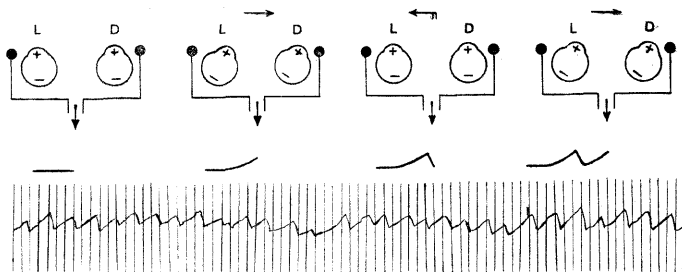


MJERENJA U ELEKTRONISTAGMOGRAFIJI

UVOD

Elektronistagmografija je metoda zapisivanja nistagmusa (nistagmografija), ali bilježi zapravo sve pomake oka (okulografija) koristeći se pri tome električnim potencijalom oka (elektronistagmografija).

Oko je dipol s pozitivnim polom na korneji i negativnim na retini. Pomaci oka su pomaci dipola, pa dolazi do električnih promjena u električnom polju, u kojemu se nalaze elektrode. Promjene potencijala na bipolarnom odvodu bivaju pojačane elektronskim pojačalom u elektron-



Slika 1 Oko kao dipol i zapis nistagmusa

istagmografu i prenesene pisačima na papir. Prema konvenciji (Ženeva 1960), pomak pisača prema gore u horizontalnom kanalu znači pomak oka udesno, a pomak pisača prema gore u vertikalnom kanalu znači pomak oka prema gore (7).

Elektronistagmografija se upotrebljava u nekoliko struka: neurologiji, neurokirurgiji, okulistici (neurooftalmologiji), otologiji (otoneurologiji), neurofiziologiji i eksperimentalnoj psihologiji. Ta je metoda tek u početku svog razvoja, a kao izrazito interdisciplinarna, pokazat će očekivani napredak samo u timu spomenutih stručnjaka, priključivši im elektroničare i kibernetičare.

Primjena elektronistagmografije sve je veća, literatura je postala goleme, ali njezina dijagnostička vrijednost ostala je dosta ograničena. Dolazi vrijeme kompjutorske obrade podataka u medicini, što će sigurno dati i novi zamah elektronistagmografiji, pa je potrebno preispitati metode zapisavanja i metode izračunavanja podataka. Uključivanjem stroja u analizu, on mora dobiti što jednostavnije, čišće i mjerljivije podatke.

Prednost je elektronistagmografije pred nekim drugim metodama zapisivanja nistagmusa u tome što se snimanje vrši i sa zatvorenim očima, kad je supresija najmanja i nistagmus najsobodniji (2, 19). Ali i ta prednost traži što pouzdaniji zapis, jer kod zatvorenih očiju nije moguća neka druga kontrola pomaka oka. Ako se u zapisu javi greška, ne postoji mogućnost da se otkrije.

Kako je elektronistagmografija mlada struka, sasvim je izvjesno da elektronistagmogram nosi u sebi mnogo više interpretativnih mogućnosti nego li ih danas koristimo. Ranije snimljeni nistagmogrami poslužiti će kasnije za analizu i obradu pojedinih problema, za koje će nam biti potrebni pojedini elementi zapisa kojima danas ne pridajemo značenje. To je sigurno, jer nam se i danas takve stvari događaju.

Spomenuti su samo neki izdvojeni razlozi za dobar zapis nistagmusa. Dobar i vjeran zapis je uvjet bez kojega nikakva mjerenja ni izračunavanja ne mogu biti točna.

Upotrebljavaju se vrlo raznolika mjerenja nistagmusa, pojedinih njegovih komponenata, osobito u provociranom nistagmusu. Postoje skupine mjerenja za pojedini nistagmični trzaj, skupine mjerenja za ukupni nistagmični odziv, te razni načini izračunavanja jačine nistagmusa.

Pojedine komponente nistagmusa u takvom su međusobnom odnosu da se iz podataka jednih može zaključivati o veličinama drugih.

Još nisu razrađene metode mjerenja koje obradom podataka u nistagmogramu mogu isključiti mogućnost grešaka (na primjer, zbog otklona smjera nistagmusa ili zbog disociranog nistagmusa).

Provocirani kalorični i rotacijski nistagmus nose u sebi dobre i loše strane kaloričnog i rotatornog testa. Ako se upotrebljavaju oba testa, dobit će se više podataka, neki će podaci biti sigurniji, neke će loše strane pojedinog testa moći biti isključene, a moći će se dobiti i neki novi podaci, koje izolirani testovi u sebi ne sadrže.

Sve su to problemi koje je potrebno riješiti da bi se stvorili uvjeti za strojnu analizu. Tako možemo razlikovati tri grupe zadataka:

1. tražiti metodu zapisa koja će pružiti mogućnost što točnijeg mjerenja,
2. tražiti metode mjerenja nistagmusa,
3. tražiti metode uspoređivanja kaloričnog i rotacijskog nistagmusa.

I

UVJETI TOČNOG ZAPISA

Da bi se postigao vjeran zapis s dovoljnim brojem informacija, treba osigurati dobre uvjete snimanja, što ovisi o:

- elektronistagmografu, o njegovim svojstvima da što više isključi smetnje (u prvom redu mišićne) i da što adekvatnije zapiše nistagmus,
- kalibraciji, i stabilnosti korneoretinalnog potencijala,
- postavljanje elektroda na takav način da se može analizirati svaka promjena smjera nistagmusa.

To su samo vanjski uvjeti pravilnog zapisivanja nistagmusa, ali neopodno potrebni za bilo kakav rad i pouzdanost bilo kakvih rezultata. Nastajanje nistagmusa i ispitivanje faktora koji ga mogu mijenjati djelovanjem na raznim razinama refleksnog luka neuporedivo je složeniji problem, kojemu s odgovarajućom ozbiljnošću može pristupiti tek tim stručnjaka.

ELEKTRONISTAGMOGRAF

Elektronistagmograf treba da zadovolji slijedeće zahtjeve:

1. Da ima pet kanal: četiri kanala za rutinske odvođe i mogućnost diferenciranih odvođa (horizontalni i vertikalni), te jedan derivacioni kanal za prikazivanje brzine spore komponente. Derivacioni kanal uzima signal nakon što je ovaj prošao kroz pretpojačalo, te ga unosi u drugo pojačalo. Izlazna amplituda ovog kanala ovisi o brzini pomaka oka, pa je pomak pisaač proporcionalan brzini spore komponente. To ne mora biti kvantitativni kanal koji pokazuje jačinu brzine, nego samo odnos brzina.
2. Da ima AC pojačalo s velikom vremenskom konstantom od 3 sekunde. Još je bolje ako je vremenska konstanta 4 1/2 sekunde. Treba da je ugrađen potencijometar koji će omogućiti kalibriranje kod raznih veličina korneoretinalnog potencijala.

3. Pojačanje, kod najjačeg pretpojačanja i pojačanja, treba da omogućiti pomak pera za 1 mm, ako je ulazni signal 1 mikrovolt. Pretpojačalo povećava signal 400 puta, tako da može 1 mikrovolt podići na 400 mikrovolta (0,4 milivolta). Pojačalo će ta 0,4 milivolta pojačati na 280 milivolta. Galvanometarski krug treba da primi 280 milivolta da bi se pero moglo pomaknuti za 1 mm (1 mikrovolt ulaza za pomak pisača od 1 mm).
4. Između pretpojačala i pojačala treba da je filter koji će propustiti samo frekvencije niže od 8 Hz. Tako će se izbjeći zapis tremora koji ima frekvenciju između 8 i 12 Hz, kao i frekvencija mišića koje su između 20 i 5.000 Hz.
5. Dobro je da aparat ima brzine papira 1, 1,5, 2 i 2,5 cm/sek, i
6. Da je aparat s tranzistorima, da bi bio prenosan, kako bi se snimanje moglo vršiti i uz krevet bolesnika, i uz operacioni stol.

KALIBRACIJA

Označavanje amplitude kod pomaka oka za 5, 10, 15 itd. stupnjeva horizontalno lijevo i desno, te vertikalno gore i dolje pomoću Maddox-križa (Montandon) nije kalibriranje na standardnu vrijednost, pa se dva zapisa ne mogu direktno uspoređivati, nego samo pomoću preračunavanja.

Općenito je prihvaćen drugi način, svodenje amplitude pomaka na odgovarajuću veličinu amplitude u zapisu. Ispitanik gleda izmjenično u dvije točke koje su pod kutom od 10 ili 20°.

Jongkees i Philipszoon kalibriraju pomak oka od 20° kao 16 mm (3, 12), Smith kalibrira 10° kao 15 mm (17).

Rubin (1968) sugerira da se kalibrira 10° otklona oka kao 10 mm pomaka pisača. Takvu kalibraciju vršimo već četiri godine potaknuti ne-
kolikim razlozima:

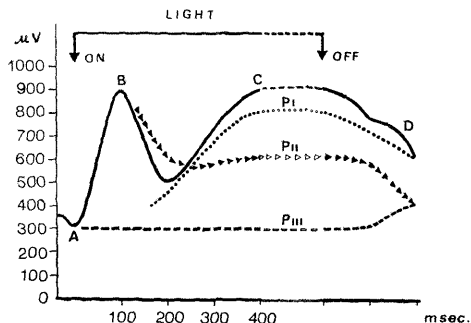
1. Ta veličina odgovara prosječnoj amplitudi provociranog nistagmusa i zauzima srednji dio amplitude pisača, gdje velike amplitude dosežu 20°, a male iznose samo nekoliko stupnjeva.
2. Vodili smo računa da nam ulazna veličina (pomak oka) i izlazna veličina (zapis) imaju što linearniji odnos pojačanja da bi se izbjegla nelinearna izobličenja. To smo najbolje postigli kalibriranjem od 10 mm za 10° pomaka oka (inž. M. Kunštić).
3. Veće pojačanje dovelo bi kod velikih amplituda do dodirivanja i preklapanja (ili rezanja) zapisa dvaju kanala, ili bi zahtijevalo da su pisači na većoj udaljenosti od uobičajene.
4. Takav način kalibriranja (1 mm za 1°) omogućuje najlakše mjerenje amplitude i izračunavanje brzine spore komponente.

KORNEORETINALNI POTENCIJAL

Kalibriranje je potrebno, jer već sam položaj elektroda, njihov odnos prema očima, pokazuje individualne razlike koje utječu na jačinu zapisa. Ali, glavni je razlog individualnih razlika promjenljivost korneoretinalnog potencijala. On nije jednak kod raznih osoba, a i kod istog oka se mijenja.

Korneoretinalni potencijal prvi je opisao Dubois-Reimond 1849. godine (3). Taj potencijal u prvom redu ovisi o promjenama na retini. To su primarno fotokemijske, a sekundarno električne pojave. Pod djelovanjem svjetla mijenja se rodopsin (koji ima direktnu vezu s osjetljivošću štapića) iz purpurne supstancije u narančastu, svijetložutu i bijelu supstanciju, što je izraz njegovih kemijskih promjena. Zato su najveće razlike u korneoretinalnom potencijalu između oka adaptiranog na svjetlo i adaptiranog na tamu. Rodopsin, kao primarno fotosenzibilna supstancija, regenerira i za vrijeme stalnog gledanja, a ne samo u mraku. Tako i za vrijeme izvrnutosti oka svjetlu, kao i onda kad je u mraku, dolazi do manjih oscilacija tog potencijala (9).

Korneoretinalni potencijal može se mjeriti elektoretinografski (ERN). Postavljaju se dvije elektrode: jedna na korneju a druga, u eksperimentu, na stražnji pol izvađenog oka, a temporalno u kliničkoj praksi. Na svjetlu je korneoretinalni potencijal veći. Ono što je u elektronistagmografiji važno odnosi se na dugotrajnije stanje koje se odnosi na C val elektoretinograma. Taj val ne ovisi samo o spomenutim kemijskim promjenama, nego o nekoliko faktorima izraženima komponentama P I, P II i P III.



Slika 2 Promjene potencijala zapisane elektronistagmografski.

Korneoretinalni potencijal obično iznosi u mraku, i kad se oči odmaraju, 600 mikrovolta. Ali se on može mijenjati na više i na niže i do 400 mikrovolta. Tako se mogu izmjeriti potencijali između 200 i 1000 mikrovolta. Srednja mu je vrijednost 580 mikrovolta.

Horster, Philipszoon i Winkelman (1963) utvrdili su da korneoretinalni potencijal u mraku pada, ali im se to nije poklapalo s retinogramom u kojemu je amplituda rasla. Prema ispitivanjima Jongkeesa i Philipszoon, u eksperimentima na kunićima (1964), korneoretinalni potencijal u mraku postepeno pada i stabilizira se nakon 30 minuta (3).

Osvjetljavali smo oko s nitrafot-svjetlom od 3.500^0 K, s 5.000 luksa (što odgovara, ne po sastavu nego po jačini, dnevnom svjetlu bez sunca). Prethodno smo izvršili kalibraciju tako da 10 kutnih stupnjeva pomaka oka odgovara 10 mm amplitude zapisa. Kod ponovljenih pomaka oka za 10^0 , nakon 5 minuta osvjetljavanja, amplituda je porasla na 14 mm, a zatim je za daljih 25 minuta varirala između 12 i 13 mm.

Pet minuta nakon prekida osvjetljavanja oka, za isti pomak oka od 10 kutnih stupnjeva, amplituda zapisa pala je ne samo do primarne kalibracije od 10 mm nego ispod nje sve do 8 mm, za daljih 25 minuta nije se stabilizirala, nego je oscilirala između 6,5 i 13 mm.

Uključivanjem svjetla naglo dolazi do porasta korneoretinalnog potencijala, a kod isključenja svjetla do naglog pada. Ali i unutar dviju faza (svjetlo, tama) postoje manje oscilacije. Oscilacije su jače i dugotrajnije ako je oko prethodno bilo izvrgnuto jakom svjetlu.

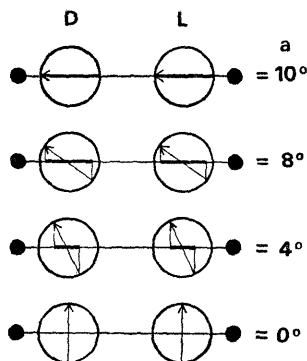
Budući da nisu dobro poznate kemijske promjene koje se događaju na retini i utjecaji koji eferentnim putovima mogu djelovati na te procese, nije moguće dobro upoznati ni promjene korneoretinalnog potencijala. Zato je potrebno oprezno pristupiti bilo kakvom tumačenju promjena korneoretinalnog potencijala i odnosa korneoretinalnog potencijala i elektroretinograma. Dobro je pridržavati se praktičnih savjeta da se ispitanik pola sata prije pretrage fizički i psihički smiri, da se adaptira na polumrak kakav će biti u kabini za ispitivanje, te da se povremeno između testova kontrolira kalibracija.

TROKANALNA ELEKTRONISTAGMOGRAFIJA

Ako se u horizontalnom kanalu javi horizontalni nistagmus nakon kalibracije u horizontalnom pravcu, bit će moguće izmjeriti amplitudu nistagmusa. Ali, ako smjer skrene s horizontale, javlja se greška: zapis nistagmusa manji je od njegove prave amplitude, i to za onoliko za koliko je odklon od horizontale veći, da u slučaju vertikalnog nistagmusa uopće ne bude nikakvog zapisa.

Uvijek se radi o projekciji na pravac kanala. Ako postoji samo jedan odvod onda nije sigurno:

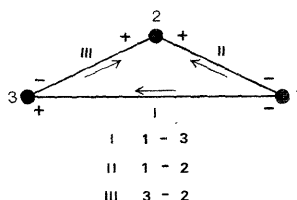
1. koji je pravi smjer nistagmusa,
2. kolika je amplituda, pa ovisno o tome ni brzina spore komponente,
3. kod čistog vertikalnog ni podatak da li uopće postoji nistagmus,
4. ni bilo kakva indikacija za postojanje disociranog nistagmusa.



Slika 3 Pomaci oka u projekciji na horizontalni kanal.

Kontrola okom traženje je pomoći od manje preciznog sredstva (manje se razlike ne mogu uočiti, kod otvorenih očiju mistagmus je slabiji ili ga nema, kod zatvorenih očiju takva je kontrola nemoguća).

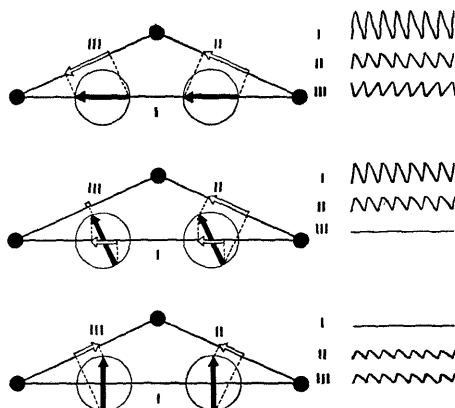
Trokanalna elektronistagmografija (11) ima konvencionalni horizontalni kanal, i dva kosa. U prvome je projekcija oba oka, u drugome pretežno lijevoga, u trećemu pretežno desnoga.



Slika 4 Položaj i vezanje elektroda u tri kanala

Veličina električnog efekta direktno je proporcionalna korneoretinalnom potencijalu, obrnuto je proporcionalna kvadratu udaljenosti elektroda od oka i upravo je proporcionalna kosinusu kuta otklona, koji se javlja između smjera pomaka oka i pravca kanala.

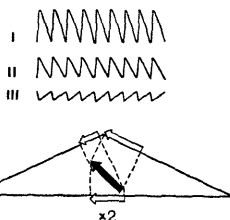
Kalibracija se vrši za 10 kutnih stupnjeva pomaka očiju u horizontalnom pravcu kao 10 mm amplitude u prvom kanalu (za oba oka), a 5 mm amplitude u drugom i trećem kanalu.



Slika 5 Pomaci oka projicirani u tri kanala i karakteristični zapis nistagmusa u tri kanala, kod horizontalnog, kosog i vertikalnog nistagmusa.

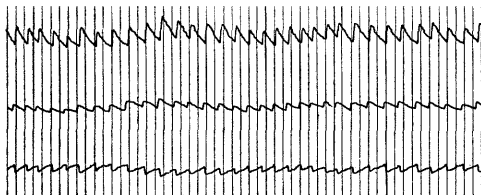
Ako oči imaju jednak smjer i jačinu gibanja, što odgovara u daleko najvećem broju slučajeva (s minimalnim odstupanjem i u nedisociranom nistagmusu), onda se oba oka mogu uzeti kao jedan dipol i iz tri komponente u tri kanala može se odrediti:

1. smjer nistagmičnog trzaja i
2. izračunati veličinu amplitude.

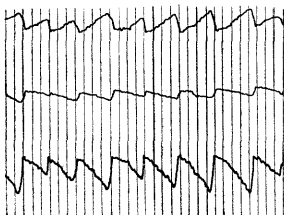


Slika 6 Iz amplitude i smjera nistagmusa u tri kanala može se sastaviti vektogram i odrediti pravi smjer i amplituda nistagmusa

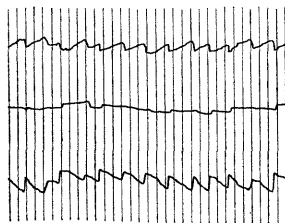
Ako se iz tri kanala ne može složiti vektogram, to upozorava na postojanje disociranog nistagmusa. Trokanalna elektronistagmografija ne može analizirati elemente disociranog nistagmusa, jer ne raspolaže neop-



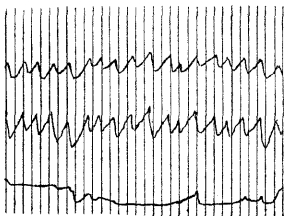
Slika 7 Horizontalni nistagmus na desnu stranu u trokanalnom nistagmogramu. U prvom kanalu je zbroj pomaka desnog i lijevog oka, u drugome pretežno projekcija pomaka lijevog oka, u trećemu pretežno projekcija pomaka desnog oka. U horizontalnom nistagmusu u drugom i trećem kanalu amplituda je jednaka, smjer suprotan.



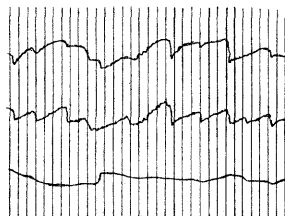
Slika 8 Malo kosi nistagmus sa smjerom desno i malo prema dolje: u drugom je kanalu amplituda manja nego u trećemu.



Slika 9 Kosi nistagmus sa smjerom na desno i dolje, okomit na drugi kanal: u drugom kanalu nistagmusa nema.



Slika 10 Kosi nistagmus sa smjerom lijevo dolje, okomit na treći kanal: u trećem kanalu nistagmusa nema.

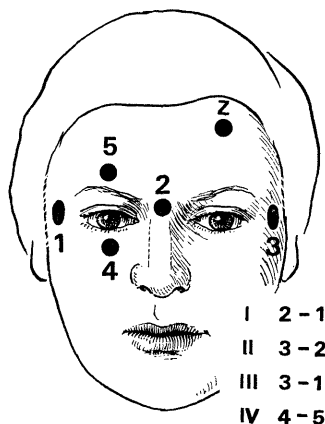


Slika 11 Vertikalni nistagmus prema dolje: u drugom i trećem kanalu isti je smjer nistagmusa, a u prvom kanalu nistagmusa nema.

hodno potrebnim brojem podataka za svako oko posebno, ali već taj podatak, da se uopće radi o disociranom nistagmusu, sam po sebi vrlo je koristan, kad se uzme u obzir da ga je teško utvrditi drugim načinom ili čak posumnjati u njegovo postojanje.

DISOCIRANI NISTAGMUS

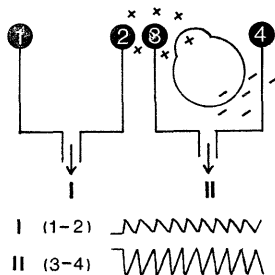
U slučaju disociranog nistagmusa postavljaju se elektrode za horizontalni i vertikalni odvod za svako oko posebno (2).



Slika 12 Diferencirani odvodi.

Ali kod toga postoji utjecaj jednog oka na diferencirane kanale postavljene za drugo oko. To se najjednostavnije može pokazati primjerom kad ispitanik ima samo jedno oko.

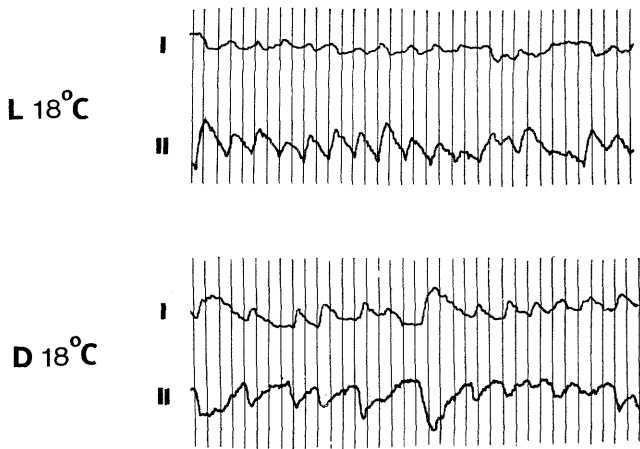
U eksperimentu (vidi sliku 13) postavili smo elektrode temporalno i sa svake strane korijena nosa po jednu, tako da se dobio prvi horizontalni kanal za lijevo oko (1-2) i drugi horizontalni kanal za desno oko



Slika 13 Pomakom oka u lijevo pozitivni naboj djeluje na lijevu elektrodu drugog kanala, ali i na desnu elektrodu prvog kanala, pa se javlja zapis nistagmusa suprotnog smjera u prvom kanalu (bez oka).

(3-4). Lijevo se radilo o ispražnjenoj orbiti. Kad se desno (jedino) oko pomiče na lijevu stranu daje u svom horizontalnom kanalu pomak pisača prema dolje, jer je elektroda 3 pozitivnija od elektrode 4. U isto vrijeme pozitivni naboj korneje djeluje na elektrodu 2 prvog kanala, i kako ona postaje pozitivnija od elektrode 1, u prvom kanalu pisač ide prema gore, makar u tom kanalu oka nema.

U našem primjeru (vidi sliku 14) provocirani nistagmus javlja se i u prvom kanalu (za lijevo oko, kojega nema), ali je suprotnog smjera i slabiji je. Ispiranje desnoga uha hladnom vodom daje u prvom kanalu (bez oka) jači odziv negoli u prvom pokusu (treba uzeti u obzir smjer brze komponente i činjenicu da je elektronistagmograf bio s AC pojačalom s vremenskom konstantom od 0,7 sekundi).

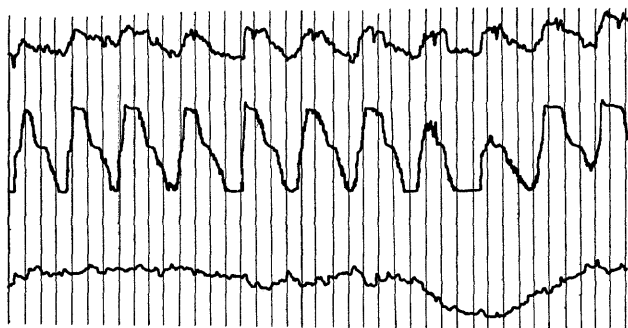


Slika 14 Provocirani nistagmus. Horizontalni odvođi kao na slici 13. Ispitanik nema lijevo oko.

Prikazan je ovaj primjer da se pokaže kako su kod disociranog nistagmusa odnosi znatno složeniji negoli se obično misli, pa diferencirani kanali za svako oko posebno ne mogu dati čistu projekciju pomaka za svako oko posebno, već bi trebalo voditi računa o utjecaju i drugoga oka. Posebno je pitanje koliko je tada uopće moguće, uzimajući u obzir te utjecaje, preračunavanjima dobiti izolirane podatke za svako oko.

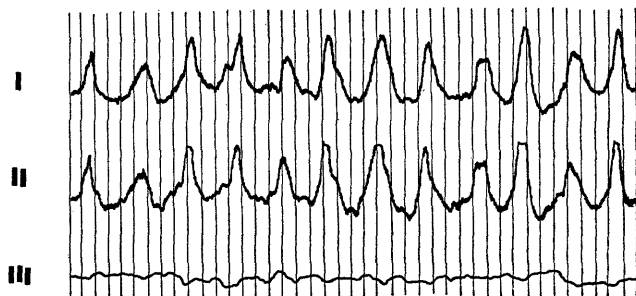
SMETNJE

Smetnje u kanalu snimanja mogu biti u prvom redu vanjske električne smetnje, pa je potrebno da bolesnik bude uzemljen. Isto je tako dobro da i kabina za snimanje bude električki izolirana i pravilno uzemljena. I tada treba paziti da se ne jave smetnje u električnom polju. Tako na primjer, ako se u blizini elektroda njiše gumena cijev kojom se irigira voda u uho, javljaju se smetnje (vidi sliku 15).



Slika 15 Neobični artefakt: pokraj glave se njihala guma za irigaciju

U kanal mogu ući moždani valovi, kardijalne promjene potencijala, pulzacije arterija, mišićni tremor, treptanje kapaka i mišićni potencijali od ukočenosti ili pomicanja dijelova tijela. Mišićne smetnje se mogu smanjiti gušenjem frekvencija iznad 8 Hz. Ali ima pokreta tijela koji unose artefakte u elektronistagmogram, a nisu visokofrekvencijski mišićni naponi. Tako na primjer, ako ispitanik ritmički njiše stopalo oslo-njeno na petu, svaki njihaj daje jedan pozitivni zubac (vidi sliku 16).



Slika 16 Neobični artefakt: dijete je njihalo stopalom za vrijeme snimanja.

Oko, i kad najviše miruje, pokazuje stalne lagane pomake koji iznose od 4 do 5 minuta jednog kutnog stupnja, ali oni se ne registriraju kod kalibracije u kojoj jedan kutni stupanj daje amplitudu tek od jednog milimetra.

Znojenje mijenja otpor kože i unosi smetnje kod snimanja.

Položaj bolesnikove glave (labirinta i polukružnih kanala) ima utjecaja na jačinu provociranog nistagmusa.

Utjecaj alkohola, barbiturata, psihofarmaka i antihistaminika mijenja nistagmus, pa je potrebno prekinuti uzimanje lijekova barem dva dana prije nistagmografije (3, 4, 19).

Mnogi neuralni mehanizmi djeluju na vestibularne centre i na nistagmogene zone. Aferentni je tok impulsa u mnogim senzoričnim sistemima, pa tako i u vestibularnome modificiran eferentnim centrifugalnim nitima, kontrolom senzoričnog ulaza, organiziranog kao autoregulatorni sustav na principima povratne veze. Kod vestibularnog aparata na prvoj sinaptičkoj razini, u nivou vestibularnih jezgara, utječu na vestibularnu aktivnost kortikalni, supkortikalni, cerebelarni i spinalni centri (4). To predstavlja veliko područje djelovanja na nistagmus, ali ono za sada izmiče mogućnostima naše kontrole.

Jačina supresije nistagmusa otvaranjem očiju može biti različita. Ona ovisi o adaptaciji, o kompenzaciji vestibularnih smetnji, i to pomoću koordinacije proprioceptivnog osjeta, koji je s vestibularnim, akustičnim i vidnim aparatom povezan za funkciju percepcije prostora. Tako klizač otvaranjem očiju suprimira i vrlo jak vestibularni nistagmus. Bolesnici koji su kompenzirali svoju vestibularnu ataksiju mogu imati i dalje nistagmus sa zatvorenim očima, ali ga nemaju s otvorenim očima.

Sličan mehanizam adaptacije dovodi do slabljenja nistagmičnog odziva kod ponavljanih podraživanja vestibularnog aparata.

Stanje budnosti suprimira nistagmus, pa je tako nekad potrebno okloniti pažnju ispitanika zadavanjem aritmetičkih zadataka, da bi se oslobodio i javio provocirani nistagmus.

II

VELIČINE NISTAGMUSA

Pojedinačne mjere. U svakom nistagmičnom trzaju može se odrediti njegov smjer, izmjeriti amplituda (otklon oka u kutnim stupnjevima), brzina spore komponente, brzina brze komponente, te trajanje nistagmičnog trzaja.

Maksimalne mjere. U provociranom nistagmusu razlikuju se dvije glavne veličine: trajanje nistagmičnog odziva i jačina odziva (3, 19). Trajanje nistagmičnog odziva mjeri se u sekundama, a jačina odziva:

najvećom amplitudom,
najvećom frekvencijom,
najvećom brzinom spore komponente.

Kod toga se kao najveća vrijednost (maksimalni intenzitet) ne uzima pojedinačna najveća vrijednost, nego srednja vrijednost iz odjeljka od 10 sekundi najjačeg odziva.

U k u p n e m j e r e. Osim pojedinačnih i maksimalnih postoje i ukupne mjere nistagmičnog odziva:

trajanje provociranog nistagmusa,
ukupna amplituda,
ukupna frekvencija, $\sim$
 $\sim$ ukupni broj trzaja.

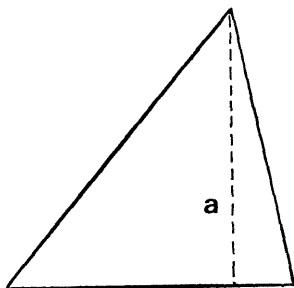
Pojedine se veličine mogu dovoditi u razne odnose, u namjeri da se nađe formula za najbolju mjeru nistagmičnog odziva (19):

ukupna amplituda: ukupni broj trzaja = srednja amplituda,
ukupni broj trzaja: trajanje = srednja frekvencija,
ukupna amplituda: trajanje = srednja brzina spore komponente.

Među spomenutim veličinama neke imaju veće, a neke manje značenje, kao izraz vestibularne funkcije. Neke veličine čine stanoviti odnos s drugima. Postavljanje nekih odnosa ima određeno značenje, dok neko drugo nema. Zato je potrebno analizirati i ocijeniti vrijednosti pojedinih veličina i njihovih odnosa.

AMPLITUDA

Amplituda je maksimalni otklon oka u jednom nistagmičnom trzaju. Mjeri se kao visina okomice na osnovicu s koje je započeo otklon oka.



Slika 17 Amplituda - a.

Ako je kalibracija izvršena prema Jongkeesu i Philipszoonu (12) tako da 16 mm amplituda zapisa odgovara kutnom odklonu oka od 20^0 , onda je potrebno preračunavanje, pa je amplituda odklona oka

$$A = \frac{20}{16} \cdot a$$

gdje je a amplituda zapisanog nistagmičnog trzaja.

Svaki milimetar amplitude odgovara 1,25 kutnih stupnjeva odklona oka, pa se milimetri mogu pomnožiti s 1,25 da bi se dobili kutni stupnjevi odklona oka.

Ako je kalibracija drugačija: 25 mm za 20^0 , onda je

$$A = \frac{20}{25} \cdot a$$

Izračunavanje je mnogo jednostavnije ako je kalibracija takva da amplituda u milimetrima odgovara jednakom broju kutnih stupnjeva, na primjer 20 mm za 20^0 , ili 10 mm za 10^0 , jer je tako uvijek

$$a \text{ mm} \triangleq A^0$$

$$A \triangleq a$$

FREKVENCIJA

Frekvencija označava broj nistagmičnih trzaja u jednoj sekundi.

BRZINA SPORE KOMPONENTE

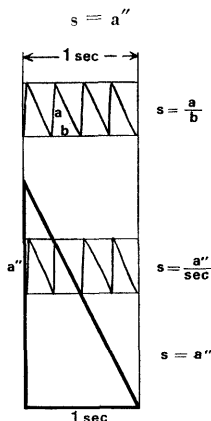
Brzina spore komponente izražava se i mjeri kutnim stupnjevima u sekundi (vidi sliku 18): kolikom se brzinom oko kretalo za vrijeme vestibularne komponente nistagmičnog trzaja, za koliko se stupnjeva odklonilo u kojem vremenu (a/b), ili što je jednostavnije izraziti – koliki bi odklon oko učinilo da se tom brzinom kretalo jednu sekundu (brzina u jednoj sekundi – $a/1$).

Brzina je spore komponente

$$s = \frac{a}{b}$$

ili ako se računa ukupni odklon u jednoj sekundi (a'' – ukupna amplituda u jednoj sekundi)

$$s = \frac{a''}{1}$$



Slika 18 Mjerenje brzine spore komponente.

Ako je kalibracija izvršena prema Jongkeesu i Philipszoonu da 16 mm odgovara otklonu oka od 20° , onda je potrebno preračunavanje, pa će biti

$$s = \frac{20}{16} \cdot a''$$

Smatra se da je spora komponenta najdirektniji izraz vestibularne funkcije i tako najznačajniji faktor u određivanju jačine vestibularnog odziva (3, 19).

TRAJANJE

Trajanje provociranog nistagmusa mjeri se od početka stimulacije sve do prestanka odziva. To je, ili potpuni prestanak nistagmičnih trzaja, ili javljanje četvrtastih valova, ili početak sekundarnog nistagmusa (nistagmusa suprotnog smjera), ili, ako je postojao spontani nistagmus, vraćanje na stanje prije početka stimulacije (jednak smjer i jačina spontanog nistagmusa).

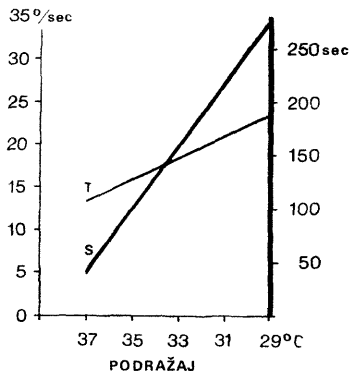
Prije nistagmografije to je bila jedina mjerljiva veličina nistagmičnog odziva. U nistagmografiji taj je faktor izgubio svoje ranije značenje, koje je imao samo zbog nemogućnosti mjerenja drugih elemenata nistagmusa.

Henrikson je ispitivao vrijednost tog faktora. Kod iste osobe s različitim uvjetima stimulacije (na jednoj strani trepanaciona šupljina), nije se pojavila očekivana razlika u trajanju nistagmusa, nego je nju pokazala

samo brzina spore komponente. Kod perifernog oštećenja vestibularnog (i akustičnog) aparata jedne strane, pareza se očitovala u brzini spore komponente, a trajanje je obostrano bilo gotovo jednako. On taj fenomen zove infleksibilnošću trajanja nistagmusa (5). Ta se infleksibilnost pripisuje u prvom redu činjenici da je trajanje vezano uz vrijeme putovanja hladnog vala kod kalorizacije hladnom vodom (Schmalz, 1931), pa su i latencija i trajanje nistagmusa najvećim dijelom ovisni o brzini putovanja toplinskog vala (6). Jedino, ako je vestibularni prag jače podignut, nistagmus će biti kraći ili se uopće neće javiti na 30° C, nego tek na jači podražaj (5).

I mnogi drugi autori smatraju da brzina spore komponente daje pouzdanije podatke o jačini odziva negoli trajanje (Van Egmond i Tolk 1954, Henrikson 1955, 1956, Jongkees i Philipszoon (1964) (5). Philipszoon smatra da trajanje ovisi i o pamćenju nistagmusa, pa se ono može produžiti i izvan granice u kojoj je izraz vestibularne osjetljivosti (3). Na temelju svojih zapažanja Stahle primjećuje (1958) da se oštećenje labirinta može dva puta češće dijagnosticirati iz ostalih elemenata negoli iz trajanja nistagmusa, pa zaključuje da je za periferno oštećenje vestibularnog aparata trajanje nistagmusa nepouzdan podatak (18).

Maran je na 30 zdravih osoba pravio usporedbe između jačine stimulusa i jačine odziva izmjerenom brzinom spore komponente i posebno trajanjem.



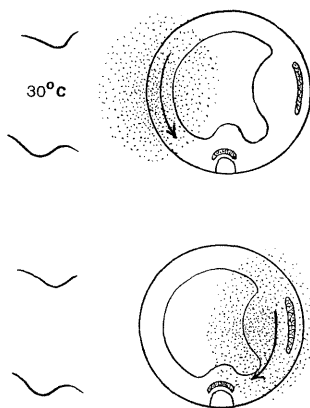
Slika 19 Brzina spore komponente (s) bolje prati porast podražaja negoli trajanje nistagmusa (T), (prema A. G. D. Maranu).

Utvrдио je da promjena temperature stimulusa za samo jedan stupanj pojačava brzinu spore komponente četiri puta više negoli trajanje nistagmusa.

Treba spomenuti i istraživanja Hallpikea i Hooda (1953), koji su dokazali da defleksija kupule proporcionalno prati samo brzina spore komponente.

Maran upozorava na svoja zapažanja, koja ponovo aktualiziraju drugi Ewaldov zakon. Primijetio je da se na temperaturama vode od 37° C javlja nistagmus na suprotnu stranu, što znači da je temperatura u labirintu bila viša u njegovih 30 slučajeva, pa je tako i stimulus od 30° C jači negoli stimulus od 44° C. To znači da se drugi Ewaldov zakon ne može odbaciti samo na temelju podataka da topli stimulus (ampulopetalna) i hladni (ampulofugalna limfokineza) daju podjednak odziv.

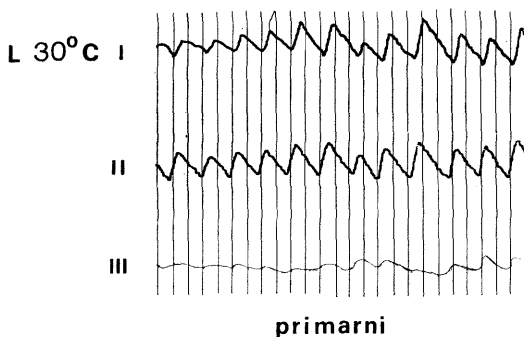
Za sekundarni nistagmus postoji nekoliko tumačenja. Na temelju našeg iskustva želimo dati još jednu potvrdu autorima koji smatraju da je to posljedica putovanja kaloričnog vala kroz labirint s periferije prema centru (Schmalz, Jongkees). Hladni val zahvaća najprije lateralni polukružni kanal, a kad dođe do utrikulusa pritisak endolimfe na kupulu dolazi s druge strane (6).



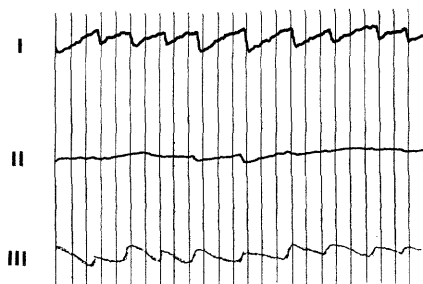
Slika 20 Putovanje toplinskog vala kroz labirint.

U našim primjerima, na strani velike trepanacione šupljine javio se jaki sekundarni nistagmus i nakon hladne i nakon tople stimulacije, dok sekundarnog nistagmusa nije bilo na neoperiranom uhu. Za ove primjere teško bi bilo naći neke razloge za centralni, a ne mehanički, periferni uzrok. To ne isključuje mogućnost postojanja i sekundarnih nistagmusa, koji bi bili drugog uzroka.

Prikazani su samo neki prigovori na trajanje nistagmusa kao mjerila stanja vestibularnog aparata i potvrde vrijednosti brzine spore komponente.



primarni



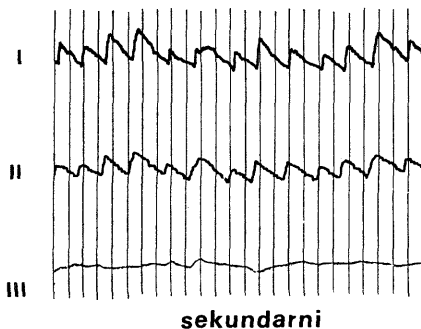
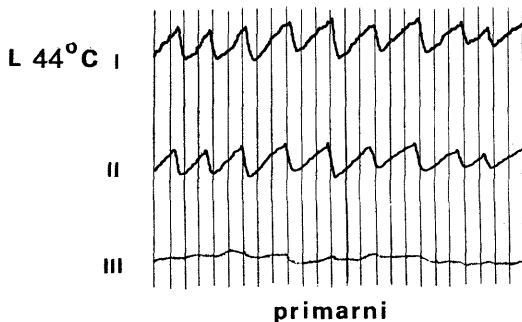
sekundarni

Slika 21 Jak sekundarni nistagmus trepaniranog lijevog uha u trokanalnom nistagmogramu, dok drugo, normalno uho, nije dalo sekundarni nistagmus.

ODNOS ELEMENATA NISTAGMIČNOG TRZAJA

Preostaje još analiza amplitude i frekvencije. Jongkees tvrdi da je frekvencija previše promjenljiv faktor a da bi bio klinički značajan. Budući da je amplituda ovisna i o frekvenciji, u pitanju je i njezina vrijednost. Zato treba protumačiti kakav je odnos amplitude, frekvencije i brzine spore komponente.

Ranije smo vidjeli da amplituda nistagmičnog trzaja odgovara brojem amplituda zapisa kod kalibracije 1 mm za 1^o, a brzina spore komponente da odgovara ukupnoj amplitudi u jednoj sekundi ako je frekvencija 1/sek (vidi sliku 22).



Slika 21

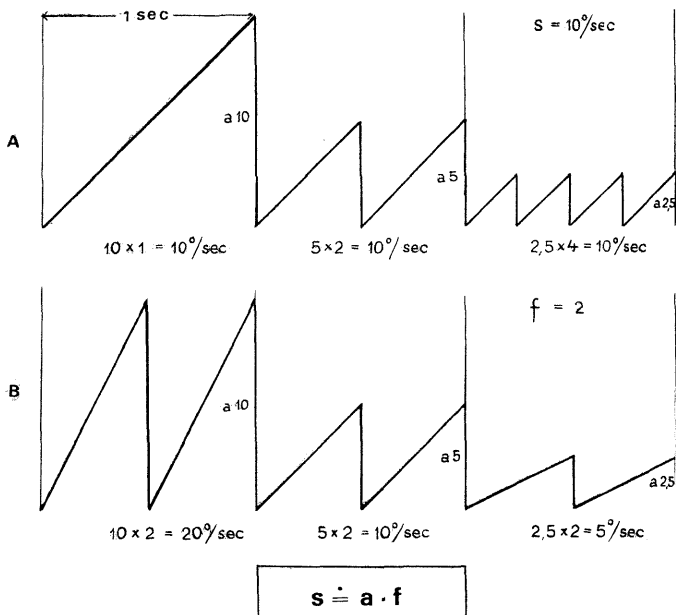
Kod jednake brzine spore komponente (vidi sliku 22) amplituda će se mijenjati jedino ovisno o frekvenciji. Ako se frekvencija u jednoj sekundi poveća na 2, a brzina spore komponente ostane ista, amplituda će biti dva puta manja, ali će ukupna amplituda u jednoj sekundi biti ista kao i ranije (dva puta veća negoli u pojedinom nistagmičnom trzaju). Kod frekvencije 4/sek, amplituda će biti 4 puta manja, ali ukupna amplituda u jednoj sekundi ostaje ista (4 puta veća negoli u pojedinom nistagmičnom trzaju), što se vidi i u primjeru na slici 23.

Kod stalne frekvencije nistagmusa (vidi sliku 22) amplituda je proporcionalna brzini spore komponente: kod veće brzine spore komponente amplituda je veća, a kod manje brzine manja.

Prema tome, kod iste brzine spore komponente amplituda i frekvencija su obratno proporcionalne (što je frekvencija veća amplituda je manja, i obratno). Kod iste frekvencije amplituda i brzina spore komponente su upravo proporcionalne (što je amplituda veća to je i brzina spore komponente veća, i obratno).

Iz toga proizlazi formula da je

$$s = a \cdot f$$

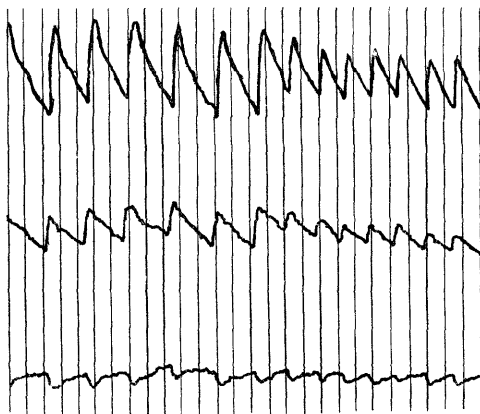


Slika 22 Odnos amplitude (a), frekvencije (f) i brzine spore komponente (s).

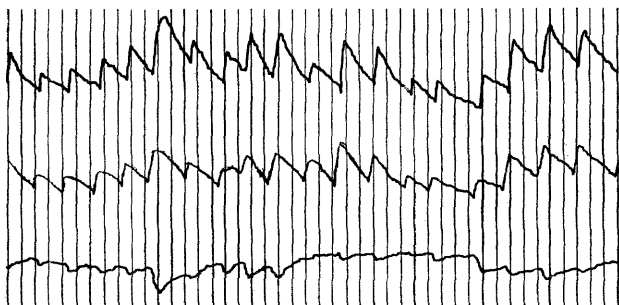
A. Nepromijenjena s, suprotno proporcionalan odnos a i f.

B. Nepromijenjena f, upravo proporcionalan odnos a i s.

Ta je formula teoretski točna u prikazivanju odnosa amplitude, frekvencije i brzine spore komponente. Ona u praktičnim mjerenjima može dati stanovitu grešku zbog vremenskog trajanja brze komponente. Greška je veća što je frekvencija veća i brzina brze komponente manja, a ne bi je bilo kad bi brzina brze komponente bila neizmjerljivo velika. Ali to za sam prikaz odnosa triju faktora nema značenja.



Slika 23 Trokanalni nistagmogram u kojemu se vidi promjena odnosa frekvencije i amplitude kod prosječno jednake brzine spore komponente. Ako je brzina spore komponente jednaka, onda se amplituda smanjuje za onoliko koliko se frekvencija povećava (obratno proporcionalno prema formuli $s = a \times f$).



Slika 24 Trokanalni elektronistagmogram u kojemu se kod prosječno jednake frekvencije (2/sek) mijenjaju brzine spore komponente i amplituda. Ako je frekvencija jednaka, za koliko se smanji brzina spore komponente za toliko se smanji i amplituda (upravno proporcionalno prema formuli $s = a \times f$).

Ono što se želi pokazati, to je recipročan odnos amplitude i frekvencije. A on, zapravo, najmanje ovisi o podražljivosti vestibularnog aparata.

Prag javljanja brze komponente ovisi o stanju napetosti očnih mišića, njihovoj istegnutosti kod lateralnog pomaka oka, o tonusu te muskulature, zatim o refleksima koji se reguliraju povratnom proprioceptivnom

vezom. Aferentni impulsi iz očnih mišića u retikularnoj formaciji ponovo sreću impulse vestibularnog organa i proprioceptivnog osjeta. Tako kod fizički trenirane osobe frekvencija je veća (amplituda manja), a kad takva osoba prestane s fizičkim treningom frekvencija postaje manja (amplituda veća).

Taj odnos ovisi i o centralnim faktorima, kao što je fiksacija (19). Fiksiranje povećava frekvenciju (što čini da je fiksirani objekat više puta zahvaćen makulom, pa je broj vidnih informacija veći).

Odnos frekvencije i amplitude mogao bi ukazati na jedan novi faktor – prag javljanja brze komponente, za kojega možemo reći, da je niži (osjetljiviji) što je frekvencija veća i amplituda manja. Njegova razlika od otvorenih i zatvorenih očiju mogla bi numerički izraziti jačinu supresije nistagmusa fiksacijom. Kod nekih oštećenja maloga mozga taj je prag viši, pa bi možda njegove vrijednosti mogle imati i neko šire dijagnostičko značenje.

Ako nam prag pojavljivanja brze komponente ne predstavlja čistu vestibularnu mjeru, onda nam izolirane amplituda i frekvencija ne daju vestibularne podatke, jer ovise o tom pragu. Amplituda i frekvencija daju važan vestibularni podatak samo u svom produktu ($a \cdot f$), a to je zapravo brzina spore komponente, pa se tako i matematički (logički) ukazuju kao suvišne mjere u određivanju osjetljivosti perifernog vestibularnog aparata. Prag brze komponente mogao bi dati neke podatke druge vrste, ali sigurno nije mjera jačine nistagmusa. Time ostaje kao najznačajnija mjera jačine vestibularnog odziva brzina spore komponente (koja u sebi uključuje produkt amplitude i frekvencije).

ANALIZA DISRITMIČNOG NISTAGMUSA

Ako se shvati uzajamnost triju faktora (amplitude, frekvencije i brzine spore komponente) onda je lakše opisati i analizirati osnovne vrste disritmije nistagmusa. Nepotrebno je razlikovati četiri tipa odnosa amplitude i frekvencije (mala amplituda – velika frekvencija, mala amplituda – mala frekvencija, velika amplituda – velika frekvencija, velika amplituda – mala frekvencija) kako to čini Mounier-Kuhn (8).

Dovoljno je za takav tip disritmije, uz podatak brzine spore komponente koja je stalna, unijeti podatak frekvencije (ili amplitude) da bi se definirala sva tri faktora. Disritmiju takvog tipa možemo označiti samo kao *disritmiju frekvencije* (vidi sliku 23) koju označavamo razlomkom (u ovom slučaju $4/2$ – kasnija frekvencija: prethodna frekvencija), a disritmija ne postoji ako je koeficijent 1 ($1/1$, $2/2$, $4/4$ itd.).

Ako je frekvencija stalna a promjenljiva su druga dva faktora, onda možemo govoriti o *disritmiji brzine spore komponente* (vidi sliku 24) u kojoj, uz naznaku frekvencije, disritmiju označavamo razlomkom (u

ovom slučaju 28/7 – kasnija brzina spore komponente : prethodna brzina spore komponente), a disritmija ne postoji ako je koeficijent 1 (1/1, 10/10, 20/20 itd.).

Treći tip čini *zajednička disritmija frekvencije i brzine spore komponente*.

Četvrti tip je *intermitentni nistagmus*.

ODNOS I ZNAČENJE UKUPNIH MJERA

Među raznim mjerama jačine nistagmusa izabrana je najvažnija (brzina spore komponente). Ali u mjerenju postoji jedna praktična poteškoća: odabrati mjesto najjačeg odziva od 10 sekundi i odrediti srednju vrijednost brzine spore komponente. Kod disritmičnog nistagmusa poteškoće su još veće, pa je i mogućnost greške veća. Zato je potrebno ispitati mogućnost i vrijednosti ukupnih mjera, kao i vrijednost odnosa pojedinih ukupnih mjera. Ranije je spomenuto koje su to ukupne mjere i koji se odnosi najčešće predlažu.

Ukupni broj trzaja ne može imati veće značenje kad znamo da ovisi o mnogim ekstravestibularnim faktorima.

Ukupna amplituda ima sasvim drugo značenje negoli srednja amplituda ili amplituda u jednom nistagmičnom trzaju. Dok srednja i pojedinačna amplituda ovisi o pragu brze komponente, ukupna je amplituda zbroj svih vestibularnih otklona oka (sporih komponenata) neovisna o frekvenciji i amplitudi pojedinačnih nistagmičnih trzaja, i time mjera za ukupni odziv provociranog nistagmusa.

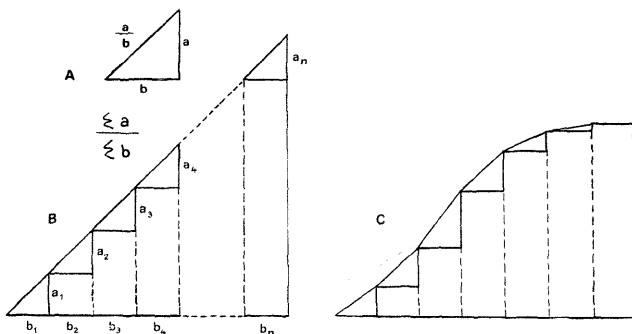
Ukupna amplituda : ukupni broj trzaja izrazit će na neki način prag javljanja brze komponente, ali ne jačinu nistagmusa.

Ukupni broj trzaja : trajanje dat će srednju frekvenciju (srednji broj trzaja u jednoj sekundi) što također ne može biti mjera vestibularne funkcije.

Ukupna amplituda : trajanje djeluje vrlo privlačno, jer na prvi pogled sliči najvažnijoj pojedinačnoj mjeri – brzini spore komponente. Brzina je spore komponente a/b , a ovdje se radi o $sumi\ a/sumu\ b$. Time se dobiva srednja brzina spore komponente.

Na slici 25 vidi se taj odnos, kao i grafički prikaz kad bi se ucrtale srednje brzine sporih komponenata za svaku pojedinu sekundu (prikaz C).

Očito je da bi od dva nistagmična odziva, koji bi imali jednaku maksimalnu vrijednost brzine spore komponente, manju vrijednost pokazao onaj odziv koji bi dulje trajao, a to ne bi bilo opravdano. Istina, možemo smatrati da naglo zaustavljanje dosta jakog nistagmusa (što bi dalo veliku srednju vrijednost) predstavlja neku pozitivnu vestibularnu funkciju, ali je sigurno da u odnosu $suma\ a/suma\ b$ ne bi mogao biti izraz



Slika 25 Odnos amplitude i trajanja nistagmusa.

prave funkcije vestibularnog aparata. Treba se sjetiti faktorā koji utječu na trajanje nistagmičnog odziva (u kaloričnom testu), pa da se tu mjeru ne prihvati kao dovoljno pouzdanu i indikativnu. Treba uzeti u obzir i to da ukupna amplituda odgovara *sumi* a , ali trajanje ne odgovara *sumi* b , nego je veća za sumu trajanja brzih komponenata. Izračunavanje daje još nepouzdanije rezultate ako postoji disritmični, a pogotovo ako postoji intermitentni nistagmus.

Može se zaključiti da od ukupnih mjera ostaje kao najpouzdanija ukupna amplituda, jer je ona izraz otklona pod djelovanjem vestibularnog aparata, a ne uzima u obzir nepouzdanе faktore kao što su frekvencija i trajanje.

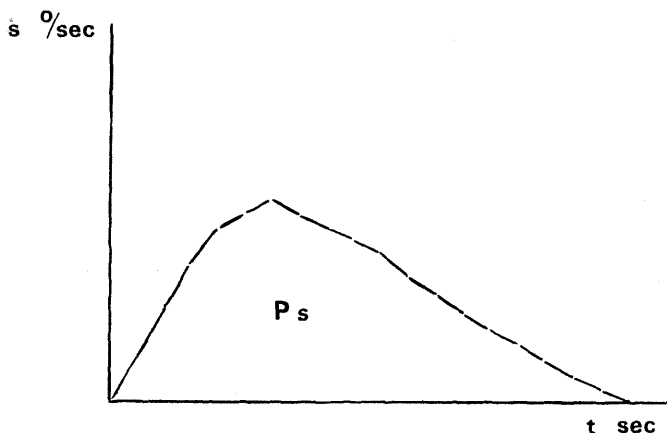
UKUPNA JAČINA NISTAGMUSA

Ako je brzina spore komponente najbolja pojedinačna mjera jačine nistagmusa, onda se nameće kao logično da bi najbolja ukupna mjera bila – ukupna jačina nistagmusa. Nju se može izračunati iz brzine spore komponente.

U svakoj pojedinoj sekundi nije važna ni amplituda ni frekvencija, nego srednja brzina spore komponente u toj sekundi; ona predstavlja jačinu nistagmusa u jednoj sekundi.

Prikaz C u slici 25 dao bi krivulju koja bi rasla i onda kad brzina spore komponente pada. Zato bi bolji grafički prikaz, kakav se već i upotrebljava (19), bio takav u kojemu bi bile prikazane promjene brzine

spore komponente, ali ne za svakih 20 sekundi, kako radi Stahle, nego za svaku sekundu. Tako bi grafički vrlo precizno bila prikazana promjena jačine nistagmičnog odziva, a ukupnu bi jačinu izrazilo polje omeđeno krivuljom P_s (vidi sliku 26).

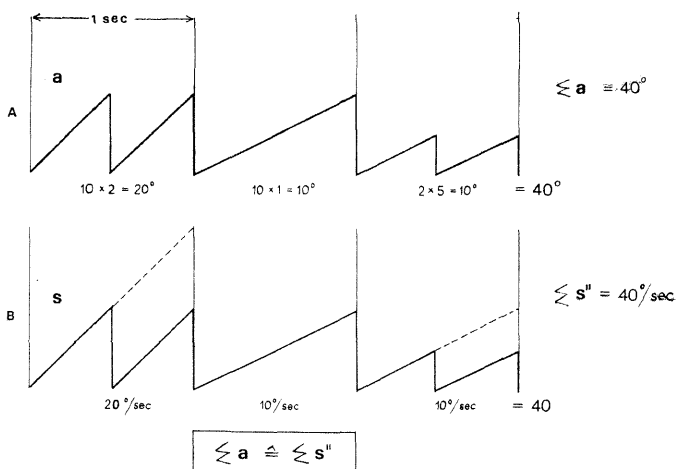


Slika 26 Grafički prikaz brzine spore komponente u funkciji vremena

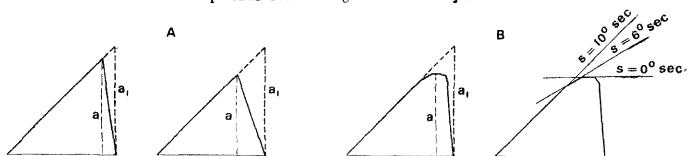
Ako krenemo s druge točke drugim putem, doći ćemo do istog rezultata. Zbroj amplituda u jednoj sekundi odgovara srednjoj brzini sporih komponenata u jednoj sekundi (vidi sliku 27), ili rečeno s obzirom na funkciju organa: zbroj amplituda u jednoj sekundi odgovara jačini nistagmusa u jednoj sekundi, a zbroj svih amplituda (ukupna amplituda) odgovara ukupnoj jačini nistagmičnog odziva (odgovara zbroju srednjih vrijednosti brzine spore komponente za svaku pojedinu sekundu). Tako

$$\Sigma a \triangleq \Sigma s''$$

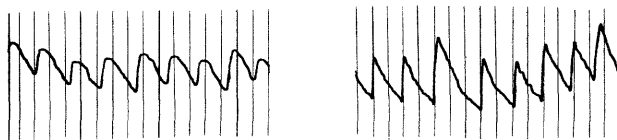
Između sume s'' i sume a postoji ipak stanovito neslaganje. Suma a je manja od sume s'' za onoliko koliko joj od amplitude oduzima trajanje brzih komponenata (prikaz A u slici 28). Što je brzina brze komponente veća, razlika je manja. Suma a bit će od sume s'' i za onoliko manja, koliko amplitudama oduzima na krajevima smanjenje brzine, koja ne ovisi samo o otporu kojega pruža inercija oka svakoj promjeni smjera gibanja, nego i o drugim faktorima koji još nisu dovoljno proučeni (vidi prikaz B u slici 28 i sliku 29).



Slika 27 Ukupna brzina sporih komponenta svih sekunda jednaka je ukupnoj amplitudi svih nistagmatičnih trzaja.



Slika 28 A. Skraćenje amplitude ovisno o trajanju brze komponente.
B. Skraćenje amplitude ovisno o smanjenju brzine spore komponente.



Slika 29 Jako usporenje oka (zaobljeni vrhovi) – a;
malo usporenje oka (oštri vrhovi) – b.
kod slične brzine spore komponente (oko $27^\circ/\text{sek}$).

Uzimajući u obzir poteškoće koje bi pružilo mjerenje srednjih brzina sporih komponenata u svakoj sekundi, olakšanje nam pruža što toj mjeri teoretski odgovara ukupna amplituda, a praktički joj je najbliža. Samo se elektronskim računalom može dobiti u razumnom vremenu potpuno točna mjera ukupne jačine nistagmičnog odziva.

Time smo kod ukupnih mjera isključili frekvenciju i trajanje kao nesigurne veličine, a najvažniji elemenat vestibularne osjetljivosti brzinu spore komponente, sveli smo na ukupnu amplitudu. Amplituda je veličina koju se lako mjeri i onda kad postoji disritmički i intermitentni nistagmus.

U ovom smo poglavlju nastojali iz velikog broja elemenata nistagmičnog odziva, iz velikog broja mjera i odnosa, koje unose više zabune nego li daju koristi, izdvojiti najvažnije.

To su kao pojedinačna ili maksimalna mjera – brzina spore komponente (s), a kao ukupna mjera – ukupna amplituda (Σa).

One su sasvim sigurno pravi izraz jačine nistagmusa (s) i nistagmičnog odziva (Σa), jer su jednako ovisne o otklonu oka pod djelovanjem vestibularnog aparata i jednako isključuju nepouzdanu faktore, koji nisu proporcionalni podražljivosti vestibularnog aparata.

III

ODNOS ROTACISKOG I KALORIČKOG NISTAGMUSA

Uobičajeno je mjerenje vestibularne funkcije rotatornim ili (i) kaloričnim testom. Svaki od njih ima dobre i loše strane, pa se usporedivanjem jednih i drugih podataka mogu dobiti bolji rezultati.

U rotatornom testu ubrzanje i usporenje direktno djeluje na polukružne kanale (16), a kako ne postoji posrednik u prijenosu stimulusa, podražaj može biti točno doziran. Zato se vestibularni prag kod normalne vestibularne funkcije kreće u relativno uskom rasponu između 0,6 i 1,07⁰/sek² (Montandon), i kažemo da je u rotatornom testu stimulus točno definiran.

Loša je strana rotatornog testa što provocirani nistagmus predstavlja odziv oba labirinta (na ampulopetalnu limfokinezu jednoga i ampulofugalnu limfokinezu drugoga). Drugi Ewaldov zakon glasi: Ampulopetalni podražaj jači je od ampulofugalnog za horizontalne kanale, a fenomen je suprotan za vertikalne kanale. Taj zakon dokazan je samo na golubovima, i mnogi autori smatraju da ne vrijedi za čovjeka. Prema našim podacima iz klasičnog rotatornog testa, ima razloga da ga se prihvati makar kao pravilo. Ali, jasno je da ni u slučaju kad je ta pretpostavka točna, nije moguće doznati pravi odziv svakog labirinta posebno. Uvijek se radi o zbroju odziva labirinta, pa na primjer odziv od 20 sekundi može biti rezultati od 10 + 10 ili 15 + 5 ili 20 + 0 ili bilo kojeg drugog odnosa pribrojnika. Samo u jednom slučaju znamo koji pribrojnici daju zbroj, a to je onda kad je odziv nula (0 + 0 = 0).

S druge pak strane kalorični test nema točno definiran stimulus. On je definiran samo na ulazu u zvukovod, ali nije na ulazu u labirint. Ne znamo dva najvažnija podatka: koja količina topline ulazi u lateralni polukružni kanal i koliko je temperatura endolimfe.

To je i glavni razlog što normalni odziv (prema Stehleu) varira u maksimalnoj brzini spore komponente između 15 i 55%/sek, a u ukupnoj amplitudi između 1000 i 45000°. Trajanje nistagmusa pokazuje znatno manji raspon, između 300 i 500 sekundi, ali tu se radi o već poznatoj infleksibilnosti.

Kalorični test, za razliku od rotatornog, ima točan i poznat odnos odziva lijevog i desnog labirinta, jer je svaki od njih podražen, istina, ne točno definiranim stimulusom, ali zato jednako jakim. To vrijedi pod uvjetom da su anatomske odnose zvukovoda, srednjega uha i labirinta obostrano simetrični (da nije bilo jednostranih patoloških promjena ili, što je manje pouzdano, da su te patološke promjene bile simetrične).

Da je podražaj u kaloričnom testu nesigurna vrijednost, pokazuju i oni primjeri u kojima je rotatorni test dao uredan odziv, a kalorični je bio bez odziva, makar ispitanik nikada nije imao smetnje ravnoteže ni bolesti labirinta ili centralnog živčanog sistema. Kad je na jednoj strani došlo do perforacije bubnjića, i kalorični je test na toj strani pokazao da je vestibularni aparat podražljiv u fiziološkim granicama (dobiven je odziv kakav se sreće kod otvorenog srednjeg uha). Radilo se samo o vrlo nepovoljnim uvjetima putovanja kaloričnog vala, a ne o smanjenoj podražljivosti ili nepodražljivosti vestibularnog aparata.

Zato je potrebno oprezno interpretirati kalorični nistagmus. Ni smanjeni ni negativni simetrični odziv, bez drugih dijagnostičkih podataka, ne treba punom sigurnošću tumačiti kao oštećenje vestibularne funkcije.

Ono što u kaloričnom testu ima najveću vrijednost, to je odnos odziva dvaju labirinata. Ako se radi test po Fitzgeraldu i Hallpikeu, onda se ta razlika može dobiti formulom Jongkeesa i Philipszoon (3)

$$\frac{(1 + 3) - (2 + 4)}{(1 + 2 + 3 + 4)} \cdot 100\%$$

Uvijek je prethodno potreban otoskopski pregled, pa ako postoji razlika u nalazu, onda se ta formula ne može primijeniti, jer i u onim slučajevima gdje se očito radi o smanjenoj podražljivosti jedne strane, prema kaloričnom testu ona može izgledati jače osjetljiva ako je na njoj trepanaciona šupljina, perforacija bubnjića ili neka druga promjena koja olakšava prijenos topline. Camarda i Antognoli opisuju razlike koje su vezane uz promjene na bubnjiću: slabiji odziv ako je bubnjić zadebljan, jači odziv ako je uvučen (1).

Općenito je priznato da je stimulus u rotatornom testu točno doziran, a da je u kaloričnom testu točan odnos odziva dvaju kanala (1). Kad

god se pokaže potreba prave se usporedbe između rezultata rotatornog i kaloričnog testa. Kao logičan nameće se postupak povezivanja tih podataka na takav način da nepoznanice postanu poznate, da se dobiju novi podaci u rotatornom testu.

PRERAČUNANI ROTATORNI TEST

Odziv lijevog kanala u kaloričkom testu (L_k) i odziv desnog kanala u kaloričnom testu (D_k) daju zajednički odziv kaloričnog testa (K):

$$L_k + D_k = K$$

Odziv lijevog kanala u rotatornom testu (L_r) i desnog kanala u rotatornom testu (D_r) daju zajednički odziv rotatornog testa (R):

$$L_r + D_r = R$$

Među tim vrijednostima neke su točne i pouzdane:

R – zajednički odziv rotatornog testa i $L_k : D_k$ – odnos kanala u kaloričnom testu,

neke su nepouzdate:

L_k i D_k – odziv pojedinog kanala u kaloričnom testu,
a neke su nepoznate:

L_r i D_r – odziv pojedinog kanala u rotatornom testu.

Zanemarujući nepoznate vrijednosti a koristeći točne, mogu se doznati nepoznate vrijednosti. Zanemarujući nepouzdate vrijednosti L_k i D_k , a koristeći točne R i $L_k : D_k$, mogu se doznati nepoznate vrijednosti L_r i D_r .

Ako se u formulu rotatornog testa unesu dobivene numerične vrijednosti za pojedini slučaj (trajanje u sekundama, ili bolje: brzina spore komponente u $^\circ/\text{sek}$ ili ukupna amplituda u kutnim stupnjevima) doznat će se u rotatornom testu udjel desnog i lijevog kanala u ukupnom odzivu. To se može dobiti sljedećim postupkom, gdje su numerične vrijednosti zbog primjera izabrane proizvoljno i mogu predstavljati bilo koju mjerljivu veličinu nistagmusa:

$$L_k + D_k = K \quad \text{ili} \quad 10 + 20 = 30$$

$$L_r + D_r = R \quad \text{ili} \quad L_r + D_r = 30$$

Ako je $K = R$ onda je $L_k = L_r = 10$, a $D_k = D_r = 20$.

Da bi se izbjegle eventualne razlike odziva ampulopetalne i ampulofugalne limfokineze ukupni rotacijski odziv (R) treba da je ukupni odziv vrtnje na lijevu i na desnu stranu.

Ako K (ukupni kalorični odziv) nije jednak R (ukupnom rotacijskom odzivu) onda je potrebno K svesti na numeričnu vrijednost R množenjem ili dijeljenjem. Tim brojem, kojim je množen ili dijeljen K da bi se dobio R, treba množiti ili dijeliti L_k (odziv lijevog kanala u kaloričnom testu) da bi se dobio nepoznati L_r (odziv lijevog kanala u rotatornom testu), te D_k (odziv desnog kanala u kaloričnom testu) da bi se dobio nepoznati D_r (odziv lijevog kanala u rotatornom testu). Tako dobivene vrijednosti za L_r i D_r zbrojene dat će R. Na primjer, ako je

$$L_k + D_k = K \quad \text{ili} \quad 20 + 40 = 60$$

$$L_r + D_r = R \quad \text{ili} \quad L_r + D_r = 30$$

onda je $R = 60/2$, pa je i $L_r = L_k/2 = 10$, i $D_r = D_k/2 = 20$ ili

$$20 + 40 = 60$$

$$10 + 20 = 30$$

To znači da se može postaviti formula

$$L_r = L_k \cdot \frac{R}{K}$$

$$D_r = D_k \cdot \frac{R}{K}$$

Način preračunavanja je *matematički* sasvim ispravan, čak i u onom slučaju ako se ne preračunavaju iste vrijednosti (trajanje, amplituda, frekvencija, brzina spore komponente) nego se u jednom testu uzme jedna a u drugome druga. Ali budući da nismo jednako sigurni u dijagnostičku vrijednost bilo koje veličine potrebno je uzeti pouzdane mjere vestibularne funkcije. Rezultat će biti onoliko slabiji i nepouzdaniji koliko je nepouzdana mjera koja se uzima za preračunavanje (trajanje, frekvencija, amplituda kao maksimalna mjera), a bit će točan ako se uzimaju prave veličine (brzina spore komponente ili ukupna amplituda).

PRIMJEDBA

Cjelovitost jednog stroja, organa ili sustava možemo spoznati jedino analizom i sintezom.

Nistagmus je kompleksni izraz vestibularnog aparata i veza koje on ima s akustičnim, propioceptivnim, vegetativnim, cerebelarnim, motoričnim, vidnim, supkortikalnim i kortikalnim sustavima. Predstoji velik posao da se nađu testovi kojima bi se dobio čisti vestibularni odziv na

raznim razinama, ili da se u dosadašnjim testovima odvoje elementi čistog odziva pojedinih razina. Ta se nastojanja mogu usporediti s onima u audiometriji, s razlikom da su ovdje poteškoće mnogo veće. Ovaj se rad bavi tim osnovnim elementima u elektronistagmogramu.

Da se ne bi krivo shvatilo kako mislimo da su to jedini problemi i jedini zadaci nistagmografije i proučavanja funkcije vestibularnog aparata, potrebna je bila ova primjedba.

Dok je s jedne strane potrebna analiza, s druge je strane potrebna sinteza. Čak se postavlja pitanje: težeći opravdanom analitičkom (dijagnostičkom) cilju, zar se općenito ne zapostavlja jedno drugo (funkcionalno) područje – interpretacija vestibularnog nistagmusa kao kompleksnog koordiniranog odziva spomenutih aparata, koji zajedno čine senzorični sustav za percepciju prostora (spaciosenzorični sustav). Pa zato ne treba uvijek povezanost i ovisnost vestibularnog aparata gledati samo kao prepreku njegova ispitivanja, nego i kao jedini način njegova funkcioniranja.

Možda mi još uvijek percepciju izolirano većemo uz pojedine osjetne aparate, makar govorimo o polisenzoričnoj percepciji, još uvijek premarlo vodimo računa o onim percepcijama koje nisu vezane uz pretežno jedno osjetilo, kao što je na primjer osjet prostora, zatim, još uvijek najveći interes posvećujemo mjerenju oštećenja, a premalo sposobnostima sačuvane funkcije.

Treba očekivati da će nas osobito specijalna medicina jače suočiti s postojanjem percepcije prostora, što će nas uputiti na nešto drugačiji način mišljenja o ulozi vestibularne funkcije.

SAŽETAK

Posoji potreba za točnijim i jednostavnijim metodama zapisivanja i mjerenja nistagmusa. Ovim se radom želi dati prilog tim nastojanjima u elektronistagmografiji.

1

Trokanalnom elektronistagmografijom, iz odnosa zapisa tri kanala, možemo uvijek točno odrediti smjer nistagmusa, te omogućiti preračunavanje prave amplitude i brzine spore komponente, te upozoriti na eventualno postojanje disociranog nistagmusa.

2

Među mnogim veličinama, koje se uzimaju kao mjera jačine vestibularnog odziva, postoji opravdanje da se prihvati po jedna:

za maksimalnu jačinu – brzina spore komponente,
za ukupnu jačinu – ukupna amplituda.

Uključivanjem odnosa odziva dvaju kanala iz kaloričnog testa u rotatorni test možemo postupkom koji zovemo preračunani rotatorni test, doznati dvije nepoznate vrijednosti: udjel desnog i lijevog kanala u ukupnom odzivu rotatornog testa.

LITERATURA

1. Camarda V., Antognoli F.: Sulla validita della stimolazione termica in soggetti portatori di affezioni catarrhali croniche della membrana timpanica, *Il Valsava*, 64 : 227, 1968.
2. Corvera B. J., Ramirez M. J.: Registro electronistagmografico de los movimientos oculares de rastreo en el diagnostico otoneurologico, *Anales de la Sociedad Mexicana de Otorrinolaringologia*, 10 : 159, 1967.
3. Jongkees L. B., Philipszoon A. J.: Electronystagmography, *Acta Oto-Laryngologica*, Supp. 189, 1964.
4. Litton W. B., McCabe E. F.: Controllable variables in vestibulometry, *Archives of Otolaryngology*, 86 : 111, 1967.
5. Maran A. G. D.: The Use of Electronystagmography in Clinical Practice, *The Journal of Laryngology and Otology*, 80 : 1224, 1964.
6. Milojević B.: Kaloričko podraživanje vestibularnog aparata, *Rad JAZU*, knjiga 332, str. 69, 1963.
7. Montandon A.: Conception actuelle de l'examen vestibulaire, *Archives Suisses de Neurologie Neurochirurgie et de Psychiatrie*, 96 : 249, 1965.
8. Mounier-Kuhn P., Morgon A., Achache R.: Apport de l'electronystagmographie (E. N. G.) dans l'expertise medico-legale des traumatismes craniens, *Journal Français d'oto-rhino-laryngologie et Chirurgie Maxillo-Faciale*, 15 : 8, 1966.
9. Osgood C.: Metod i teorija u eksperimentalnoj psihologiji, *Savremena škola*, Beograd, 1964.
10. Pansini M.: Vestibularne pretarage u osoba oštećena sluha, *Govor*, god. 1, br. 2, str. 103, 1967.
11. Pansini M., Padovan I.: Three derivations in electronystagmography, *Acta Oto-laryngologica*, 67 : 303, 1969.
12. Philipszoon A. J.: Electronystagmography in daily ENT practice, *Archives of Otolaryngology*, 86 : 441, 1967.
13. Philipszoon A. J.: Some aspects of electronystagmography, *The Journal of Laryngology and Otology*, 81 : 887, 1967.
14. Rubin W.: Language of Nystagmography, *Archives of Otolaryngology*, 84 : 74, 1966.
15. Rubin W.: Nystagmography, *Archives of Otolaryngology*, 87 : 64, 1968.
16. Simonović M.: Les conditions de mouvement de l'endolymphe a l'interieur des canaux semi-circulaires, *Journal français d'oto-rhino-laryngologie et Chirurgie Maxillo-Faciale*, 15 : 1, 1966.
17. Smith C. R.: Measurement of nystagmus using electronystagmography (ENG), *Journal of speech and Hearing disorders*, 32 : 133, 1967.
18. Spector M.: Electronystagmography in the Office, *Archives of Otolaryngology*, 87 : 53, 1968.
19. Stahle J.: Electro-nystagmography in the caloric and rotatory tests, *Acta Oto-Laryngologica*, Supp. 137, 1958.
20. Stroud M. H.: Electronystagmography, *Archives of Otolaryngology*, 84 : 78, 1966.

S A D R Ź A J

<i>N. Grčević, V. Vince i J. Vesenjāk-Hirjan</i>	
Neuropatologija eksperimentalnog krpeljnog meningoencefalitisa	5
<i>S. Cvetinić, E. Topolnik, M. Kralj i D. Petrović</i>	
Infekcije goveda virusom parainfluenca 3	29
<i>D. Ikić i M. Juzbašić</i>	
Dalje atenuirani virus morbila Edmonston – Zagreb	35
<i>R. Subotić</i>	
Histološke promjene unutarnjeg uha poslije virusnih upala	53
<i>Vladimir Bauk</i>	
Spektroskopska analiza glasa laringektomiranih	65
<i>Dr. Zeljko Poljak</i>	
Rhinitis allergica i infekcija nosne sluznice	129
<i>M. Pansini</i>	
Mjerenja u elektronistagmografiji	171

