

SZÁMITÓGÉPES HÁROMDIMENZIÓS ÁBRÁZOLÁS KIVÁLTOTT POTENCIÁLOK TÉRBELI ÉS IDŐBELI VÁLTOZÁSAINAK ELEMZÉSÉRE

Karmos György, Főrján Csaba, Riesz Mária, Winkler István, Molnár Márk,
Csépe Valéria

MTA Pszichológiai Intézet

A számítógépes grafika új lehetőségeket ad az elektrofiziológiai mérések eredményeinek bemutatására. Doetsch és mtsai [2] a háromdimenziós /3D/ ábrákat agykérgi sejtpopuláció válaszmintázatának ábrázolására alkalmazták. Duff [3] emberi kiváltott potenciálok egyes komponenseinek amplitudó eloszlását elemezte 3D ábrák segítségével. Lényegében hasonló elven alapul a "compressed spectral array" módszer, amelyet Bickford és mtsai [1] agyi EEG teljesítmény spektrumok időben bekövetkező változásainak ábrázolására dolgoztak ki.

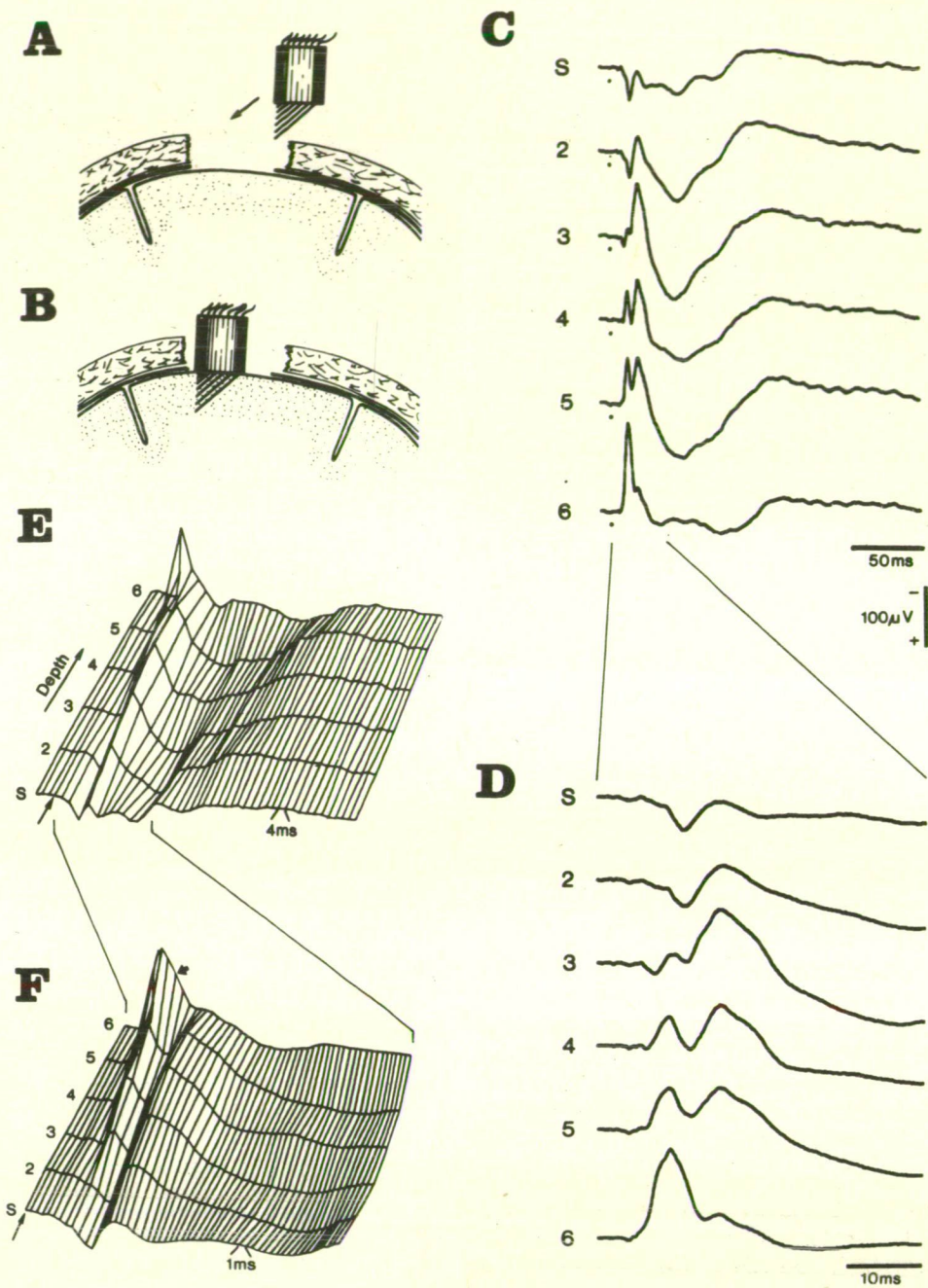
Saját vizsgálatainkban macskák hallókérgéről elvezetett kiváltott potenciálokból képezett felületet kívántunk 3D ábrákon megjeleníteni. Célunk az volt, hogy a 3D ábrák segítségével szemléletesebben tudjunk ábrázolni olyan összetett kiváltott potenciál változásokat, amelyeket a hagyományos ábrázolási módszerekkel nehéz bemutatni.

Sajnos hazánkban még nem terjedtek el a gazdag software választékkal rendelkező grafikus megjelenítő módszerek. Ezért Intézetünk TPA 1140 számítógépére irodalmi adatokból kiindulva helyi fejlesztő és adaptáló munkával kellett a 3D ábrázolás lehetőségét megteremtünk. Munkánkban Watkins [7] Fortran nyelven írt PLOT 3D programjából indultunk ki. E program előnye, hogy viszonylag könnyen kezelhető, az ábrázolt felület térbeli helyzetét három paraméter adja meg. A 2. A. ábrán látható koordináta rendszerben a kiváltott potenciálok időskálája az X tengelyre, amplitudója az Y tengelyre esik. A z irányban egymás mögött helyezkednek el a felületet alkotó kiváltott potenciálok.

Programunk jelenleg kétféle 3D ábrázolást tesz lehetővé. Kétirányú /X-Z/ vonalak alkalmazása esetén takarás nélkül készül a 3D ábra /1. ábra E.F., 2. ábra/, mert a Watkins féle program mindkét irányú takarásra egyidejűleg nem képes. A másik változatnál a felületet csak X irányú vonalak képezik, de takarással. Jobb felületképzés elérésére az egyes kiváltott potenciálok közé lineáris interpolációval képzett "kitöltő" görbéket rajzoltunk. Ezek száma az ábrázolni kívánt felület jellegétől függően paraméterenként adható meg /3. ábra/. Mivel grafikus display terminállal nem rendelkezünk, az ábra megjelenítése a géphez kapcsolt Goertz 281 tip. digitális plotteren történik.

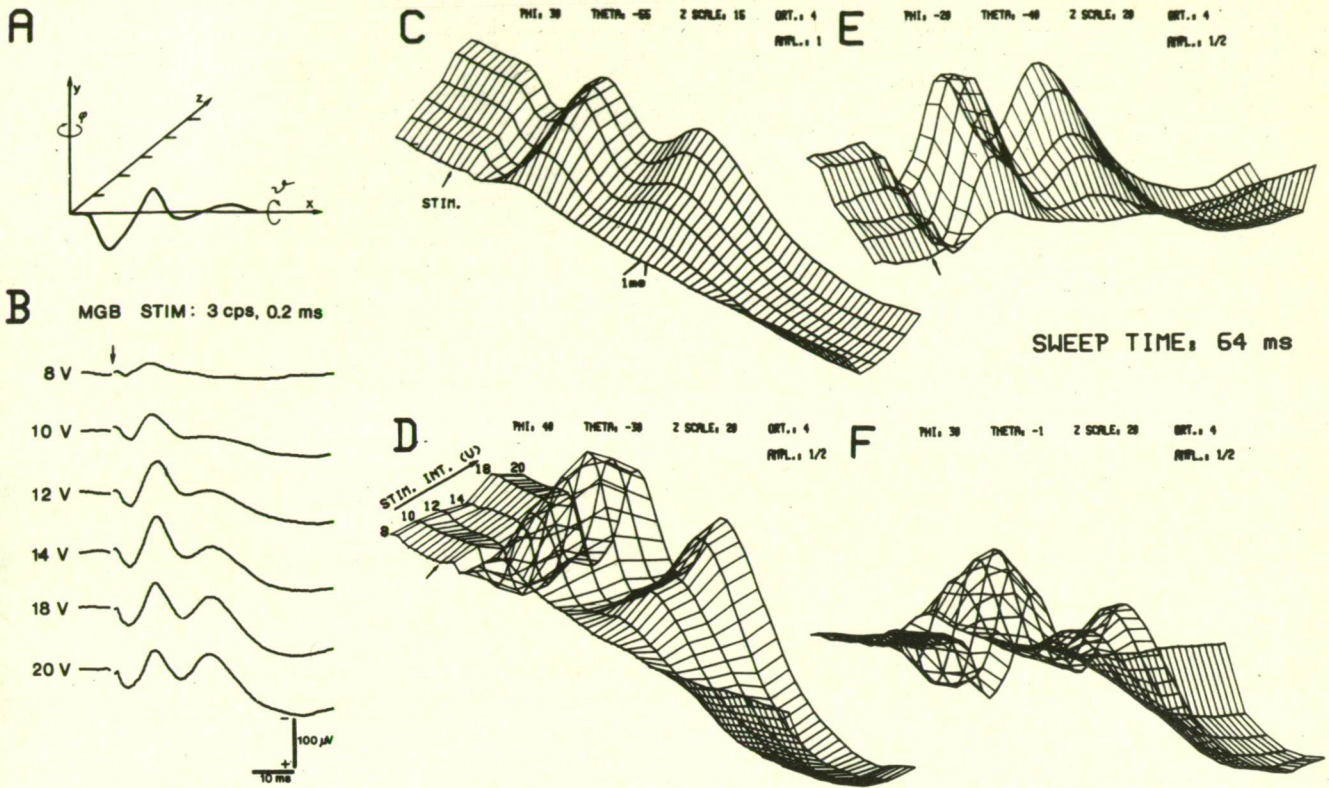
A TPA 1140 gépre kidolgozott analóg adatfeldolgozó programrendszer egészében ugyancsak ismertetésre került a jelen konferencián [4]. Ennek része a 3D ábra rajzoló program, amelynek többirányú alkalmazásáról számolunk be jelen közleményben.

Vizsgálatainknál akkor merült fel a 3D ábrázolás igénye, amikor szabadon mozgó macskákon végzett kísérleteinkben megkezdtük a hallókéregből 6 pólusu multielektrodokkal elvezetett kiváltott potenciál válaszok elemzését [5, 6]. A kéreg különböző rétegeiben elhelyezkedő elektród-sor /1. ábra A.B./ a koppanó hangingerrel kiváltott intrakortikális mezőpotenciált regisztrálja.



1. ábra

Az 1. C. ábrán a kéreg felszín /S/ és a kéreg egyre mélyebb rétegeiben /2-6/ elhelyezkedő elektródokkal egyidejűleg elvezetett és hagyományos ábrázolási technikával regisztrált átlagolt válaszok lát-



2. ábra

hatók. A válaszok korai szakaszát "széthuzva" mutatja az 1.D. ábra. A multielektróddal hat pontból elvezetett kérgi mezőpotenciálok 3D képe látható az 1.E. és F. ábrákon.

A korai felszín pozitív komponens fázisfordulása a hagyományos ábrázolásnál is jól látható. A 3D ábrán viszont az is szembeötűnő, hogy a korai felszín pozitív komponensnek megfelelő mély negatív hullám csúcslatenciája 2 ms-el korábban jelentkezik /1. ábra F., vastag nyíl/. Az is jól megfigyelhető, hogy a korai komponens közvetlenül követő negatív hullám fázisfordulás nélkül, a kéreg teljes mélységében azonos polaritással jelentkezik.

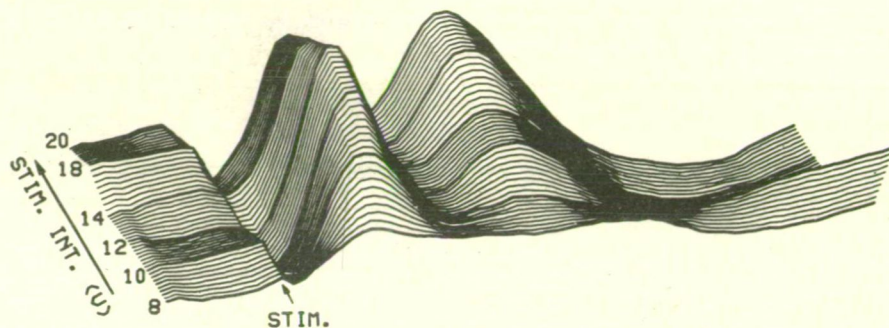
Az 1. ábrán bemutatott esetben a 3D ábrázolást a kiváltott potenciál-komponensek térben történő eloszlásának ábrázolására alkalmaztuk. A 3D ábrák jól felhasználhatók akkor is, ha az ingerintenzitás változtatásának hatására bekövetkező kiváltott potenciál változásokat elemezzük.

A 2. ábrán a hallókéreg felszínének egy pontjáról elvezetett válaszok láthatók. A válaszokat a hallópálya utolsó magjába, a corp. gen. medialeba /MGB/ épített elektródokon keresztül alkalmazott elektromos ingerléssel váltottuk ki. Az ingerintenzitás növelésekor a komplex kiváltott potenciál egyes komponenseinek amplitúdója eltérően változott. E változás jól ábrázolható a válaszokból képzett 3D ábrákon. A 2. ábrán egyben a 3D felület forgatásának lehetőségeit is bemutatjuk.

MGB. STIM: 3cps 0.2ms

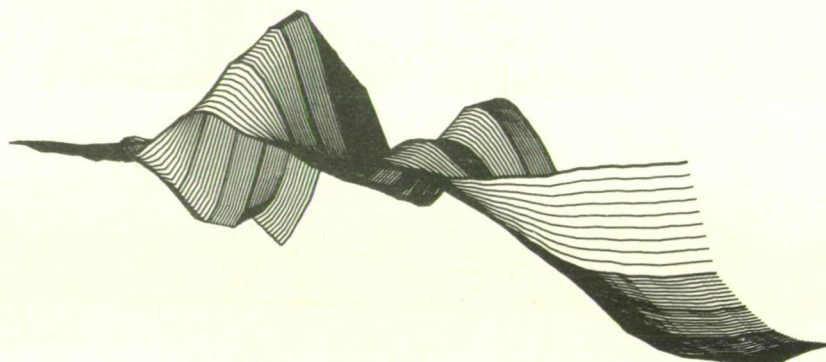
A

PHI: -20 THETA: -40 Z SCALE: 2 INTERP.: 8 AMPL.: 1/2



B

PHI: 30 THETA: -1 Z SCALE: 20 INTERP.: 8 AMPL.: 1/2

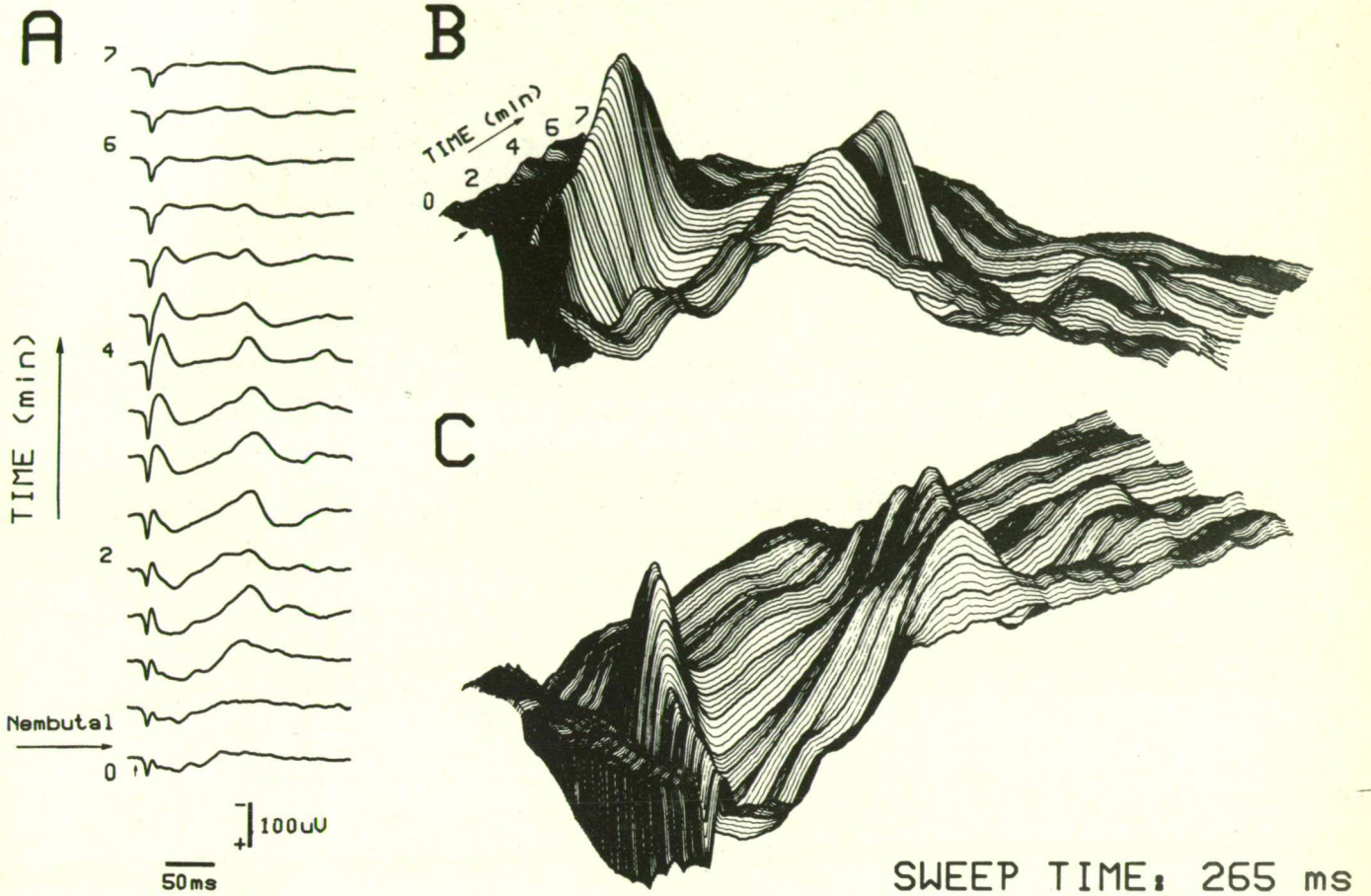


SWEEP TIME: 64 ms

3. ábra

A potenciálokból képzett felület különböző irányokba történő elfordítása más-más komponensekre való optimális rálátást biztosít. Az ábrán az is látható, hogy ha a 3D ábrák takarás nélkül készülnek, egyes helyzetekben az egymás mögött elhelyezkedő vonalak kaotikus ábrát eredményeznek /pl. 2. ábrán F./. A takarás nélküli ábra azonban gyorsabban készül el, mint a takart 3D ábra, ezért az optimális ábrázolási irányok kiválasztására ez a forma felhasználható. Ugyancsak előnyös a kétirányú vonalakkal készített 3D ábra, ha a kiváltott potenciál komponensek latenciaváltozását kívánjuk bemutatni /pl. 1. ábra F./.

A 3. ábrán az előző ábrán bemutatott potenciál-felület látható két rátekintési irányból takarással ábrázolva. Jelen esetben a vastag vonallal rajzolt válaszok közé 8 interpolált "térkitöltő" görbét rajzoltattunk. Az ábrákon szembevetendő, hogy kis ingerintenzitások esetén



4. ábra

az N_1 és N_2 komponensek amplitudója párhuzamosan változik, 14 V feletti ingereknél az N_1 komponens amplitudója csökken, az N_2 komponens amplitudója viszont növekszik.

A 3D ábrázolás hatásos adatkompressziót tesz lehetővé, ha azt a kiváltott potenciálok időben bekövetkező változásainak ábrázolására alkalmazzuk. Példaként a 4. ábrán a primer hallókéreg egy pontjáról kopogó hangingerrel kiváltott potenciál-válaszok Nembutal narkózis kialakulása során bekövetkező változásait mutatjuk be.

A 0 időpontban a szabadon mozgó állatnak 40 mg kg^{-1} i.p. Nembutal injekciót adtunk. A 0 időpontban regisztrált görbe tehát az éber állatra jellemző kiváltott potenciál. Az alvás az anyag beadása után 2 perccel kezdett kialakulni, a mély narkózis kb. 6 perc alatt állt be. A 30 másodperces időközökben elvezetett és hagyományos módon kirajzolt válaszokon is látható, hogy a narkózis kialakulása során dinamikus hullámalak változások következnek be /4. ábra A./. Az eltérő forgatással képezett két 3D ábra mintegy kiegészíti egymást. A vastag vonallal ábrázolt átlagolt válaszokat 20 másodpercenként regisztráltuk, a felület

kitöltésére 3 interpolált görbét rajzoltattunk a potenciálok közé. A korai pozitív komponens kezdeti amplitudónövekedése, majd a narkózis mélyülésével együttjáró csökkenése a 4.C. ábrán figyelhető meg. A korai komponens követő negatív hullám kezdeti amplitudó és latencianövekedése, majd a komponens teljes eltűnése is ebből az irányból követhető jobban. A válasz késői latenciatartományban jelentkező oszcilláció a 3D ábrákon jól megfigyelhető. Ez az oszcilláció a 3D ábrákon sokkal szembetűnőbb, mint a hagyományos regisztrálással készült görbéken.

A bemutatott példák alapján megállapíthatjuk, hogy az agyi kiváltott potenciálok térben és időben bekövetkező változásainak 3D ábrákon történő bemutatása egyrészt hatásos adatkompressziót tesz lehetővé, másrészt ez az ábrázolási mód jellegéből adódóan szemléletesen kiemeli a változások összefüggéseit és ezáltal olyan jelenségek felismerését is elősegítheti, amelyek a hagyományos ábrázolásnál könnyen elkerülik a figyelmet.

Irodalom

- [1] Bickford, R.G., Brimm, J., Berger, L., Aung, M.: Application of compressed spectral array in clinical EEG. In: Kellaway, P. and Petersén, I. /eds./, Automation of Clinical Electroencephalography. New York: Raven Press, 1973. 55-64.
- [2] Doetsch, G.S., Haggard, R.J., Sweatman, L.K.: Three-dimensional plotting of neuronal population response patterns. Brain Research Bulletin, 1978. 3. 299-303.
- [3] Duff, T.A.: Multichannel topographic analysis of human somatosensory evoked potentials. In: Desmedt, J.E. /ed./, Clinical uses of cerebral, brainstem and spinal somatosensory evoked potentials. Prog. clin. Neurophysiol., vol. 7, Basel: Kaeger, 1980, 69-86.
- [4] Breuer P., Főrdján Cs., Riesz M., Winkler I.: Számítógépes mérő- és feldolgozó-rendszer kiváltott potenciálok kezelésére. Számítástechnikai és kibernetikai módszerek alkalmazása az orvostudományban és a biológiában. 11. Kollokvium. Szeged, 1982.
- [5] Karmos, G., Molnár, M., Csépe, V.: A new multielectrode for chronic recording of intracortical field potentials in cats. Physiology and Behavior, 1982, 29, 567-571.
- [6] Molnár, M., Karmos, G., Csépe, V.: Three-dimensional study of evoked field potentials in the auditory cortex of the cat. In: Syska, J. and Aitkin, L. /eds./, Neuronal Mechanisms of Hearing, New York: Plenum Press, 1981, 221-224.
- [7] Watkins, S.L.: Algorithm 483, Masked three-dimensional plot program with rotations /J6/. Comm. ACM., 1974, 17, 520-523.