

ERGOFTALMOLOGICKÁ PROBLEMATIKA LÉTÁNÍ NA LETOUNECH ČTVRTÉ GENERACE*)

Plk. doc. MUDr. Jiří ŠULC, CSc., pplk. MUDr. Dušan BARTOŠ

Ústav leteckého zdravotnictví, Praha

(náčelník: plk. doc. MUDr. Jiří Šulc, CSc.)

Nová generace moderních vojenských letadel, která již v devadesátých letech bude tvořit jednu z hlavních součástí výzbroje soudobých armád, člověku nijak neusnadňuje situaci při jejím ovládání. Mimořádné manévrovací schopnosti těchto letounů vytvářejí pro osádku extrémní pracovní podmínky mj. také v tom, že závažným způsobem komplikují prostorovou orientaci a zvyšují tzv. informační zátěž pilota. Klasické ručkové přístroje jsou postupně nahrazovány víceúčelovými displeji. Avšak ani nejrafinovanější technické vymoženosti ve výzbroji těchto letounů nemohou např. ve vzdušném boji nebo při manévrování v přízemních výškách nahradit aktivní práci letce, která je podstatně závislá na jeho dokonalém zraku.

Vybavení pracovního místa pilota elektronickými zobrazovacími jednotkami a nároky na zrakové funkce vyplývající z požadavků taktiky letu staví před leteckou oftalmologií řadu nových otázek, na které tento obor dnes ještě nedokáže ve všech případech dát uspokojivou odpověď. Předpisy požadují pro výkonné letce vysoký standard zrakových funkcí, jejichž zjišťování je v podstatě shodné s běžným klinickým vyšetřením. Užitečnost tohoto postupu byla ověřena jak experimentálně, tak leteckou praxí. Současně ale nelze přehlížet zkušenosti řady autorů (5, 7, 8, 9, 11), kteří soudí, že spolehlivost práce pilota ve vzduchu závisí na podstatně komplexnějších zrakových funkcích, než na těch, které charakterizují jenom obecné vlastnosti zrakového smyslu.

Mezi relativně dobře prozkoumané funkce, korelující s kvalitou profesionálně významných leteckých dovedností, patří **percepce optokinetických podnětů**. Schopnost ostře vidět rychle ubíhající detaily terénu je důležitá pro dokonalou orientaci pilota při letu v přízemní výšce vysokou rychlostí; přímo též souvisí s přesností létání podle přístrojů, v noci a ve skupině (11). Statická zraková ostrost při tom nekoreluje s kvalitou pohybové zrakové ostrosti a tuto funkci je nutno zjišťovat samostatně. Prozatím nedošlo ke sjednocení metodického postupu vyšetření. V Polsku např. dynamickou zrakovou ostrost měří na dynamoskopometru, což je přístroj, který na projekční plochu promítá Landoltovy prstence různé velikosti s různou úhlovou rychlostí (4, 7). Naproti tomu oftalmologové ze Střediska letecké medicíny na

Brooksově základně v Texasu vypracovali postup, který se opírá o hodnocení přenosových funkcí okohybného a okulovestibulárního systému (15).

Rovněž schopnost pilota **zpozorovat na co největší vzdálenost jiný letoun ve vzduchu** nekoreluje se žádnou ze standardně zjišťovaných zrakových funkcí. Souvisí však s reakční dobou na nadprahový světelný podnět, jak to na základě důmyslných laboratorních i letových experimentů doložili Morris aj. (9) a Monaco s Hamiltonem (8). V daném případě se evidentně nejedná o izolovanou zrakovou schopnost, protože byla potvrzena její těsná vazba na některé osobnostní rysy, především na agresivitu. Konstituční základ bude zřejmě mít i Krukem s Reganem (5) ověřovaná predispozice pilota pro přesné zaměřování při bombardování a střelbě raketami, pro jejíž testování se rovněž podařilo zkonstruovat specifickou zkoušku (tzv. diskriminaci rychlosti radiálně expandujících struktur).

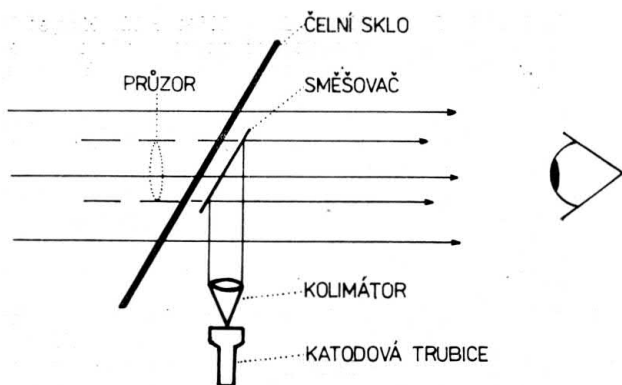
Zmíněné testy, predikující specifické dovednosti, se v současné době teprve validizují a tvoří fakultativní doplněk oftalmologického vyšetření u vybraných skupin výkonných letců. Jejich nepochybnou předností je, že mají vztah k přesně definovaným pracovním činnostem. Závažným nedostatkem však je jejich interpretační nejednoznačnost, vyplývající z nedokonalého poznání psychofyziologických mechanismů spojujících modelovanou a reálnou činnost.

V tomto ohledu jsou přece jenom **příčiny obtíží, které vznikají při používání palubních elektronických systémů pro zobrazování letových a dalších údajů**, z fyziologického hlediska prozkoumány lépe.

Přes dílčí odlišnosti v konstrukci pracují tyto systémy v zásadě tak, že přes kolimátor se promítají na tzv. čelní sklo před pilota číselné a grafické symboly, které až dosud letec byl zvyklý odečítat z „klasických“ přístrojů na palubní desce (obr. 1). Sklo je průhledné a projikovaný obraz je zaostřen na nekonečno. Toto uspořádání, jak ukázala praxe, může být zdrojem astenopických obtíží. Někteří piloti, zejména starší, vnímají promítaný obraz jakoby „za nekonečnem“, což je nejen zdrojem subjektivního diskomfortu, ale narušuje se i přesnost odhadu vzdáleností.

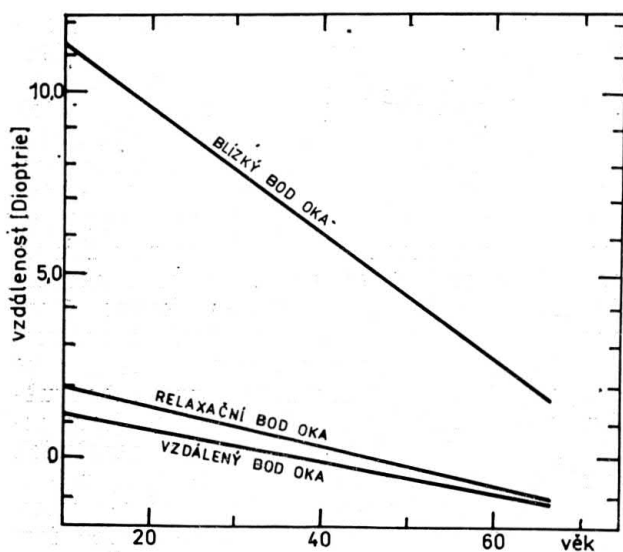
Fyziologické výzkumy z první poloviny 80. let ukázaly, že pozorování obrazu promítnutého elektronickým a optickým řetězcem do nekonečna podněcuje akomodační aparát oka k za-

*) Předneseno na 50. výročním oftalmologickém sjezdu Čs. lékařské společnosti J. E. Purkyně v Plzni, 17.–19. června 1987.



Obr. 1. Schéma zobrazení letových údajů na čelním skle

ujetí intermediární klidové polohy. Do této pozice se staví čočka v důsledku tonické kontrakce m. ciliaris také v mracích, ve tmě a v prázdném zorném poli. Dochází tu tedy ke stejné situaci jako u výškové myopie, kterou dokonale popsal již před 30 lety Whiteside (14). Běžný předpoklad, že relaxované oko se dívá do dálky a je akomodováno na nekonečno, platí jen tam, kde zorné pole je hloubkově strukturováno. Kde tento gradient textury chybí, jako právě při zmíněné projekci, optický aparát oka se místo akomodace na nekonečno zaostří do místa ležícího v jisté vzdálenosti před vzdáleným bodem. V anglosaské literatuře se tento bod označuje jako „dark focus“. V roce 1985 jsme pro jeho české pojmenování navrhli termín „relaxační bod“ (13). Roscoe (10) a zejména Simonelli (12) důkladně studovali vztah relaxačního bodu k věku a ametropickým vadám. Pro leteckou oftalmologii je podstatné jejich zjištění, že s věkem se postupně vzdaluje nejen p. proximum, ale i p. remotum a relaxační bod (obr. 2). Čím je relaxační bod dále, tím větší je tendence zaostřovat v prázdném poli za pozorovaný objekt (10). Pro dosažení optimální či-



Obr. 2. Zjednodušené schéma závislosti relaxačního bodu, vzdáleného bodu a blízkého bodu oka na věku

telnosti příslušných údajů na palubním displeji je tedy žádoucí imaginární obraz promítat nikoli na nekonečno, ale do roviny relaxačního bodu oka. Konstrukční řešení přístroje by současně mělo respektovat dynamickou povahu této veličiny a umožnit nastavení projekční roviny podle individuální hodnoty relaxačního bodu očí každého pilota, který lze stanovit pomocí polarizačního optometru (13).

V soudobém letectví neobyčejně stoupl význam barevné indikace a signalizace. Letec musí barevné symboly spolehlivě poznávat v širokém rozsahu rychlých změn osvětlení, nablízko i na značné vzdálenosti, v různé konstelaci barevných signálů apod. Také v této oblasti standardní vyšetřovací postupy, jak se ukazuje, neposkytují náležitou informaci o kvalitě barvocitu letce vzhledem ke specifickým požadavkům jeho profese. Proto se vyvíjejí podstatně citlivější metody, zjišťující kvalitu barevného vidění v jednotlivých úsecích spektra, jak to v posledních letech dokumentují např. práce francouzských badatelů pod vedením profesora Perdiela.

Neobyčejně významné z hlediska letecké ergo oftalmologie je též **studium zrakových funkcí v extrémních podmínkách osvětlení**, tedy jak při oslnění, tak ve tmě. V uplynulém desetiletí jsme svědky slibných snah o potencování funkčních schopností zraku při oslnění buď výcvikem na trenažéru (1, 3), nebo farmaky (2). Kvalitní vidění ve tmě umožňují různé aparatury pracující na principu fotonásobiče dopadajícího světla. Mění skotopické podmínky vidění na komfortní podmínky mezopické. Současně se zjistilo, že zesílení světla je natolik účinné, že dokáže eliminovat nepříznivý vliv mírné hypoxie na zrakovou ostrost (6).

Souhrn

Podmínky létání na letounech 4. generace spolu s jejich vybavením přístrojovými komplety nového typu kladou na zrak pilota značné a v řadě ohledů i zcela nezvyklé nároky. K jejich zjištění většinou nestačí běžný klinický postup a musí být ověřovány složitými psychofyzilogickými testy. Teprve budoucnost ukáže, které z nich se zařadí mezi rutinně používané metody letecké oftalmologie a které zůstanou vyhrazeny jenom experimentálnímu použití.

Literatura

1. BODROV, V. A. (ed.): Voprosy psichofiziologičeskoj podgotovki letnogo sostava. II. díl, Moskva, VVS 1977.
2. CHEVALERAUD, J. P.: The dazzle and its unfavourable effects. 5th Advanced Operat. Aviat. Medicine Course. AGARD-R-666, 1978, s. 13–16.
3. KARCEV, V. I.: Zritelnaja rabotosposobnost čeloveka pri vozdejstvii bolšich jarkostej sveta. Kosm. Biol. aviakosm. Med., 15, 1981, č. 2, s. 44–51.
4. KOŽUCHOWSKA, I.: Okulistyka lotnicza. In: Barański, S. (ed.): Medycyna lotnicza i kosmiczna. Warszawa, PZWL 1977, s. 247–258.

5. KRUK, R. - REGAN, D.: Visual test results compared with flying performance in telemetry-tracked aircraft. *Aviat. Space Environ. Med.*, 54, 1983, č. 10, s. 906—911.
 6. LEBER, L. L. - ROSCOE, S. N. - SOUTHWARD, G. M.: Mild hypoxia and visual performance with night vision goggles. *Aviat. Space Environ. Med.*, 57, 1986, č. 4, s. 318—324.
 7. MILCZYŃSKI, T.: Określanie dynamicznej ostrości wzroku. *Przegląd Wojsk Lotniczych i Wojsk OPK*, 31, 1977, č. 4, s. 59—62.
 8. MONACO, W. A. - HAMILTON, P. V.: Visual capabilities related to fighter aircrew performance in the F-14 and adversary aircraft. In: *Medical selection and physiological training of future fighter aircrew*. AGARD-CP-396, 1985, s. 38/1—9.
 9. MORRIS, A. et al.: Vision test battery threshold and response time as predictors of air-to-air visual target acquisition in F-14 and adversary aircraft. In: *Medical selection and physiological training of future fighter aircrew*. AGARD-CP-396, 1985, s. 39/1 až 8.
 10. ROSCOE, S. N.: Landing airplanes, detecting traffic, and the dark focus. *Aviat. Space Environ. Med.*, 53, 1982, č. 10, s. 970—976.
 11. SEKULER, R. - KLINE, D. - DISMUKES, K. (ed.): Aging and visual function of military pilots: A review. *Aviat. Space Environ. Med.*, 53, 1982, č. 8, s. 747—758.
 12. SIMONELLI, N. M.: The dark focus of the human eye and its relationship to age and visual defects. *Hum. Factors*, 25, 1983, č. 1, s. 85—92.
 13. ŠULC, J.: Fyziologické problémy při elektronickém zobrazování přístrojové informace. Seminář pracovní skupiny leteckého lékařství Společnosti pracovního lékařství. Praha 31. 10. 1985. Abstrakt: *Pracov. Lék.*, 38, 1986, č. 4, s. 169—170.
 14. WHITESIDE, T. C. D.: The problems of vision in flight at high altitude. London, Butterworth 1957. 162 s.
 15. WOLFE, J. W. - ENGELKEN, E. J. - STEVENS, K. W.: Computer analysis of visual and vestibular oculomotor function in the medical selection of fighter aircrew members. In: *Medical selection and physiological training of future fighter aircrew*. AGARD-CP-396, 1985, s. 37/1—6.
- Klíčová slova: Ergoftalmologie; Letecká oftalmologie; Psychofyziologie vidění; Nová bojová technika; Vztah „člověk — stroj“.