

575.172:616-072.7:358.43:355.54

GYHODNOCOVÁNÍ FYZIOLOGICKÝCH REAKCÍ PILOTA NA LETOVOU ZÁTĚŽ Z HLEDISKA KOMPLEXNÍHO HODNOCENÍ VYCVIČENOSTI

Plk. Ing. Jaromír CMÍRAL, CSc.
Ústav leteckého zdravotnictví, Praha
(náčelník: plk. doc. MUDr. Jiří Šulc, CSc.)

Úvod

Komplexní hodnocení vycvičenosti pilota v sobě zahrnuje kromě testování přesnosti provedení jednotlivých prvků letového cvičení z hlediska dodržení předepsaných letových parametrů i sledování stupně aktivace organismu při provádění jednotlivých prvků letového cvičení. Vychází se přitom z předpokladu, že u vycvičeného pilota bude aktivace organismu nižší nežli u nevycvičeného. Cílem výzkumné práce, řešené v ÚLZ, bylo ukázat, zda má výcvik pilotů vliv na vybrané fyziologické reakce v průběhu letové zátěže. Při volbě sledovaných fyziologických veličin se vycházelo z požadavku technické realizovatelnosti při zástavbě potřebného technického systému na palubě letounu a to jak pro účely experimentu, tak následně i v rutinním provozu. Druhým požadavkem byla dostatečná citlivost vybraných fyziologických veličin na letovou zátěž. Na základě testování v trenažéru a předběžném cvičení v letounu (1) byly pro sledování vybrány srdeční frekvence (SF) a minutový dechový objem (MDO). Od dechové frekvence bylo upuštěno vzhledem k tomu, že v průběhu radiokorespondence je problematické stanovit počet dechů. Nicméně bylo provedeno sledování i této fyzio-

logické veličiny, ale výsledky (2) potvrdily, že je nevhodné tuto veličinu z hlediska testování vycvičenosti sledovat.

Metodika

Měření bylo provedeno ve dvou fázích výcviku s časovým odstupem 4 měsíců. Jedna fáze odpovídala etapě vývozu a prvních samostatných letů ve dvojici, druhá pak etapě prvních samostatných letů nácviku vzdušného boje jednotlivých letounů se smluveným manévrem. Zároveň v obou fázích výcviku bylo prováděno měření v letech podle přístrojů. Uvedenou kombinací bylo dosaženo toho, že v první fázi bylo prováděno měření jednak ve cvičeních nevyžadujících vysokou fyziologickou aktivaci (lety podle přístrojů) a jednak ve cvičeních podstatně náročnějších (vývozy a samostatné lety ve dvojici). Ve druhé fázi pak bylo prováděno měření opět v úlohách méně náročných (lety podle přístrojů) i v úlohách velice náročných (vzdušný boj), které však neobsahovaly některé prvky shodné s prvky při prvních samostatných letech ve dvojici v první sledované fázi výcviku. Kontrolní srovnávací měření (bez statistického vyhodnocení) bylo provedeno i u námatkově vybraného instruktora. Ve všech mě-

řeních byly sledovány maximální relativní změny v % u SF a MDO v průběhu plnění jednotlivých letových prvků vůči referenční hodnotě získané měřením na stojánce před startem.

Srdeční frekvence byla odvozována od signálu EKG snímaného z bipolárního svodu MC₅. Vyhodnocení bylo prováděno vyhledáváním maxima u klouzavého průměru počítaném přes 10 QRS komplexů s délkou kroku odpovídající vzdálenosti dvou sousedních QRS komplexů. Minutový dechový objem byl snímán vrtulkovým průtokoměrem umístěným v kyslíkové magistralé. Vyhodnocování bylo prováděno přístrojem, jenž počítá z pulsů vytvářených ve vrtulkovém průtokoměru objem vdechnutého vzduchu za minutu. Signály sejmuté z elektrod EKG a z vrtulkového průtokoměru byly zesilovány v předzesilovači umístěném v náprsní kapse pilota a odtud vedeny přes kodér s pulsní kódovou modulací do vysílače umístěného v pouzdře APU zavěšeném pod křídlem letounu. Podrobný rozbor technické problematiky snímání je proveden v (3, 4). Přenos signálů z letounu na zem byl realizován radiotelemetricky. V prostoru letiště bylo umístěno přijímací a registrační zařízení. Signál EKG byl registrován na měřicí magnetofon Phillips s frekvenční modulací a orientačně navíc vyhodnocován kardi tachometrem, načítavajícím pulsy, odpovídajícím kmitům R v EKG v každých 12 s s přepočtem na počet tepů za minutu s výstupem na tiskárnu. Výsledné hodnoty MDO byly rovněž přímo tištěny na tiskárně. Magnetický záznam EKG byl dodatečně zpracován na počítači.

Získané výsledky

Wilcoxonovým párovým testem bylo prokázáno, že jak SF, tak MDO jsou parametry citlivými na letovou zátěž (statistická významnost rozdílu v jednotlivých fázích letu vůči referenční hodnotě na stojánce). Změřené hodnoty byly pak ošetřeny Grubsovým testem extrémních odchylek na hladině významnosti $p = 0,05$ a normalita rozložení pravděpodobnosti získaného souboru byla kontrolována třetím a čtvrtým momentem. Získané výsledky prokazují, že soubory lze podrobit parametrickým statistickým testům. Pro testování významnosti změn vlivu výcviku byly použity t-testy a F-testy.

V tab. 1 je uvedena statistická významnost rozdílu průměrů a rozptylů SF a MDO souborů pilotů mezi odpovídajícími letovými prvky u vývozních letů a samostatných letů ve dvojici.

V tab. 2 je uvedena statistická významnost rozdílu průměrů a rozptylů SF a MDO při provádění přeskupení a zatáčky u vývozních letů ve skupině, kdy v prvním případě letěli piloti na čísle, podruhé v roli vedeného.

V tab. 3 je uvedena statistická významnost rozdílu průměrů a rozptylů SF a MDO mezi odpovídajícími letovými prvky u prvních samostatných letů ve dvojici na čísle a při letech ve dvojici na čísle u nácviku vzdušného boje.

Tab. 1

Statistická významnost rozdílu průměrů a rozptylů SF a MDO mezi vývozními a prvními samostatnými lety ve dvojici

Letová zátěž	Srovnání $\bar{x}$		Srovnání s^2	
	SF	MDO	SF	MDO
Start	/	/	/	/
Zařazení do sestavy	/	/	/	0,05
Přeskupení – vedený	/	0,01	/	0,05
Zatáčka – vedený	/	0,01	/	0,01
Klapky – dosednutí	/	0,01	0,05	/
Klid po letu	/	0,05	/	/

Tab. 2

Statistická významnost rozdílu průměrů a rozptylů SF a MDO při provádění přeskupení a zatáčky ve vývozních letech ve dvojici jednou jako vedený a jednou jako vedoucí

Letová zátěž	Srovnání $\bar{x}$		Srovnání s^2	
	SF	MDO	SF	MDO
Přeskupení vedený – vedoucí	/	/	/	/
Zatáčka vedený – vedoucí	0,05	0,01	/	/

Tab. 3

Statistická významnost rozdílu průměrů a rozptylů SF a MDO mezi odpovídajícími letovými prvky u prvních samostatných letů ve dvojici a po 4měsíčním výcviku

Letová zátěž	Srovnání $\bar{x}$		Srovnání s^2	
	SF	MDO	SF	MDO
Start	0,05	/	/	0,01
Zařazení do sestavy	0,05	0,01	/	/
Přeskupení – vedený	0,05	/	/	/
Zatáčka – vedený	/	/	/	/
Horizont – vedený	/	0,05	/	/
Klapky – dosednutí	0,01	0,01	/	/
Klid po letu	/	/	/	0,01

Na obr. 1 a obr. 2 jsou zobrazeny střední hodnoty relativních změn SF a MDO vůči referenčním hodnotám před startem v letech ve dvojici.

Diskuse

Z tab. 1 vyplývá, že při srovnávání vývozních letů a prvních samostatných letů ve dvojici jsou statisticky významné rozdíly průměrů u MDO při přeskupení na čísla, při zatáčce na čísla a při manévru přistání na hladině významnosti $p = 0,01$ a při dojezdu na stojánku přetrvával rozdíl průměrů ještě na hladině významnosti $p = 0,05$. U SF rozdíl průměrů mezi skupinami nebyl prokázán. Statisticky významné rozdíly rozptýlily se mezi těmito skupinami projeví u SF v manévru přistání na hladině významnosti $p = 0,05$ a u MDO při zařazení do sestavy a při přeskupení na čísla na hladině významnosti $p = 0,05$, v zatáčce na čísla na hladině významnosti $p = 0,01$.

Z tab. 2 vyplývá statisticky významný rozdíl průměrů u SF na hladině významnosti $p = 0,05$ a u MDO na $0,01$ v zatáčce u vývozních letů ve dvojici jednou na čísla a jednou jako vedoucí.

Z tab. 3 vyplývá vliv výcviku v letech ve dvojici. Statisticky významný rozdíl průměrů mezi skupinami začínající výcvik ve dvojici a skupinou vycvičenou se u SF projevil při startu, zařazení do sestavy a při přeskupení na čísla na hladině významnosti $p = 0,05$, při manévru při-

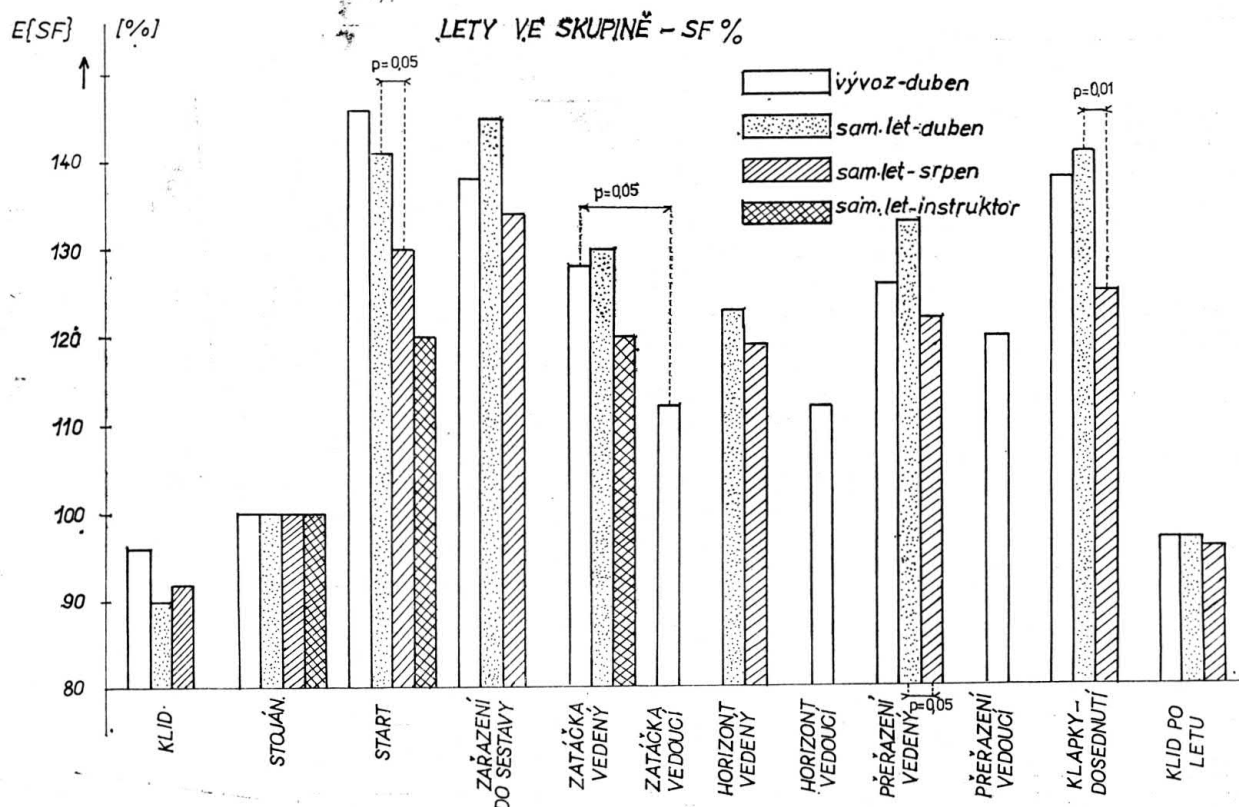
stání na $0,01$, u MDO při zařazení do sestavy a při manévru přistání na $p = 0,01$, při letu v horizontu na čísla na hladině významnosti $p = 0,05$.

Závěr

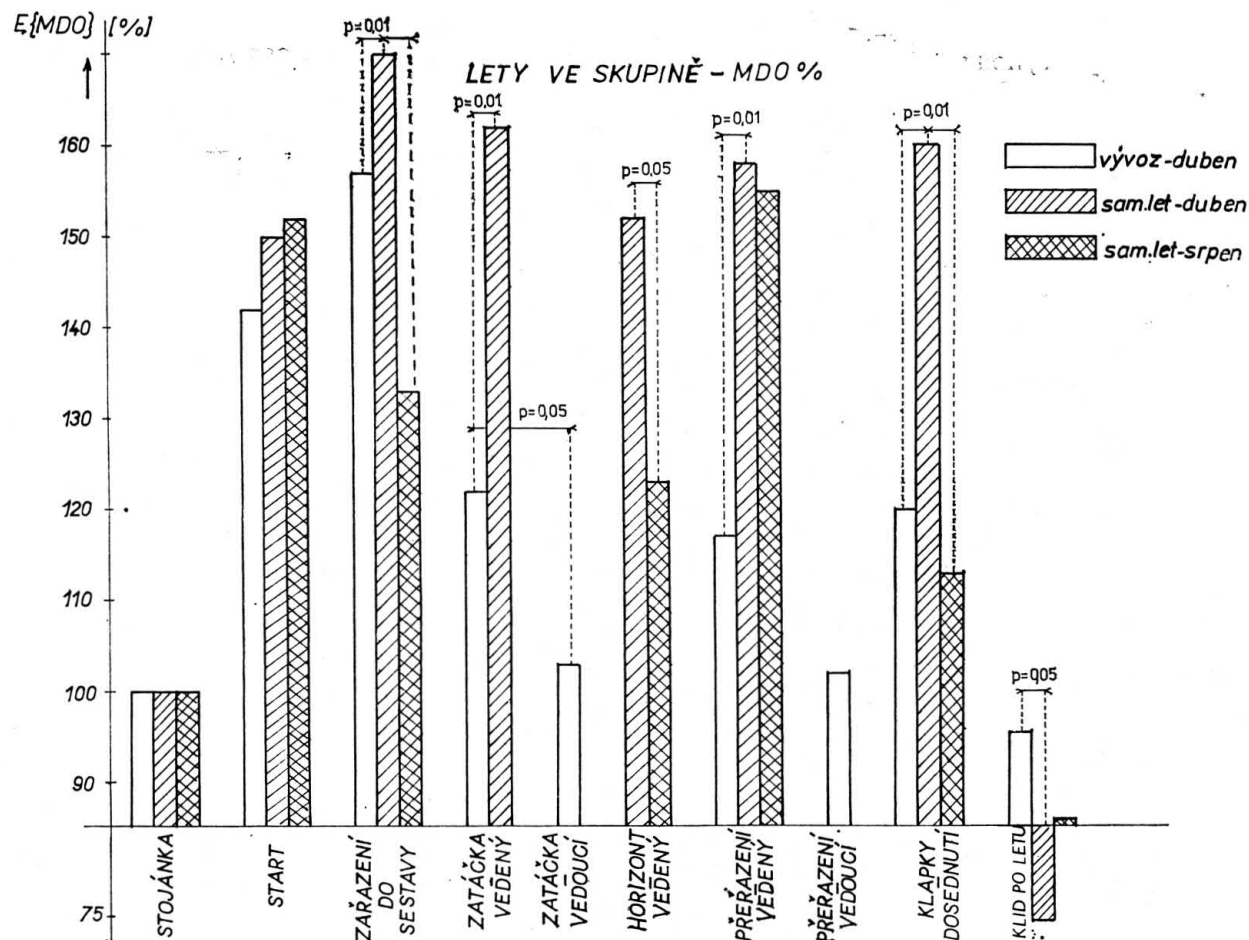
Získané výsledky prokázaly vhodnost sledování SF a MDO pro testování fyziologické aktivity pilotů z hlediska požadavku objektivního komplexního hodnocení vycvičenosti. Snímání a registrace vybraných fyziologických veličin (SF a MDO) je přitom technicky realizovatelné zástavbou do registračního systému nově vyvíjeného cvičného letounu. Podrobný rozbor a detailní diskuse je provedena v závěrečné zprávě ÚLZ (2).

Souhrn

Součástí objektivního komplexního hodnocení vycvičenosti pilotů je testování stupně aktivity organismu v průběhu provádění jednotlivých prvků letového cvičení. Bylo provedeno testování vlivu výcviku na změny srdeční frekvence a minutového dechového objemu v průběhu odpovídajících letových prvků s odstupem 4 měsíců leteckého výcviku. Získané výsledky prokázaly, že srdeční frekvence i minutový dechový objem jsou fyziologickými veličinami citlivými na vycvičenost. Přitom se jedná o veličiny, jejichž snímání je technicky realizovatelné nejen v experimentu, ale i v rutinním provozu.



Obr. 1. Střední hodnoty relativních změn SF v letech ve skupině



Obr. 2. Střední hodnoty relativních změn MDO v letech ve skupině

Literatura

1. CMÍRAL, J. aj.: Vliv zátěže na vybrané fyziologické, psychofyziologické a biochemické parametry pilotních žáků. [Závěrečná zpráva]. Praha, ÚLZ 1980.
2. CMÍRAL, J.: Vliv výcviku na vybrané fyziologické reakce pilotů při letové zátěži. [Závěrečná zpráva]. Praha, ÚLZ 1985.
3. HANOUSEK, J. - CMÍRAL, J.: Snímání a telemetrický přenos signálů fyziologických údajů v neklidové zátěži. Lékař a technika, 15, 1984, č. 4, s. 63—67.
4. CMÍRAL, J. - HANOUSEK, J. - SZATHMÁRY, V.: Problematika snímání signálu EKG při letové akrobacii. In: Sborník konference „Biosignál 86“, 1986.

Klíčová slova: Fyziologická reakce; Letová zátěž; Vycvičenost pilotů.