. In: Jahrbuch 1990. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Wien 1990.
11. Berghold, F., Pallasmann, K., Schaffert, W., Schobersberger, W.: Praxis der Höhenanpassung. Therapie der Höhenkrankheit. (Richtlinien der Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, 1991). Österreichisches Journal für Sportmedizin, 21, 1991, č. 1, s. 3-27.
12. Barnett, P.: Bergsteigen - Gesundheitswert, körperliche Belastung und Risiko. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin, 1985, č. 2, s. 3-8.
13. Barnett, P., Zintl, F.: Bergmedizin -Ernährung - Training. BLV Verlagsgesellschaft München - Wien - Zürich, München 1987.
14. Boutellier, U., Howald, H., DiPrampero, P. E., Giezendanner, D., Cerretelli, P.: Human muscle adaptations to chronic hypoxia. In: Sutton, J. R., Houston, C. S., Jones, N. L. (eds.): Progress in Clinical and Biological Research Vol. 136. Hypoxia, Exercise and Altitude. Proceedings of the 3rd Banff International Hypoxia Symposium. Alan P. Liss Inc., New York 1983. S. 273-281.
15. Brotherhood, 1975. In: Clarke, Ch., Ward, M., Williams, E. (eds.): Mountain Medicine and Physiology. Proceedings of a symposium held by the Alpine Club at the National Mountaineering Centre Plas Y Brenin, Capel Curing, North Wales, 26th-28th February, 1975.
16. Burtscher, M., Jenny, E.: Häufigste trainingsbedingte Beschwerden und Verletzungen bei Sportkletterern. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin, 1987, č. 2, s. 15-21.
17. Cerretelli, P., 1980. In: Ward, M., Milledge, J. S., West, J. B.: Mountain Medicine and Physiology. Chapman and Hall, London 1989. S. 229.
18. Daněk, K.: Pěšky pro zdraví i pro radost. Olympia, Praha 1978.
19. Edwards, 1936. In: Ward, M., Milledge, J. S., West, J. B.: Mountain Medicine and Physiology. Chapman and Hall, London 1989. S. 230.
20. Edwards, 1975. In: Clarke, Ch., Ward, M., Williams, E. (eds.): Mountain Medicine and Physiology. Proceedings of a symposium held by the Alpine Club at the National Mountaineering Centre Plas Y Brenin, Capel Curing, North Wales, 26th-28th February, 1975.
21. Eigelsreiter a spol., 1968. In: Seliger, V., Vinařický, R., Trefný, Z.: Fyziologie tělesných cvičení. Avicenum, Praha 1980.
22. Ferretti, G., Hauser, H., DiPrampero, P. E.: Muscular exercise at high altitude. IV. Maximal muscular power before and after exposure to chronic hypoxia. Int. J. Sports Med., 11, 1990, Suppl., s. S31-S34.
23. Fetz, F., Nachbauer, W., Burtscher, M.: Allgemeines sportmotorisches Eigenschaftsprofil von Freikletterern. In: Leibesübungen - Leibeserziehung, 39, 1985, č. 6, s. 144-149. In: Fetz, F., Nachbauer, W., Burtscher, M.: Sportmotorisches Eigenschaftsprofil des Sporthkletterers. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin, 1987,

- č. 2, s. 4-9.
24. Fetz, F., Nachbauer, W., Burtscher, M.: Sportmotorisches Eigenschaftsprofil des Sportkletterers. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin, 1987, č. 2, s. 4-9.
25. Fillipi, 1912. In: Ward, M., Milledge, J. S., West, J. B.: Mountain Medicine and Physiology. Chapman and Hall, London 1989. S. 70
26. Green H.J., Sutton, J., Young, P., Cymerman.A., Houston, C.S.: Operation Everest II: muscle energetics during maximal exhaustive exercise. *J. Appl. Physiol.*, 66, 1989, č. 1, s. 142-150.
27. Greinwald, H.: Bergsport mit Kindern. In: Jahrbuch 1990. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin, Wien 1990. S. 54-62.
28. Haas, W., Reif, G.: Bergwandern, eine Ausdauersportart. Untersuchungen zur Leistung und Belastbarkeit älterer Bergwanderer. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin, 1985, č. 2, s. 9-13.
29. Henry, J.-P., Richalet, J. P., Rathat, C., Foray, J.: Aspects materiels et techniques de la médecine de haute altitude. *Science & Sports*, 3, 1988, s. 147-156.
30. Hochachka P. W., Dunn, J. F.: Metabolic arrest: the most effective means of protecting tissues against hypoxia. In: Sutton, J. R., Houston, C. S., Jones, N. L. (eds.): Progress in Clinical and Biological Research Vol. 136. Hypoxia, Exercise and Altitude. Proceedings of the 3rd Banff International Hypoxia Symposium. Alan P. Liss Inc., New York 1983. S. 297-309.
31. Hollmann W., Hettinger Th.: Sportmedizin. Arbeits- und Trainingsgrundlagen. Schattauer, Stuttgart-New York 1990.
32. Hoppeler, H., Kleinert, E., Schlegel, C., Claassen, H., Howald, H., Kayar, S. R., Cerretelli, P.: Muscular exercise at high altitude. II. Morphological adaptations of human skeletal muscle to chronic hypoxia. *Int. J. Sports Med.*, 11, 1990, Suppl., s. S3-S10.
33. Houston, C. S.: Trekking at high altitude. How safe is it for your patients. *Postgrad. Med.*, 88, 1990, č. 1, s. 56-71.
34. Howald, H., Pette, D., Simoneau, J.-A., Über, A., Hoppeler, H., Cerretelli, P.: Muscular exercise at high altitude. III. Effects of chronic hypoxia on muscle enzyme activities. *Int. J. Sports Med.*, 11, 1990, Suppl., s. S10-S14.
35. Jeschke, D., Winter, E.: Körperliche Belastung beim Klettern unterschiedlicher Schwierigkeitsgrade. Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin, 1985, č. 2, s. 22-26.
36. Jeschke, J., Novák, J.: Telemetrické sledování horolezeckého tréninku. *Teor. Praxe těl. Vých.*, 21, 1973, č. 10, s. 607-609.
37. Kreuzer, F., Turek, Z.: Auswirkungen einer Verschiebung der Sauerstoffdissoziationkurve in verschiedenen Höhenlagen. In: Deetjen, P., Humpeler, E. (eds.): Medizinische Aspekte der Höhe. Georg Thieme Verlag, Stuttgart - New York 1981. S. 15-23.
38. Máček, M., Vávra, J.: Fyziologie a patofyziologie tělesné zátěže. Praha, Avicenum 1988.
39. Mairbäurl, H., Schobersberger, W., Oelz, O., Bärtsch, P., Eckardt, U., Bauer, C.: Unchanged in vivo P_{50} at high altitude despite decreased erythrocyte age and elevated 2,3-diphosphoglycerate. *J. Appl. Physiol.*, 68, 1990, č. 3, s. 1186-1194.
40. Matějková, J., Skříčka, T.: Lékařsko-pedagogické sledování v horolezeckví. In: Telovýchovno-lekárské sledovanie. Metodický list SÚV ČSFTV. Vedecko-metodické oddelenie, Bratislava 1977.
41. Morris, J. N., Chavez, S. P. W., Adam, C. et al.: Vigorous exercise in leisure-time ant the incidence of coronary heart disease. *Lancet*, 1, 1973, s. 333. In: Widimský, J., Víšek V. a kol.: Preventivní kardiologie. Avicenum, Praha 1981. S. 192.
42. Munter, W., 1980. In: Schürch, P. M., Haas, G., Diers, P.-T.: Über die physische Beanspruchung beim Felisklettern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 37, 1986, č. 2, s. 50-54.
43. Oelz, O., Howald, H., DiPrampero, P. E., Hoppeler, H., Claassen, H., Jenni, R., Buhlman, A., Feretti, G., Bruckner, J.-C., Veicsteinas, A., Gussoni, M., Cerretelli, P.: Physiological profile of world-class high-altitude climbers. *J. Appl. Physiol.*, 60, 1986, č. 5, s. 1734-1742.
44. Pugh, L. G. C. E.: Blood volume and haemoglobin concentration at altitudes above 18 000 ft (5500 m). *J. Physiol.*, 170, 1964, s. 344-354.

45. Pugh, L. G. C. E., Gill, M. B., Lahiri, S., Milledge, J. S., Ward, M., West, J. B.: Muscular exercise at great altitude. *J. Appl. Physiol.*, 19, 1964, s. 431-440.
46. Raas, E.: Die Bedeutung von Training und Konditionszustand aus sportmedizinischer Sicht für den Bergsteiger. In: E. Jenny: *Bergsteigen und Gesundheit. Wissenschaftliche Alpenvereinshefte*, Heft 27. Deutscher und Österreichischer Alpenverein, Innsbruck 1981. S. 17-27.
47. Rathat, Ch., Richalet, J.-P., Herry, J.-P., Chardonnet, H.: Sante et altitude. *Recherche en Physiologie de l'Environment*, Sandoz, Fédération Francaise de la Montagne et de l'Escalade. La Marge, Annecy 1990.
48. Richalet, J.-P., Corizzi, F., Keromes, A., Dersch, B., Chardonnet, H.: Maximal O₂ as a determinant of performance in extreme altitude. *Proceedings of the 5th Banff Hypoxia Symposium*, Canada, 1987. S. 38.
49. Richalet, J.-P., Keromes, A., Dersch, B., Corizzi, F., Mehdioui, H., Pophillat, B., Chardonnet, H., Tassery, F., Herry, J.-P., Rathat, C., Chaduteau, C., Darnaud, B.: Caractéristiques des alpinistes de haute altitude. *Science & Sports*, 3, 1988, s. 89-90.
50. Richalet, J. P.: Physiological characteristics of extreme altitude climbers. International Symposium on Mountain Medicine "Safety in Alpinism", Davos 14-17.9.1988.
51. Rotman, I., Staněk, M., Veselý, P., Skříčka, T.: Risk factors of overuse injuries in sport climbers: what kind of relation is there between the sport climbers biotype and the occurrence of overuse syndromes of the upper extremities? International Congress of Mountain Medicine, Oviedo 1989.
52. Sack, P., Nowy, H.: Möglichkeiten der Telemetrie unter den Extrembedingungen des Kletterns. *Mat. Med. Nordmed.*, 30, 1978, s. 26-41.
53. Schoene, R. B.: Control of ventilation in climbers to extreme altitude. *J. Appl. Physiol.*, 53, 1982, s. 886-890.
54. Schoene, R. B., Lahiri, S., Hackett, P. H., Peters, R. M., Milledge, J. S., Pizzo, C. J., Sarnquist, F. H., Boyer, S. J., Gruber, D. J., Maret, K. H., West, J. B.: Relationship of hypoxic ventilatory response to exercise performance on Mount Everest. *J. Appl. Physiol.*, 56, 1984, s. 1478-1483.
55. Schoene, R. B.: Hypoxic ventilatory response and its importance for performance at high altitude. International Symposium on Mountain Medicine "Safety in Alpinism", Davos 14-17.9.1988.
56. Schürch, P. M., Haas, G., Diers, P.-T.: Über die physische Beanspruchung beim Felsklettern. *Deutsche Zeitschrift für Sportmedizin*, 37, 1986, č. 2, s. 50-54.
57. Sporov, 1948. In: Wolf, J.: *Výdej energie při horolezeckví*. Turistika - horolezeckví, 3, 1951, s. 58-59.
58. Sutton J. R., Pugh, L. G. C. E.: Climbing Everest without oxygen. *Seminars in Respiratory Medicine*, 5, 1983, č. 2, s. 213-215.
59. Turek, Z., Kreuzer, F., Hoofd, L. J. C.: Advantage or disadvantage of a decrease of blood oxygen affinity for tissue oxygen supply at hypoxia. A theoretical study comparing man and rat. *Pflugers Arch.*, 342, 1973, s. 185-197.
60. Valoušek Ch. In: V. Procházka a kol.: *Horolezeckví, Olympia*, Praha 1990.
61. Weidemann, H. E.: In: *Jahrbuch 1990. Österreichische Gesellschaft für Alpin- und Höhenmedizin*, Wien 1990. S. 32.
62. West, J. B., Boyer, S. J., Gruber, D. J., Hackett, P. H., Maret, K. H., Milledge, J. S., Peters, R. M., Jr., Pizzo, C. J., Samaja, M., Sarnquist, F. H., Schoene, R. B., Winslow, R. M.: Maximal exercise at extreme altitudes on Mount Everest. *J. Appl. Physiol.*, 55, 1983, s. 688-698.
63. West, J. B.: Lactate during exercise at extreme altitude. *Fed. Proc.*, 45, 1986, s. 2953-2957.
64. West, J. B.: Physiology at the summit of Mount Everest. *Ann. Sports Med.*, 4, 1988, č. 4, s. 224-231.
65. West, J. B.: Limiting factors for exercise at extreme altitudes. *Clinical Physiology*, 10, 1990, s. 265-272.
66. Winslow, R. M., Samaja, M., West, J. B.: Red cell function at extreme altitude on Mount Everest. *J. Appl. Physiol.*, 56, 1984, č. 1, s. 109-116.
67. Winslow, R. M., Monge, C. C., Brown, E. G., Klein, H. G., Sarnquist, F., Winslow, N. J., McKneally, S. S.: Effects of hemodilution on O₂ transport in high altitude polycythemia. *J. Appl. Physiol.*, 59, 1985, s. 1495-1502.
68. Zaťko J., Zahorec J.: Faktory pohybových schopností a telesného rozvoja determinujúce športový výkon v skalolezení. *Teor. Praxe těl. Vých.*, 31, 1983, č. 11, s. 695-699.
69. Zintl, F.: Zur körperlichen Beanspruchung bei verschiedenen Ausprägungsformen des Bergsteigens. *Praktische Sport-Traumatologie und Sportmedizin*, 1985, č. 2, s. 14-20.



