

617.761-009.24-073.97

ELEKTROOKULOGRAFIE

Podplukovník MUDr. Miroslav MORÁŇ, major Oldřich BRZOKOUPIL, prom. lékař
vojenská nemocnice Olomouc

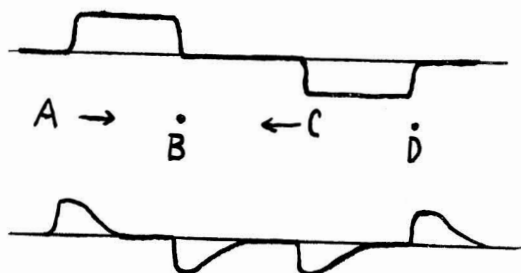
Vyšetřování pohyblivosti očí a nystagmu (spontánního a experimentálního) má značný význam pro různé obory lékařství, zejména pro diagnostiku a sledování průběhu onemocnění ušních, nervových a očních. Důležitou úlohu má zvláště při vyšetřování vestibulárního aparátu, jehož poruchy podmiňují snížení schopnosti k výkonu některých povolání, např. aktivní letecké služby. Je pravděpodobné, že požadavky na vestibulární aparát budou s rozvojem letecké a raketové techniky stoupat a že budou kladeny zvýšené nároky i na zjišťování jeho poruch. Problematikou významu vestibulárního aparátu se v poslední době zabýval ve Vojenských zdravotnických listech Stárek [25]. Správně zdůraznil, že je nezbytné, aby oto-neurologické laboratoře byly vybaveny zařízením pro elektronystagmografii a kupulometrii, umožňujícím zkvalitnění vestibulárního vyšetření a jeho dokumentaci. Jako zápornou stránku těchto metod uvádí časovou náročnost. Vzhledem k těžké dostupnosti speciálního zařízení pro elektronystagmografii použili jsme běžného elektroencefalografu bez jakýchkoli jeho úprav. Naše dosavadní zkušenosti ukázaly, že je takto možno bez zvláštního časového zatížení registrovat nystagmus spontánní, kalorický, ev. optokinetický, zatímco registrace nystagmu per-

rotačních a postrotačních (Barány, prahová dráždivost podle Montadona, kupulometrie), které jsou vyšetřením adekvátnějším, fyziologičtějším a mnohem přesnějším než zkouška kalorická, by vyžadovalo úprav v našich podmínkách neproveditelných. V tomto sdělení se zabýváme výhradně jen metodikou registrace očních pohybů, včetně nystagmu, bez zaměření na užší problémy. Naším prvním cílem bylo získat zkušenosti pro časově nenáročné vyšetření většího počtu osob.

Vyšetřování očních pohybů naráželo dosud na značné potíže, zejména u nystagmů. Pohyb očí je u nich příliš rychlý, takže ztěžuje vizuální sledování a zaznamenávání detailů, jako frekvence, amplitudy, doby trvání a rychlosti jednotlivých složek. Různí autoři se proto pokoušeli o přímou registraci očních pohybů. Dosud používané metody je možno rozdělit do tří skupin: metody mechanické, optické a elektrické.

1. Metody mechanické: Spočívají v přenášení očních pohybů pomocí jehly nebo pákového mechanismu, upevněného na rohovce. První pokusy konal Dewar a McKendrick 1873 (cit 10). Metodu propagoval hlavně Ohm (cit 13), který doporučoval svůj „Hebelnystagmograph“ ke klinickému použití. Připevnění zapisujícího mechanismu

a - *přímá* vazba



b - *odporově-kapacitní* vazba

Obr. 1

Schéma zápisu: a) zesilovačem s přímou vazbou, b) zesilovačem s odporově kapacitní vazbou. A → pohled doprava, B • pohled přímo, C ← pohled doleva, D • pohled přímo.

působí vyšetřovanému subjektivní potíže a do jisté míry též ohrožuje oko. Křivka je poněkud zkreslena setrvačností páčky a registrace větších výkyvů je obtížná.

Do této skupiny možno též zařadit pneumografickou metodu, navrženou Buysem [cit 13]: rohovka se pohybuje po membráně, která uzavírá prostor, naplněný vzduchem. Pohybem oka se tlak v tomto prostoru zmenšuje nebo zvětšuje, změny tlaku se zapisují pomocí pákového mechanismu.

2. Metody optické: Na rohovce je upevněno na způsob kontaktní čočky zrcátko, od něhož se odráží světelný paprsek na otáčivý buben s citlivou fotografickou emulzí. Takového zařízení použil poprvé Dodge a Cline 1901 [cit 13]. Je to metoda velmi citlivá a přesná; její nevýhodou je značná složitost a nutnost provádět vyšetření potmě.

Podobný je nystagmograf Vojačkův [28]: zrcátko je upevněno na víčkách zavřeného oka.

Další optickou metodou je nafilmování očních pohybů. Film je sice velmi instruktivní, ale rozbor jednotlivých snímků a měření požadovaných hodnot je obtížné a příliš zdlouhavé.

Jak mechanické, tak optické metody se nerozšířily pro složitost a časovou náročnost.

3. Metody elektrické: Sériové vyšetřování očních pohybů umožnily teprve elektronkové zesilovače. Pomocí nich lze registrovat i velmi malé změny elektrického potenciálu, k nimž dochází při pohybu oka. Již Du Bois-Reymond 1846 zjistil, že oko tvoří elektrický bipól s kladným potenciálem v předním úseku a se záporným potenciálem v zadním úseku (u člověka a teplokrevných zvířat). Toto korneo-retinální napětí je velmi nízké, jeho intenzita se pohybuje mezi 2–17 mV (Vanýsek-26). Skutečnou hodnotu by bylo možno změřit jen na čerstvě enukleovaném oku. Místem vzniku tohoto klidového proudu oka je hlavně sítnice. V okolí oka vzniká relativně homogenní elektrické pole, jehož hladina se mění při pohybu oka. Umístíme-li dvě elektrody

na povrchu kůže po stranách oka, vznikají v nich při přiblížení předního (+) a zadního (–) pólu analogické potenciály. Tyto potenciály a jejich výkyvy můžeme měřit a registrovat. Velikost naměřených potenciálů je závislá na celé řadě faktorů, jak bude uvedeno dále, je však u téže osoby poměrně stabilní. Protože dvě elektrody, umístěné symetricky po stranách oka, dávají obraz pohybu oka jen v jedné rovině, je třeba k zápisům pohybu ve více rovinách více párů elektrod.

Výhodou elektrické metody oproti mechanické je možnost registrace libovolných exkursí oka a snadnost provedení. Nevýhodou je menší citlivost. Registrace očních pohybů se nazývá elektrookulografií (eog), registrace nystagmu, jako zvláštního druhu očních pohybů, elektronystagmografií (eng).

Pro eog je výhodné použít zesilovačů s přímou vazbou (stejnoseměrných), jimiž se měří skutečné hodnoty potenciálu elektrického pole a získané křivky udávají polohu oka v daném okamžiku (obr. 1a). Výroba a provoz přístrojů tohoto typu jsou dosti náročné, proto se jich používá málo.

Jednodušší je provoz přístrojů s odporově kapacitní vazbou (zesilovače typu RC), které tvoří podstatu běžných elektrokardiografů a elektroencefalografů. Přivedeme-li na jejich vstup stále napětí, dochází po počátečním vzestupu křivky i při neměnnosti napětí k poklesu křivky v časovém průběhu charakteristickém pro daný přístroj (tzv. časová konstanta). Křivka má strmou část, odpovídající změně potenciálu, a povlnnou část, odpovídající časové konstantě (obr. 1b). Její charakter je tudíž zcela odlišný od charakteru křivky, získané na přístrojích prvního typu. Neukazuje skutečný elektrický potenciál (a polohu oka) v daném okamžiku, nýbrž jen změny potenciálu (a změny polohy oka) — za předpokladu, že jsou tyto změny dostatečně rychlé vzhledem k časové konstantě přístroje. Jsou proto aparatury s RC vazbou vhodnější pro eng, kdežto v eog jich lze použít jen tam, kde chceme registrovat rychlý pohyb oka v předem určeném rozsahu. Ale i zde je třeba, aby byla časová konstanta co nejdéší.

Elektrookulografii a elektronystagmografií jako klinickou metodu zavedl Schott 1922 [cit 13] a Monnier [cit 14]. Četní další badatelé zdokonalovali techniku a metodiku vyšetřování, sledovali závislost potenciálových změn na rozsahu očních pohybů. O rozšíření metody se nejvíce zasloužil Jung [14, 15]. Dnes se jí používá hlavně k vyšetřování vestibulárního aparátu a písemnictví v tomto oboru je velmi rozsáhlé. U nás používá eng Černý [6], Holub [7], Černáček a sp. [4, 5], Guensberger a sp. [12].

V novější době byly zkonstruovány dokonalé přístroje umožňující vyšetřování a registraci nystagmu ve složitých podmínkách pokusu (regulovatelná rychlost a urychlení při otáčení, množství otáček, změny polohy hlavy a těla; zařízení pro optokinetický nystagmus apod.). Pro složitost a nákladnost jsou těmito přístroji vyba-

vena jen ojedinělá klinická pracoviště (7). Četná neurologická pracoviště však mají dokonalé eeg. přístroje, jichž je možno použít k eng (a s určitým omezením i k eog) bez jakýchkoli adaptací. Podobně je možno použít i ekg. přístrojů, u nichž je však většinou nutno zvýšit citlivost předzesilovačem; též elektrody u ekg. přístrojů jsou pro eng příliš velké. Výhodou je přenosnost elektrokardiografů.

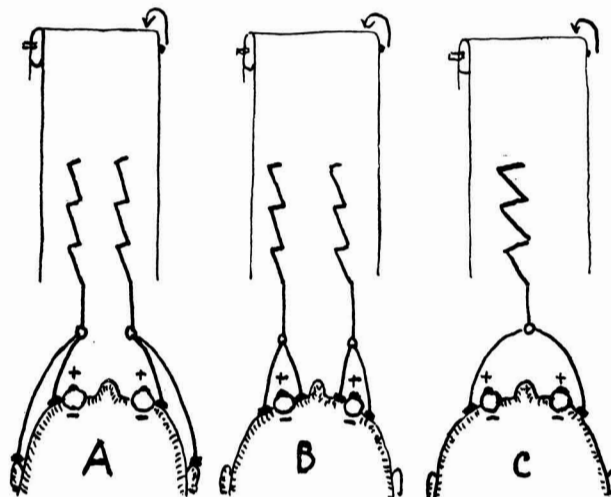
Možnosti eog. a eng. vyšetření: lze jimi registrovat pohyby očí všemi směry kromě krouživých, tj. pohybů kolem předozadní osy, protože při nich nedochází ke změně polohy dipólu oka. Lze vyšetřovat pohyby i při zavřených očích a ve tmě — s vyloučením zrakové složky — což má mimořádný význam pro zkoušení funkce vestibulárního aparátu. Z velikosti amplitudy křivky lze vypočíst v určitém rozmezí dosti přesně úhel pohybu oka. Většina autorů (13, 14) se shoduje v názoru, že velikost naměřených potenciálů je s výjimkou vysokých exkursí oka lineárně závislá na úhlu očních pohybů. Výše a změny potenciálů jsou individuální a závisí na řadě faktorů (druh elektrod a jejich poloha, odpor kůže, fyziologický stav oka, adaptace na tmu a jiné dosud přesně neprozkoumané faktory, jako věk, pohlaví, sezónní vlivy, denní kolísání (8, 23, 24). Je proto nutno před každým jednotlivým vyšetřením provést kalibraci na určitý úhel pohybu oka, např. 15° nebo 30°.

Z ní se pak vychází při výpočtu amplitudy. Není možno přímo srovnávat amplitudu ze zápisů, získaných u různých vyšetřovaných osob. U nystagmu se zjišťuje frekvence (počet záškubů za vteřinu nebo minutu), amplituda (úhel záškubů), doba trvání jednotlivých složek, doba trvání nystagmu (u postrotačního), směr nystagmu (podle rychlé složky), popřípadě úhlová rychlost pomalé složky (úhel pohybu za vteřinu). Kvantitativní poměr složek nystagmu se lépe vyjádří derivačním zesilovačem (13).

Použití eog a eng: nejvíce se používá eng v ušním lékařství k registraci experimentálních nystagmů kalorických, perrotačních a postrotačních. Za konstantních, přesně dozovaných podmínek se zjišťuje doba trvání nystagmu a kvantitativní poměry pomalé složky, které jsou hlavním ukazatelem intenzity vestibulární reakce (16, 21). Je možno přesně stanovit prahové hodnoty vestibulární dráždivosti (Montadon - 16), registrovat kupulometrické vyšetření apod. Vyšetření vestibulárního aparátu se provádí u letců (určení schopnosti k létání), při různých onemocněních vestibulárního aparátu, mozkových poraněních apod.

V neurologii se uplatňuje eog a eng při diagnostice a sledování léčebných výsledků obrn okohybných nervů (3), poruch mozkového kmeně a jiných částí mozku sledováním vztahů mezi optokinetickým a vestibulárním nystagmem (15, 17), při výzkumu podmíněných reflexů (4, 5).

V očním lékařství se používá eog k sledování poruch pohyblivosti očí, k analýze různých druhů pohybů (volní, sledovací, reflektorické, po-



Obr. 2

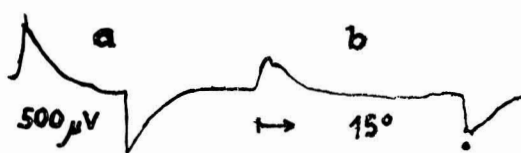
Schéma svodů: A — unipolární, B — bipolární z každého oka zvlášť, C — bipolární z obou očí.

hybů očí při čtení), k sledování výsledků léčby šilhání. Pipper (18, 19) registruje průběh vyšetřování senzomotorických funkcí zrakových na projekčním adaptometru Riekenově-Meesmannově; Semenovskaja (22) provádí analýzu tupozakosti a šilhání, Falkowska (9) určuje pomocí eog prizmatickou korekci u vrozených nystagmů zjištěním úhlu, při kterém je nystagmus nejméně vyjádřen a kde je tudíž i nejlepší ostrost zraková. V poslední době se zaměřuje výzkum na vyšetřování funkce sítnice pomocí eog. Bylo prokázáno, že se korneo-retinální potenciál mění vlivem osvětlení. Na rozdíl od elektroretinografie, při níž se registrují akční proudy vznikající v sítnici bezprostředně po osvětlení, dochází ke změnám potenciálů při eog velmi pomalu (největší rozdíly jsou asi za 8—10 minut po změně osvětlení), což svědčí pro metabolickou podstatu těchto změn. Dosud nebyla vypracována jednotná metodika, výzkumem se zabývá Francois (11), Arden a sp. (1, 2) a jiní.

Eog a eng umožňuje při použití příslušné přístrojové techniky sledování pohybů očí u řidičů a letců v podmínkách jejich zaměstnání. Bylo jí použito též u některých sovětských kosmonautů ke zjištění, zda nedochází během velkého zrychlení po startu a při přechodu do stavu bez tíže k vestibulárním poruchám.

V experimentálním lékařství je možno registrovat pohyby očí u pokusných zvířat při zkoumání vlivu farmak, anoxie, experimentálních lézí mozkových apod. (10, 17).

Naše metodika: pracujeme s elektroencefalografem fy Alvar, typ Reega-Bureau Special. Přístroj má měnitelnou časovou konstantu 0,1 sek, 0,3 sek a 0,7 sek. Používáme časové konstanty nejdlejší; je vhodná pro eng, avšak ještě příliš krátká pro eog. Bylo by ji možno vhodnou úpravou přístroje prodloužit (Pipper - 19 dosáhl úpravou prodloužení na 5 sek, což mu umožnilo kvalitní eog. zápisy).



Obr. 3

Kalibrace: a) kalibrace přístroje při $500 \mu V$, b) kalibrace pohledu doprava o 15° (→) a zpět (•) do přímého pohledu.

Pro nízkou časovou konstantu nelze analyzovat zápisy nystagmů pendulujících — zde by bylo třeba užít zesilovače s přímou vazbou. Je-li totiž rychlost pohybů očí vzhledem k časové konstantě příliš pomalá, nedosáhne amplituda křivky plné výše a potenciálové změny se nezobrazí věrně. Ke snímání jsme zatím používali běžných elektrod pro eeg, na kůži je připevňujeme bentonitovou pastou. Podle literárních údajů (22, 24) jsou vhodnější zvláště upravené menší elektrody se solným roztokem. Odpor se v našich podmínkách pohyboval mezi $5000-12000 \text{ Ohmů}$, což vcelku vyhovuje našim potřebám. Velmi závažné je umístění elektrod. V ideálním případě by měly být v nultém bodě, tj. ve stejné vzdálenosti od předního a zadního pólu oka. To však není z anatomických důvodů proveditelné. Snažíme se je umístit co nejbližší k očním koutkům, protože při zvětšování vzdálenosti od oka potenciál rychle klesá. Aby se dosáhlo pokud možno stejných podmínek u všech vyšetření, je vhodné, aby vyšetřování prováděla táž osoba.

Zápis je možno snímat z každého oka samostatně buď unipolárně nebo bipolárně, nebo z obou očí najednou bipolárně. Při unipolárních svodech (obr. 2 A) jsou elektrody umístěny u zevního očního koutku a na stejnostranném ušním boltci, při bipolárních svodech (obr. 2 B) při zevním a vnitřním očním koutku. Bipolární zápis z obou očí je výhodný pro registraci nystagmu — elektrody jsou u obou zevních koutků (obr. 2 C). Individuální variace jsou u tohoto zápisu menší než při zápisech z každého oka zvláště a amplituda křivky je vyšší. Při registraci vertikálních pohybů upevňujeme elektrody uprostřed horního a dolního okraje očníce. Provádíme vždy současně zápis ze svodů horizontálních i vertikálních pro odlišení artefaktů vzniklých pohybem víček. Svalové potenciály při mrknutí se zapíší zřetelně na vertikálních svodech, kdežto horizontální jen naruší. Indiferentní elektrodu upev-



Obr. 4

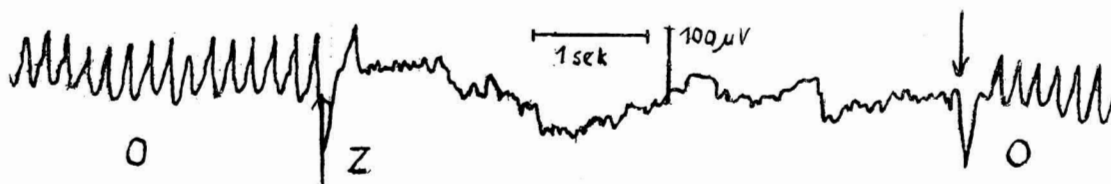
Zápis maximální exkurse očí: a) kalibrace přístroje při $500 \mu V$, b) maximální pohled doprava (→) a zpět (•).

ňujeme na čelo. Nevýhodou našich eeg. elektrod je obtížné připevňování ve vnitřních koutcích pro jejich značnou velikost.

Před zahájením vyšetření provádíme kalibraci přístroje (obr. 3a, 4a). Vyšetřovanému vysvětlíme, co se s ním bude dít a vyzkoušíme s ním všechny druhy pohybů, které od něho budeme požadovat. Vyhne se tím dotazům, nedorozuměním a nežádoucím pohybům, zejména mrkání a svírání víček během snímání zápisu. Vyšetřovaný sedí pohodlně v křesle, s opřenou hlavou; nejlépe se k tomu hodí zubolékařské křeslo nebo jiné zařízení k fixaci hlavy. Vlastní vyšetření zahájíme kalibrační křivky na pohyb očí v úhlu 15° : vyšetřovaný se dívá na značku, umístěnou přímo před ním, a na povel změni směr pohledu na druhou značku, umístěnou 15° napravo nebo nalevo. Velikost výkyvu křivky je individuální a závisí na výše uvedených okolnostech (obr. 3b). Henricksson (13) provádí kalibraci sledováním prodlouženého kyvadla metronomu, což je velmi výhodné při použití stejnosměrných zesilovačů. Falkowska (10) a jiní provádějí kalibraci pomocí perimetru. Nato registrujeme maximální úhel pohledu do stran (obr. 4b), pasivní pohyby očí, konvergenci a divergenci apod. Zápis nystagmů děláme při otevřených a zavřených očích (obr. 5), při pohledech do stran (obr. 6), popřípadě při různých polohách hlavy. Používáme posunu papíru 15 mm/sek . Pro registraci experimentálních nystagmů by bylo třeba pomalejšího posunu, aby byl zápis přehlednější.

Citlivost metody je závislá na druhu použitého přístroje a umístění elektrod. Jung (14) odlišil pohyb 5° , Halstead (cit 23) 1° , Shackel (23, 24) úhel $5'$. V našich podmínkách lze dosti spolehlivě registrovat výchylky asi 1° , jestliže si vhodně nastavíme citlivost přístroje. Zápis menších výchylek již nelze rozeznat od jiných bioelektrických potenciálů, zachycených elektrodami. Při snímání zápisu začínáme s $500 \mu V$ a podle potřeby přecházíme na hodnoty nižší. Zapojení elektrod jsme si uspořádali tak, aby se pohyby očí směrem doprava a nahoru zapisovaly výchylkou křivky nahoru, pohyby očí doleva a dolů výchylkou křivky dolů. Zdá se nám to praktičtější než způsob navržený Montadonem a Monnierem (16), kteří výchylkou křivky nahoru zapisují abdukci obou očí a pohled dolů, výchylkou křivky dolů zapisují addukci a pohled nahoru.

Výhodou metody je možnost rutinního provádění registrace s využitím běžných eeg. přístrojů. Vyšetřování nezatěžuje vyšetřovaného a neklade velkých časových nároků na vyšetřujícího. Umožňuje dokumentační objektivní analýzu nystagmu a jiných očních pohybů. Pro potřeby vojenského zdravotnictví by jí bylo možno použít zejména při vyšetřování vestibulárního aparátu u letců. Registrace kalorického nystagmu je mnohem přesnější než vizuální sledování nystagmu, navíc lze vyšetřovat i při zavřených očích s úplným vyloučením zrakové složky.



Obr. 5

Vrozený nystagmus při otevřených očích (O) a při zavření očí (Z). Při vyloučení zrakové složky dochází u vrozených nystagmů zpravidla k oslabení kmitů (kdežto nystagmus vestibulární naopak zesiluje). Zápis při zavřených očích je rušen svalovými potenciály, způsobenými chvěním víček.

Souhrn

Popsána metodika elektrookulografie a elektronystagmografie a klinický význam této vyšetřovací metody. Elektronystagmografii a s určitým omezením i elektrookulografii lze provádět s použitím běžných elektroencefalografů bez jakýchkoli jejich úprav. Ve vojenském zdravotnictví by bylo možno elektronystagmografie využít hlavně při vyšetřování vestibulárního aparátu v rámci posuzování schopnosti k letecké službě. Elektronystagmografické vyšetření je přesnější a objektivnější než dosud prováděné vizuální hodnocení nystagmu.

Резюме

Описана методика электроокулографии и электронистагмографии и подчеркнута клиническое значение данных методов исследования. Электронистагмографию, а с определенным ограничением и электроокулографию, можно проводить с помощью применяемых в повседневной практике электроэнцефалографов без каких бы то ни было технических изменений последних. В военно-санитарных нуждах можно было бы электронистагмографию использовать главным образом при исследовании вестибулярного аппарата в рамках врачебно-лётной экспертизы. Электронистагмографическое исследование точнее и объективнее, чем проводимая до настоящего времени визуальная оценка нистагма.

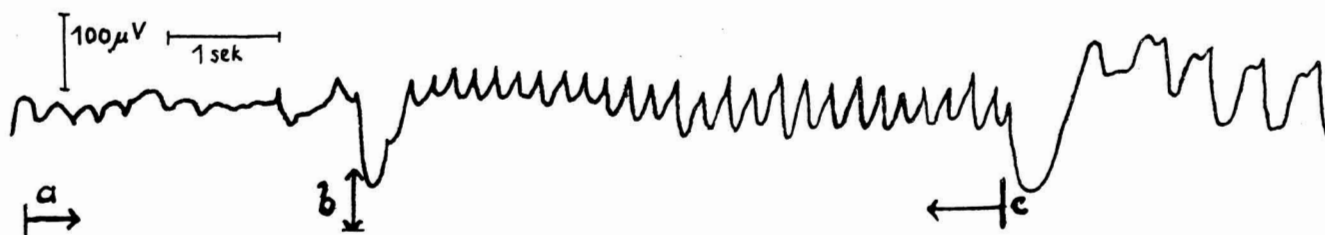
Summary

The technic of electrooculography and electronystagmography and the clinical importance of these methods is described. It is possible to carry out electronystagmography and with a certain restriction

even electrooculography with the normal electroencephalographs without any arrangement of them. In the military medicine it would be possible to use the electronystagmography especially at examinations of the vestibular system, to determine the fitness for service at the air force. The electronystagmography is a more precise and objective form of examination than the till now used visual examination of nystagmus.

Literatura

1. Arden G. B., Barrada A., Kelsey I. H.: Brit. J. Ophthal. 46, 449, 1962.
2. Arden G. B., Barrada A.: Brit. J. Ophthal. 46, 468, 1962.
3. Cohn R.: Neurology 7, 684, 1957.
4. Černáček J.: Bratisl. lék. listy 35, 387, 1955.
5. Černáček J., Sobeký L.: Bratisl. lék. listy 34, 585, 1954.
6. Černý E.: Čs. otolaryng. 7, 331, 1958.
7. Černý E., Holub M.: Čs. otolaryng. 12, 187, 1963.
8. Davis R., Shackel B.: Brit. J. Ophthal. 44, 606, 1960.
9. Falkowska Z., Szmigielski M.: Klin. oczna 32, 327, 1962.
10. Falkowska Z., Szmigielski M., Zielińska S.: Klin. oczna 31, 373, 1961.
11. Francois J., Verriest G., De Rouck A.: Brit. J. Ophthal. 39, 398, 1955, 40, 108, 1956, 40, 305, 1956.
12. Guensberger E., Horkovič - Kováč O., Borodin O.: Čs. psychiatrie 52, 165, 1956.
13. Henriksson N. G.: Acta otolaryng. 45, 24, 1955.
14. Jung R.: Handbuch der inneren Medizin, Neuropsychologische Untersuchungsmethoden, Springer Verlag Berlin-Göttingen-Heidelberg, Vyd. 4. díl V/1, 1953, str. 1325-79.
15. Jung R., Kornhuber H. H.: Arch. Ophthal. 66, 437, 1961.
16. Montadon A.: Funktionsprüfung des Innenohres, G. Thieme Verlag Stuttgart, 1960, str. 79-88.
17. Kornhuber H., H.: Pflügers Archiv 272, č. 1, 77, 1960.
18. Pipper H. F.: Ueber verschiedene Formen des Schielens, ihre Entstehung und Behandlung, VEB G. Thieme, Leipzig 1961.
19. Pipper H., F.: Bericht über die dritte Tagung der Augenärzte der DDR, VEB G. Thieme Verlag, Jena 1960, str. 75-77.
20. Powsner E. R., Lion K. S.: Electronics 23, 96, 1950.
21. Preber L.: Acta oto-laryng. 47, 520, 1957.
22. Semenovskaja E. P.: Sodružestvennoje kosoglazie i ambliopia, Medgiz, Moskva 1962.
23. Shackel B.: Brit. J. Ophthal. 44, 89, 1960.
24. Shackel B., Davis J. R.: Brit. J. Ophthal. 44, 337, 1960.
25. Stárek J.: Voj. zdrav. listy 32, 64, 1963.
26. Vanýšek J.: O fyziologii a patologii lidského elektoretinogramu, Naše vojsko 1954, str. 13-55.
27. Velhagen K.: Der Augenarzt, díl III, VEB G. Thieme, Leipzig 1960, str. 869-871.
28. Vojaček V. I.: Osnovy oto-rino-laryngologii, Medgiz, Moskva 1953, str. 93.



Obr. 6

Pohled do stran u vrozeného nystagmu:

- a) → pohled doprava: nepravidelný nystagmus, obě složky přibližně stejně rychlé (na samotném počátku křivky je rychlá složka doprava), frekvence asi 4/sek, amplituda asi 30 μV;
- b) → pohled přímo: pravidelný nystagmus s rychlou složkou doleva, frekvence asi 5/sek, amplituda 50-60 μV;
- c) ← pohled doleva: hrubý pravidelný nystagmus s rychlou složkou doleva, frekvence asi 2,5/sek, amplituda asi 100 μV.