

A dinamikus véletlen pont korrelogram által kiváltott potenciálok

Ph.D. - téziszfüzet

Írta:

Erdősné Dr. Markó Katalin

Elméleti Orvostudományok Doktori Iskola
Vezetője: Prof. Dr. Szolcsányi János akadémikus

A -137

Programvezető: Prof. Dr. Lénárd László akadémikus

Témavezető: Dr. Jandó Gábor docens

Pécsi Tudományegyetem, Általános Orvostudományi Kar
Élettani Intézet

2012.

ELŐSZÓ

Dolgozatomban beszámolok a Julesz Béla által kifejlesztett dinamikus véletlen pont korrelogram (DRDC) két fontos jellemzőjének - kontraszt és luminancia – az agyi válaszokra gyakorolt hatásáról. A DRDC egy ún. küklópszi stimulus, azaz a fej középvonalaiban elhelyezkedő, térlátásra alkalmas, virtuális szemet ingerli. Fő jellemzője, hogy csak két szemmel tekintve és jó binokuláris funkcióval rendelkező egyének percipiálhatják, csak ilyen egyéneknél vált ki detektálható elektromos választ az agyban (DRDC-VEP). A DRDC-VEP hiánya egyben a funkcionális binokularitás hiányára is utal. A módszer alkalmas nem kooperáló egyének, pl. csecsemők vizsgálatára is.

Julesz eredeti elképzelése szerint a DRDC-VEP használható lehetne az az amblyopia szűrésére csecsemőkorban. A módszer csecsemő-vizsgálatokhoz való bevezetéséhez azonban figyelembe kell vennünk mind a csecsemők csökkent kontrasztérzékenységét, mind a vörös-zöld szűrők által okozott luminancia-csökkenést. DRDC-VEP hiányát okozhatja esetleg alacsony kontraszt vagy alacsony luminancia is, mely a már kialakult jó binokularitás ellenére álnegativitást jelentene.

Továbbá a DRDC által kiváltott válaszok kontraszt- és luminancia-függésének vizsgálata a binokuláris információ feldolgozási mechanizmusainak jobb megértéséhez is vezethetnek.

BEVEZETÉS

Egysejt-elvezetéses kísérletekből ismert, hogy a mélységérzékelés dekódolásához mind a V1-re, mind magasabb vizuális feldolgozásra szükség van. Diszparitásra hangolt és egyúttal antikorreláció-detektáló neuronokat találhatók V1 (Poggio and Fischer 1977; Poggio et al 1988; Prince et al 2002), V2 (Burkhalter and Van Essen 1986; Thomas et al 2002), V3 (Felleman and Van Essen 1987; Hubel and Livingstone 1987; Hubel and Wiesel 1970), V4 (Watanabe et al 2002), MT(V5) (Maunsell and Van Essen 1983), MSTd (Roy et al 1992), MSTl (Eifuku and Wurtz 1999) és CIP(Taira et al 2000) területein is. Humán fMRI kísérletek megerősítették, hogy V1 egy fontos, valószínűleg az első állomása a mélységpercepció létrejöttének, de a legtöbb extrastriális terület is aktivációt mutat küklropszi stimulusok esetén, sőt, úgy tűnik, V3-nak prominens szerepe van (Tyler 2004) (Backus et al 2001)

A sztereoszkópikus mélységélesség feldolgozó mechanizmusait, beleértve a diszparitás-hangolást is, befolyásolja a kontraszt. Megfigyelték, hogy az interokuláris korreláció detekció küszöbe alacsony kontrasztokon négyzetes összefüggést mutat a kontraszttal (Cormack et al 1991). A binokuláris fúzió határai, a kettőslátás küszöbe, azonban független a kontraszttól (Schor et al 1989). Megfigyelték továbbá, hogy a sztereolátásélesség emelkedő kontraszt mellett javul, kivéve, ha a kontrasztemelkedés nem monokuláris (Cormack et al 1991; Halpern and Blake 1988; Legge and Gu 1989). Interokuláris kontrasztkülönbségek ugyanis gyorsan megzavarják a binokuláris funkciót, míg

az interokuláris kontraszt kiegyenlítése helyreállítja azt. Amíg a csupán az egyik szemén csökkenő kontraszt sokkal jobban csökkenti a sztereolátásélességet, addig a mindkét szemet érintő szimmetrikus kontrasztcsökkenésnek gyakorlatilag nincs hatása a fúziós határookra (Legge and Gu 1989). Ezt a jelenséget gyakran a sztereopsisz kontraszt paradoxonjának nevezik (Stevenson and Cormack 2000). A binokuláris kortikális neuronok szintén kontraszt moduláltak. Striatális neuronok lineárisan integrálják a kontraszt információt, ezáltal a kontraszt jelek binokuláris szummációját eredményezik (Smith et al 1997).

Magnocelluláris (MC) neuronok magasabb tüzelési frekvenciával válaszolnak a luminancia kontrasztra, mint a parvocelluláris (PC) rendszer neuronjai. Az MC idegsejtek nemlineáris, míg PC sejtek majdnem lineáris karakterisztikát mutatnak a stimulus kontraszttal összefüggésben. Egy tipikus MC sejt kontraszt hangolása kb 10-szer magasabb, mint egy PC egységé, az MC sejt kontraszt válasza továbbá általában alacsony kontraszton szaturálódik (Kaplan and Shapley 1982) (Shapley et al 1981) A luminancia kontraszt által kiváltott VEP amplitudója gyakran lineáris kapcsolatot mutat a kontraszt logaritmusával (Campbell and Maffei 1970); a kontraszt amplitudó válaszgörbe (CR) azonban nonlinearitást mutat, ha különböző térbeli frekvenciákat alkalmazunk. Számos szerző beszámolt arról, hogy az alacsony kontraszton tapasztalt egyenes vonalú korrelációt magasabb kontraszton szaturáció követi, vagy kétféle meredekségű egyenes vonalú összetett reláció tapasztalható (Bobak et al 1984; Rudvin et al 2000; Valberg and Rudvin 1997). Ezek a nonlinearitások,

illetve többféle meredekségű válaszgörbék különböző érzékenységgű, egymással parallel működő vizuális rendszerek együttes szerepére utalhatnak (Souza et al 2007).

A luminancia hatását a VEP-ek amplitúdójára és latenciájára más stimulusok esetén széles körben tanulmányozták. Kurita-Tashima és további kutatók a stimulus luminancia csökkenésének elhanyagolható hatását tapasztalták a sakktábla mintaváltás VEP (PVEP) hullámok amplitúdójára, ugyanakkor lineáris kapcsolatot figyeltek meg a luminancia logaritmus és a P100 hullám latenciája között (Kurita-Tashima et al 1992) (Froehlich and Kaufman 1991). Halliday a retinális megvilágítás tizedére csökkenése esetén 15 ms-os P100 latencia megnyúlásról és az amplitudó 15%-kal való csökkenéséről számolt be (Halliday 1980; Halliday et al 1973). Froehlich és Kaufman pedig arról adtak számot, hogy a P100 latencia változásában bekövetkező megnyúlás nagyjából megegyezik a szimultán regisztrált sakktábla mintaváltás elektroretinogramon (PERG) a P50 megnyúlásával (régi terminológia szerinti b hullám) (Holder et al 2007)). A PERG és PVEP válaszok amplitúdójának változása azonban jelentős különbségeket mutatott a retinális illumináció csökkenésével Froehlich és Kaufman kísérleteiben (Froehlich and Kaufman 1991).

Ezek alapján arra számíthatnánk, hogy a küklipszi stimulusok, mint pl. DRDC, aktiválja mind V1-et, mind az extrastriális területeket és legalább néhány VEP komponens kontraszt és luminancia érzékenységet mutat.

CÉLKITŰZÉSEK

A DRDC-VEP kontraszt válasz görbéjének vizsgálata, mert segíthet betekintést nyerni a válasz viselkedésének és a binokuláris korreláció feldolgozó mechanizmusainak jellemzőibe és előrevetítheti bizonyos szubkortikális rendszerek érintettségét (azaz MC vagy PC) a kortikális binokuláris információ feldolgozásában.

A stimulus luminancia DRDC-VEP amplitudóra való hatásának tanulmányozása a CRT monitorok mellett létrehozható luminancia határok között. Egyrészt azért, hogy eldöntsük, vajon a filterek okozta luminancia-redukció szignifikánsan befolyásolja-e a DRDC-válaszok kiválthatóságát, detektálhatóságát. Másrészt arra is kíváncsiak voltunk, hogy a luminancia csökkenés indukálta latencia megnyúlás megfelel-e a retinális feldolgozásból adódó késésnek, vagy más luminanciafüggő kortikális feldolgozásnak is kell valamilyen szerepet tulajdonítanunk. Froelich és Kaufman adatai alapján a hipotézisünk az volt, hogy a DRDC-VEP latencia a luminancia csökkenése mellett tapasztalható regressziós egyenes meredekségének hasonlóan kell lennie a PERG és PVEP kísérletekben tapasztaltakkal.

MÓDSZER

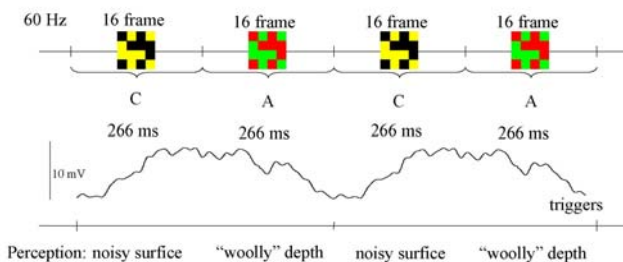
Kontraszt és luminancia kísérleteink során 16 és 10 fiatal felnőttet vizsgáltunk (átlagéletkor: 25.7 és 23.1 év)

A stimulusokat egy standard személyi számítógépen generáltuk és 19" katódsugárcsöves computer monitor vörös-zöld csatornáin jelenítettük meg (Samsung Model

957MB) 320×240 pixeles térbeli és 60 Hz-es időbeli felbontással. Csatorna-szétválasztásra vörös-zöld szemüveget alkalmaztunk.

Dinamikus Random Pont Korrelogram stimulus

A DRDC-ben két állapot váltja egymást, a korrelált és az antikorrelált.



1. ábra A DRDC stimulus demonstráció céljából egy 4×4 pixeles mátrix segítségével mutatom be. A „C”-vel jelölt korrelált állapotokban a képernyőn lévő random képpontok fele sárga (vörös és zöld foszfor együtt világít a monitoron), fele fekete. Az antikorrelált („A”) képkockák 50% vörös - 50% zöld képpontból állnak. A fenti képek a monitoron többtízezer képpontból állnak. A baloldali különböző frekvenciaértékek mellett sorban olvashatjuk, melyik állapotból hány db képkocka váltja egymást. Az ábra alsó részében a váltakozó képkockákkal szinkron egy reprezentatív átlag DRDC-VEP hullám látható.

A korrelált állapotban a képernyőn lévő random képpontok fele sárga (vörös és zöld foszfor együtt világít a monitoron), a fele fekete, így egyik szem elé helyezett vörös, másik szem elé helyezett zöld szűrőn át is ugyanolyan képként vetül a két retinára. A megfigyelő ebben az esetben egy zajos felszínt érzékel a képernyő

síkjában, egyféle hóvihart. Az antikorreálált képkockák 50% vörös - 50% zöld képpontokból állnak, és az egyik szem elé helyezett vörös, ill. a másik szem elé helyezett zöld szűrőn át az egyik szembe vetülő kép a másik szembe vetülő kép negatívja lesz. A megfigyelő ebben az esetben azt érzékeli, mintha kilyukadt volna a képernyő, azaz a szemlélő egy sztereoszkópos ürességet (ködöt) (“woolly” depth) észlel, ahol a binokuláris információt dekódoló rendszer számára nincs egyetlen megfogható inger sem. A két állapot közötti váltás csak jó funkcionális binokularitással rendelkező egyén számára észlelhető. A sztereoszkópos üresség és a hóvihart “snowstorm” közötti váltás 0.5 Hz alatt tisztán kivehető, 1.875-Hz stimulus fekvencia mellett az aktuális percepció egyféle pulzáció érzése.

A kontrasztkísérletben nyolc különböző kontrasztszinten végeztük vizsgálatainkat, miközben a tér-átlagolt luminanciát konstans értéken tartottuk. A luminancia kísérletben csökkentett luminanciaszinteket a színes szűrő elé helyezett növekvő számú neutrál denzitás szűrő (NDF) segítségével értük el állandó kontraszt (70%) mellett.

PVEP és PERG méréseink

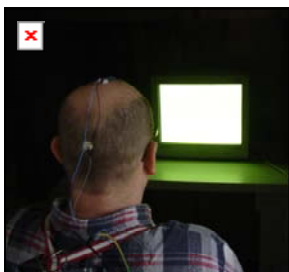
A luminancia kísérletben három résztvevő esetén szimultán PVEP és PERG méréseket végeztünk a DRDC kísérlettől függetlenül egy másik napon. Kondícióink hasonlóak voltak más szerzők 20-30 éve elvégzett kísérleteiben leírtakhoz (Kurita-Tashima et al 1992) (Chiappa and Ropper 1982; Froehlich and Kaufman 1991). Ugyanazon NDF szűrőkkel hoztuk létre a

csökkenő luminanciaszinteket. Helyi felszíni cseppéztelenítés és mydriasis után a PERG alsó konjunktívazsákba helyezett DTL ERG elektródát használtunk.

Adatgyűjtés és elemzés

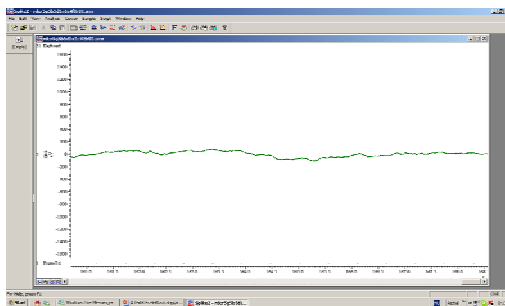
EEG felvétel

Az Oz (aktív) és Fz (referencia), standard 10-20-as nemzetközi EEG elvezetéseknek megfelelő pozíciókból, egy csatornán, differenciál erősítő segítségével regisztráltunk elektromos aktivitást. Ez megfelel az ISCEV standardnak (Odom et al 2004).



2. ábra Elektródák elhelyezése és a kísérleti elrendezés.

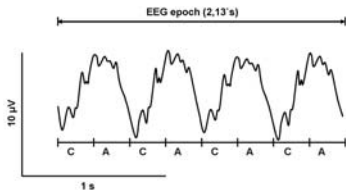
Az agyi elektromos jeleket 0.5 és 250Hz között szűrtük és erősítettük, CED 1401 Power segítségével folyamatosan 960Hz-en mintavételeztük, majd a trigger impulzusokkal együtt tároltuk a további ún. off-line analízishez.



3. ábra Nyers EEG felvétel (Spike2 program)

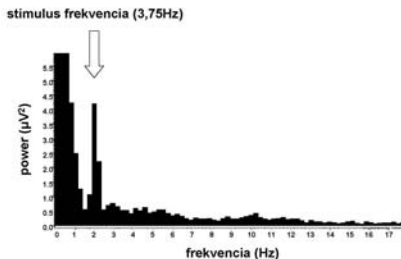
A DRDC-VEP analízise, $T^2_{\text{kör}}$ statisztika

A nyers EEG felvételt 2.133 s-os, azaz 4 stimulus ciklus, 2048 mintavételt tartalmazó hosszúságú, egymást nem átfedő szakaszokra, ún. epochokra bontottuk.



4. ábra Epochok szemléltető ábrája. C: korrelált, A: antikorrelált fázisok

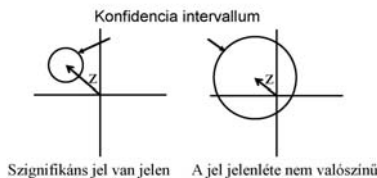
Ezt követően minden egyes epochon FFT-t végeztünk és további statisztikai analízis alá vetettük a stimulus fundamentális, második, harmadik és negyedik felharmonikus frekvenciájára kapott Fouier komponenseket.



5. ábra Egy epoch Fast Fourier Transzformációját követően létrejött EEG power spektrum. A stimulus fundamentális frekvenciájával megegyező frekvencián látható egy szignifikáns jel (nyíl).

Az EEG Fourier komponensét vektorként tekintve a Cartesian koordináta-rendszerben x és y koordinátákkal adható meg. Ha egyetlen epoch-hoz tartozó vektor

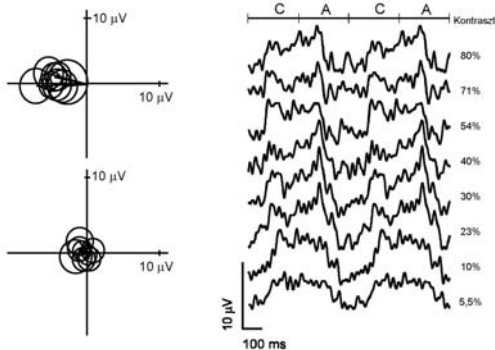
nagyobb volt $10 \mu\text{V}$ -nál, akkor műterméknek tekintettük és kihagytuk az értékelhető adatok közül. A jel megbízhatóságát $T^2_{\text{kör}}$ statisztikával vizsgáltuk, mely a Fourier vektorok kétdimenziós varianciáját határozza meg, majd megadja, hogy az átlagvektor szignifikánsan különbözik-e a nullvektortól (Victor and Mast 1991). Szignifikancia-szintnek a statisztikában $p < 0.01$ kritériumot választottunk, Amplitúdónak a Fourier vektor hosszának kétszeresét tekintettük, mely érték megfeleltethető a DRDC-VEP idő-domainben csúcstól-csúsig lemérhető amplitúdójának. DRDC-VEP fázisokat a fundamentális frekvencián kapott átlag-vektorok alapján radiánban adtuk meg.



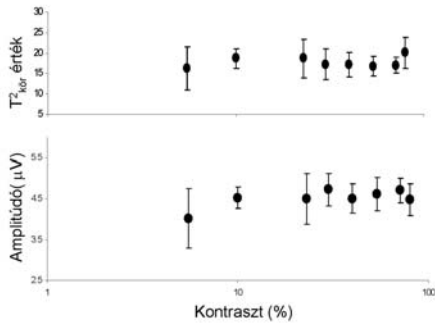
6. ábra A hullámok vektografikus ábrázolása. A vektorok a stimulus fundamentális frekvenciájához tartozó DRDC-VEP komponenseket mutatják. A vektorok nagysága utal a stimulus frekvenciájával megegyező Fourier komponens amplitúdójára, iránya pedig annak fázisára. A kör jelzi a $p=0,99$ -es konfidencia intervallumot, melyet a $T^2_{\text{kör}}$ statisztika ad meg. Ha ezen kör sugara kisebb a vektor hosszánál (középső ábra), tehát az origót nem foglalja magába, akkor az agyi válasz fázisban az stimulus fundamentális frekvenciájához kötött. Ilyen esetben statisztikailag igazolható az adott jel, tehát a stimulusnak van kimutatható hatása az agyi tevékenységre. Ha a konfidencia kör sugara nagyobb a vektor hosszánál (jobb oldali ábra), azaz tartalmazza az origót, akkor a szignál jelenléte nem valószínű az EEG-ben. Tehát a stimulusnak nincsen statisztikailag igazolható hatása az agyi elektromos működésre. Ebben az esetben az agy valószínűleg nem észleli a képernyőn a változásokat.

EREDMÉNYEINK

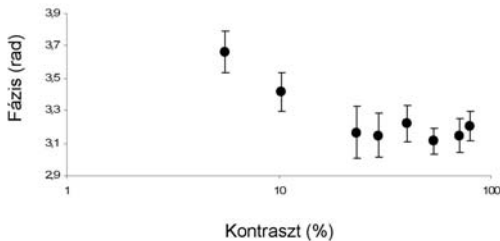
Kontraszt kísérlet



7. ábra Jobb oldali panel: B.R. reprezentatív átlagolt DRDC-VEP hullámai ($n=25$ epoch) a fentről lefelé nyolc különböző, rendre csökkenő kontraszt szinten. “A” és “C” jelöli az anti-korrelált és korrelált állapotokat a DRDC stimulusban. Pixel méret: 7.5 szögperc; stimulus frekvencia: 1.875 Hz; frissülési frekvencia: 60 Hz. Bal felső panel: ugyanezen DRDC-VEP-ek vektografikus ábrája. A bal alsó panel a monokuláris vörös DRDC-VEP vektografikus ábráját mutatja a nyolc különböző kontrasztszinten. Ezen átlagvektorok megegyeznek a null vektorral, tehát nincs kimutatható szignifikáns válasz.

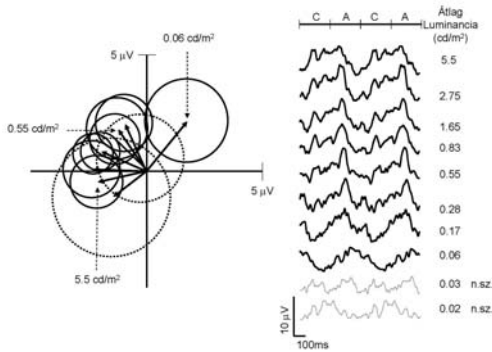


8. ábra A $T^2_{\text{kör}}$ értékek és a DRDC-VEP hullámok kontraszt válasz görbéje. A pontok a 16 egyén csoportátlagait, a hibásávok a SEM-t jelölik. A $T^2_{\text{kör}}$ értékek a legalacsonyabb kontrasztól kezdve rendre a következők: $16(\pm 5)$, $19(\pm 2)$, $19(\pm 5)$, $17(\pm 4)$, $17(\pm 3)$, $17(\pm 3)$, $17(\pm 2)$, és $20.1(\pm 4)$. Lineáris model nem illeszthető az amplitúdó-kontraszt adatokra ($F[1,95]= 0.909$; $p=0.34$).

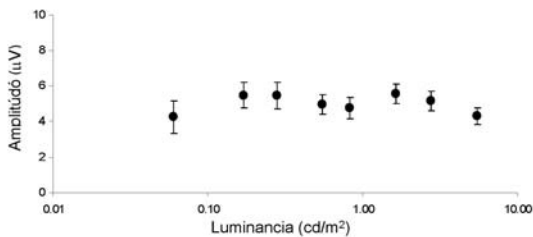


9. ábra DRDC-VEP fázis a kontraszt függvényében. Fázis: $\Phi = \arctan(y/x)$, ahol x és y a stimulus fundamentális frekvenciájával megegyező Fourier vektor két meghatározó komponensei. A pontok a 16 egyén csoportátlagait, a hibásávok a SEM-t jelölik. Lineáris modell illeszthető az adatokra : $\Phi = -0.16 \times \ln(C_0) + 3.06$, ($r^2=0.118$, $F[1,95]=12.75$, $p<0.05$), where Φ is the DRDC-VEP

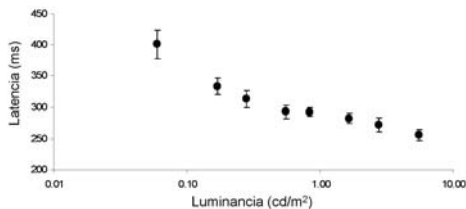
Luminancia kísérlet



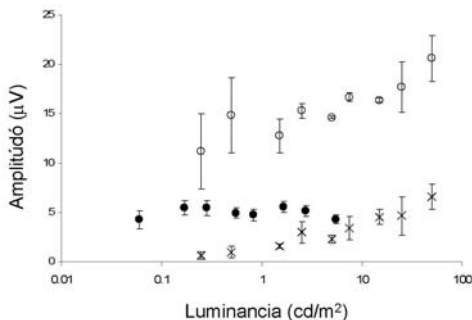
10. ábra Jobbra: egy résztvevő reprezentatív DRDC-VEP hullámjai (n~20 epochs) fentről rendre csökkenő luminanciaszintek mellett.. “C” és “A” jelölik a korrelált és antikorrelált fázisokat. “n.s.” jelenti a nem szignifikáns választ Balra: $T^2_{kör}$ statisztika által megadott vektografikus ábrázolása ugyanezen hullámoknak. A fázis az óra járásával megegyező irányú eltolást mutat a luminancia csökkenésével. Szaggatott körök jelzik a két alsó luminanciaszinten kapott nem szignifikáns vektorokhoz tartozó 99%-os konfidencia intervallumot.



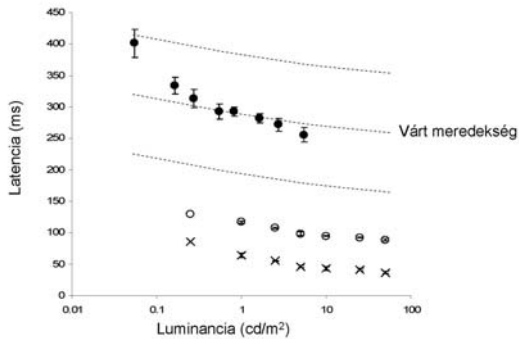
11. ábra Az átlag DRDC-VEP amplitúdók a stimulus-luminancia függvényében. A pontok a csoportátlagot reprezentálják (n=5-10), a hibasávok a SEM-t. Mivel az alsó kettő luminanciaszinten egy-egy szignifikáns választ sikerült csak regisztrálni, ezeket kizártuk. Lineáris regresszió nem volt kimutatható ($F[1,72]= 0.7$, $p=0.4$)



12. ábra Átlagos DRDC-VEP latencia a stimulus luminancia függvényében Latencia Φ ($\text{rad} = \arctan(y/x)$); ahol x és y az első felharmonikus frekvencián a Fourier vektor komponensei, ezután korrigáltuk a stimulus ciklussal “ $\Phi \pm 2\pi$ ” –vel, hasonlóan a MATLAB unwrap funkciójához. Latenciává a következők szerint konvertáltuk: $\Phi'(\text{ms}) = (\Phi \pm 2\pi) * (T/2\pi)$; ahol $T=533$ ms. A pontok csoportátlagot reprezentálnak, a hibasávok a SEM-et. Mivel az alsó kettő luminanciaszinten egy-egy szignifikáns választ sikerült csak regisztrálni, ezeket kizártuk. A regresszió szignifikáns: Latencia (ms) = $-63.4 \times \log L + 292.16$; ($r^2=0.55$, $F[1,72]=87.82$, $p<0.01$)



13. ábra Átlag VEP amplitúdók a stimulus luminancia függvényében. Kötöltött kör: DRDC-VEP átlag amplitúdó; Üres kör: PVEP P100 amplitúdó, Kereszt: PERG P50 amplitúdó. Hibasávok a SEM-et reprezentálják. ($P50$) = $2.54 \times \text{Log} L + 1.52$; $r^2=0.57$; $F[1,20]=26.8$; $p<0.005$; Amplitúdó ($P100$) = $3.42 \times \text{Log} L + 13.51$; $r^2=0.41$; $F[1,20]=13.98$ $p<0.005$.



14. ábra Átlag VEP latenciák a stimulus luminancia függvényében. Kírtöltött kör: DRDC-VEP latenciává konvertált fázisa; Üres kör: PVEP P100 latencia, Kereszt: PERG P50 latencia. Hibasávok a SEM-et reprezentálják. A PERG P50 és VEP P100 latenciák regressziós egyenesi meredekségükben megegyeznek: P50 = $-16.42x + 63.61$; $r^2 = 0.79177$; $F[1,20]=76.05$; $p<0.005$; P100 = $-18.87x + 118.23$; $r^2 = 0.8813$; $F[1,20]=148.59$; $p<0.005$. Szaggatott vonal jelzi a feltételezett DRDC-VEP latencia-luminancia regressziós egyenes meredekségét. Adataink a vártnál háromszor meredekebb regressziós egyenest jeleznek: DRDC Latencia (ms)= $-63.4 \times \text{Log } L + 292.16$; ($r^2=0.55$, $F[1,72]=87.82$, $p<0.01$)

Ezen PERG és PVEP eredményeink összhangban állnak Kurita-Tashima, Froehlich, Kaufman, Chiappa és Ropper által az irodalomban leírtakkal (Kurita-Tashima et al 1992) (Chiappa and Ropper 1982; Froehlich and Kaufman 1991).

KONKLÚZIÓ

Az átlatunk megfigyelt DRDC-VEP amplitúdó kontraszt és luminancia függetlenség azt sugallja, hogy a VEP rendkívül érzékeny módszer, a DRDC binokuláris percepciós küszöbének környékén is szinte maximális amplitúdóval regisztrálható. Eredményeink szerint DRDC-VEP megbízhatóan kiváltható széles kontraszt- és luminancia tartományban. A szűrők sötétítő hatása pedig önmagában szignifikáns hátránya a DRDC anaglifikus technikának: az általuk okozott luminancia csökkenés a DRDC válaszok kiválthatóságát nem befolyásolja.

Kontraszt-kísérletünkben tapasztalt amplitúdó kontraszt válaszgörbe plató arra utal, hogy a DRDC-VEP generálásában egyetlen kontrasztérzékeny mechanizmus játszik szerepet. Mivel a magas kontraszterősítés és a már alacsony kontraszton bekövetkező gyors telítődés az MC neuronok sajátja, a kontraszt-válasz plató tehát elsősorban az MC pályarendszer érintettségét valószínűsíti a binokuláris korreláció-antikorreláció feldolgozásában. Ez a feltételezés egybeesik azzal, hogy a dorzális rendszer sokkal több területén találtak antikorreláció-érzékeny sejteket makákó majmokban, mint a ventrális rendszer területein (Takemura et al 2001) (Tanabe et al 2004).

Kísérletünkben nem találtunk DRDC-VEP amplitúdó modulációt luminanciára sem. Eredményeink alapján mi azt feltételezzük, hogy a DRDC-VEP egyenes luminancia-amplitúdó válaszgörbéje, hasonlóan a mozgás onset VEPhez (Kubova et al 2004), domináns MC inputnak köszönhető.

A kontrasztcsökkenés mellett tapasztalt DRDC-VEP fáziseltolódás a neuronális válaszütem megnyúlásának következménye lehet.

Az általunk megfigyelt meredekebb regressziós görbe (63 ms/log) aDRDC-VEP latencia a luminancia függvényében két

elmélettel magyarázható: egy magasabb szintű (kortikális) időt igénylő latencia redukció indukálta késés (LRID) feldolgozás, mely extrastriális luminancia függő és/vagy feldolgozó mechanizmusokat feltételez. Valószínűbben, a két szemből beáramló vizuális információ integrációja (sztochasztikus akciós potenciál sorozatok) eredményezi azt a binokuláris korreláció-detekciós folyamat alatt. Ezt az integrációs folyamatot elsősorban a primer vizuális kéregbe lokalizálhatjuk, de hasonló funkciójú területeket tételezhetünk fel az előrébb elhelyezkedő extrastriális kortikális régiókban is (Neill and Fenelon 1988). Vagyis a meredekebb LRID görbe tehát sokkal inkább neurális feldolgozás biofizikai sajátosságaival hozható összefüggésbe (pl. a binokuláris integráló neuronidőállandója, a korrelációt végző idegi feldolgozás algoritmus), mely neuronális szinten meghatározza a korrelációs folyamatot.

PUBLIKÁCIÓS LISTA

Megjelent közlemények:

1. Katalin Markó, Eszter Mikó-Baráth, Huba J Kiss, Béla Török, Gábor Jandó, Effects of luminance on dynamic random dot correlogram evoked VEPs, *PERCEPTION (in press) accepted manuscript 7042_ChT, (2012)* **IF: 1.293**
2. Marko K; Kiss HJM; Miko-Barath E; Bartfai O; Torok B; Kovacs I; Jando G, Contrast independence of dynamic random dot correlogram evoked VEP amplitude *JOURNAL OF VISION (ISSN: 1534-7362) 9: (4) pp. 1-10. Paper 8. (2009)* **IF: 3.022**

Idézhető előadások, absztraktok:

1. Katalin Marko, Eszter Miko-Barath, Anna Budai, Timea Dani, Selim Sevinc, Marton Gyenge, Monika Schwoller, Zsuzsanna Pamer, Zsolt Biro, Gabor Jando, Comparison Of Dynamic Random Dot E Stereo Test And Lang II Test: Testability And Reliability In Preschool Children, (*poszter*), *ARVO Annual Meeting, Fort Lauderdale, 2011. május 1-5*

2. Mikó-Baráth E; Markó K; Budai A; Dani T; Sevinc S; Gyenge M; Schwoller M; Pamer Z; Bíró Z; Jandó G, Screening of binocular function with static- and dynamic random dot E stereograms in preschool population, (*poszter*), *MITT XIII. konferenciája, Budapest, 2011. január 20-22.*

3. Mikó-Baráth E; Dani T; Sevinc S; Markó K; Kiss H M; Török B; Jandó G, Is binocular enhancement the measure of binocular fusion? (*poszter*), *7th Forum of Federation of European Neuroscience Societies (FENS) kongresszus, Amsterdam, 2010. július 3-7.*

4. Kiss HJ, Miko BE, Markó K, Sevinc S, Kovacs I, Torok B and Jandó G (2009). The examination of visual acuity in preterm and full-term infants. *Front. Syst. Neurosci. Conference Abstract: 12th Meeting of the Hungarian Neuroscience Society. doi: 10.3389/conf.neuro.01.2009.04.096* (*poszter*) *MITT Kongresszus, 2009. január*

5. Markó K, Kiss H J M, Mikó-Baráth E, Török B, Jandó G, Spatial characteristic of dynamic random dot correlogram evoked visual potentials (*poszter*) *Front. Syst. Neurosci. Conference Abstract: 12th Meeting of the Hungarian Neuroscience Society. doi:*

10.3389/conf.neuro.01.2009.04.211 (poszter) *MITT Kongresszus, 2009. január*

6. Katalin Markó, Orsolya Bártfai, Eszter Mikó-Baráth, Huba Kiss, Ilona Kovács, Béla Török and Gábor Jandó A binokularitás elektrofiziológiai mérése: Az interokuláris késés hatása a dinamikus random pont korrelogram (DRDC) válaszokra (poszter) *MITT kongresszus 2007, Szeged 2007.febr.*

7. Eszter Mikó-Baráth, Katalin Markó, Katalin Hollódy, Ilona Kovács, Béla Török and Gábor Jandó Utility of visual evoked potential (VEP) in pediatric neurology (poszter) *MITT kongresszus 2007, Szeged 2007.febr.*

8. Huba Kiss, Eszter Mikó-Baráth, Katalin Markó, Ilona Kovács, Béla Török, Orsolya Bártfai and Gábor Jandó Effect of luminance on VEP response to dynamic random dot correlogram (DRDC-VEP) (poszter) *MITT kongresszus 2007, Szeged 2007.febr.*

9. Bártfai O., Markó K., Mikó-Baráth E., Kiss H., Kovács I., Török B. and Jandó G. Electrophysiological measurement of stereopsis is potential screening method for amblyopia: Effects of luminance and interocular delay on VEP response to dynamic random dot correlogram (DRDC) (előadás) *In: LXXIst Annual Meeting of the Hungarian Physiological Society June 6–8, 2007, Pécs, Hungary, Acta Physiologica Hungarica 94:(4) pp. 328-329. (2007)*

10. Jandó G., Markó K. és Kovács I. Measurement of Stereopsis with Visual Evoked Potential in Adults and Premature Infants (előadás) *MITT kongresszus 2005, Pécs 2005. Jan. Ideggyógyászati szemle/Clinical neuroscience 58:(Suppl. 1) pp. 44-45. (2005)*

További előadások és poszterek:

1. Markó Katalin A luminancia hatása a dinamikus random pont korrelogram vizuális kiváltott válaszokra (DRDC-VEP) (előadás), PhD napok, Budapest, 2011.április 15
2. Mikó-Baráth E, Markó K., Rozmán B, Kiss HM, Kovács I, Török B, Jandó G.: The postnatal development of vision: follow up study on preterm set of twins visual function (poszter) A Magyar Kísérletes és Klinikai Farmakológiai Társaság és a Magyar Élettani Társaság LXXII. Vándorgyűlése, Debrecen, 2008. június 4-6.
3. O., Bártai; H.J., Kiss; K., Markó; E., Mikó-Baráth; B., Török; G., Jandó (Pécs, St. Gallen, Svájc): A térlátás elektrofiziológiája: az amblyopia lehetséges szűrőmódszere (előadás) Magyar Szemorvostársaság Kongresszusa, Pécs, 2008. május 29-31
4. K., Markó; E. Mikó-Baráth; H.J.M., Kiss and G. Jandó The perception of dynamic random dot stereogram and VEPs to dynamic random dot correlogram are independent on Michaelson contrast (poszter) IBRO International Workshop, Complex Neural Networks "From synaptic transmission to seeing the brain in action" 24-26 January, Debrecen, 2008
5. K., Markó A mélységpercepció és a dinamikus random pont korrelogramra adott vizuális kiváltott válaszok kontraszt-függetlenek (előadás) Neurobiológus Doktoranduszok Fóruma, Pécs 2007. nov.
6. Markó Katalin, Bártfai Orsolya, Mikó-Baráth Eszter, Kiss Huba, Jandó Gábor A luminancia és interokuláris késés hatása a dinamikus random pont korrelogramra (DRDC) adott vizuális kiváltott válaszokra

(DRDC-VEP) (előadás) Ph.D. napok, SE, Budapest, 2007. ápr.

7. Katalin Markó, Eszter Mikó-Baráth, Ilona Kovács, Béla Török and Gábor Jandó Electrophysiologic measurement of stereopsis (poszter) The XIV Kanizsa Lecture and Trieste Symposium on Perception and Cognition Trieste, 26-27 October 2006

8. Eszter Mikó-Baráth, Katalin Markó, Katalin Hollódy, Ilona Kovács, Béla Török and Gábor Jandó Utility of visual evoked potential (VEP) in pediatric neurology (poszter) The XIV Kanizsa Lecture and Trieste Symposium on Perception and Cognition Trieste, 26-27 October 2006

9. Jandó G., Török B., Markó K., Závori L. és Kovács I. A sztereopsis mérése .. In: A MÉT LXIX. Vándorgyűlése, Budapest, 2005

10. Jandó G. Markó K. Békési B. Bakonyi T. és Cserjési R. A tekintésirány kérgi reprezentációi (előadás) XII. MAKOG kongresszus, Tihany, 2004 Feb.

11. Jandó G., K. Markó, B. Békési, T. Bakonyi, R.M. Siegel. A tekintési irány kérgi reprezentációja.. In: A MÉT LXVII. Vándorgyűlése, Előadás és poszterkivonatok, Pécs. - P71, p.: 90., 2003