

358.4.007.616.28-008.5-072.7

POSTROTAČNÍ KUPULOMETRIE U PILOTŮ

Podplukovník MUDr. František HAVLÍN, Ústav leteckého zdravotnictví v Praze,
ORL oddělení (náčelník pplk. MUDr. J. Frolík)

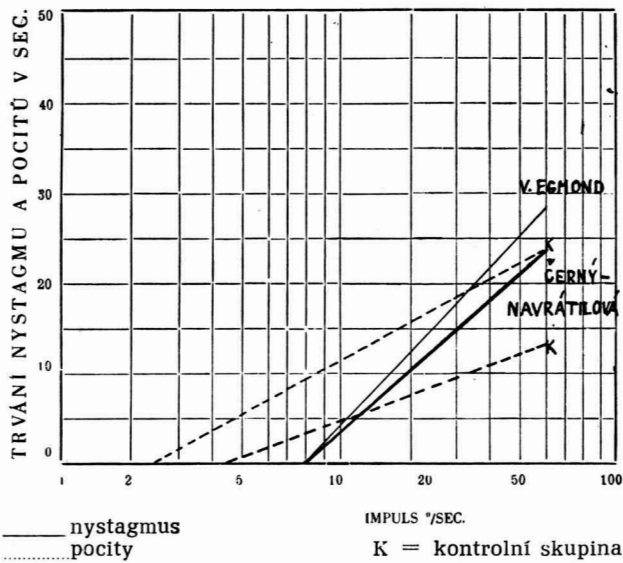
Vestibulární aparát (VA) pilotů je ovlivňován celou řadou současně působících faktorů jak specifických, tak i nespecifických. Na otolitový systém letců působí u moderních proudových letounů lineární a radiální zrychlení o vysokých hodnotách. Tyto hodnoty mnohonásobně převyšují prahovou hodnotu pro dráždivost otolitového systému. Přímý vztah k polokruhovým kanálkům mají zrychlení úhlová, která způsobují podráždění ampulárních krist a která dosahují více než $5^\circ/s^2$ (Langraf). Současně se během letu uplatňuje i množství nespecifických faktorů. Dochází ke značným změnám krevního tlaku v hlavové oblasti, působí zde vlivy hypoxické, toxické, změny barometrického tlaku, emoční vlivy a stressové situace. Mezi významné faktory patří hluk, vibrace a ultrazvuk. Účinkem hluku na VA se zabývali četní autoři (Ek a spol., Eyck, Arslan, Černý a spol. aj.), účinkem vibrací na VA hlavně sovětsí autoři Těmkin, Kublanovová, u nás Černý a spol. Vlivem ultrazvuku na VA, který účin-

kem turbin proudových letounů dosahuje frekvence až 40 000 Hz a intenzity 120 dB, se zabývali podrobně Yannoulis a spol. Adaptací VA pilotů zjišťovanou kupulometricky se zabývali hlavně Aschan, Klaus, Beauchamp a De Wit.

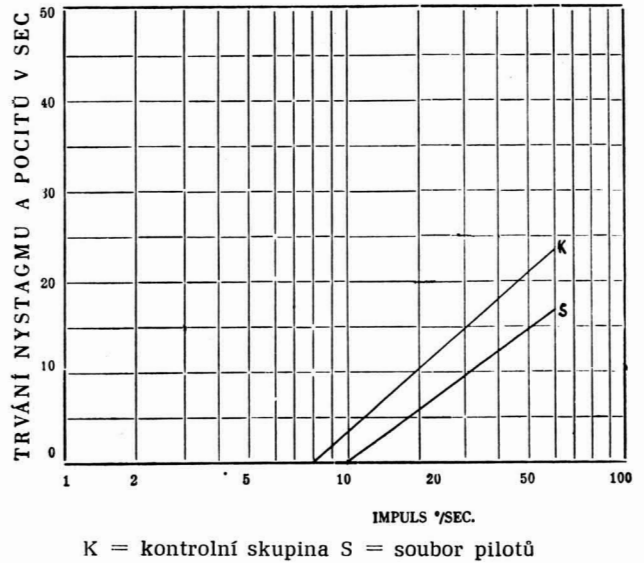
Pro zjištění celkové dráždivosti VA bylo vyšetřeno 24 pilotů ve věkovém rozmezí 35—46 let; průměrný věk byl 38 roků. Počet naléтанých hodin se pohyboval v rozsahu 650—3500; průměr byl 1730 letových hodin. Byla to tedy skupina zkušených pilotů středního věku. Všichni začali svoji leteckou činnost na vrtulových typech, nyní létají vesměs na letounech proudových. Výsledky ORL vyšetření, vestibulárního vyšetření, které se skládalo z vyšetření spontánního nystagmu(ny), z Rombergovy, Hautantovy a Unterbergerovy zkoušky a zkoušky chůzí, a vyšetření na ostatních odborných odděleních byly normální.

Protože výše uvedená vestibulární vyšetření nemusí odkryt nepatrné rozdíly v dráždivosti VA,

Obr. 1



Obr. 3

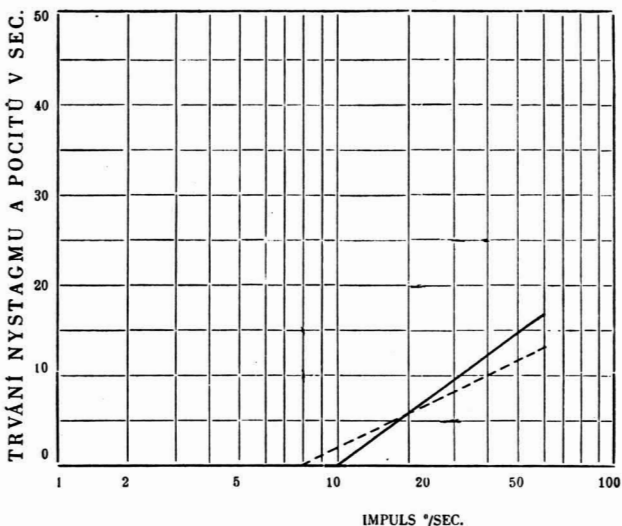


byla použita jemnější vyšetřovací metoda, post-rotální kupulometrie, která je v současné době nejpřesnější metodou vyšetřování polokruhových kanálků. Je pro vyšetřovaného příjemnější než klasické otáčení metodou Barányho, která je hrubým nefyziologickým podnětem, kdy zrychlení může převýšit prahovou hodnotu ny až 450krát (Grigorjev, Bočov). Výsledky při kalorickém dráždění závisí do určité míry na zevních podmínkách pokusu. Kalorické dráždění vodou neumožňuje také vyšetřovat tam, kde jsou větší patologické nebo anatomické změny zevního a středního ucha. Výsledky může zkusit i různá pneumatizace soscovitých výčnělků. Post-rotální kupulometrie dovoluje zaznamenat vyvolané pocitů a ny kvantitativně, zjistit prahovou

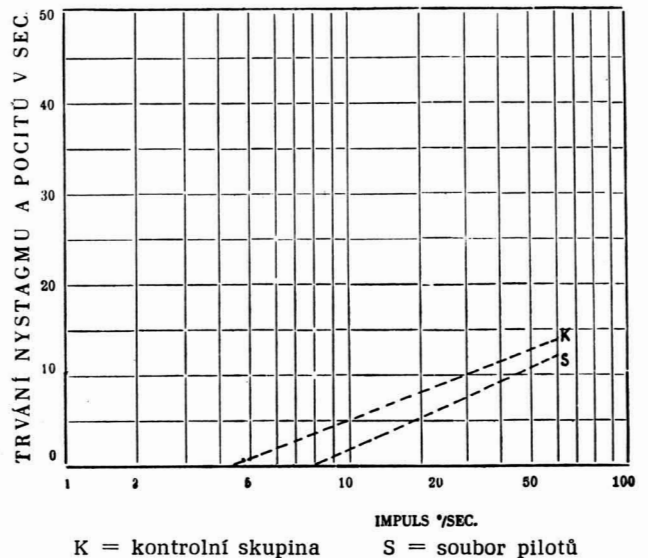
hodnotu citlivosti VA a poskytuje odraz dynamiky činnosti VA. Odhaduje často i zcela nepatrné změny vestibulární činnosti, kde ostatní vestibulární zkoušky vykazují normální nález, nebo jsou neprůkazné. Strojová přesnost elektrické židle vylučuje do značné míry osobní chyby vyšetřujícího.

Vyšetření pomocí post-rotální kupulometrie bylo prováděno na elektrické kupulometrické židli ORL oddělení ÚVN podle metody na tomto pracovišti používané. Bylo prováděno v tichu a v zatemněné místnosti. Frenzlovy brýle spolehlivě vyloučily foveální fixaci. Bylo použito úhlového zrychlení $1^\circ/s^2$, které je v těsné blízkosti prahu. Řada autorů uvádí hodnoty $0,8^\circ/s^2$ jako prahové pro vznik nystagmu. Vyšetřování rovnoměrnou

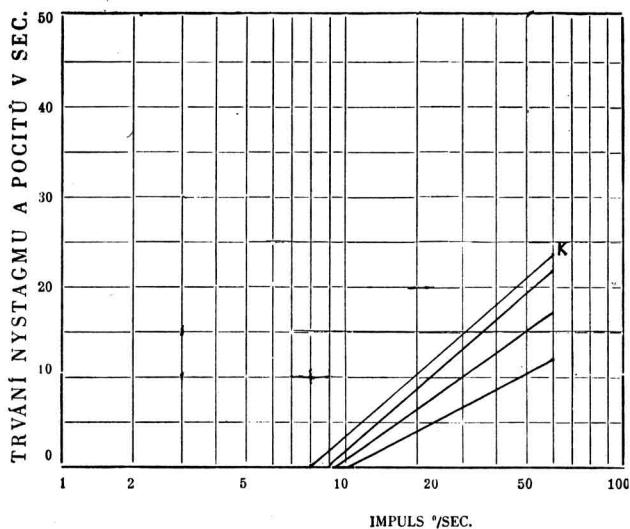
Obr. 2



Obr. 4



Obr. 5

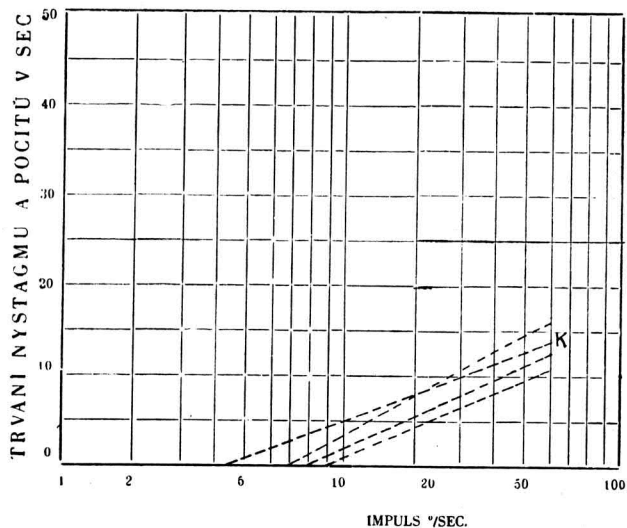


K = kontrolní skupina

úhlovou rychlostí bylo prováděno postupně na 6 rychlostech od 10°/s do 60°/s. Akcelerací v těsné blízkosti prahu a rovnoměrnou rotací po dosažení zvolené rychlosti po dobu jedné minuty byla vyloučena možnost ovlivnění postrotáčního dozíváním ny perrotáčního. Správné posazení vyšetřovaného v židli a fixace hlavy na opěradle židle vyloučily možnost ovlivnění vestibulární dráždivosti krčními reflexy a hlubokou citlivostí.

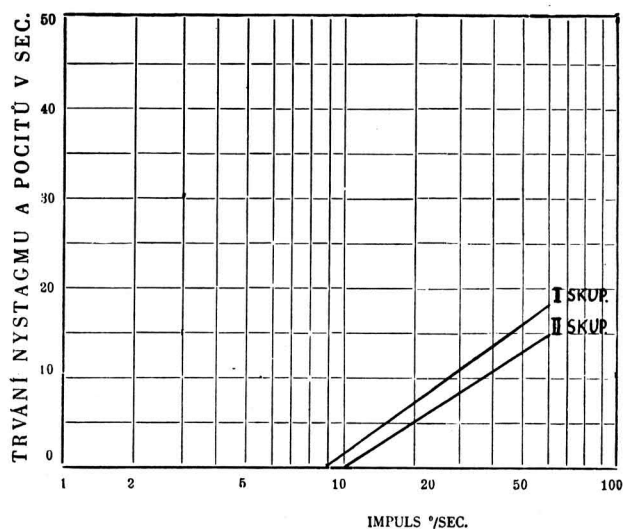
Kontrolní skupinu tvořilo 25 zdravých vojáků v základní službě s normálními audiogramy, které vyšetřila stejnou metodikou Navrátilová na ORL oddělení ÚVN. Práh ny křivky je zde 8° a trvání ny při rychlosti 60° je 24 s, práh pocitové křivky je 4,5° a trvání pocitu při rychlosti 60°/s je 14 s (obr. 1).

Obr. 6



K = kontrolní skupina

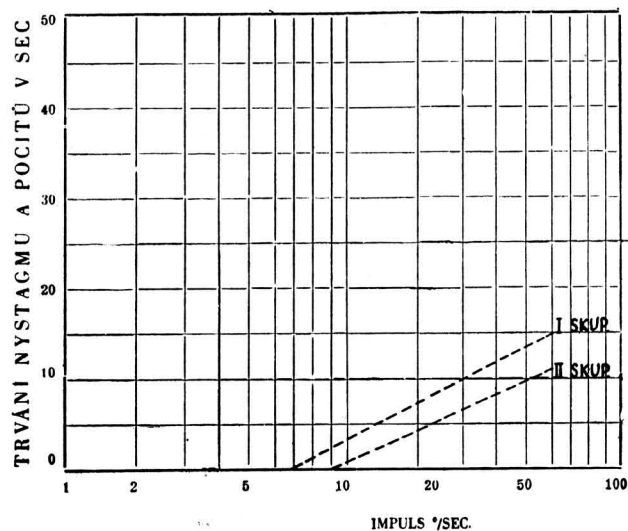
Obr. 7



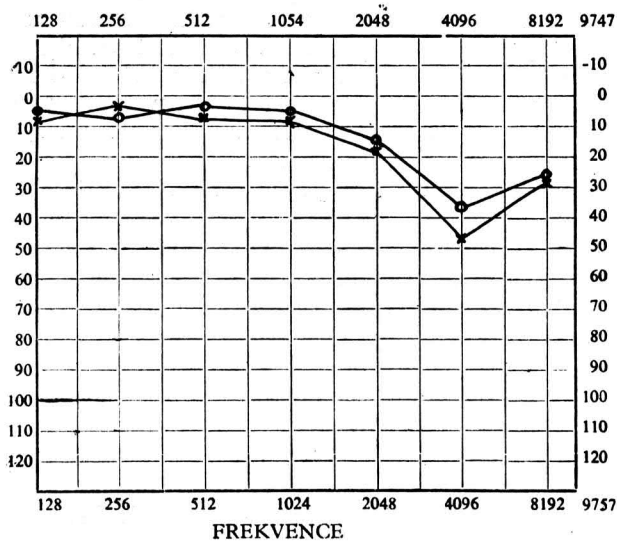
Průměrný kupulogram pilotů (obr. 2) proti kontrolnímu kupulogramu má vyšší prahy křivky ny o 2° a křivky pocitové o 3,5°. Ny křivka je posunuta doprava k nižší dráždivosti a má jen o něco větší deklinaci než křivka kontrolní (obr. 3). Křivky se tedy poněkud rozbíhají. Pocitová křivka je taktéž posunuta doprava, avšak proti kontrolní křivce probíhá poněkud strměji (obr. 4.). Obě křivky se téměř sbíhají. Rozdíly v trvání ny i pocitu u průměrných křivek mezi oběma stranami nepřekročily nikde 1 s.

Větší rozdíly byly zjištěny jak v hodnotách prahových, tak i při vyšších úhlových rychlostech mezi jednotlivými osobami. Byl proto sestaven rozptylový kupulogram s křivkami získanými z průměru maximálních, středních a minimálních hodnot (obr. 5). Prahy rozptylového ny

Obr. 8

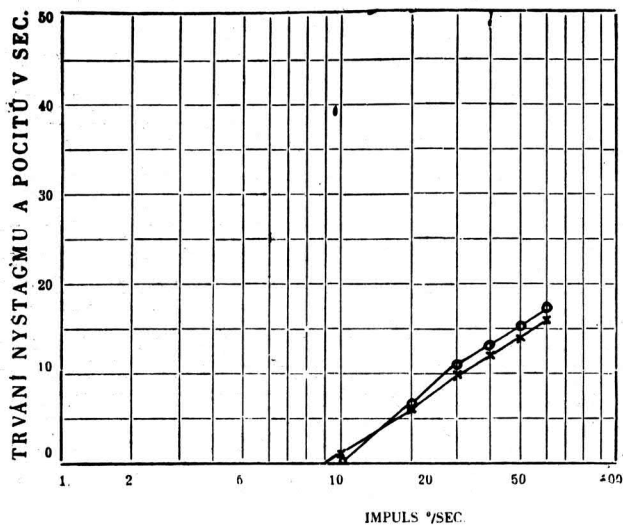


Obr. 9



kupulogramu se pohybují na rychlostech od 9° do $10,5^\circ/s$. Liší se tedy všechny tři prahy svým posunem doprava od prahu kontrolního. Křivky směrem k vyšším úhlovým rychlostem mají rozptyl postupně se zvětšující, takže při rychlostech $60^\circ/s$ je minim. průměrná hodnota 12 s, střední 18 s a maximální 23 s. Celkový rozptyl je tedy 11 s. U pocitových křivek jsou prahy v rozmezí $7^\circ-9^\circ$, rozptyl směrem k vyšším rychlostem je však menší než u ny kupulogramů (obr. 6). Při rychlosti $60^\circ/s$ jsou hodnoty 11, 13 a 17 s. Celkový rozptyl je tedy jen 6 s. Proti kontrolnímu pocitovému kupulogramu jsou prahy vyšší, avšak jen dvě dolní křivky pro minimální a střední průměrné hodnoty probíhají níže. Křivka maximálních průměrných hodnot probíhá nad křivkou kontrolní. U třetiny osob má pocitový kupulo-

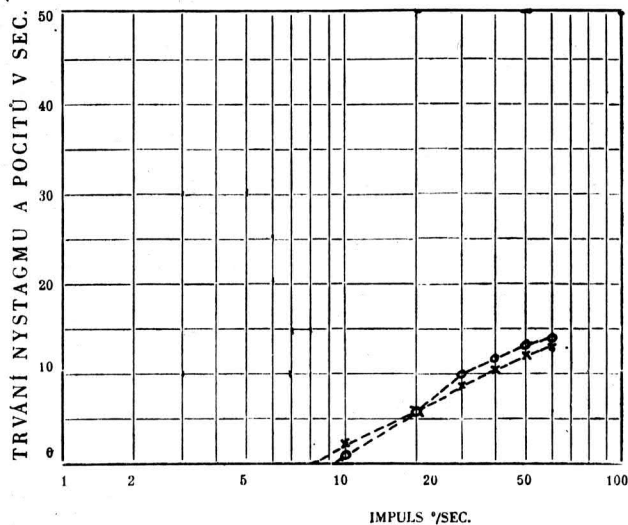
Obr. 10



o _____ vpravo

x _____ vlevo

Obr. 11



o _____ vpravo

x _____ vlevo

gram vyšší hodnoty při dráždění vyššími úhlovými rychlostmi a strmější průběh proti kontrolnímu kupulogramu.

Abychom zjistili vliv letecké činnosti na vestibulární dráždivost, rozdělili jsme piloty do 2 skupin podle počtu naléтанých hodin. Do první skupiny bylo zařazeno 11 pilotů. Rozsah naléтанých hodin byl od 650 do 1500. Průměr naléтанých hodin byl 1122. Práh nystagmu je při rychlosti $9^\circ/s$ a ny trvá při rychlosti $60^\circ/s$ 18 s. Průměrný práh pocitů je při rychlosti $7^\circ/s$ a pocity trvají při rychlosti $60^\circ/s$ 15 s. Do druhé skupiny bylo zařazeno 13 pilotů s rozsahem naléтанých hodin od 2000 do 3500. Průměr byl 2454 hodin, tedy více než dvojnásobek průměru první skupiny. Práh ny je na rychlosti $10^\circ/s$ a ny trvá při 60° rychlosti 15 s.

Práh pocitů je na rychlosti $9^\circ/s$ a pocity trvají při rychlosti $60^\circ/s$ 12 s (obr. 7, 8).

U skupiny pilotů, kteří nalétali větší počet hodin, byl zjištěn vyšší práh nystagmu i pocitů a méně strmý průběh obou křivek, tedy nižší dráždivost VA než u skupiny pilotů s menším počtem naléтанých hodin.

Vyšetřením tónovou audiometrií byla zjištěna u všech osob percepční nedoslýchavost, většinou oboustranná. Jen u dvou osob byl sluch vpravo normální. V 50 % bylo poškození větší na levé straně, v 37,5 % na pravé straně a v 12,5 % nalezeny symetrické ztráty. Ztráty v řečových frekvencích byly jen u 2 osob a dosáhly maximálně 20 dB. Rozdíly v sluchových ztrátách obou stran vyjadřuje průměrný tónový audiogram (obr. 9).

Byly zjišťovány vztahy mezi výší sluchových ztrát a hodnotami nystagmického a pocitového kupulogramu u jednotlivých osob. U 9 osob se ztrátou sluchu vyšší než průměr byly zjištěny všechny hodnoty ny kupulogramu nižší, než měla průměrná ny křivka a u 3 osob s nižší ztrátou sluchu proti průměru byly nalezeny všechny hod-

noty ny kupulogramu vyšší proti průměrné ny křivce. Ny kupulogram jevíl tedy v 50 % závislost na výši ztráty sluchu. U 3 osob, tj. v 12,5 %, byla tato závislost zjištěna na většině jednotlivých hodnot ny a sluchových ztrát na jednotlivých frekvencích. Závislost pocitového kupulogramu na výši sluchových ztrát byla zjištěna v 37,5 %, tj. u 9 osob, a to vždy v těch případech, kdy byla i závislost sluchových ztrát na nystagmickém kupulogramu.

Při srovnání průměrného audiogramu (obr. 9) a průměrného kupulogramu je mezi jednotlivými stranami naznačena závislost. Větším sluchovým ztrátám vlevo odpovídá povlnnější průběh jak ny, tak i pocitové křivky levé strany na rychlostech od 30° výše (obr. 10, 11).

Závěr

Celkově menší dráždivost VA pilotů jak ve složce nystagmické, tak i pocitové lze vysvětlit periferní a hlavně centrální adaptací VA na nadprahová dráždění. Je otázka, do jaké míry se na větší dráždivosti VA uplatňují též tlumivé vlivy nespecifických podnětů, hlavně vibrací a hluku.

Souhrn

Postrotační kupulometrií bylo vyšetřeno 24 zdravých zkušných pilotů proudových letounů. Proti kontrolnímu kupulogramu byly zjištěny vyšší prahy nystagmické i pocitové křivky a posun obou křivek v celém svém průběhu doprava. Nystagmická křivka je méně strmá, pocitová má strmější průběh. Nacházíme tedy redukci obou křivek, jak pocitů, tak pře-

devším nystagmu. U rozptylového kupulogramu mají křivky pocitové proti nystagmickým menší rozptyl při vyšších rychlostech, což svědčí pro dobrou registraci pocitů protiotáčení. Nižší dráždivost VA u skupiny pilotů s větším počtem nalétaných hodin svědčí pro závislost dráždivosti VA na počtu nalétaných hodin. V 50 % byla zjištěna závislost nystagmického kupulogramu na výši sluchových ztrát. Je nutno tedy do určité míry připustit i tlumivý vliv hluku na snížení dráždivosti VA.

Celkově nižší dráždivost VA pilotů má za následek dokonalý útlum vegetativních reakcí a bezvadnou schopnost orientace i za náročných podmínek vysoké pilotáže.

Literatura

1. Arslan, M.: The Senescens of the Vestibular Apparatus Practica Otorhinolaryngol. 19, 1957, 5: 475—483.
2. Aschan, G.: Response to rotatory Stimuli in Fighter Pilots Acta Oto-Laryngol. (Stockh.) Supplem. 116, 1954: 24—31.
3. Beauchamp a spol., R. G.: L'adaptation vestibulaire dans l'aviation Revue des Corps de santé des Armes 2, 1961, 6: 803—811.
4. Černý, E. Holub, M.: Vliv jízdy pásovým transportérem na kochleovestibulární činnost. Vojenské zdrav. listy, 32, 1963, 1: 6—10.
5. Černý, E. Navrátilová, A.: Kupulometrické vyšetřování u vojáků s akustickým traumatem. Vojenské zdrav. listy, 33, 1964, 3: 119—122.
6. Ek, J., Jongkees, L. BW., Klijn, J.: The Threshold of the Vestibular Organ. Acta Oto-Laryngol. (Stockh.) 50, 1959, 3—4: 292—300.
7. Van Eyck, M.: Recherches sur le traumatisme sonore labyrinthique. Acta Oto-Laryngol. (Stockh.) 53, 1961, 2—3: 278—280.
8. Grigorjev Ju. T. Bochov BB.: Novaja ustanovka dlja adekvatnogo razdražděníja vestibularnogo analysatora. Věstnik ORL, 23, 1961, 6: 85—87.
9. Klaus, R. N.: Evaluation of a simple Coriolis Test on the Vestibular Sensitivity. Aerospace Med. 31, 1960, 20: 852—855.
10. Kublanova, P. S.: K voprosu o vlijanije vibracij na sostojanije slucha i vestibularnogo apparata. Věstnik ORL, 22, 1960, 3: 15—21.
11. Langraf, F.: Otologische Aspekte der Reisenkrankheit Practica. Otorhinolaryngol. 21, 1959, 5: 373—380.
12. Těmkin, ja. S.: Patogenes i klinika vibracionnych kochleovestibularnych nerušenij. Věstnik ORL 22, 1960, 3: 5—15.
13. Yanoulis, G. E., Manolidis, L.: Über die Statoakustischen und psychosomatischen Störungen des Flughafenpersonals durch Lärm Acta Oto-Laryngol. (Stockh.) 53, 1961, 2—3: 219—229.