

OVlivNĚNÍ NĚKTERÝCH HEMATOLOGICKÝCH A BIOCHEMICKÝCH UKAZATELŮ NADMĚRNOU NÁMAHOU

A. ZAORÁLEK, J. KVĚTENSKÝ, V. KLUST, S. HLAUČO, M. DOSTÁLOVÁ

Laboratorní oddělení (vedoucí pplk. MUDr. A. Zaorálek),
vnitřní oddělení (vedoucí pplk. MUDr. J. Květenský),
sportovně lékařské oddělení (vedoucí pplk. MUDr. V. Klust),
psychiatrické oddělení (vedoucí pplk. MUDr. S. Hlaučo)
Vojenské nemocnice SNP v Ružomberku

Zkoumání odpovědi organismu na fyzickou námahu je v lékařském písemnictví předmětem četných prací. Popudem ke zpracování zmíněné tematiky je jednak snaha po správné interpretaci výsledků běžných vyšetření u osob, které se dostavily k lékařskému vyšetření po vykonání fyzické práce, jednak sledování významu trénovanosti a sportování. Význačné místo při tom zauímají zájmy preventivní a vojenskolékařské.

Z hematologických změn je ponámahová leukocytóza už dávno známa a potvrzena více autory (16, 32, 35, 36, 38, 54, 56). Udává se, že míra vzrůstu počtu leukocytů je přímo úměrná velikosti námahy (36). Je prokázána zvýšená pohyblivost neutrofilů a s ní související urychlený jejich výdej z kostní dřeně, což se odráží na zvýšení absolutního počtu segmentovaných i nesegmentovaných neutrofilů v kolující krvi (32). Lymfocytů a eozinofilů naproti tomu na periférii ubývá, podobně jako je tomu po zátěži jiného druhu. Popisovaný přesun je podle jedněch vyvolán hormonálními vlivy (32, 54), podle jiných produkty látkové výměny, vystupňované námahou (36). O morfologických změnách lymfocytů nebylo v literatuře, která nám byla k dispozici, nic bližšího.

Zesílená produkce energie v buňce při svalové práci je spjata se zvýšenou tvorbou nitrobuněčných enzymů a tím se zvýšením koncentračního gradientu mezi buňkou a mimobuněčnou tekutinou (39). Předpokládá se také vzrůst permeability buněčné membrány za fyzické námahy (21, 39, 42, 43, 48, 59). Oba vzpomenuté děje skýtají velmi výhodné podmínky pro výstup enzymové bílkoviny z buněk. Mohou se uplatnit ještě jiní činitelé, o nichž je známo, že zvyšují aktivitu nitrobuněčných enzymů v séru: změny permeability mitochondriální membrány (Bucher, citováno u 21), uvolnění katecholaminů do oběhu, pozorované při svalové práci (14, 29, 33), vliv lokálního nedostatku kyslíku na buněčnou permeabilitu (25) a větší přítomnost aktivátorů anebo úbytek inhibitorů (42, 43). Zvýšení sérové aktivity není u jednotlivých enzymů stejně výrazné. Nejednotné jsou údaje zejména o chování SGOT a SGPT. Nerdrum pozoroval zvýšení aktivity SGOT po mírné námaze pouze u lidí s koronární chorobou (43). Intenzivní a krátkodobá námaha zvýšila aktivitu SGOT u zdravých, táž práce rozložená na delší časový úsek její výši již neovlivnila (42). Halonen nezjistil po třího-

dinovém pochodu u vojáků žádné změny v aktivitě SGOT (21). Ostatní práce se shodují na zvýšení aktivity po sportovních výkonech, a to nejenom transamináz, nýbrž i laktikodehydrogenáz, malikodehydrogenázy, izocitrikodehydrogenázy a aldolázy (17, 21, 39, 42, 43, 45, 50, 59).

Iontové přesuny mezi nitrobuněčným prostorem a mimobuněčnou tekutinou jsou neoddelitelným jevem při koncentraci svalového vlákna. Zvýšení hladiny draslíku v séru a jeho zvýšený odpad močí po intenzivní práci byl pozorován hlavně u lidí netrénovaných (2, 15, 49, 52). Naproti tomu jiné práce popírají existenci ponámahové hyperkalémie (35). Změny koncentrace sodíku v séru se nepopisují, nebo se označují jako nevýznamné (15, 35, 58).

Už před započítím práce je často zvýšená glykémie (20). Je to podmíněně reflexní reakce na obvyklé podmínky pracovního zatížení, snadno narušitelná různými faktory. Po krátké trvajícím zatížení se pozoruje zvýšení glykémie, které bývá u trénovaných výraznější (35). Po déle trvajícím pracovním výkonu nastává pokles, a to zvláště u netrénovaných osob (35). Goldstein et al. (18) ukázali, že svalová práce snižuje krevní hladinu vstříknuté d-galaktózy, d-xylózy a l-arabinózy u eviscerovaných a nefrektomovaných krys. Holloszy a Narahara (27) konali pokusy in vitro na pracujícím izolovaném svalu žáby a zjistili pokles koncentrace 3-metyl-glukózy v médiu a naopak její vzestup intracelulárně. Intenzita uvedeného přesunu je přímo úměrná počtu kontrakcí za časovou jednotku. Z pokusů vyvodili, že svalová práce zvyšuje permeabilitu membrány myofibril pro vstup cukru do nitra buňky, podobně jako inzulín.

Koncentrace kyseliny mléčné v krvi vzrůstá hlavně po práci krátkodobé a intenzivní. Při stoupající a déle trávající zátěži se organismus metabolicky přizpůsobuje a lépe využívá aerobní fáze glykolýzy (12, 51, 46). Tendence k zvyšování krevní hladiny kyseliny mléčné po námaze je pokusně zjišťována u zvířat starších a netrénovaných (46).

Snížení obsahu cholesterolu a esterifikovaných mastných kyselin (EMK) v krvi po svalové práci je dokazováno jednak srovnáním souboru lidí s různým pohybovým režimem (40), jednak na pokusných zvířatech (34, 37). Koncentrace

cholesterolu v krvi u trénovaných je nižší než u netrénovaných již v klidu, po námaze ještě více poklesává (31). Komadel pozoroval pokles celkového cholesterolu v krvi po námaze, avšak nepotvrdil rozdíl mezi skupinou trénovaných a netrénovaných (35). Nižší cholesterolemie u tělesně pracujících jedinců jsou odůvodňovány zvýšenou cholesterolytickou činností séra a plic, větším vylučováním cholesterolu kůží, větší spotřebou cholesterolu žlázami s vnitřní sekrecí (nadledvinky) a zintenzivňováním oksyločivacích pochodů (31).

Tukům je připisována stále větší úloha v metabolismu svalového vlákna (17). Oxidace mastných kyselin je považována za prvořadý, ne-li jediný zdroj energie u člověka hladovějícího a současně vykonávajícího fyzickou práci (23). Až 40 % energie může být získáno oxidací neesterifikovaných mastných kyselin (NEMK) u trénovaného muže, u netrénovaného 25 % (29). Myokard je schopen až 70 % dodávky kyslíku spotřebovat na spálení tuků (6). Za fyzické práce se významně zvyšuje hladina glycerolu a NEMK v krvi (8, 9). Rodahl et al. (46) upozorňují na vztahy mezi glukózou a NEMK: Po dlouhodobé námaze u lačných poklesává glykémie a stoupá hladina NEMK při nezměněné koncentraci kyseliny mléčné v séru. Příjem jídla a jeho trávení zvyšuje glykémii a snižuje hladinu NEMK v krvi. Jde o kombinovaný hormonální účinek, který je různý podle intenzity a doby trvání práce. Jeho variace mohou vysvětlit diskrepance ve výsledcích různých pozorovatelů, sledujících účinek námahy na krevní hladiny glukózy a NEMK.

Proteinémie se námahou podstatně nemění. Delanne zjistil rozmnožení albuminů a pokles globulinů u lidí, zvláště frakce alfa. Komadel potvrdil jeho údaje pokusy u trénovaných zvířat. U netrénovaných zjistil pokles albuminů a vzestup všech globulinových frakcí séra (13, 35). Altland (1) udává vzestup dusíku urey v krvi po intenzivním běhu na otáčivém bubnu u krysu.

Cílem naší práce bylo stanovit vliv námahy spojené s absolvováním pochodu na vzdálenost 100 km na některé biochemické a hematologické ukazatele a přesvědčit se o platnosti dosavadních poznatků i v oblasti výkonů nadměrných.

Metodika

Extrémní typ práce představoval pochod na 100 km prakticky bez zastávky po mírně zvlněném terénu na trati Vysoké Tatry—Ružomberok. Účastníci byli mladí muži ve věku 19—35 let o průměrné váze 68,8 kg (54,5 kg—83,0 kg). Deset bylo aktivních sportovců, tři neměli soustavnou sportovní přípravu. Do cíle došlo 12 osob, jeden (bez soustavné sportovní přípravy) vzdal na padesátém kilometru. Průměrný pokles tělesné váhy činil 1,15 kg (minimálně 0,5 kg, maximálně 2,75 kg). Stupeň trénovanosti zjištěný step-testem byl u 9 dobrý, u 4 střední. Pochod byl odstartován za 3 hodiny po obědě (1400 kcal., 180 g uhlíků, 60 g bílkovin a 50 g tuků). Za pochodu každý zkonsumoval dávku potravin o kalorickém obsahu 5300 kcal. (82 g bílkovin, 172 g tuků a 770 g uhlíků) a vypil 3 litry tekutin ve formě čaje, ovocných šťáv, minerálky (Korytnica, obsah 0,5 l) a pitné vody. Celou zásobu potravin pochodu spotřebovali v průběhu první poloviny pochodu, takže asi 9 hodin před odběrem krve v cíli nepřijali žádné jídlo. Příjem tekutin však byl rovnoměrný. Za pochodu

Tabulka 1

Srovnání počtu krvinek a koncentrace hemoglobinu před pochodem a po pochodu

	Před pochodem		Po pochodu		p
	x	Sx	x	Sx	
hemoglobin (g/100 ml)	14,3	0,4	10,0	0,6	0,5
erythrocyty (mil./cmm)	4,8	0,223	4,7	0,210	0,25
leukocyty (tis./cmm)	6,6	1,49	12,5	2,04	0,001

vymočil každý v průměru 700 ml moči. Trať byla absolvována za 17½ až 19 hodin. Na občerstvení, vyšetřování zdravotního stavu doprovázejícím lékařem a na krytí před deštěm připadlo celkem 180 minut. Tělesná teplota za pochodu i za odpočinku u nikoho nepřestoupila 37 st. C. Počasí bylo charakteristické pro konec letního období: teplota ve dne okolo 24 st., v noci 5 st. C. Po odstartování bylo jasno, k večeru zastihl vyšetřované dešť a bouřka. Do cíle přišli za nehousté mlhy při teplotě vzduchu 15 st. C. Den před pochodem byla všem odebrána moč a krev k laboratornímu zpracování ráno nalačno v době přibližně stejné s dobou předpokládaného příchodu do cíle, aby se na nejnižší míru snížil vliv denního rytmu na laboratorní výsledky. Po odběru se všichni podrobili prohlídce na inter-

Tabulka 2

Srovnání procentuálního zastoupení jednotlivých druhů bílých krvinek

	Počet elementů na 100 bílých krvinek			
	před pochodem		po pochodu	
	x	rozpětí	x	rozpětí
neutrofilů segmentované	52,5	43—61	77,2	70,6—84,0
neutrofilů nesegment.	1,25	1—2	3,6	2,4—5,4
eozinofilů	1,0	1—2	0,05	0,0—0,2
bazofilů	0,25	0—1	0,1	0,0—0,2
monocyty	3,5	1—7	0,7	0,2—1,6
lymfocyty	41,5	37—51	18,3	11,6—26,2

Tabulka 3

Srovnání absolutního počtu jednotlivých druhů bílých krvinek v 1 cmm

Krevní elementy	Před pochodem		Po pochodu		p
	x	Sx	x	Sx	
neutrofilů segmentované	3 465	786	9 650	1 575	<0,001
neutrofilů nesegmentované	83	19	450	74	
eozinofilů (Doma-rus—Dunger)	104	15	16	2	<0,001
bazofilů	17		12		
monocyty	231		87		
lymfocyty	2 700	622	2 285	374	<0,1

ním, sportovně lékařském a psychiatrickém oddělení; závěry z nich jsou zpracovány samostatně. Po zhodnocení prohlídky nebyla jen jednomu doporučena účast pro komorovou extrasystolickou bigeminii, i když neměl žádné subjektivní obtíže. Ostatní byli shledáni zcela zdraví a schopni pochodu.

Bezprostředně po příchodu do cíle byla všem účastníkům pochodu znovu odebrána moč a krev ke stanovení ponámahových hodnot.

V laboratoři jsme sledovali počet červených a bílých krvinek, hemoglobin, diferenciální rozpočet leukocytů po přehlédnutí 500 jaderných buněk, eozinofily podle Domaruse—Dungera (60), moč kvalitativně na bílkovinu, cukr a Ehrlich pozitivní látky, močový sediment, krevní hladiny glukózy (Folin—Neuweiler, 3), kyseliny mléčné (4), kyseliny močové (Heilmeyer, 3), nebílkovinného dusíku (mikrometodou podle Kinga, 28) esterifikovaných mastných kyselin (53), celkového cholesterolu (27), sodíku, draslíku a vápníku (metodou na plamenném fotometru), anorganického fosforu (Urbach—Raabe), aktivitu sérových transamináz (51) a elektroforeogram. Statistická významnost změn hodnocena metodou Studentova t-testu (47).

Výsledky

Zatímco počet erytrocytů a koncentrace hemoglobinu zůstávaly nezměněné, signifikantní přesuny nastaly v bílém obraze. Jsou vyjádřeny v tabulce 1. Při hodnocení diferenciálního počtu zjištěno rozmnožení segmentovaných i nesegmentovaných neutrofilů a relativní pokles lymfocytů (tabulka 2 a 3). Z morfologických změn byl velmi nápadný nález Riederových forem lymfocytů po pochodu bez výjimky u všech pozorovaných. Před pochodem byl tento tvar pozorován zcela ojediněle u jednoho sledovaného.

Před pochodem měli všichni normální nález v moči a v močovém sedimentu. Po námaze byla dvěma zjištěna bílkovina, jeden z nich měl v sedimentu ojedinělé hyalinní válce, druhý erytrocyty (20 v zorném poli).

Výsledky biochemického vyšetření séra jsou shrnuty do tabulek 4 a 5.

Tabulka 4

Změny hodnot biochemických parametrů vlivem pochodu

Sledovaná látka	Měrná jedn.	Hladina v krvi				p	Norm. hodn.
		před pochodem		po pochodu			
			Sx	x	Sx		
sodík	mekv/1	134,	2,8	137,0	3,4	>0,5	121,0—143,0
draslík	mekv/1	4,3	0,3	4,2	0,3	>0,25	4,1— 5,6
vápník	mg/100 ml	10,7	0,43	10,8	0,5	>0,5	9,0— 11,5
fosfor anorg.	mg/100 ml	2,62	0,70	3,68	0,9	<0,01	2,0— 3,0
glukóza	mg/100 ml	90,8	13,5	83,0	10,8	>0,05	65,0—120,0
kys. mléčná	mg/100 ml	8,1	2,7	7,9	2,5	>0,5	5,0— 30,0
EMK	mekv/1	8,3	1,08	5,5	1,75	<0,001	7,0— 13,0
cholesterol	mg/100 ml	200,0	17,5	179,0	24,9	<0,02	160 —240
NPN	mg/100 ml	31,6	4,6	33,4	4,4	>0,5	20,0— 40,0
kys. močová	mg/100 ml	2,9	0,37	2,5	0,8	>0,5	2,5— 6,5
SGOT	Karm. jedn.	9,0	2,6	29,3	9,2	<0,001	do 24,3
SGPT	Karm. jedn.	12,8	9,0	27,6	6,3	<0,001	do 27,8

Tabulka 5

Vyjádření změn v koncentraci krevních bílkovin a jejich frakcí. Normální hodnoty uvedené v poslední rubrice jsou platné pouze pro naši laboratoř a byly stanoveny po zhodnocení vyšetření 50 dárců krve

	Před pochodem		Po pochodu		p	Norm. hodn.
	\bar{x}	Sx	\bar{x}	Sx		
Celkové proteiny v g/100 ml	7,3	0,52	7,1	0,24	>0,1	6,2—8,2
Albuminy (g/100 ml)	4,19	0,36	4,17	0,30	>0,5	4,0—5,0
Globuliny (g/100 ml)	3,15	0,31	3,07	0,30	>0,5	1,5—3,5
alfa ₁ (g/100 ml)	0,431	0,057	0,414	0,09	>0,05	0,3—0,4
alfa ₂ (g/100 ml)	0,600	0,100	0,542	0,09	>0,05	0,5—0,7
beta (g/100 ml)	0,880	0,110	0,680	0,09	<0,001	0,8—1,3
gama (g/100 ml)	1,260	0,180	1,340	0,26	>0,05	0,9—1,4

Diskuse

Je pochopitelné, že nemohl být sledován větší soubor, což se jistě mohlo odrazit na výsledcích statistického hodnocení. Také ve výběru druhů vyšetření jsme byli omezováni jednak obtížemi technického rázu, jednak tím, že jsme si nemohli dovolit odebrat vzorky krve našim vyšetřovaným v množství a v intervalech, jak bychom si byli přáli. Jistě by bylo zajímavé sledovat změny i jiných parametrů (katecholaminy, NEMK, glycerol, kyselina pyrohroznová, enzymy glycidového metabolismu aj.) také během pochodu a pak několikrát v době odpočinku. To je však programem další etapy naší práce.

Literární údaje o účinku námahy na organismus jsou v některých ukazatelích poněkud rozdílné, a to proto, že velmi záleží na věku, dietě, psychickém stavu i stupni trénovanosti pozorovaných, na prostředí, v jakém se práce konala, a na použité metodě. Největší význam však má intenzita a doba trvání zvoleného typu práce. Z výsledků našeho pozorování plyne, že jsme většinou mohli potvrdit platnost dosavadních poznatků o vlivu námahy a únavy na některé hematologické a biochemické parametry i pro oblast námahy nadměrné.

Změny v krevním obraze zjištěné po pochodu zapadají svým charakterem do tzv. druhé — neutrofilní fáze Jegorovova anebo Šabatova schématu [36], která se vyznačuje neutrofilii s posunem doleva, úbytkem eozinofilů, lymfocytů a někdy i monocytů. Pokles absolutního počtu lymfocytů u našich pozorovaných sice ještě nastal, avšak rozmnožení Riederových forem se zdá navštěvovat tomu, že se již začínají uplatňovat činitelé působící lymfopenii.

Aktivita sérových transamináz — SGOT zřetelněji než SGPT — po pochodu vzrostla u všech sledovaných. U některých byly naměřeny hodnoty, s jakými se setkáváme při náhlých koronárních příhodách. Nikdo z pochodujících však neměl subjektivní ani objektivní znaky této léze a také EKG křivka nevykazovala chorobný nález. Nebyla ani korelace mezi stupněm zvýšení aktivity a mezi stupněm udávaných bolestí svalstva.

Nepřítomnost změn v hladině sérového draslíku u našich sledovaných je zcela v souladu se závěry Srétera [51], který dokázal, že vytrvalostní práce většinou nevede k rozmnožení sérového draslíku. To nastává u starších jedinců, ale hlavně po práci intenzivní, neboť se při tomto druhu činnosti zkracuje interval mezi stimulací a restitucí svalového vlákna. Za této situace se jen částečně uplatní děje, které mají za úkol draslík, vypuzený za kontrakce, vrátit zpět do nitra myofibrilů.

Exergonické nitrobuňkové děje jsou spojeny s defosforylací látek bohatých na obsah energie a tím s rozmnožením nitrobuňkového obsahu

anorganických fosfátů. Je dokázán vliv fyzické námahy na vzrůst permeability buněčné membrány [48, 27]. Oba uvedené poznatky umožňují předpokládat zvýšení hladiny anorganického fosforu v séru po dobu námahy, popřípadě bezprostředně po ní. Fosfatémie u našich pozorovaných vykazovala signifikantní vzestup. V době odpočinku při převládání dějů endergonických naopak hladina fosfátů v krvi poklesává [41].

Při hodnocení elektroforeogramu jsme dospěli k výsledkům poněkud odlišným od literárních údajů; snížení globulinů nebylo statisticky významné, hlavně pro rozličnost chování frakce alfa a gama, zato u frakce beta jsme zaznamenali vysoce statisticky významný pokles, který dáváme do souvislosti se snížením obsahu lipoproteinů a který spolu se zjištěným poklesem EMK a cholesterolu znamená oslabení proudů lipidů směrem do tukových depot [44].

Glykémie stanovená po námaze je výslednicí působení řady činitelů ovlivněných svalovou prací a zapříčiňujících jak zvýšení hladiny krevního cukru (katecholaminy, glukokortikoidy — 11, 14, 22, 33, 46), tak její snížení (intenzivní intracelulární přesun — 18, 27). Také příjem potravy se uplatňuje velmi výrazně [46]. Naši pozorovaní sice požíli poměrně velké množství uhlovodanů, avšak 8 až 9 hodin před odběrem krve už nic nejedli. Typem činnosti i příjmem potravy se přiblížili souboru osob, které sledoval Rodahl a u kterých zjistil pokles glykémie při vzestupu koncentrace NEMK v krvi. U našich pochodujících nastává pokles glykémie, který je na hranici statistické významnosti. NEMK jsme z technických příčin neurčovali, avšak máme zprávy z jiného vojenského pracoviště (pplk. inž. Jašš) o velmi významném vzestupu krevní hladiny NEMK a glycerolu u 4 osob pochodujících na vzdálenost 100 km při dodržování podobného režimu jako naši sportovci.

Seznam literatury o 57 pramenech u autora

Souhrn

U 12 zdravých osob zhodnoceny změny některých biochemických a hematologických parametrů, které nastaly po pochodu na vzdálenost 100 km bez zastávky. Zjištěno významné zvýšení absolutního počtu neutrofilních granulocytů při poklesu absolutního počtu eozinofilů. Z morfologických změn upozorněno na rozmnožení počtu nesegmentovaných neutrofilů a Riederových forem lymfocytů. Významně se snižuje krevní hladina EMK, cholesterolu, frakce beta krevních bílkovin a je tendence k poklesu glykémie; zvyšuje se hladina anorganického fosforu a aktivita sérových transamináz. Nemění se hladina sodíku, draslíku, vápníku, NPN, kyseliny močové, celkových proteinů a kyseliny mléčné v séru.

V diskusi jsou rozebrány příčiny některých změn.