

613.693

MĚNÍ SE POSTURÁLNÍ STABILITA LETOVOU PRAXÍ?

Pplk. MUDr. Miloš SÁZEL, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha
(ředitel: plk. doc. MUDr. J. Šulc, CSc.)

Úvod

K nejdůležitějším částem leteckolékařské praxe patří posudkové závěry významné pro bezpečnost letu i s ohledem na vysokou cenu výcviku letce. Proto se při vyšetřování zdravotního stavu uchazečů o létání a pilotů užívá řada metod zkoumajících fyziologické reakce člověka.

Zatím se pro sledování zdravotního stavu letců nevyžívalo vyšetřování charakteristik vzpřímeného postoje, a to ani ve vojenském letectvu (Nielsen, 1991), přestože se v jiné klinické praxi již zabývalo (Mirka, Black, 1990; Nasher, Peters, 1990; Vyšata, Přerovský, Vršecká, 1993).

Pro posturografická měření je často užívána stabilometrická metoda sledující výchylky průmětu těžiště těla do vodorovné roviny, kde se obvykle sledují amplitudy stabilogramu v laterální a sagitální (předozaďní) ose, parametry sledující rychlost změn, celková délka a plocha statokineziogramu (Martiník, 1987).

Dřívější výsledky naznačily možné specifické rysy postojové stability pilota (Sázel, 1993a, 1994). Ve srovnání s hodnotami běžné populace (Hlavačka aj., 1990) měli vyšetřovaní pilotní posluchači lepší posturální stabilitu na vrstvě 10centimetrového molitanu v sagitální rovině výkyvů těla. K upřesnění nálezů jsme se pokusili zopakovat měření na větším souboru pilotů s vlastním kontrolním souborem (Sázel, 1995).

Metody

Všechny vyšetřované osoby (187) byly před měřením kompletně vyšetřeny na odborných odděleních a byly schopny práce v dané činnosti. Pro hodnocení byly rozčleněny do skupin:

- 36 pilotů jednomístných proudových bojových letounů (stáří 37 ± 4 roky, 1014 ± 472 letových hodin);
- 79 pilotních posluchačů létajících na cvičných proudových letounech (21 ± 1 rok, 26 ± 2 let. hodin);

- 27 pilotních posluchačů létajících na vrtulnících (22 ± 1 rok, 27 ± 2 letových hodin);
- 45 kontrolních osob - posuzovaných pro potápění (27 ± 8 roků).

Posturální stabilita vyšetřovaných osob stojících na 10 cm silné vrstvě molitanu se zakrytými očima byla měřena na stabilometrické plošině po dobu 50 sekund (Hlavačka, Mihalík, 1986).

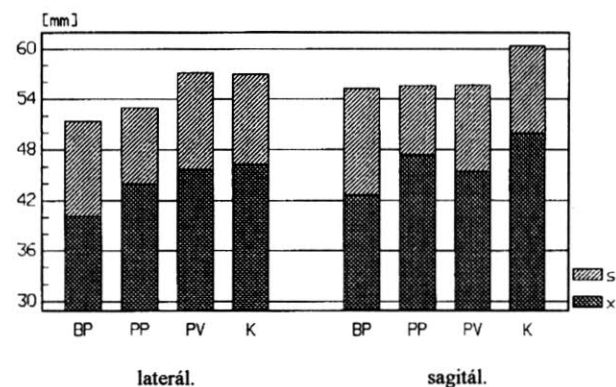
Snímaná stabilometrická data byla po digitalizaci zpracována počítačem PMD-85 (Kundrát, Hlavačka, 1989), včetně analýzy spektrální výkonové hustoty signálů rychlou Fourierovou transformací.

Výsledky byly statisticky zpracovány na PC AT (program CSS Statsoft) pomocí quick ANOVA a Kruskal-Wallis ANOVA (výsledek vzat v úvahu podle typu rozložení - dle šikmosti a špičatosti), případně poté proběhlo další následné srovnávání mezi soubory (testy - LSD, Mann-Whitney, Kolmogorov-Smirnov).

Výsledky

Mezi skupinami vyšetřovaných osob byly statisticky významné odlišnosti stabilogramu v parametrech amplitudy ($p < 0,05$) (graf 1). Nejmenší výchylky měli piloti bojových letounů, a to jak v laterální ose (proti kontrolnímu souboru $p < 0,01$, k ostatním souborům $p < 0,05$), tak téměř shodně v sagitální ose. Z obou parametrů amplitudy vycházející střední kvadratická od-

chylna statokinezigramu potvrdila odlišnosti ($p < 0,05$). Významné byly rozdíly mezi kontrolami a bojovými proudovými piloty ($p < 0,01$) a mezi bojovými proudovými piloty a studujícími na ně ($p < 0,05$).



Graf 1 Amplituda stabilogramu laterálně a sagitálně
BP - piloti bojových proudových letounů, PP - posluchači na proudové letouny, PV - posluchači na vrtulníky, K - kontroly, x - aritmetický průměr, s - směrodatná odchylka kladného směru

Mezi zkoumanými soubory osob nebyly nalezeny statisticky významné odlišnosti v indexu rychlosti stabilogramu v obou osách. V celkové délce a v celkové ploše statokinezigramu nebyly rovněž významné rozdíly. Některé hodnoty ze statistických šetření jsou číselně rozvedeny v tabulce.

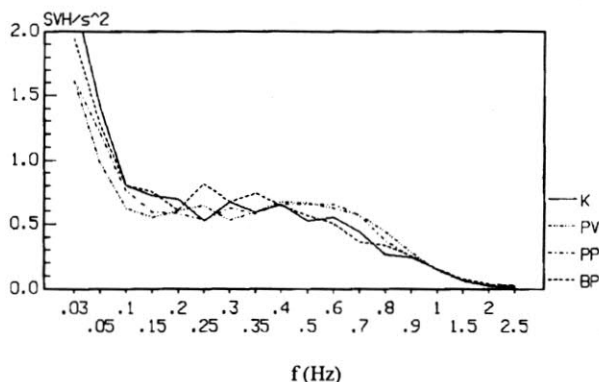
Tabulka 1

Část statistického šetření stabilometrických hodnot

Posturografická veličina		Piloti bojových proud. letounů	Posluchači na proud. letouny	Posluchači na vrtulníky	Kontroly (potápeč)	q.ANOVA:F KruWall:H	Pravděpodob. zamítnutí Ho
amplituda stabilogramu laterálně (mm)	n	36	79	27	43	2,56	0,056
	x	40,1	44,0	45,7	46,2		*
	s	11,17	9,01	11,33	10,66	9,19	0,026
amplituda stabilogramu sagitálně (mm)	n	36	79	27	43	3,67	0,013
	x	42,7	47,4	45,4	49,9		*
	s	12,36	8,20	10,09	10,37	9,08	0,028
střední kvadratická odchylka stabilogramů (mm)	n	36	79	27	43	2,56	0,055
	x	14,9	16,2	16,1	17,0		*
	s	3,63	3,00	3,64	3,54	8,49	0,036
index rychlosti stabilogramu laterálně ($\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)	n	36	79	27	43	0,83	0,484
	x	32,0	35,2	35,7	34,4		
	s	12,35	10,14	13,38	9,87	4,40	0,220
index rychlosti stabilogramu sagitálně ($\text{mm} \cdot \text{s}^{-1}$)	n	36	79	27	43	0,67	0,576
	x	34,7	37,3	38,3	37,7		
	s	13,16	10,24	11,85	10,90	3,19	0,364
délka křivky statokinezigramu (mm)	n	36	79	27	42	1,13	0,337
	x	2707,1	2951,5	3081,5	2913,7		
	s	978,37	745,19	949,02	770,82	4,74	0,191
celková plocha statokinezigramu (mm^2)	n	36	79	27	43	1,47	0,223
	x	11795,8	13796,7	14556,7	14239,8		
	s	6764,45	5033,6	6946,38	6326,20	6,13	0,104

n - počet probandů, x - aritmetický průměr, s - směrodatná odchylka

Podrobná analýza spektrální výkonové hustoty signálů (SVH) prokázala v obou osách při 0,25 Hz vyšší hodnotu u pilotů proudových letounů než u ostatních skupin. Hodnota SVH laterálního kývání byla při 0,7 Hz a 0,8 Hz vyšší u posluchačů (graf 2). Statistická významnost všech rozdílů nebyla vysoká ($p < 0,05$).



Graf 2 Analýza spektrální výkonové hustoty laterálního vychýlování (aritm. průměr)

BP - piloti bojových proudových letounů, PP - posluchači na proudových letounech, PV - posluchači na vrtulnících, K - kontroly, SVH/s² - "normalizovaná" hodnota (dělena rozptylem)

Diskuse

Výsledky podporují hypotézu, že letecká kariéra má určitý vliv na posturální stabilitu. Vše naznačuje, že postupně se intenzivním létáním zlepšuje postojová stabilita. O tom svědčí nejlepší stabilita postoje u pilotů bojových proudových letounů a nejmenší u kontrolní skupiny, zatímco hodnoty u pilotních posluchačů se pohybují mezi nimi. Bojovní piloti vykazovali menší amplitudy výchylek při stejných indexech rychlosti jako u ostatních skupin, což lze považovat za menší narušení stability při vynaložení stejného svalového úsilí.

Předpokládáme, že na tomto jevu se podílí především zvyšující se vliv vestibulární aferentace na prostorovou orientaci letce nejen při létání, ale i obecně, tedy i v postoji na stabilometru. Tento předpoklad podporuje nález nejvyšší hodnoty SVH při 0,25 Hz u pilotů bojových proudových letounů, neboť odpovídá dopadům vestibulární stimulace objeveným za letu (Sázel, 1993bc). Bylo sice zjištěno, že největší vliv na řízení letounu má vestibulární stimulace o frekvenci 0,2 Hz, ale tato stimulace byla prováděna jen v krocích po 0,1 Hz. Je tedy možné, že význam frekvence 0,25 Hz nemohl být těmito experimenty přesně odhalen. Maximální rezonance vestibulární stimulace zjišťovaná na stabilometru je uváděna při frekvenci 0,2 Hz (Kapteyn, Wit, 1972; Coats, 1973; Benson, Jobson, 1973) či 0,3 Hz (Bizzo, Baron, 1972; Křížková, Hlavačka, Mihařík, 1986), přičemž také nebyly užívány menší změny stimulu než v krocích po 0,1 Hz.

Přesun spektrální výkonové hustoty do vyšších frekvenčních pásem (0,7-0,8 Hz) u mladých pilotních posluchačů lze přičíst jejich věku. Stárnutím se obecně

zvyšuje postojová nestabilita, zejména při vyloučení zraku, kdy na významu nabývají vestibulospinální reflexy (Norre, Forrez, Beckers, 1987; Manchester aj., 1989). U starších osob se prodlužuje latence nástupu korekčních svalových stahů svalů dolních končetin, což by u nich odpovídalo přesunu SVH pohybů do nižších pásem.

Jiným pohledem je názor, že řízení postoje může odrážet schopnost člověka úspěšně se vypořádat se stresem prostorové dezorientace (Kohen-Raz aj., 1994). Proto se hledá možnost posturografickým vyšetřením nalézt dispoziční faktory prostorové orientace u žadatelů do leteckého výcviku. Tak by mohlo měření stability postoje predikovat parametr výkonu pro let. Zatím byly rovněž zjištěny nálezy lepší posturální stability u bojových pilotů oproti žadatelům, přičemž není jasná příčina tohoto jevu a probíhají další studie.

K objasnění principu spojitosti intenzivní letové praxe pilota s jeho posturální stabilitou je nezbytný další dlouhodobý výzkum. Ten by měl odhalit spojitosti s věkem osob, s letovým tréninkem nebo se selekcí kandidátů na piloty. Optimální by byla prospektivní studie s pozorováním stejných subjektů během jejich celé letové kariéry.

Závěry

Aktivní létání zlepšuje posturální stabilitu. Zvýšený podíl vestibulární aferentace v prostorové orientaci letců může být podstatou tohoto jevu.

Nelze vyloučit vliv individuálních dispozic k lepší posturální stabilitě a tím i k prostorové orientaci za letu.

Měření posturální stability se může stát významnou vyšetřovací metodou pro posuzování letců. Hodnocení nálezů si však vyžaduje ještě další detailnější prozkoumání.

Souhrn

Na stabilometru byla měřena stabilita stoje na 10centimetrovém molitanu během 50 sekund. Byli vyšetřeni bojovní proudoví piloti (36), pilotní posluchači na proudových (79) a vrtulníkové letouny (27) a kontrolní soubor (45). Významné rozdíly byly v obou osách vychýlování - nejmenší amplitudy vychýlení u bojových pilotů a největší u kontrolní skupiny ($p < 0,01$). Významně vyšší hodnota spektrální výkonové hustoty byla u bojových pilotů při 0,25 Hz. Předpokládá se, že s nárůstem letové praxe se zlepšuje posturální stabilita zejména vlivem vestibulární aferentace.

Literatura

1. BENSON, A. J. - JOBSON, P. H.: Body sway induced by a low frequency alternating current. *Equilibrium Res.*, 3, 1973, č. 1, s. 55-61.

2. BIZZO, G. - BARON, J. B.: Aspect cybernétique des déplacements du centre de gravité du corps induits par des stimulations labyrinthiques électriques rectangulaires ou sinusoidales. *Agressologie*, 13B, 1972, s. 41-50.
3. COATS, A. C.: Galvanic body sway in normals and patients with VIIIth nerve lesions. *Adv. Oto-Rhino-Laryng.*, 19, 1973, s. 318-334.
4. HLAVAČKA, F. aj.: Fyziologické rozsahy hodnot parametrov stabilometrického vyšetrenia vzpriameného postoja vyhodnocovaného počítačom. *Čs. Neurol. Neurochir.*, 53/56, 1990, č. 2, s. 107-113.
5. HLAVAČKA, F. - MIHALIK, V.: Stabilografické zariadenie pre hodnotenie vzpriameného postoja človeka. *Lék. Techn.*, 17, 1986, č. 3, s. 45-48.
6. KAPTEYN, T. S. - WIT, G. de: Posturography as an auxiliary in vestibular investigation. *Acta otolaryng.*, 73, 1972, č. 2/3, s. 104-111.
7. KOHEN-RAZ, R. aj.: Postural control in pilots and candidates for flight training. *Aviat. Space environ. Med.*, 65, 1994, č. 4, s. 323-326.
8. KRIŽKOVÁ, M. - HLAVAČKA, F. - MIHALIK, V.: Závislosť posturálnych odpovedí evokovaných galvanickou stimuláciou labyrintov od amplitudy a frekvencie stimulačného prúdu. *Bratisl. lek. Listy*, 86, 1986, č. 2, s. 193-201.
9. KUNDRÁT, J. - HLAVAČKA, F.: Program pre hodnotenie stabilografických záznamů mikropočítačom. *Čs. Fysiol.*, 38, 1989, č. 2, s. 123-129.
10. MANCHESTER, D. aj.: Visual, vestibular and somatosensory contributions to balance control in the older adults. *J. Gerontol.*, 44, 1989, č. 4, s. M118-127.
11. MARTINÍK, K.: Speciální vyšetřovací metody v hygieně práce. Učební texty. Sv. 234. Hradec Králové, VLVDU JEP 1987, s. 96-104.
12. MIRKA, A. - BLACK, F. O.: Clinical application of dynamic posturography for evaluating sensory integration and vestibular dysfunction. *Neurol. Clin.*, 8, 1990, č. 2, s. 351-359.
13. NASHER, L. M. - PETERS, J. F.: Dynamic posturography in the diagnosis and management of dizziness and balance disorders. *Neurol. Clin.*, 8, 1990, č. 2, s. 331-349.
14. NIELSEN, J. N.: A comparison of the routine medical examination of pilots in 12 Air Forces. *Aviat. Space environ. Med.*, 62, 1991, č. 11, s. 1090-1095.
15. NORRE, M. E. - FORREZ, G. - BECKERS, A.: Posturography measuring instability in vestibular dysfunction in the elderly. *Age Ageing*, 16, 1987, č. 2, s. 89-93.
16. SÁZEL, M.: Parameters of stabilometry with galvanic vestibular stimulation in pilots (Abstract). *Physiol. Res.*, 1993a; 42: 12 P.
17. SÁZEL, M.: Galvanic vestibular stimulation of a pilot in a flight simulator. In: H Krejčová, J Jefábek, eds. *Proceedings of XVIIth Bárány Society Meeting, Castle Dobříš Czechoslovakia 1992; Conexim Prague 1993b*. s. 120-121.
18. SÁZEL, M.: Prostorová dezorientace za letu na simulátoru při galvanické vestibulární stimulaci pilota. *Voj. zdrav. Listy*, 62, 1993c, č. 6, s. 207-212.
19. SÁZEL, M.: Vestibulární stimulace při stabilometrii a při letu na simulátoru. *Voj. zdrav. Listy*, 63, 1994, č. 3/4, s. 57-62.
20. SÁZEL, M.: Is postural stability changed by aviation practice? In: *Multisensory control of posture and movement*. Eds. T. Mergner, F. Hlaváček. Plenum Press, New York 1995, s. 347-349.
21. VYŠATA, O. - PREROVSKÝ, K. - VRŠECKÁ, M.: Počítačová posturografie v klinické praxi. *Prakt. Lék.*, 73, 1993, č. 5, s. 190-192.

Klíčová slova: Stabilometrie; Posturografie; Vestibulární; Letecké lékařství.

Do redakce došlo 13. 10. 1994