

Pécsi Orvostudományi Egyetem

A kiváltott potenciálok felismerésén alapuló látómezővizsgálat
lehetőségei, fejlesztési kérdései

Óri László

Az objektív látómezővizsgálat az elektroretinogrammal együtt értékes vizsgálati módszert képez a szemészetben. Segítségével fel lehet deríteni károsodásokat a szemben, a nervus opticus, valamint a vizuális pályák mentén. /Henning (20) /. Beinhocker (21) és munkatársa alkalmazott erre a célra egy félgömböt, melynek belső felén villanófényeket helyezett el. 4 Hz-es frekvenciával ingerelt, 2-6 Hz sávszélességű szűrővel "kezelt" EEG-ből átlagolási technikával kiváltott potenciálokat vett fel, s felismerési kritériumként az átlagolt válasz és a nullavonal közötti területet használta. Módszere nem volt megbízható és nagyszámu kísérletet tett szükségessé. Kontrollnak a vakfoltot használták, $2,5^\circ$ -os látószög alatt megfigyelhető, $3,3 \cdot 10^6$ mL intenzitású, $10 \mu s$ időtartamu villanófényt alkalmaztak. Néhány vizsgálati alany esetében kaptak választ, ami 8 mL erősségű háttérvilágítás alkalmazásával csökkenthető, $1,25^\circ$ látószög esetén teljesen kiküszöbölhető volt. A látómezőben csak 50 pontot véve alapul, pontonként 100 ingert alkalmazva a megfelelő jel/zaj viszony eléréséhez, a lefolytatandó hosszú vizsgálat tekintélyes megterhelést jelent a páciensre nézve. A hatásosabb felismeréshez az előbbi eljáráshoz képest több ismertetőjegyet szükséges figyelembe venni. A felismerésméletben szokásos nulla, illetve az ellentett hipotézishez tartozó n dimenziójú eseményhalmazokat szétválasztó optimális döntések megfelelő felület-hipersik meghatározása bonyolult feladat. Célszerű a döntéshez használt paraméterek számát minimumra csökkenteni (14), (22). Sokan próbálkoztak a különböző körülmények között felvett kiváltott potenciálok alapján, normatív adatok meghatározásával. Ciganek (4) pl. hét különböző potenciálcsucst azonosít. Bennett (3) nagyszámu emberanyagon 6 potenciálcsucst jellemzett, amplitudó és latenciaértékekkel. Megállapította

a 95 %-os konfidencia-intervallumokat 1. ábra), majd komponens-analizist végzett /Donchin (7)/.

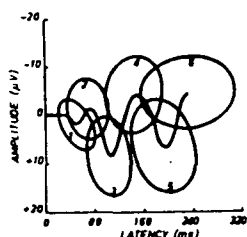


Fig. 5. The 95-percent confidence regions for the joint occurrence of the amplitude and latency parameter values for each deflection of the occipital VEP (electrode 1). An upward deflection indicates negativity at the scalp surface. Hence for positive parameters positive correlation results in a counterclockwise ellipse rotation. Ellipse 1 corresponds to the amplitude versus latency distribution for deflection 1, ellipse 2 for deflection 2, etc. The mean VEP from Table 1 is shown superimposed on the acceptability regions.

1. ábra

Korrelációmátrix alapján megállapítást nyert, hogy a latenciák és az amplitudók között kicsi az összefüggés. Fontos számunkra, hogy a latenciák erősen pozitívan korreláltak. A 12 paraméter által kifejezett változások 75 %-át négy paraméterrel sikerült leírni, s ezek közül is kettő paraméter az amplitudóváltozásokért, kettő pedig a latenciaváltozásokért felelős. Így a kiváltott potenciálok összehasonlítása már 4 adat alapján lehetséges, bár az eljárás meglehetősen ráfordításigényes.

Eason (8) egymásba helyezett négyzetek sarkainak megfelelő helyekről 1° látószögű fénnel végezte az ingerlést. A négyzetek sarkai a fovea-hoz képest a periféria irányában 5, 10, 15, 20, 30, 40 és 50° -ra helyezkedtek el. A kék és a vörös fény hatását vizsgálták az occiputról elvezetett potenciálokban. Kétféle, egy kisebb és egy nagyobb intenzitású fénnel dolgoztak. A kis intenzitás az 50° -os helyzetben az éppen érzékelhető fényerősségnek felelt meg, a nagy intenzitás ennek a többszöröse volt. A háttérmegvilágítás 2 mililambert erősségű volt. Különösen feltűnő a kis felületű ingerlés, vagy a kis intenzitású ingerlés esetén kapott válaszok egyszerűsége, szinuszos lefutása. A 2. ábrán 5×100 válaszból képzett átlagok vannak egymásra fényképezve, ezzel érzékeltette a válaszok stabilitását. Megfigyelésük szerint a válaszok frekvenciája azonosnak vehető az alfa aktivitásával, s mintegy modulálva van egy növekvő-csökkenő függvénnyel. A látómező perifériája felé haladva az ingerléssel a válaszok kvalitatívan meghatározott törvények szerint változnak. A kiváltott potenciálokat az irodalomban szokás szerint három részre tagolják. Az inger pillanatától számítva kb. 100 ms-ig tart a primér válasz. Ez számunkra sok információt tartalmazna, azonban retinapontonként változik a projekciós mező, s így elvezetése nehézkes. 100-250 ms-ig tart a szekunder válasz, majd 1200 ms-ig az utóaktivitás. Elvezetésükre legalkalmasabbnak az occiput látszik. Barbiturátok csökkentik a válaszok változékonyságát. Figyelem és adaptáció egymással ellentétesen, erősen befolyásolják a választ. A kiváltott po-

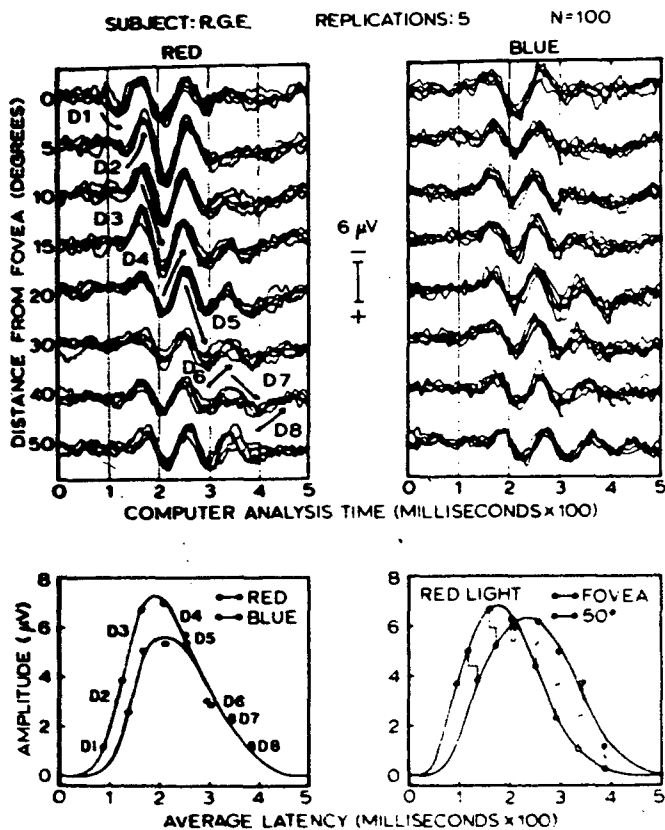


Fig. 1

Averaged evolved responses to high intensity stimulation of various retinal sites with red and blue light. Eight deflections (D1 through D8) are identifiable by latency and polarity in upper graphs. Lower graphs show how deflections comprising evolved potentials grow to a peak value, then attenuate.

Electroenceph. clin. Neurophysiol. 1967, 22, 313.

2. ábra

tenciálok változékonyságát növeli az alfa aktivitás, ami egyébként a szétszórt figyelem állapotára a legjellemzőbb. A megfigyelők közül Karmos megállapította (24), hogy a kiváltott potenciálok maximumainak helyén a legkisebb a háttér EEG szórása, hisz a neuron-tömegeből egy rész szinkronizálódott. Többek szerint hasonló magyarázata van az inger hatására kiváltott alfa-gátlásnak is (4), (10), (15), (23). Kóros esetben lehetséges a hátsó vizuális pályák károsodása ellenére, nem neuronos vezetés következtében, kiváltott potenciált regisztrálni. Az ilyen válaszok latenciája valamelyest nagyobb a normálisnál. Tatsuno (18) bebizonyította, hogy a vizuálisan kiváltott átlagpotenciálok variabilitása az alfa aktivitásnak köszönhető.

Kísérletük során az aktivitással triggereltek egy véletlengenerátorral működtetett késleltetőt, ami az ingerlést indította. Az így kapott átlagpotenciálok igen nagy stabilitást mutattak. (3. ábra.)

72

J. TATSUNO, H. J. MARSONER, F. M. WAGENKEDER

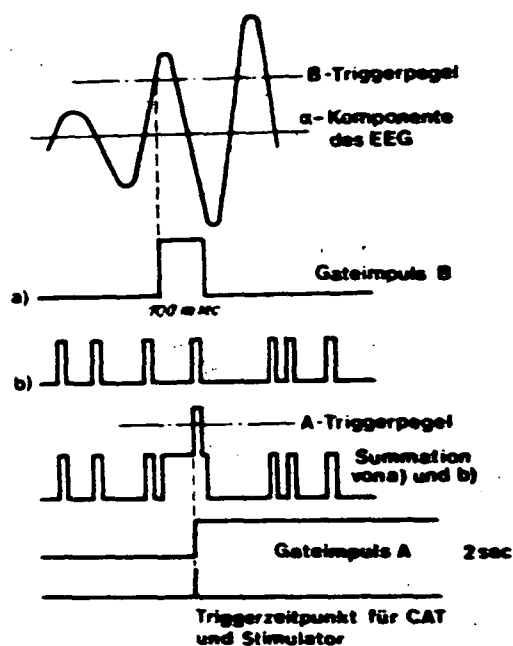


Abb. 2. Erklärung der Triggerung durch die Alpha-Aktivität. Steigt die Alpha-Aktivität über das B-Trigger-Niveau der Zeitbasis B des Oszilloskops 556, so triggert sie den B-Steuerimpuls (B-gate pulse) (a). Unabhängig davon werden von einem Magnetbandgerät Zufallsimpulse abgenommen (b). Diese beiden Arten von Impulsen werden durch den O-Einschub summiert; die Ausgangsspannung (Summe von a und b) wird an den Triggereingang der Zeitbasis A des Oszilloskops 556 gelegt. Die Zeitbasis A wird nur dann getriggert, wenn eine Summierung von a und b stattfindet. Synchron dazu wird ein Steuerimpuls (gate pulse) von 2 sec Dauer erzeugt, der zur Triggerung der Tätigkeit des CAT verwendet wird.

3. ábra

Mivel kísérleteikhez megfelelően hangszigetelt helység nem állt rendelkezésre, a környezeti zajok elnyomására fehér zajt alkalmaztak.

Érdemesnek tartjuk Eger (26) audiometriával foglalkozó disz-

szertációjában alkalmazott módszer értékelni. $\Delta t = 5$ ms-ként vett mintát az EEG-ből. A "háttér"-zajt az $AKF_r(k) = e^{-28k}$ autokorreláció-függvénnyel jellemezte. $T = k \cdot \Delta t$. Az EEG 200 ms-nál távolabb levő mintái már statisztikailag függetlenek. A kiváltott potenciált $s(t) = A \sin(\omega t + \varphi)$ függvénnyel modellezte, mintafüggvénynek pedig az $s'(t) = A' \cdot \sin(\omega t + \varphi')$ függvényt választotta. A keresztkorrelogramm szórására az itt egyszerűbb alakra hozott

$$\sigma_k = \sqrt{\frac{1}{n_s} (A' \sigma_r)^2 + \frac{7}{8} (AA')^2}$$

kifejezést kapta. A keresztkorrelogrammot az inger utáni 100-420 ms-ig terjedő elvezetések egymásutánfűzéséből képzett függvényből és a mintafüggvényből számította ki. A szórás kifejezés a fenti zajra nagy n_s érték mellett igaz. n_i az ingerek száma. Eger egy ingerre kapott elvezetésből 64 mintát vett. Így $n_s = 64 \cdot n_i$. Összértékelésként $A = A' = 0,1 \sigma_r$ (σ_r a háttér szórása) esetén a jel/zaj javítás 4-szer jobb mint az átlagolós eljárás esetében. Palmer (12) és Derbyshire (6) különböző szemantikai tartalmu szavak elhangzása után vizsgálták a kiváltott potenciálokot. A feladathoz legjobban illeszkedő 2Hz alaphérvenciájú multifázisos csillapodó függvényt választottak mintának. Ezzel képezték a kereszt szorzatok kettős összegét (double sum of cross products = DSCP) analóg módon. A DSCP a keresztkorrelogramm továbbfejlesztett változata, s tulajdonképpen egy szűrési eljárásnak tekinthető. Diszkrét esetre átalakítva:

$$DSCP(n) = \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^j x(t_k) s'(t_k)$$

$x(t_k)$ az EEG és az ingerszinkron jel összegét jelenti. A DSCP nem érzékeny az egyes nagy kereszt szorzatokra. Hatásosságára jellemző, hogy

esetenként már egyetlen válasz is detektálható volt. $0,6 = \text{jel/zaj}$ viszony esetén a tévedési valószínűség jobb mint 5 %. Hét DSCP átlagát képezve már $0,06 = \text{jel/zaj}$ viszony esetén megvalósul az előbbi feltétel (4. és 5. ábra).

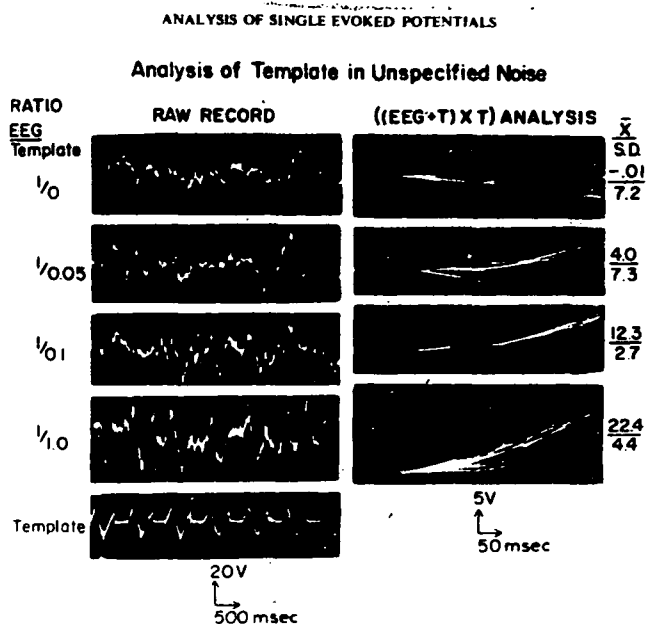
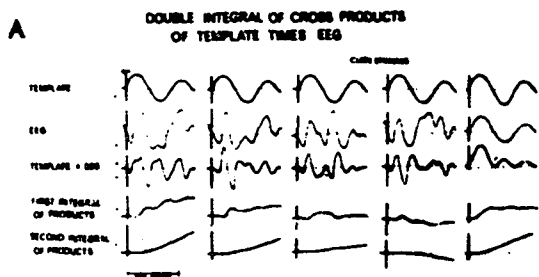


Fig. 4

Numbers at left = ratio of average EEG voltage to template voltage. Photos on left = record being analyzed. Photos on right = DSCP of [(EEG + T) × T] repeated 7 times. The time of the 7 analyses is indicated by the position of the template in the bottom left photo. Positive correlation is up. Numbers on right = mean above and standard deviation below for the 7 analyses in adjacent photo.



5. ábra

4. ábra

Az objektív látómezővizsgálat körülményei között várható választ jól modellezni látszik az alfa aktivitással egyező frekvenciájú, növekvő, majd csillapodófüggvény, melynek egyes paramétereit kismértékben véletlenszerűen változtatjuk. Ha nincs alfa aktivitás, akkor egy függvénykészlet, vagy éppen egy átlagpotenciálból kialakított minta-

függvény szolgálhat a DSCP kiszámítására. Célszerű ebben az esetben is Eger módszere szerint az elvezetés értékes információt hordozó részét felhasználni. Az alfa aktivitás zavaró hatásának kiküszöbölésére Tatsuno módszere kínálkozik, amely egyben az adaptációt is csökkenti a véletlen-ingerlés miatt. Kontrollként most is a vakfolt, illetve a két szem összehasonlító vizsgálata szolgálhat. Végezetül szükséges a szem-fixatio ellenőrzésével, mint az egész eljárás alkalmazhatóságát döntően befolyásoló tényezővel foglalkozni.

Schreiter disszertációjában a szemmozgás modellezésével, mint követőszabályozási kérdéssel foglalkozott, ami nála szükségszerűen mérés technikai kérdésekre zsugorodott (17). A legtöbb módszer nem veszi figyelembe, hogy a szem mozgásának 6 szabadsági foka van. Pontos méréshez a fejmozgást is figyelembe kell venni. A rögzített fej 3 szögperces kilengéseket végez. Megfelelő eredményt adhat egy a corneán tükröződő fénypont, és az iris középpontjának egyidejű figyelemmel tartása. A kérdés megoldása még sok fejlesztési munkát igényel.

A jövőben kellene azt is megvizsgálni, hogy a vázolt probléma a vakfolt folyamatos ingerlésével s hatásának detektálásával, a szem huzamosabb ideig történő eltérése esetén, további hirtelen elmozdulások bekövetkeztekor a szemizmok keltette potenciálok figyelésével megkerülhető-e.

A megadott irodalom alapján a fenti megoldástól eltérő eljárások is felállíthatók. Gazdasági megfontolásokat is figyelembe véve a javasolt megoldás előnyt élvez.

Irodalom

- (1) Benedek, G., Győri, I., Madarász, I.: A retina átviteli függvényeinek közelítése. "Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában" 1. Kollokvium, Szeged, 1970.
- (2) Bendat, S.J.: Mathematical Analysis of Average Response Values for Nonstationary Data. IEEE Trans. on Bio.-Med. Engng. BME-11, 1964, 7, 72-81.

- (3) Bennett, J.R., Macdonald, J.S., Drance, S.M., Uenoyama, K.: Some statistical properties of the visual evoked potential in man and their application as a criterion of normality. *IEEE Trans. on Bio.-Med.Engng.*, BME-18, 1971, 1, 23-33.
- (4) Ciganek, L.: Variability of the human visual evoked potential: normative data. *Elektroencephal. Clin.Neurophysiol.* 27, 1969, 35-42.
- (5) Csáki, P., Gergely, J., Czopf, J.: Kiváltott potenciálok szűrése nemstacionárius módszerrel. "Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában", 6. Kollokvium, Szeged, 1975.
- (6) Derbyshire, A., J., Driessen, G.J., Palmer, W.C.: Technical advances in the analysis of single acoustically evoked potentials. *Electroencephal. Clin.Neurophysiol.* 22, 1967, 476-481.
- (7) Donchin, E.: A multivariate approach to the analysis of average evoked potentials. *IEEE Transactions on Bio.-Med. Engng.* BME-13, 1966, 7, Nr.3, 131-139.
- (8) Eason, R.G., Oden, D., White, B.A. and C.T.: Visually evoked cortical potentials and reaction time in relation to site of retinal stimulation. *Electroenceph. and Clin.Neurophys.* 22, 1967, 313-324.
- (9) Ernst, R.R.: Sensitivity enhancement in magnetic resonance. I. Analysis of the method of time averaging. *The Review of Sci. Instruments*, 36, 1965, 12.
- (10) Kitajima, H.: On the cerebral evoked response in man as a function of the intensity of flicker stimulation. *Electroencephal. and Clin.Neurophysiol.* 22, 1967, 325-336.
- (11) Krekule, I.: Zero crossing detection of the presence of evoked responses. *Electroenceph. Clin.Neurophys.* 25, 1968, 1975.
- (12) Palmer, C.W., Derbyshire, A.J., Lee, A.W.: A method of analyzing individual cortical responses to auditory stimuli. *Electroenceph. Clin.Neurophys.* 20, 1966, 204-206.

- (13) Óri, L.: Untersuchungen zur automatischen Erkennung visuell evozierter Potenziale in der objektiven Perimetrie. Technische Hochschule Ilmenau. Zárolt anyag, 1972.
- (14) Peipmann, R.: Grundlagen der technischen Erkennung. VEB Verlag Technik, Berlin, 1975.
- (15) Pfurtscheller, G.: The use of spectral analysis to determine the cortical adaptation time course from extracranially recorded responses in man. *Med. Biol. Engng.* 8, 1970. 372-376.
- (16) Sato, K., Suetsugu, T., Nagata, Y., Kitajima, H.: On the interactivity in the human visual cortex caused by specific and nonspecific inflows. *Kybernetik*, 7, 1970, 2, 60-72.
- (17) Schreiter, J.: Ein kritischer überblick über Verfahren der Augenbewegungsmessungen unter berücksichtigung der vom Messobjekt gestellten Anforderungen. *Wiss. Z. Karl-Marx-Univ. Leipzig, Math.-Naturwiss. R.*, 23. Jg. 1974. H. 2.
- (18) Tatsuno, J., Marsoner, H.J., Wageneder, F.M.: Evozierte Potenziale beim Menschen als Antworten auf akustische Stimuli, getriggert durch die Alpha-Aktivität. *Acta biol. med. germ.*, 23, 1969, 469-482.
- (19) Woody, Ch.B.: Characterisation of adaptive filter for the analysis of variable latency neuroelectric signals. *Med. Biol. Engng.* 5, 1967, 539-553.
- (20) Henning, G., Müller, W., Berndt, B., Haase, E., Elsmann, G.: Investigations on objective perimetry Digest of the X. international conference on med. and biol. engng. Dresden, 1973, session 14, 202.
- (21) Copenhaver, R.M.: Evoked occipital potentials recorded from scalp electrodes in response to focal visual illumination. *Investigative Ophthalmology (St. Louis)* 2, 1963, 393-406.

- (22) Woodward, P.M.: Probability and information theory with appl. to radar. McGraw-Hill, New-York, 1953.
- (23) Pfurtscheller, G.: Einsatz elektronischer Dat.verarb.Anlagen bei der Analyse der spontanen und evozierten bioel.Hirnaktivitaten. msr14, 1971, 5, 190-196.
- (24) Karmos, Gy., Martin, J., Czopf, J.: Jel-zaj viszony mértékének jelentősége agyi kiváltott potenciálsorozatok számítógépes értékelésénél. Mérés és Automatika, 19, 1971.
- (25) Rosenblith, W.A.: Processing neuroelectric data. M.I.T.Press The Massachusetts Institute of Technology, 1959, Cambridge, Mass.
- (26) Eger, H.H.: Der Nachweis von Schallreizen im Elektroenzephalogramm. Dissertation, Hamburg 1969.