

Ph.D. értekezés tézisei

Kondákor István dr.

VIZUÁLIS INGEREK HÁTÁSA AZ ÁGY
SPONTÁN ÉS ESEMÉNYFÜGGŐ
ELEKTROMOS TEVÉKENYSÉGÉRE

Pécsi Orvostudományi Egyetem, Pécs

1998

Idegtudományok Program

Programvezető: Dr. Lénárd László egyetemi tanár

Kísérletes Neurológia Alprogram

Alprogramvezető: Dr. Gallyas Ferenc egyetemi tanár

Ph.D. értekezés tézisei

Kondákor István dr.

VIZUÁLIS INGEREK HATÁSA AZ ÁGY
SPONTÁN ÉS ESEMÉNYFÜGGŐ
ELEKTROMOS TEVÉKENYSÉGÉRE

Témavezető: Dr. Czopf József
egyetemi tanár

Pécsi Orvostudományi Egyetem, Pécs

1998

Bevetés és célkitűzések

A központi idegrendszer funkcionális állapota jól vizsgálható az agy elektromos tevékenységén keresztül. Minden egyes időpillanatra igaz az, hogy az agy elektromos aktiválása egy háromdimenziós elektromágneses térben összegződik, amely a skalpról mint spontán electroencephalogram (EEG), vagy mint eseményfüggő kiváltott válasz (Event Related Potential, ERP) vezethető el. Számítógéppel vezérelt sokcsatornás felvételek során a skalpi elektromos aktiválás amplitúdó-eloszlása, illetve az amplitúdó-eloszlás térképe (brain map) a kivánt tér- és időbeli felbontásban rögzíthető. Az így nyert brain map mintázata (domborzata) visszatrükrözi az adott pillanatban aktív neuron-struktúrák geometriáját: eltérő térkép-mintázatok más és más idegrendszeri folyamatokat reprezentálhatnak. Ez ugyanakkor azt is jelenti, hogy az agy információ-feldolgozásának különböző lépései különböző térkép-mintázatokként jelenkeznek, ugyanakkor nagy valószínűséggel hasonló map-eloszlások hasonló jellegű és tartalmú kognitív funkciókat tükröznek vissza (Lehmann, 1992). Ilyen módon az agy nyugalmi és egy bármilyen külső inger keltette aktivált állapota közötti eltérés is vizsgálható a map-eloszlások, illetve azok sorozatának időtartománybeli analízisével.

Amennyiben meghatározzuk a hasonló térkép-eloszlással bíró eseményeket, és ez alapján a rögzített map-sorozatot időben felosztjuk (szegmentáljuk), olyan eseménysorozatokhoz jutunk, amelynek minden egyes mozaikja megfellelhető az agy egy-egy funkcionális állapotának az információ feldolgozása során. Az ilyen funkcionális agyi állapotok az irodalomban az agyi mikroállapot (brain microstate, Ashby, 1960; Lehmann, 1990) kifejezést is használja. Olyan esetekben, amikor az EEG, ill. az ERP-tevékenységben az eltérések csak igen finomak, és a jelenségek gyorsan, pár millisecundum alatt lezajlanak, az elektromos tevékenység mikroállapotokkal történő jellemzése sokszor előnyös és jól használható.

Mint ismeretes, az agyba beérkeztet információ feldolgozása függ az agy pillanatnyi funkcionális állapotától: különböző reakciók jönnek létre más fejlettségi

szint, motiváció, éberségi szint, figyelem, szelektív figyelem esetén éppúgy, mint elterő győgszerhatások vagy metabolikus viszonyok esetén. Ezek a tényezők befolyásolják az ERP hullamalakját: a komponensek latenciáját és amplitúdóját.

Az utóbbi években az irodalomban megjelentek adatok arról is, hogy akusztikus stimulus esetén az ingerléskor, illetve az inger előtt pár millisecundummal rögzíthető skalp-eloszlás befolyásolta az inger utáni ERP-map-ek eloszlását is. Ez közvetve azt jelzi, hogy az inger előtti, funkcionálisan aktív területek térbeli eloszlásától függően megváltozik az információ feldolgozása: az agy pillanatnyi funkcionális állapota meghatározza az inger feldolgozásának sorsát.

Munkám során ez utóbbi jelenséget vizsgáltam részletesebben vizuális ingerlés mellett, az EEG mikro-analizishez használatos technikák segítségével. A következő kérdésekre szerettem volna választ kapni:

- a vizuális ingerre bekövetkező általános aktiváció, a deszinkronizáció hatására hogyan módosulnak az agy spontán elektromos tevékenységért felelős generátorok topográfiai viszonyai,
- hogyan változik meg a deszinkronizált tevékenység összetettsége (komplexitása) az inger nélküli, nyugalmi állapothoz képest,
- van-e az agynak jellemző map-konfigurációja az inger beérkezése előtt,
- vizuális inger esetén tapasztalható-e az irodalomban leírthoz hasonló, prestimulus - post-stimulus effektus, ilyen módon a jelenség független-e az inger modalitásától,
- ha van effektus, akkor időben ez mikor jelentkezik,
- a hatás mennyiben hasonlít az akusztikus ingerméi tapasztalathoz, és lehet-e azonos törvényszerűségekről beszélni,
- az ingerlés előtti maximális map-konfiguráció eltérés (egy adott map és annak inverz-polaritási megfelelője) esetén mikortól lehet azonos inger-feldolgozásról beszélni,

- a fentiek segítségével meghatározható-e az, hogy mikor éri el az inger az agykérgét, és ennek ismeretében megbecsülhető-e valószínűleg felkészülési "setup"-idő az agy számára, mielőtt a vizuális információ feldolgozásra kerülne.

Módszerek

A vizsgálatokban résztvevő személyek

A vizsgálatokban egészséges egyetemi hallgatók vettek részt, életkoruk 20 és 33 év között volt. A kísérleti alanyoknál nem történt előzetes EEG, ill. ERP vizsgálat.

Ingerlés

A spontán EEG vizsgálatoknál a vizuális aktivációt egyszerű szemnyitás jelentette egy hangszigetelt, közepesen megvilágított helyiségben.

A kiváltott válasz vizsgálatához egy komplex figyelmet igénylő vizuális feladatot (oddball paradigma, Michel és Lehmann, 1993) használtam.

Az agyi elektromos tevékenység rögzítése

A felvételekhez 27 (spontán EEG), ill. 47 (ERP) elektródát használtam, melyek a teljes skalpot lefedték a nemzetközi 10-20-as rendszernek megfelelő lokalizációkban, referenciapont a Cz elektróda volt. Az adatok egy 64 csatornás erősítő-, szűrő- és A/D-konverter-rendszer segítségével, IBM PC-n kerültek rögzítésre, míg a további feldolgozások (digitális szűrés, átlag-referenciára történő normalizálás, zajjellegű műtermékek kiszűrése) offline történtek.

Az elektromos skalpi aktivitás leírására használt módszerek

Extrém lokációk

A skalpi elektromos mező-eloszlás térbeli konfigurációjának egy egyszerű leírása módja a pozitív és negatív extrém-értékek pozícióival történő jellemzés (Lehmann, 1971, 1987).

Centroid lokációk

Egy másik módszer a map-konfigurációk leírására a mező-eloszlások pozitív és negatív centroidokkal történő jellemzése. Pozitív és negatív centroidoknak nevezik az átlagreferenciára normált mező-eloszlások pozitív és negatív területeire külön-külön kiszámított súlypontokat. Az extrém-lokációkkal történő leírásmóddhoz hasonlóan ez a módszer is négy paraméterrel jellemez egy map-ot (anterior-posterior és bal-jobb irányú koordináták mindkét centroidra vonatkozóan).

Global Field Power

Az agyi elektromos mező erősségének mérésére, függetlenül annak térbeli konfigurációjától, a teljes mező-erősség függvény (Global Field Power, GFP) használható (Lehmann és Skrandies, 1980; Lehmann, 1987), mely megfelel egy adott mező-eloszláshoz tartozó összes elektróda-feszültség térbeli standard deviációjának.

Global Map Dissimilarity

Két amplitúdó-eloszlás teljes topográfijának összehasonlítására, a mező-erősségek figyelmenbe vétele nélkül, a teljes mező-különbözöttség (Global Map Dissimilarity, GMD) használható (Lehmann, 1987). A GMD értéke egyetlen paraméter, amellyel két tetszőleges amplitúdó-eloszlás közötti topográfiai eltérés mértéke jellemzhető.

FFT Dipól Approximáció

A spontán EEG-tevékenység dipól-modellezésére egy frekvencia-tartománybeli analízis az FFT Dipól Approximáció (FFT Dipole Approximation, FDA_N), melynek

során feltételezzük, hogy az elektródkról elvezetett feszültség-értékek egyetlen, egyfázisú generátorról származnak (Lehmann és Michel, 1990).

Állapotterbeli analízisek

Egy adott időbeli minavételi pontra jellemző sokcsatornás skalpi eloszlás megfigyelhető egy N -dimenziós tér, az ún. állapotér (vagy fázisér) egyetlen pontjának, ahol N az elektródaszám (Pritchard, 1992). Ilyen módon egy időben kiterjedt sokcsatornás elektromos tevékenység ezen pontokból összeálló görbével, a trajektóriával jellemezhető az állapotterben. A trajektória állapotterbeli szerkezetének és alakjának a vizsgálatával az agy elektromos tevékenységének dinamikáját, összetettségét (komplexitását), időbeli oszcillációját, illetve térbeli szinkronitását jellemezhető. A spontán EEG vizsgálata során két vizsgálati módszert használtam a térbeli dinamika jellemzésére: a Globális Dimenzionális Komplexitást (Global Dimensional Complexity, GDC, Dvorak, 1990) és a Globális Omega Komplexitást (Global Omega Complexity, GOC, Omega Ω ; Wackermann, 1996).

Statistikai módszerek

Monte Carlo-MANOVA teszt

Az ERP map-sorozatok közötti szignifikancia-vizsgálat a Monte Carlo-MANOVA randomizációs teszt segítségével történik (Edgington, 1980; Manly, 1991). A módszer segítségével a kísérleti adatok statisztikai szignifikanciája táblázatok használatával, közvetlenül a mért adatokból megállapítható. Az adatok többször, ismét és ismét felosztásra kerülnek a különböző vizsgált csoportok (itt: presztimulus osztályok) között, és minden egyes felosztás (permutáció) során szignifikancia-vizsgálat történik (t vagy F teszt) annak megállapítására, hogy a permutációk aránya elér-e azt a statisztikai értéket, ami a tényleges kísérleti adatokkal függ össze. Ha ez az arány olyan alacsony, hogy megfelel egy adott α szignifikancia-szintnek, akkor ez azt

jelent, hogy az adatok szignifikánsak az α szinten. A kiértékelés során a $p < 0.05$ szignifikancia-szintet vizsgáltam.

Variancia-analízis

A kiváltott válaszok globális szignifikancia-vizsgálatához egy univerzális statisztikai programot használtam (Statistica®, StatSoft). A kiértékelés három ismétlési faktor alapján történt (repeated-measure 3-way ANOVA). Az ismétlési faktorokat a prestimulus osztályok (2 csoport), a centroidok (pozitív és negatív), valamint a dimenziók (bal-jobb, ill. anterior-posterior) képezték.

Student-t-teszt összefüggő mintákra

Ugyanazon személyről nyert azonos paraméter megismételt mérései közötti szignifikancia-vizsgálatára használtam, post-hoc tesztként.

Az eredmények összefoglalása

Spontán EEG vizsgálatok

1. Nyugalmi állapotban az alfa-generátorok a középvonaltól jobbra, a delta- és a béta-generátorok pedig balra helyezkedtek el, míg vizuális inger mellett nem volt szignifikáns lateralizáció.
2. A spontán agyi tevékenység elektromos aktivitása magasabb volt csakott szem mellett, mind nyitott szemnél, a különbség szignifikáns volt a theta és alfa-1 generátorok esetében, míg a többi frekvenciatartományban trend volt kimutatható, kivéve a béta-3 tartományt.
3. Mindkét kondíció mellett (csakott, ill. nyitott szem) az alfa-1 generátor esetében volt a legmagasabb az aktivitás.
4. Az FFT-approximáció által meghatározott generátorok lokációi szemnyitás hatására egymás felé konvergáltak, megőrizve az eredeti koronaszteri elrendeződésüket.

5. Szemnyitás hatására a generátorok anterior és superior irányba mozdultak el.
6. Nyitott szem mellett mindkét vizsgált komplexitás paraméter (GDC és GOC) szignifikánsan magasabb értéket mutatott.

Kiváltott válasz vizsgálatok

1. A vizuális inger beérkezése előtt az agynak jellemzően anterior-posterior irányú aktivitás-eloszlása volt, ez szignifikánsan gyakoribb az egyékként lehetséges konfigurációknál.
2. Az agy inger előtti mikroállapota lényegesen befolyásolta a kiváltott válasz map-sorozatok térbeli konfigurációját.
3. Mivel ez hasonlóképpen történik akusztikus inger esetén is, a jelenség nagy valószínűség szerint független a modalitástól.
4. A kiváltott válasz map-ek szignifikánsan eltértek az inger utáni 130-200 ms, ill. 490-570 ms közötti idő-intervallumokban.
5. Bizonyos időtartományokban jellegetesen azonos szabály szerint zajlik a jelenség: az inger utáni mikroállapotok visszatérőzik az inger előtti eltéréseket.
6. Teljes polaritás-váltás esetén a különbség a stimulust követően 42 ms után szűnt meg.
7. Inger előtti occipital-pozitív, frontal-negatív skalp-eloszlás esetén az eredeti map-konfiguráció változatlan maradt. Ellenentés esetben (occipital-negatív, frontal-pozitív skalp-eloszlásnál) az ingert követő 30. ms után megindult egy gyors polaritás-váltás, és az inger után 42 ms-nal az eloszlás teljesen azonos volt a másik csoport eloszlásával.

Összefoglaló diszkusszió

A spontán EEG generátorainak lokációi az aktív neuron-csoportok súlypontjaként interpretálhatók. Vizsgálataink azt mutatják, hogy szemnyitás hatására az összes vizsgált sáv esetében a súlypontok anterior irányba mozdultak el,

felé, ugyanakkor egymás felé konvergáltak. A generátorok ilyen jellegű viselkedése akkor várható, ha a különböző aktív neuron-csoportok sokkal egyenletesebb eloszlást vesznek fel a vizsgált térben nyitott szem mellett, mivel egyenletesebb eloszlású aktív generátorok esetén a súlypontoknak jobban meg kell közelíteni a középpontot. Vizsgálataink megcserélik egy korábbi pilot-study eredményeit (Brandeis és mtsai, 1991). További vizsgálatok elvégzése szükséges annak tisztázásához, hogy a szemnyitás mellett megfigyelhető alfa-anteriorizációban mennyire játszik szerepet a mű-komponens változása (Pfurtscheller és Neuper, 1994). Amennyiben szemnyitás hatására az aktív generátorok forrása egyenletesebb eloszlást mutatnak az agyban, akkor joggal feltételezhető, hogy a segítségükkel jellemzett különböző agyi folyamatok sokkal függetlenebbek egymástól. Az EEG-deszinkronizációval kapcsolatos hagyományos elképzelések is az agyi folyamatok közötti csökkent kooperabilitásra utalnak. Az agyi elektromos tevékenység dinamikájának mérésére alkalmas módszerekkel ellenőrizhetjük a fenti teóriát. A nyitott szemnél, vizuális bemenet mellett tapasztalt nagyobb komplexitás-értékek azt mutatják, hogy ekkor több egymástól független, párhuzamos, funkcionálisan aktív agyi folyamat van jelen. Ezek az adatok támogatják a fenti hipotézisünket. Az irodalomban közötti korábbi, csak egy EEG-csatornán alkalmazott korrelációs dimenziós vizsgálatok szintén nagyobb komplexitás-értékeket igazoltak nyitott szem mellett (Rapp és mtsai, 1989; Pritchard és mtsai, 1991).

A fentieket összegezve, szemnyitás hatására a generátor-modellek egyenletesebb eloszlást mutatra anterior irányba mozdulnak el, egy csökkent koordinációt (deszinkronizációt) mutatra, a jelenséget a globális komplexitás-paraméterek magasabb értékei is igazolják. Az agy elektromos tevékenységében az occipitalisan domináló aktivitás aránya csökken, és egy sokkal általánosabb, több kérgi területet igénybe vevő információ-feldolgozás válik jellemzővé.

A kiváltott-válasz vizsgálatoknál az inger beérkezésekor fellálló agyi mikroállapotok hatását elemezzem a post-stimulus ERP map-sorozatokra. A

legegyszerűbben megjelenő két prestimulus-eloszlás hatását vizsgálva szignifikáns különbségek jelentkeztek. A leghosszabb szignifikáns eltérések a skalp-eloszlásokban az inger után 121-133 ms és a 164-195 ms közötti időtartamokban jelentek meg, amelyek még nem sorolhatóak a hagyományos értelemben vett döntési vagy "motor-planning" időszakokhoz. Az eredmények támogatják a korábbi rodalmi adatokat, amelyben akusztikus inger esetén igazoltak prestimulus hatásokat az ERP map-sorozatokra (Lehmann és mtsai, 1994). Az, hogy a korábbi és a jelen vizsgálat eléri mind inger-modalitásban, mind a kísérleti feladatban és összeállításban, valamint az alkalmazott vizsgálati módszerekben, és mégis mindkettő támogatja az alaphipotézist (az inger beérkezésekor fellálló agyi elektromos állapot befolyásolja az aktív neuronális csoportok eloszlását), mindez amelllett szól, hogy a jelenség modalitás-független. Az eredmények alapján valószínűsíthető, hogy az információ feldolgozása az inger beérkezésekor domináló pillanatnyi agyi mikroállapot függvényében eltérő lesz, és ez az állapot-függettség szerepet játszik a későbbi kognitív folyamatokban is.

A teljes post-stimulus időtartam mikroállapotokká történő időbeli szegmentálása segítségével az eredmények szintén összevethetők a korábbi irodalmi adatokkal. Az előző vizsgálat (Lehmann és mtsai, 1994) csak szelektált, a teljes időtartományt csak részben lefedő post-stimulus epoch-okat analizált, és azt találta, hogy a 280-380 ms alatti epoch-szegmens szignifikánsan visszatükrözte a prestimulus eloszlások különbségeit, mintegy folytatva a prestimulus domborzatok jellemző konfigurációit. Hasonló tendenciák voltak megfigyelhetők jelen vizsgálatainknál is, ahol vizuális ingert alkalmazva a korábbi study-nak megfelelő post-stimulus időtartam alatt (291-338 ms) a skalpi eloszlásokban szintén reflektálódtak a prestimulus különbségek, és az ezt követő mikroállapot (338-439 ms) ismét egy hasonló (nem-szignifikáns) trend-et mutatott. Ezek az adatok is azt igazolják, hogy a prestimulus mikroállapotok konfigurációi az inger modalitásától függetlenül befolyásolják az ERP map-sorozatok konfigurációit. Másrésztől, egy korábban nem analizált post-stimulus időtartam alatt (131-193 ms) a jelen vizsgálatok a prestimulus különbségekkel ellentétes változást mutatott. Ez alapján el kell venni azt a korábbi hipotézist, miszerint a prestimulus

konfigurációk egész egyszerűen megőrződnek, konzerválódnak egy kiterjedtebb post-stimulus időszakra. Elfogadva azt a feltételezést, hogy különböző neuroncsoportok aktiválása különböző funkcionális változásokat okoz, vizsgálataink azt bizonyítják, hogy az inger beérkezésekor jellemző agyi funkciók függvényében az információfeldolgozása, és az ingerre adott reakció eltérő lesz.

Abban az esetben, ha a prestimulus skalp-ciosztlások maximálisan eltértek egymástól (teljes polaritás-váltás esetén), a különbség a stimulust követően 43 ms után szűnt meg, az agy egyértelműen az occipitalisan pozitív ciosztlás-miniatúrát részesítette előnyben. Ha az inger előtti skalp-ciosztlás occipital-pozitív volt, az agy mikroállapota változatlan maradt. Ezzel ellentétes esetben (occipital-negatív prestimulus skalp-ciosztlásnál) az ingert követően, 30 ms után megindult egy gyors polaritás-váltás, és 43 ms -ra a két csoport közötti skalp-ciosztlás különbség megszűnt. Az eredmények alapján feltételezhető, hogy az ingerület a stimulus prezentálása után 25-30 ms múlva éri el az agykéregtet, és ezt követően elkezdődik egy speciális felkészülési időszak, amely az ingert követően 43 ms-nal befejeződik. Úgy tűnik, hogy ennek az időtartamnak a latenciája és hossza használható paraméter lehet az agy funkcionális felkészültségének jellemzésére a vizuális információ-feldolgozásban.

Az eredmények gyakorlati hasznosításának lehetőségei

Bár munkám elsősorban a klinikai elektrofiziológia alapkutatásának körébe tartozik, a vizsgálati eredmények lehetőségét adnak olyan új kérdések és diagnosztikai eljárások megfogalmazására, amelyek a jövőben a klinikai (elsősorban neurológiai) differenciáldiagnosztikában közvetlenül is használhatóak lehetnek. Az általam elsőként használt módszer (ellentétes prestimulus konfigurációjú epochok szelektív átlagolása, és az ilyen módon, normál személyekben, az információ-feldolgozás megkezdése előtti "setup"-idő meghatározása) kiindulási alapját képezheti egy új vizsgálati eljárásnak, amely olyan esetekben lehet használható, amikor felmerül a demyelinizáció gyanúja, de a beteg még tünetmentes, és az ilyenkor szokásos

vizsgálatok (MRI, VEP, CFE) sem mutatnak még káros eltéréseket. Elképzelhető, hogy a módszer alkalmazása a különböző dementia-körképek területén is hasznos lehet. Egyes pszicho-fármakonkon gyógyszerhatás-vizsgálatainál szintén alkalmazható lehet az eljárás.

Az értekezés témakörében megjelent, valamint publikálásra elfogadott közlemények jegyzéke

1. Kondákor, I., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C.M. and Lehmann, D. (1995) Event-related potential map differences depend on the prestimulus microstates. *Journal of Medical Engineering and Technology*, 19, 66-69.
2. Kondákor, I., Lehmann, D., Michel, C.M., Brandeis, D., Kochi, K. and Koenig, T. (1997) Prestimulus EEG microstates influence visual event-related potential microstates in field maps with 47 channels. *Journal of Neural Transmission [General Section]*, 104, 161-173.
3. Kondákor, I., Brandeis, D., Wackermann, J., Kochi, K., Koenig, T., Frei, E., Pascual-Marqui, R.D., Yagyu, T. and Lehmann, D. (1997) Multichannel EEG fields during and without visual input: frequency domain model source locations and dimensional complexities. *Neuroscience Letters*, 226, 49-52.
4. Yagyu, T., Wackermann, J., Kinoshita, T., Hirota, T., Kochi, K., Kondákor, I., Koenig, T. and Lehmann, D. (1997) Chewing-gum flavor affects measures of global complexity of multichannel EEG. *Neuropsychobiology*, 35, 46-50.
5. Yagyu, T., Wackermann, J., Shigeta, M., Jelic, V., Kinoshita, T., Kochi, K., Julin, P., Almkvist, O., Wahlund, L.O., Kondákor, I., Lehmann, D. (1997) Global Dimensional Complexity of multichannel EEG in mild Alzheimer's disease and age-matched cohorts. *Dementia and Geriatric Cognitive Disorders*, 8, 343-347.

6. Yagyu, T., Kinoshita, T., Hirota, T., Kondákor, I., Kochi, K. and Lehmann, D. Smell and taste of chewing gum affect frequency domain EEG source localizations.

International Journal of Neuroscience, in press.

Az értekezés témakörében megjelent, valamint publikálásra elfogadott absztraktok jegyzéke

1. Kondákor, I., Czopf, J., Czopf, A. (1992) Experiences with multichannel evoked potentials. (abstract)
Abstract book of the X. International Conference on Event-Related Potentials of the Brain, p.80.
2. Kondákor, I., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C.M. and Lehmann, D. (1993) Event-related potential map differences depend on the prestimulus microstates. (abstract)
Abstract book of the 36th Congress of the Hungarian Society of the EEG and Clinical Neurophysiology, p.4.
3. Kondákor, I., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C.M. and Lehmann, D. (1994) Event-related potential map differences depend on the prestimulus microstates. (abstract)
Abstract book of the VIIIth European Congress of Clinical Neurophysiology, p.48.
4. Kondákor, I., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C.M. and Lehmann, D. (1994) Event-related potential map differences depend on the prestimulus microstates. (abstract)
Abstract book of the VIIth International Evoked Potential Symposium, p.25.
5. Kondákor, I., Lehmann, D., Michel, C.M., Kochi, K. and Koenig, T. (1996) Prestimulus EEG microstates influence event-related potential microstate maps in 47 channel recordings. (abstract)
Brain Topography, 8, p.412.
6. Koenig, T., Kochi, K., Kondákor, I., Lehmann, D. and Revenstorf, D. (1996) Hypnotically induced emotional states alter the location of frequency domain EEG dipole source models. (abstract)
Abstract book of the 3rd Swiss Poster Meeting on Basic and Clinical Neuroscience, p.33.
7. Frei, E., Koenig, T., Kochi, K. and Kondákor, I. (1996) Representations of subjective emotions in spontaneous brain electric microstate maps. (abstract)
Brain Topography, 8, p.411.
8. Kondákor, I., Lehmann, D., Koenig, T. and Kochi, K. (1996) EEG Source Locations in the Frequency Domain during Closed and Open Eyes, Using 27-Channel Data. (abstract)
Abstract book of the 37th Congress of the Hungarian Society of EEG and Clinical Neurophysiology, p.3.
9. Kondákor, I., Lehmann, D., Wackermann, J., Koenig, T. and Kochi, K. (1996) Global Dimensional Complexity and OMEGA-Complexity of 27-channel EEG map series during closed and open eyes. (abstract)
Abstract book of the 37th Congress of the Hungarian Society of EEG and Clinical Neurophysiology, p.4.
10. Kochi, K., Koenig, T., Kondákor, I. and Lehmann, D. (1996) Emotions and intracerebral EEG sources. (abstract)
Abstract book of the X World Congress of Psychiatry, p.129.
11. Koenig, T., Lehmann, D., Koukkou, M., Kondákor, I. and Kochi, K. (1996) Brain electric field microstates in schizophrenia. (abstract)
Abstract book of the X World Congress of Psychiatry, p.126.
12. Kondákor, I., Lehmann, D., Wackermann, J., Koenig, T., Yagyu, T. and Kochi, K. (1996) Complexity of state space trajectories of multichannel EEG map series during open and closed eyes. (abstract)
Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 99, p.328.
13. Koenig, T., Revenstorf, D., Kochi, K., Kondákor, I., Frei, E. and Lehmann, D. (1997) Hypnotic induction of emotional states alters the location of EEG source models in the frequency domain. (abstract)
Psychiatry Research Neuroimaging, 68, p.169.

14. Kondákor, I., Lehmann, D., Michel, C.M., Wackermann, J., Koenig, T., Kochi, K. and Pascual-Marqui, R.D. (1997) Global OMEGA complexity indicates change of 47-channel EEG after single doses of piracetam. (abstract)
- Brain Topography, 10, p.72.*
15. Yagyu, T., Wackermann, J., Shigeta, M., Jelic, V., Kinoshita, T., Kochi, K., Juhin, P., Almqvist, O., Wahlund, L. O., Kondákor, I. and Lehmann, D. (1997) Global dimensional complexity and global field power in early onset Alzheimer's disease.
- Brain Topography, 10, p.94.*
16. Lehmann, D., Kondákor, I., Pizzagalli, D., Kochi, K. and Koenig, T. (1997) Source locations of brain electric fields during pleasant and unpleasant emotions. (abstract)
- European Psychiatry, 12 (Suppl. 2), p.105.*

Az értékezés szorosán vett témakörén kívül megjelent közlemények és absztraktok jegyzéke

1. Buzsáki, G., Czopf, J., Kondákor, I. and Kellényi, L. (1986) Laminar distribution of hippocampal Rhythmic Slow Activity (RSA) in the behaving rat: Current Source Density Analysis, effects of urethane and atropine.
- Brain Research, 365, 125-137.*
2. Buzsáki, G., Czopf, J., Kondákor, I., Björklund, A. and Gage, F.H. (1987) Cellular activity of intracerebrally transplanted fetal hippocampus during behavior.
- Neuroscience, 22, 871-883.*
3. Nagy, F., Czopf, J., Kondákor, I. (1992) Electromyographic and electroencephalographic investigations in patients with cervicobrachialgia. (abstract)
- Abstract book of the IX. International Congress of Electromyography and Clinical Neurophysiology, p.233.*
4. Nagy, F., Pfund, Z., Kondákor, I. and Czopf, J. (1994) EMG, ENG and evoked potential examinations in plexus lesions. (abstract)
- Electroencephalography and Clinical Neurophysiology, 91, 111P.*

Előadások jegyzéke

1. Buzsáki G., Czopf J., Kondákor I.: A hippocampus theta elektroanatómiája (MÉTI Idegtudományi Szakosztályának Konferenciája, 1985. január, Budapest)
2. Kondákor I., Czopf J., Czopf A.: Sokcsatornás kiváltott válaszokkal nyert tapasztalatunk Magyar EEG Társaság 35. Konferenciája, 1991. október, Szeged)
3. Nagy F., Czopf J., Kondákor I.: EMG és ENG vizsgálatok cervicobrachialgiás betegeknel (Magyar EEG Társaság 35. Konferenciája, 1991. október, Szeged)
4. Kondákor, I., Czopf, J.: Our Experiences with Multichannel VEP Examinations (XIV. Annual Meeting of the Societies for EEG, EMG and Clinical Neurophysiology of East-European Countries, November 1991, Sofia)
5. Nagy, F., Czopf, J., Kondákor, I.: EMG and ENG Examinations in Cervicobrachialgia (XIV. Annual Meeting of the Societies for EEG, EMG and Clinical Neurophysiology of East-European Countries, November 1991, Sofia)
6. Kondákor, I., Czopf, J., Czopf, A.: Experiences with Multichannel Evoked Potentials (X. International Conference on Event-Related Potentials of the Brain, June 1992, Eger)
7. Nagy, F., Czopf, J., Kondákor, I.: Electromyographic and Electroencephalographic Investigations in Patients with Cervicobrachialgia (IX. International Congress of Electromyography and Clinical Neurophysiology, June 1992, Jerusalem).
8. Kondákor, I., Czopf, J., Czopf, A.: Experiences with Multichannel Evoked Potentials (VI. European Congress of Clinical Neurophysiology, September 1992, Lisbon)
9. Nagy, F., Pfund, Z., Kondákor, I. and Czopf, J.: EMG, ENG and Evoked Potential Examinations in Plexus Lesions (16th Joint Annual Meeting of Societies for EEG and Clinical Neurophysiology in Central and Eastern Europe, June 1993, Miedzyzdroje)
10. Kondákor, I., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M. and Lehmann, D.: Event-Related Potential Map Differences Depend on the Stimulus Microstates (36th Congress of the Hungarian Society of EEG and Clinical Neurophysiology, October 1993, Debrecen)

11. Kondákor, L., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M. and Lehmann, D.: Event-Related Potential Map Differences Depend on the Prestimulus Microstates (VIIth European Congress of Clinical Neurophysiology, July 1994, Budapest)
12. Kondákor, L., Pascual-Marqui, R. D., Michel, C. M. and Lehmann, D.: Event-Related Potential Map Differences Depend on the Prestimulus Microstates (Vth International Evoked Potential Symposium, September 1994, Milan)
13. Kondákor, L., Michel, C. M., Pascual-Marqui, R. D., Koenig, T., Kochi, K. and Lehmann, D.: Prä-Stimulus Mikrozustände beeinflussen die Post-Stimulus ERP-Maps (4th German EEG/EP Mapping Meeting, September 1995, Giessen)
14. Frei, E., Koenig, T., Kochi, K. and Kondákor, L.: Representation emotionaler Gehalte in Mikrozuständen des spontanen Hirnfeldes (4th German EEG/EP Mapping Meeting, September 1995, Giessen)
15. Koenig, T., Kochi, K., Kondákor, L., Lehmann, D. and Revenstorff, D.: Hypnotic induction of different emotional states alters the location of single dipole models in the frequency domain (International Symposium of Neuroimaging in Psychiatry, November 1995, Frankfurt)
16. Koenig, T., Kondákor, L., Pizzagalli, D., Kochi, K., Frei, E. and Lehmann, D.: Emotions are represented by the sources of the brain electric field (Meeting of the Swiss Society of Biological Psychiatry, January 1996, Berne)
17. Koenig, T., Kochi, K., Kondákor, L., Lehmann, D. and Revenstorff, D.: Hypnotically induced emotional states alter the location of frequency domain EEG dipole source models (3rd Swiss Poster Meeting on Basic and Clinical Neuroscience, January 1996, Berne)
18. Kondákor, L., Lehmann, D., Koenig, T. and Kochi, K.: EEG Source Locations in the Frequency Domain during Closed and Open Eyes, Using 27-Channel Data (37th Congress of the Hungarian Society of EEG and Clinical Neurophysiology, May 1996, Gyula)
19. Kondákor, L., Lehmann, D., Wackermann, J., Koenig, T. and Kochi, K.: Global Dimensional Complexity and OMEGA-Complexity of 27-channel EEG map series during closed and open eyes (37th Congress of the Hungarian Society of EEG and Clinical Neurophysiology, May 1996, Gyula)

20. Kochi, K., Koenig, T., Kondákor, L. and Lehmann, D.: Emotions and Intracerebral EEG Sources (X World Congress of Psychiatry, August 1996, Madrid)
21. Koenig, T., Lehmann, D., Koukkou, M. and Kondákor, L. Brain Electric Field Microstates in Schizophrenia (X World Congress of Psychiatry, August 1996, Madrid)
22. Yagyu, T., Wackermann, J., Lehmann, D., Kinoshita, T., Hirota, T., Kondákor, L., Koenig, T. and Kochi, K.: Diazepam effect on Global Dimensional Complexity and OMEGA-Complexity (Ω) of multichannel EEG (9th Biennial IPEG Meeting, September 1996, Prague)
23. Koenig, T., Kondákor, L., Kochi, K. and Lehmann, D.: Quantifizierung verschiedener Klassen von mentalen Operationen anhand der EEG Mikrozustands-Analyse (5th German EEG/EP Mapping Meeting, September 1996, Giessen).
24. Koenig, T., Kochi, K., Kondákor, L., Lehmann, D. and Revenstorff, D.: EEG frequency domain dipole models depend on emotional states induced under hypnosis (3rd International Hans Berger Congress, October 1996, Jena)
25. Kondákor, L., Lehmann, D., Wackermann, J., Koenig, T., Yagyu, T. and Kochi, K.: Complexity of state space trajectories of multichannel EEG map series during open and closed eyes (8th European Congress of Clinical Neurophysiology, October 1996, Munich)
26. Kondákor, L., Lehmann, D., Michel, C.M., Wackermann, J., Koenig, T., Kochi, K. and Pascual-Marqui, R.D.: Global OMEGA Complexity indicates change of 47-channel EEG after single doses of piracetam (8th World Congress of the International Society for Brain Electromagnetic Topography, March 1997, Zurich)
27. Kondákor, L., Lehmann, D., Koenig, T. and Kochi, K.: Pozitív és negatív emocionális hatása a spontán EEG-tevékenységére (Magyar EEG Társaság 38. Kongresszusa, Kecskemét, 1998 március)