

612.784:612.789]:612.821

EXPERTIZNÍ HODNOTA PSYCHOGENNÍCH ZMĚN HLASU A ŘEČI

Pplk. MUDr. Jiří ŠULC, CSc.

Ústav leteckého zdravotnictví, Praha

Změnám hlasu a dalších řečových charakteristik, které provázejí výkyvy emočního ladění, věnují badatelé intenzivní pozornost již bezmála 80 let. Možnost objektivně měřit a srovnávat dotyčné změny s uspokojivou přesností však umožnila teprve konstrukce citlivých elektroakustických přístrojů ve 30. letech našeho století. Pro adekvátní fyziologickou interpretaci obrovského množství nashromážděného experimentálního materiálu pak mají zásadní význam teprve ony relativně čerstvé neurofyziologické poznatky, jejichž stáří nepřesahuje 10–15 let. Badatelé jako Skinner, Fairbanks, Pronovost, Hoaglin, Moses, Knower,

Trojan, Goldman-Eislerová, Žinkin, Sedláček, Sychra, Lindsley, Brady a řada dalších svými pionýrskými pracemi položili základy nového interdisciplinárního odvětví výzkumu, které von Essen (1954) nazval psychofonetika. Psychofonetika hledá vztahy mezi duševními pochody, jejich zjevným fonetickým výrazem a fyziologickými mechanismy, které se na jejich vzniku podílejí. Zkoumá tedy především zvukovou stránku komunikačního aktu. Z téhož „substrátu“ vycházejí i ti psycholingvisté, kteří studují tzv. parajazykové jevy verbálního chování. Jejich zájem se však rozšiřuje ještě na další charakteristiky řeči a jazyka, jako jsou

řečové výplňky a pauzy, časová struktura mluvy a konečně gramatické a sémantické jevy, reflektující centrální poruchy jazykového kódování.

Tento široce založený interdisciplinární výzkum přinesl celou řadu závažných konkrétních faktů, pro něž však až dosud chybí jednotný teoretický základ. Příčin je mnoho. Mezi ty nejpodstatnější patří různost metodologických a metodických východisek, s nimiž k dané problematice přistupovali specialisté jednotlivých dílčích odvětví, nejednotná a někdy i zavádějící terminologie, neshody v náhledu na problematiku emocí vůbec aj.

V profesích letce a kosmonauta, primárně charakterizovaných vysokým nivó emoční aktivity, se častěji než v jiných oborech lidské činnosti setkáváme ještě se sekundárními emocienními stimuly, při nichž psychická zátěž dosahuje krajní intenzity. Prototypem těchto stavů jsou například havarijní situace, lety v malých výškách při nadzvukových rychlostech, v kosmu pak operace stykovky aj. Proto nemůže překvapit, že právě odborníci z těchto oborů dosáhli v posledních letech při studiu emocienních změn hlasu a řeči relativně největšího pokroku. Představa možnosti posuzovat psychický stav pilota za letu, aniž by bylo třeba na palubě letounu instalovat speciální nákladné zařízení, je totiž skutečně velmi lákavá. Vždyť vzorků radiokorespondence je z každého letu od všech pilotů či kosmonautů dostatek a příslušný expert může snadno získat libovolné množství srovnávacího materiálu, pořízeného za „klidových“ podmínek.

První praktické zkušenosti s určováním emoční zátěže podle změn intonačních parametrů řeči přednesli na 15. mezinárodním kongresu leteckého a kosmického lékařství v Praze sovětsí vědci (Popov a spol. 1966 a, b). Autoři srovnávali změny akustického spektra hlášení kosmonautů Leonova a Beljajeva, předávaných pozemnímu řídicímu středisku v různých složitých etapách letu, s dalšími fyziologickými indikátory emočního napětí. Spektrogramy hlasu jim umožnily rozlišit emoční tachykardii od zvýšení srdeční frekvence, vyvolané fyzickou námahou.

V následujících letech byla zdokonalována metodika analýz; k původním výpočtům tzv. relativních formantových momentů přistoupilo zjišťování intenzity formantů (Chrunov a spol. 1974), matematické zpracování průběhu obalových křivek řečového signálu v pásmu 7 až 8 kHz (Popov a spol. 1971, Simonov a Frolov 1973) atd. Dnes se těmito postupy s 90% spolehlivostí poznává nejen zvýšené emoční napětí, ale i polarita některých emocí.

Při skupinových kosmických letech bylo dále pozorováno, že už při normálně probíhajícím letu se dají zaznamenat u kosmonautů úseky mimořádně silné emoční aktivity. Tato aktivace bývá často intenzivnější u osob, které se nacházejí v klidu a relativním bezpečí, avšak spočívá na nich vysoká odpovědnost za vý-

sledek operace, kterou provádí jiný člen osádky.

Expertizní využití výsledků elektroakustických analýz pro potřeby vojenského letectva rozpracovali především pracovníci američtí (Hecker a spol. 1968, Williams a Stevens 1969, 1972), českoslovenští (Šulc 1972, 1974) a japonští (Niwa 1971). Této problematice byla věnována i dvě speciální sympozia. První bylo zorganizováno týmem NATO/AGARD na letecké základně Brooks Base v Texasu v roce 1969, druhé řídil o 4 roky později na kongresu americké Společnosti leteckého a kosmického lékařství v Las Vegas jako samostatný panel člen korespondent AV SSSR prof. Gizenko.

Jaké možnosti a zejména jaký praktický užitek tedy dnes psychofyziologům poskytuje analýza nahrávek letecké radiokorespondence? Pokusím se na tuto otázku odpovědět konfrontací výsledků vlastních několikaletých zkušeností s údaji ve světové literatuře zatím jen poskrovnou publikovanými.

Materiál a metodika

Studie se opírá o analýzu 53 nahrávek letecké radiokorespondence, zachycených v průběhu emergentních situací u 15 operátorů. Ve všech případech byl současně proveden podrobný psychologický rozbor chování těchto osob. Jakkoli byly jednotlivé situace individuální a neopakovatelné, přece jenom měly všechny společného jmenovatele: bylo jím aktuální riziko ohrožení života. Přitom 9 osob bylo v situaci ohrožení vlastního života, zbývajících 6 se pak stalo „pouze“ očitými svědky dramatické situace, v níž šlo o život jiného, za kterou však nesli (kromě 2 případů) určitou právní a zejména morální spoluodpovědnost.

Analýzu zvukových záznamů radiokorespondence jsme prováděli na přístroji Sona-Graph 6061-B. Pořizovali jsme širokopásmový i úzkopásmový sonagram, oba pro kmitočtové pásmo 80-8000 Hz. Při rozboru „nativního“ zvukového materiálu se ukázalo, že reprezentativní výsledky, umožňující vzájemné srovnání jednotlivých vzorků, dává především úzkopásmová analýza. Sykot kyslíku, klapání dýchacích ventilů masky, mnohonásobný odraz zvuku v prostoru mezi štítkem utěsněné přilby a obličejem, šum vznikačící činností měničů proudu pozemní radiostanice a řada dalších zdrojů rušení zastírají na širokopásmových sonagramech „typickou“ jednoduchou formantovou strukturu řečového signálu. „Formantů“ je v příslušném pásmu prostě víc, než jich má být a než jich vidíme na nahrávkách pořízených ve studiových podmínkách. Vzájemně se překrývají a často není možné stanovit, co je „pravý“ formant a co rezonance.

Zato na první pohled „chudší“ úzkopásmový sonagram i u silně zašumovaných nahrávek obsahuje zřetelné linky harmonických základního tónu, jehož výška se tak dá dosti přesně

stanovit. Pro zjišťování $\bar{F}_0$ (průměrné výšky základního tónu) jsme přejali postup, doporučený Heckerem a spol. (1968) a rozvinutý dále Williamsem a Stevensem (1972). Kromě výpočtu $\bar{F}_0$, jsme určovali ještě rozsah krajních hodnot pohybu $\bar{F}_0$, tzv. diapazon hlasu.

Pro vyjádření časové struktury vzorků mluvy jsme jako základní parametr vybrali tzv. index expirační rychlosti řeči ER, navržený britskou psycholingvistkou Goldman-Eislerovou (1968). Udává počet slabik v komunikátu, proslovených během 1 expíria. Čím je hodnota indexu vyšší, tím je řeč rychlejší.

Intenzitu řečového signálu ve vzorcích z emergentních situací nebylo možno měřit, protože jednotlivé nahrávky nebyly v terénu pořízeny jednotnou technikou.

Ze statistických metod jsme použili výpočet aritmetického průměru a variační šíře, Duncanův test, jednofaktorovou analýzu rozptylu a Dixonův test extrémních odchylek.

Výsledky

Hodnoty průměrné frekvence základního tónu $\bar{F}_0$, hlasového diapazonu D a expirační rychlosti řeči ER před vznikem emergentní situace a během ní jsou souhrnně uvedeny v tabulce 1. K vzestupu $\bar{F}_0$ došlo ve všech přípa-

Tab. 1

Průměrné hodnoty měřených charakteristik ve vzorcích mluvy z emergentních situací (e. s.). * = statistická významnost na 5% hladině

	Před e. s.	Během e. s.
$\bar{F}_0$	182 Hz	224 Hz*
D	70 Hz	80 Hz
ER	0,68	0,60

dech bez výjimky, a to hned v prvním komunikátu, který následoval po vzniku nenadálé nebezpečné situace. Svého maxima ovšem $\bar{F}_0$ někdy dosahoval až s dalším rozvojem situace. Výjimečně jsme pozorovali, že nejvyšších hodnot dosáhl $\bar{F}_0$ až poté, co situace byla úspěšně vyřešena a riziko pominulo. Přestože analýzou rozptylu a Duncanovým t-testem byl pro celou skupinu 15 osob prokázán signifikantní vzestup $\bar{F}_0$ ($t=2,567$ při 49 s. v., $p<0,05$), absolutní přírůstky $\bar{F}_0$ individuálně kolísaly ve značném rozmezí (od 7 do 196 Hz).

Ani velikost přírůstku $\bar{F}_0$ proti klidovým podmínkám, ani jeho absolutní poloha na frekvenční stupnici nekorelovaly s rizikovostí situace, eventuálně se stupněm osobního ohrožení mluvčího. Spíše jsme pozorovali obrácenou zákonitost: čím byl operátor méně do ce-

lého dění vtahován, tím nápadnější byly změny v jeho řeči. Průměrný vzestup $\bar{F}_0$ zde činil 45 %, a jak uvidíme dále, měnila se též časová struktura mluvy. A naopak: operátoři, kteří dramatickou a pro ně nebezpečnou situaci soustředěně řešili, mívali hlas změněn relativně málo. $\bar{F}_0$ stoupl v průměru pouze o 12 %. Nutno dodat, že od tohoto pravidla se vyskytly v jednotlivých případech výrazné odchylky.

Na melodické křivce jsme s výjimkou dvou případů ve všech ostatních „emergentních“ sonagramech pozorovali rychlé kolísání $\bar{F}_0$ typu tremola a vibrata. Pozorovali jsme rovněž výrazné zlomy na konsonanto-vokálních švech, kterých si Williams a Stevens (1968) tolik cení jako nepochybných indikátorů prudké emoce. Nebyly však charakteristické pouze pro řeč v psychickém stresu, viděli jsme je též v mnoha kontrolních vzorcích, zaručeně reflektujících stav klidu. Úsek prudkého zlomu nejčastěji připadl na slabikový komplex obsahující jednu nebo dvě okluzívy; řidčeji byla jádrem slabiky frikatíva, afrikáta, laterála nebo vibranta. Tyto zlomy nemají jednoznačný poslechový korelát.

Ve stressové situaci se rovněž pravidelně zvětšoval diapazon hlasu; vzestup však nebyl statisticky průkazný.

Ani změny expirační rychlosti řeči nebyly signifikantní, posuzujeme-li celý soubor najednou. Vypočítáme-li ale ER zvlášť pro podskupinu v „nebezpečí života“ a zvlášť pro podskupinu „mimo nebezpečí života“, dostáváme hodnoty 0,73, resp. 0,57. Tento rozdíl je již statisticky významný ($p<0,05$).

Přestože nelze podat statistický důkaz jednotného trendu při ovlivňování časové dimenze řeči intenzivní psychickou zátěží, za povšimnutí stojí nápadné rozrušení jednolitého proudu řeči četnými přerывy na slabikových spojích. Tyto mikropauzy, mající charakter salv explozivního šumu v trvání kolem 10 ms, rozvrásňují sonagram svislými pruhy v celém rozsahu řečového spektra. Akustickým korelátem tohoto fenoménu, v normálních hlasových záznamech nepřítomného, bývá přiškrcený, napjatý hlas. Při zadržávání řeči nebo při koktání vznikají pauzy podstatně delší, až kolem 50 ms.

Diskuse

Fyziologický podklad pozorovaných změn hlasu a řeči při extrémní psychické zátěži je komplexní. Uplatní se tu jak mechanismy centrální, tak periferní. Mezi centrálními mechanismy má v této souvislosti primární význam změněná impulzní aktivita v celém systému nespecifické aktivace, tj. v mediobazálních lalocích a v limbickém systému (Bechtěreva 1971, Chomskaja 1972, Volynkina 1974), měnící na jedné straně časový sled generování jednotlivých složek řeči a na druhé straně ovlivňující tonus svalstva mluvidel. Za ústřední periferní složku při emociogenní alteraci

řeči považuje většina autorů rozrušení pravidelného ventilačního cyklu (Christiansen 1965, Lambertsen 1968, Stančák 1968, Asratjan a Simonov 1972, Genin a spol. 1974). Dochází jak k hyperventilaci s následnou hypokapnií, která nepříznivě ovlivňuje dráždivost příčně pruhované svaloviny, tak k disproporcii obou dechových fází, což se projeví především v deketní artikulaci.

Intenzita uvedených změn je individuálně rozdílná. Závisí nejen na konkrétní situaci ohrožení, ale též na stupni vycvičenosti jedince k překonávání stressových situací, na jeho typologických zvláštlostech a především, jak to potvrdil i náš výzkum, na aktivitě subjektu v emergentní situaci. Zdá se, že plné soustředění na vyřešení složité situace oslabuje „proud“ destruktivních impulsů provázejících emočně vysoce náročnou situaci a transformuje jej, resp. „zužikuje“ jej v biologicky účelnější činnosti. K podpoře tohoto názoru mohou posloužit jednak výše uvedené rozdíly v intenzitě extralingvistických známek emočního stressu mezi našimi dvěma podskupinami, jednak již citované pozorování Chrunova a spol. (1974), jakož i dalších autorů.

Z podaného přehledu problematiky vztahu mezi hlasovými projevy a chováním v emergentních situacích, který v tomto článku bylo možno nastínit pouze v hrubých obrysech, je zřejmé, že jde o otázku velmi složitou. Elektroakustický rozbor magnetofonových nahrávek je proto jenom jednou, byť velmi důležitou etapou komplikované expertizy letecké radio-korespondence dnes již rutinně prováděné například u všech těžkých leteckých nehod a předpokladů. Expertiza musí zahrnout i vyšší roviny komunikačního aktu, jmenovitě rovinu sémantickou a pragmatickou. Nemůže se také opírat výhradně o zvukový záznam, ale i o další zdroje, zpřesňující například pohyb letounu v prostoru, nebo vymezující blíže účinky v dané chvíli spolupůsobících fyzikálních stresorů atd. Teprve tento všestranný pohled může psychofyziologovi poskytnout relativně přesný obraz o celkovém stavu a kvalitě činnosti operátora, jehož hlas někdy zůstane jediným svědkem jeho posledních, dramaticky prožitých chvil.

Souhrn

Autor na materiálu 53 vzorků řeči z 15 emergentních situací charakterizuje extralingvistické změny při akutní extrémní psychické zátěži. Změnu aktivační úrovně nejcitlivěji reflektuje průměrná frekvence základního tónu hlasu. Její hodnota stoupá relativně více u osob, které svým jednáním nemohou hrozící nebezpečí primo odvrátit, než u těch, které emergentní situaci aktivně řeší. Při posuzování aktuálního funkčního stavu a celkové výkonnosti operátora ve stressové situaci představuje rozbor hlasových charakteristik jenom dílčí etapu celého expertizního postupu.

Literatura

- Asratjan, Z. A., Simonov, P. V.: Signály sostojanija čeloveka v polete. *Astronautica Acta*, 17, 1972, č. 1/2, s. 1687—1697.
- Bechtěreva, N. P.: Nejrofiziologičeskie aspekty psichičeskoj dejatelnosti čeloveka. Leningrad, *Medicina* 1971. 120 s.
- Essen, O. von: Psychophonetik. *Arch. Ohr. Nas. Kehl. Heilkunde*, 165, 1954, s. 595—600.
- Genin, A. M. a spol.: Izmenenije parcialnogo davlenija uglekisloty v alveolarnom vozduche kak pokazatel emocionalnogo naprjaženija letčika. 15. konf. let. lékařství, Moskva 1974.
- Goldman-Eisler, F.: *Psycholinguistics*. London-New York, Academic Press 1968, 169 s.
- Hecker, M. H. L. a spol.: Manifestations of task-induced stress in the acoustic speech signal. *J. acoust. Soc. Amer.*, 44, 1968, č. 4, s. 993—1001.
- Chamskaja, E. D.: *Mozg i aktivacija*. Moskva, MGU 1972. 382 s.
- Christiansen, B.: *Studies in respiration and personality*. Oslo, Institute for social research 1965.
- Chrunov, E. V. a spol.: Čelovek-operator v kosmičeskom polete. Moskva, Mašinostrojenije 1974. 400 s.
- Lambertsen, Ch. J.: Neurogenic factors in control of respiration. In: Mountcastle, V. B. (Ed.): *Medical Physiology*. Vol. I., 12. vyd., Saint Louis, The C. V. Mosby Comp., 1968, s. 687—712.
- Niwa, K.: Change of voice characteristics in urgent situations. Japan Air Self Defence Force, AML Rpt. No 11, 1971, s. 246—251.
- Popov, V. A. a spol.: Ocenka emicionalnoj naprjaženosti kosmonavta pri vychode iz kosmičeskogo korablja v polete po fizičeskim parametram jeho řeči. 15. kongr. let. a kos. léc., Praha 1966a.
- Popov, V. A. a spol.: Analiz intonacionnoj charakteristiky řeči kak pokazatelja emocionalnogo sostojanija čeloveka v uslovijach kosmičeskogo poleta. *Žur. vysš. nerv. Dejat.*, 16, 1966b, č. 6, s. 974—983.
- Popov, V. A. a spol.: Častotnyj spektr řeči kak pokazatel stepeni i charaktera emocionalnogo naprjaženija u čeloveka. *Žur. vysš. nerv. Dejat.*, 21, 1971, č. 1, s. 104—109.
- Simonov, P. V., Frolov, M. V.: Utilization of human voice for estimation of man's emotional stress and state of attention. *Aerospace Med.*, 44, 1973, č. 3, s. 256—258.
- Stančák, A.: *Emócie v psychofyziologickom experimente*. Bratislava, SAV 1968. 232 s.
- Šulc, J.: Význam a metodika rozborů magnetofonového záznamu letecké rádiové korespondence pro vyšetřování a prevenci LN. [Závěrečná zpráva č. 175]. Praha, Ústav leteckého zdravotnictví 1972. 111+91 s.
- Šulc, J.: Hlas jako indikátor stavu člověka při psychické a fyzické zátěži. [Kandidátská dizertace]. Praha 1974. 189 s. Univerzita Karlova — Fakulta všeobecného lékařství.
- Volynkina, G. J.: Vlijanie specifičeskoj i nespecifičeskoj afferentacii na EMG aktivnost artikulacionnych myšc čeloveka. *Žur. vysš. nerv. Dejat.*, 24, 1974, č. 2, s. 328—336.
- Williams, C. E., Stevens, K. N.: On determining the emotional state of pilots during flight: an exploratory study. *Aerospace Med.*, 40, 1969, č. 12, s. 1369 až 1372.
- Williams, C. E., Stevens, K. N.: Emotions and speech: some acoustical correlates. *J. acoust. Soc. Amer.*, 52, 1972, č. 4/2, s. 1238—1250.