

613.6:629.135.4.007]:616.633[:547.963:547.565.27-034

VYLUČOVÁNÍ METABOLITŮ KATECHOLAMINŮ A MUKOPROTEINŮ MOČÍ U PILOTŮ VRTULNÍKŮ ZA LETU

MUDr. Vladimír DOLEŽAL, CSc.

Ústav leteckého zdravotnictví, Praha (náčelník: plk. MUDr. M. Haňka)

Zvýšený zájem o využití vrtulníkového letectva pro vojenské účely vyplývá zejména z jeho uplatnění v těžce přístupném terénu a ze schopnosti rychlého transportu vojska a bojové techniky v podmínkách manévrování. Vrtulník má četné výhody proti letounu. Startuje z místa, nepotřebuje nákladné rozjezdové a přistávací plochy, může „viset“ ve vzduchu. Nové typy vrtulníků mohou létat rychlostí přes 200 km/h, avšak nemohou nahradit letoun. Proto se vrtulník a letoun ve své funkci v armádě doplňují.

Řízení vrtulníků za letu má některé specifické zvláštnosti, lišící se od řízení letounu. Vrtulník nemá v žádné ose vlastní aerodynamickou stabilitu. Po vzletu musí pilot vrtulník neustále stabilizovat, takže nelze říci, že pilotáž vrtulníku je snazší než pilotáž letounu. Velký rozsah operačních letových rychlostí vrtulníku vyžaduje různé letové techniky. Kontrola při nulové rychlosti ve vzduchu a jeho ovládání jsou jiné než pilotáž při cestovních rychlostech. Proto musí pilot vykonávat četné složité a různorodé pohyby pákami řízení horními a dolními končetinami.

Kromě těchto vlivů, plynoucích ze specifiky pilotáže, se za letu uplatňují i emoční stressové vlivy, které společně s hlukem a vibracemi ovlivňují výkonnost pilota. Proto je zájem letectvokolékařských pracovišť oprávněně zaměřen na otázku ovlivnění výkonnosti pilota vrtulníku za letu (Hale et al. 1969, Littell et al. 1969, Buckley et al. 1969, Billings et al. 1973). Kondratijev (1960) zpracoval obsáhlou studii věnovanou výcviku v pilotáži vrtulníků. Zmiňuje se i o fyzikálních faktorech v kabině vrtulníků (hluk a vibrace), které pilota za letu nepříznivě ovlivňují. Údaje se týkají vrtulníků typu Mi-1 a Mi-4, tedy typů, na nichž byla prováděna

naše pozorování a na nichž podrobně měřil hladiny vnitřního hluku Šulc (1973).

V této práci jsme se pokusili o zjištění stupně zatížení pilotů vrtulníků stanovením metabolitů katecholaminů a mukoproteinů v moči při pravidelných cvičných letech.

Metoda

U skupiny 17 pilotů vrtulníků létajících při denním a nočním létání na typech Mi-1 a Mi-4 jsme odebírali moč v těchto intervalech: 8–12 hodin před letem, ihned po skončeném létání a pak za dalších 4–6 hodin. V moči jsme stanovili kyselinu vanilmandlovou (dále VMK) a kyselinu homovanilovou (dále HVK) dvourozměrnou papírovou chromatografií podle Armstronga (1957) a mukoproteiny kolorimetricky ve vlastní modifikaci (Doležal, Štverák 1968). Šlo o skupinu zkušených pilotů, kteří měli nalétáno na vrtulnících průměrně 1400 hod. (minimální počet nalétaných hodin byl 700). Každý pilot měl za směnu 3–4 lety, každý v trvání 30–45 minut. Šlo o cvičné lety za normálních povětrnostních podmínek: navigace, létání podle přístrojů s přistáním v terénu, zóny a lety ve skupině. Hluk ve vrtulnících typu Mi-1 a Mi-4 činil podle měření Šulce (1973) v průběhu cvičného letu Mi-1 — $L_A = 102–105$ dB měřeno pro celý rozsah letového režimu v pásmu kmitočtu 63 Hz a u Mi-4 — $L_A = 105–110$ dB při rozsahu kmitočtu v pásmu 125 Hz. Protihlukové přílby snižovaly hlučnost sice o 10–15 dB, avšak další přidatný zdroj hluku tvořila radiokomunikace. Vibrace u těchto typů vrtulníků se pohybovaly v rozmezích 3–50 cyklů/sek. podle Kondratijeva (1960).

Den před měřením a během letového dne

piloti nejedli jižní ovoce a nepili alkoholické nápoje. Výsledky naměřených biochemických parametrů jsme hodnotili statisticky t-testem.

Výsledky

Vzestup aktivity sympatoadrenálního systému u pilotů vrtulníků za letu se projevil ve zvýšeném vylučování metabolitů katecholaminů zejména při nočním létání (tab. 1). Graficky jsou tyto hodnoty znázorněny v grafu 1. Vylučování VMK bylo v první poletové porci moče při nočním létání vysoce významně zvýšeno ($p < 0,001$). V druhé porci moče odebrané 6 hodin po letu došlo k poklesu vylučování VMK ve srovnání s první poletovou hodnotou, avšak ta byla stále ještě významně vyšší než hodnota předletová ($p < 0,01$). Vylučování HVK bylo v první poletové porci moče rovněž významně zvýšeno ($p < 0,05$) ve srovnání s hodnotou předletovou. Při denním létání (tab. 1 a graf 1) došlo k bezvýznamným změnám ve vylučování VMK, avšak vylučování HVK bylo v první poletové porci moče vysoce významně zvýšeno ($p < 0,01$) proti hodnotě předletové.

Tab. 1

Noční létání

N = 17			$\bar{x}$, SD	Statistická významnost
před	1	VMK	78,23 $\pm$ 27,1	1:3 t = 4,52 p < 0,001
	2	HVK	156,11 $\pm$ 45,96	1:5 t = 2,89 p < 0,01
po 1	3	VMK	144,94 $\pm$ 52,04	2:4 t = 2,58 p < 0,05
	4	HVK	205,29 $\pm$ 60,24	2:6 t = 0,89 p < 0,05
po 2	5	VMK	95,7 $\pm$ 15,37	3:5 t = 3,52 p < 0,01
	6	HVK	141,23 $\pm$ 35,27	4:6 t = 2,25 p < 0,05

Denní létání

N = 9			$\bar{x}$, SD	Statistická významnost
před	1	VMK	88,33 $\pm$ 39,43	1:3 t = 1,99 p > 0,05
	2	HVK	141,33 $\pm$ 16,34	1:5 t = 1,78 p > 0,05
po 1	3	VMK	147,00 $\pm$ 65,46	2:4 t = 3,86 p > 0,01
	4	HVK	200,44 $\pm$ 49,25	2:6 t = 1,36 p > 0,05
po 2	5	VMK	136,77 $\pm$ 56,95	3:5 t = 0,47 p > 0,05
	6	HVK	178,00 $\pm$ 41,65	4:6 t = 2,25 p > 0,05

Významné změny jsme pozorovali ve vylučování mukoproteinů v obou poletových porcích moče při nočním létání (tab. 2 a graf 2). Vylučování mukoproteinů bylo v obou poletových porcích moče vysoce významně zvýšeno ($P < 0,01$) ve srovnání s hodnotou předletovou. V druhé poletové porci moče došlo sice k statisticky nevýznamnému poklesu ($p > 0,05$) vylučování ve srovnání s první poletovou hodnotou, ovšem zvýšené vylučování mukoproteinu přetrvávalo i v druhé poletové porci moče.

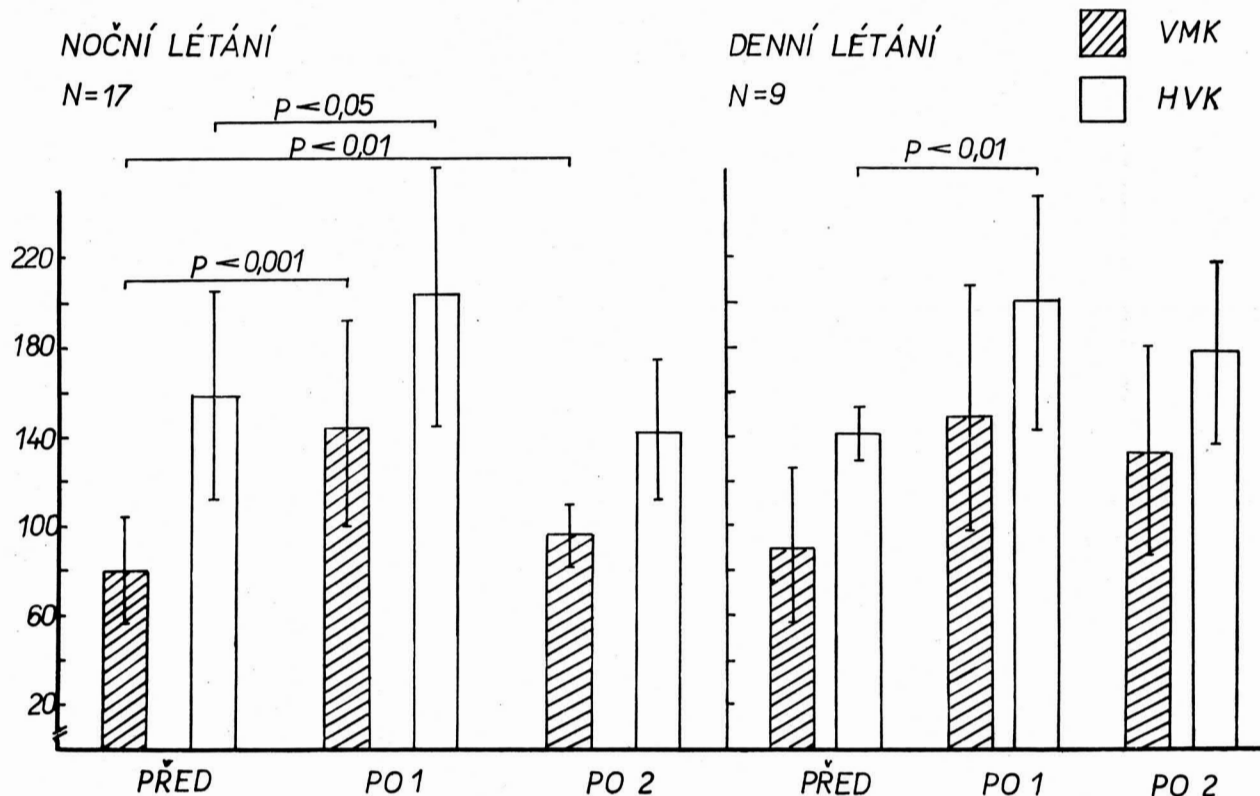
Diskuse

Při letu vrtulníkem se rozvíjí typická stressová reakce, kde se uplatňuje složka emocionální a fyzikální. V průběhu výcviku dochází postupně k rozvoji adaptační reakce, takže odpověď na obě tyto stressující složky, zejména emocionální, se postupně zekonomizují a u zkušených pilotů by tato reakce měla být v důsledku adaptace oslabená (Mikulaj 1973, Daniel et al. 1973). U vyšetřované skupiny zkušených pilotů vrtulníků však byla aktivace sympatoadrenálního systému při nočním létání značná, což svědčí o výrazné účasti emočně psychické složky stressu. Projevilo se to významným zvýšením vylučování metabolitů katecholaminů po nočním létání, ve dne byla tato aktivace sympatoadrenálního systému nepoměrně slabší. V tomto směru se vylučování VMK a HVK u zkušených pilotů vrtulníků liší od reakce zkušených pilotů nadzvukových letounů, u nichž jsme pozorovali výraznou anticipační reakci před letem (Doležal et al. 1971). Ta se projevila ve významně vyšším vylučování metabolitů katecholaminů v předletové porci moče ve srovnání s poletovými hodnotami. Nízká odezva sympatoadrenálního systému na opakující se stressový podnět při denním létání u zkušených pilotů vrtulníků se výrazně podílí na příznivější metabolické odezvě na stress.

Hluk ve vrtulníku se pravděpodobně na aktivaci sympatoadrenálního systému nepodílí tou měrou jako psychické stimuly. Tento předpoklad odpovídá nálezům Carlestama et al. (1973), který nenalezl velké rozdíly ve vylučování adrenalinu a noradrenalinu při expozici pokusných osob hluku o hodnotě 70 až 94 dB. Ani tři dvouhodinové po sobě následující expozice hluku o hodnotě 94 dB nevyvolaly významné zvýšení exkrece katecholaminů ve srovnání s kontrolním vyšetřením. Někteří autoři (Bugard 1955, Sakamoto 1959) našli po expozici pokusných osob hluku nikoli vzestup, ale dokonce potlačení neuroendokrinní aktivity. Vzestup vylučování korových nadledvinových hormonů byl nalezen jen u skupiny nemocných osob vystavených hluku (nemocní srdečními chorobami a schizofrenií), při žádné změně u skupiny kontrolních osob vystavených stejným experimentálním podmínkám (Arguelles et al. 1970). Významný vzestup vylučování adrenalinu a noradrenalinu u osádky vrtulníku,

Graf 1

Vylučování kyseliny vanilmandlové a homovanilové při nočním létání — v levé části grafu a denním létání — v pravé části grafu. Sloupce značí průměrné hodnoty, šrafované VMK, prázdné HVK. Vertikální úsečky označují směrodatné odchylky. V horní části grafu je vyznačena statistická významnost. Označení na ordinátě — Před značí hodnoty předletové, Po 1 — hodnoty poletové a Po 2 hodnoty stanovené v moči odebrané 4–6 hod. po prvním poletovém odběru. Hodnoty na abscise udávají mikrogramy VMK a HVK vyloučené za 1 hod.



Tab. 2

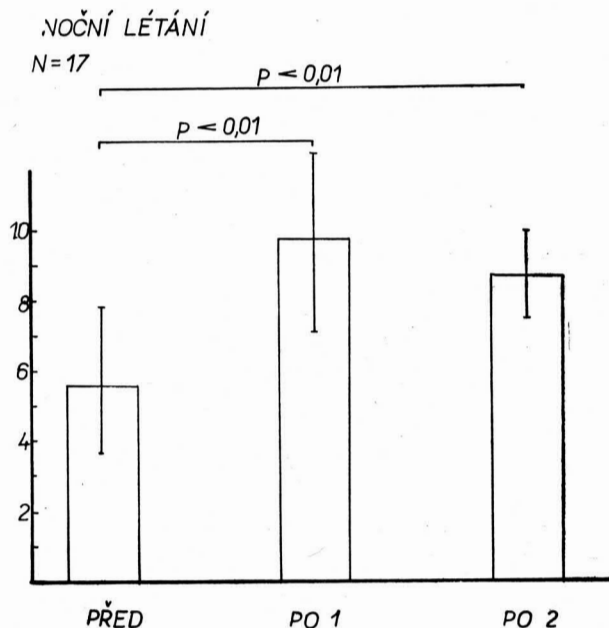
Mukoproteiny noční létání			
N = 17		$\bar{x}$ SD	statistická významnost
před	1.	5,7 ± 2,8	1:2 t = 3,63 p < 0,01
po 1	2.	9,76 ± 2,9	1:3 t = 4,12 p < 0,01
po 2	3.	8,29 ± 1,92	2:3 t = 2,02 p > 0,5

který našel Hale et al. (1969) při přeletu oceánu, byl také zřejmě způsoben emočními vlivy a nikoli stressujícími účinky plynoucími z prostředí kabiny vrtulníku. Lze tedy předpokládat, že hluk a vibrace jako stressující faktory nevyvolávají zvýšení aktivity sympato-adrenálního systému, ale ovlivňují výkonnost pilota na jiné úrovni. Kdyby hluk a vibrace působily na aktivaci sympatoadrenálního systému, muselo by se zvýšené vylučování VMK a HVK projevit jak při nočním, tak i při denním létání.

Vibrace a hluk ve vrtulnicích jsou noxy, které mechanicky negativně ovlivňují vegetativní systém a podle našich minulých měření

Graf 2

Vylučování mukoproteinů při nočním létání. Výška sloupců značí průměry, vertikální úsečky směrodatné odchylky. V horní části grafu je statistická významnost



(Doležal, Štverák 1968) se tyto mechanické vlivy, společně se svalovou únavou, projevují ve zvýšeném vylučování mukoproteinů.

Zůstává otevřená otázka, do jaké míry se na rozdílech aktivace sympatoadrenálního systému, námi pozorovaných, mezi denním a nočním létáním uplatňuje difference stupně vycvičenosti v noci, a popřípadě zda významným faktorem pro emocionální zátěž při nočních letech není faktor obavy z mimořádně složitého řešení případné havarijní situace v noci. Kromě těchto otázek se v další etapě výzkumu budeme věnovat i porovnání reakcí pilotů s malými letovými zkušenostmi.

Literatura

1. Arguelles, A. E., Martinez, M. A., Pucciarelli, E., Disisto, M. V.: Endocrine and metabolic effects of noise in normal, hypertensive and psychotic subjects. In: Welch and Welch (Eds.): Physiological effects of noise, New York-London, Plenum press, 1970, s. 43—56.
2. Armstrong, M. D., McMillan, A.: Identification of 3-methoxy-4-hydroxymandelic acid a urinary metabolite of epinephrine. *Biochim. Biophys. Acta*, 25, 1957, č. 3, s. 422—436.
3. Billings, C. E., Gerke, R. J., Chase, R. C., Eggspuehler, J. J.: Stress and strain in student helicopter pilots. *Aerospace Med.*, 44, 1973, č. 9, s. 1031—1035.
4. Billings, Ch. E., Gerke, R. J., Chase, R. C., Eggspuehler, J. J.: Studies of pilot performance validation of objective performance measures for rotatory-wing aircraft. *Aerospace Med.*, 44, 1973, č. 9, s. 1026—1030.
5. Buckley, C. J., Hartman, B. O.: Aeromedical aspects of the first nonstop transatlantic helicopter flight. *Aerospace Med.*, 40, 1969, č. 7, s. 710—713.
6. Bugard, P.: *Press méd.*, Paris, 1955, 63, s. 24—33.
7. Carlestam, G., Karlsson, G. G., Levi, L.: Stress and disease in response to exposure to noise. Reprint from: *Proc. Internat. Congr. Noise as a Public Health Problem*, Dubrovnik, Yugoslavia, May 13.—18., 1973.
8. Daniel, J., Mikulaj, L., Vražda, L.: Mental and endocrine factors in repeated stress in man. *Studia psychol.*, 15, 1973, č. 3, s. 273—281.
9. Doležal, V., Štverák, J.: Donagiová reakce. *Pracovní lék.*, 20, 1968, č. 4, s. 152—156.
10. Doležal, V., Luxa, J., Peřich, F.: Excretion of 3-methoxy-4-hydroxymandelic acid and 3-methoxy-4-hydroxyphenolacetic acid by pilots in relation to flying. *Physiol. bohemoslov.*, 20, 1971, č. 5, s. 499—507.
11. Hale, H. B., Williams, E. W., Buckley, C. J.: Aeromedical aspects of the first nonstop transatlantic helicopter flight. *Aerospace Med.*, 40, 1969, č. 7, s. 718—723.
12. Kondratiev, P.: *Vertolety i ich primenenije*. Izdat. Moskva, DOSAAF 1960, s. 159.
13. Littell, D. E., Joy, R. J. T.: Energy cost of piloting fixed- and rotary-wing aircraft. *J. Appl. Physiol.*, 25, 1969, č. 2, s. 282—285.
14. Mikulaj, L.: Endokrinné funkcie v priebehu adaptácie organizmu na stres. *Čs. fysiolog.*, 22, 1973, č. 5, s. 461—464.
15. Sakamoto, H.: Endocrine dysfunction in noisy environment. *Mie Med. J.*, 9, 1959, č. 1, s. 59—74.
16. Šulc, J.: Hluková zátěž osádek vrtulníků. *Voj. zdrav. listy*, 42, 1973, č. 2, s. 56—64.