

Ujjbillentéssel provokált motoros kérgi aktivitás vizsgálata sLORETA-val

Magos Tibor, Végső Balázs, Fülöp Kornél, Kozmann György, Nagy Zoltán
Pannon Egyetem

10 személynél vizsgáltuk a jobb és bal mutatóujj billentéssel provokált aktivitást a motoros kéregben. Szignifikáns változást találtunk a motoros tempóban, az sLORETA pedig a kéz reprezentációjának megfelelően lokalizálta az aktivációs göcot.

10 subjects were submitted an index finger tapping experiment, that was performed both right and left hand. Significant difference was found in the motor tempo, and sLORETA showed exact spatial localization according to the cortical representation of both hand.

BEVEZETÉS

A centrális motoros rendszer sérüléseinek rehabilitációjában fontos szerepet játszik a károsodás helyének pontos ismerete és a gyógyulás folyamatának monitorozása noninvaszív módszerekkel. Ezt a célt szolgálja például a fMRI és EEG vizsgálatok összekapcsolása, melyek a téri és idői felbontóképességüket tekintve komplementer tulajdonságokkal bírnak.

Mind ezek mellett az EEG diagnosztika technikai fejlesztésének egyik fő célja a bioelektromos képalkotó eljárások forrás-lokalizáló képességének javítása, mely a számos megoldásra váró probléma ellenére [1] határozott fejlődést mutat. Ennek egyik példája az sLORETA (standardized low resolution brain electromagnetic tomography), melynek figyelemre méltó lokalizációs képességét olyan párhuzamosan végzett vizsgálatok eredményei is alátámasztják mint az fMRI [2, 3], MRI [4] és a PET [5, 6].

Ismerve az anatómiai struktúrában és az elektrofiziológiai mérésekben található jelentős interperszonális különbségeket, vizsgálatunk célja az sLORETA lehetőségeinek felmérése és lokalizációs képességének ellenőrzése volt. Ebből a célból bal, illetve jobb mutatóujj billentéssel provokált motoros kérgi aktivitást vizsgáltunk 10 egészséges fiatal személynél.

METODIKA

Kísérleti személyek: A vizsgálatban 10 egészséges fiatal személy vett részt: 3 férfi (átl. ék. 26,6 SD± 2,22) és 7 nő (átl. ék. 23,1 SD±4,5). A kísérleti paradigma ismeretében mind hozzájárultak a vizsgálatok elvégzéséhez.

EEG vizsgálat: A vizsgálatokat elektromosan árnyékolt kísérleti fülkében végeztük. A kísérleti személyek kényelmes karosszékben foglaltak helyet egy asztal előtt.

A vizsgálatok 5 perces nyugalmi EEG rögzítésével kezdődtek. Ezt rövid gyakorlási periódus követte, melyben a kísérleti személyek a jobb, illetve bal mutatóujjukkal gyakorolták a 10 sec gombnyomási ritmust. Ezt követően két 10 perces EEG felvételt készítettünk: az első alatt a jobb, a második alatt a bal mutatóujjukkal folyamatosan dolgoztak a kísérleti személyek a begyakorolt ritmusnak megfelelően. Közben a személyeket a kísérleti fülke szemközti falán elhelyezett fixációs ponton nyugtatták. A billentyű lenyomásának pillanatát, és annak időtartamát marker jel mutatta az EEG megfelelő csatornáján.

Adatgyűjtés: Az EEG felvételeket 128 csatornás Biosemi EEG-vel készültük. Az elektródák megfelelő pozicionálását Biosemi sapka biztosította, a cég által megadott koordináták szerint (<http://biosemi.com/headcap.htm>).

A horizontális és vertikális szemmozgások monitorozását 2-2, az aktív kéz izommozgásainak figyelését pedig az alkaron és a kézfejen további 2-2 elektróda biztosította.

A felvételeket 2048 Hz mintavételezési frekvenciával rögzítettük. A frekvencia tartomány alsó határát a lassú potenciál driftek elkerülése miatt 0,16 Hz-re állítottuk, a felső szűrési határt nem korlátoztuk.

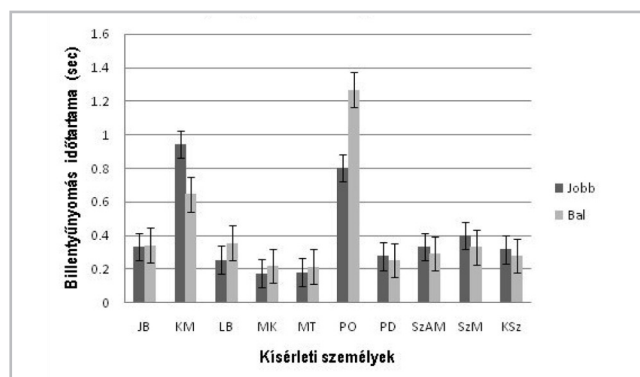
Feldolgozás: A kiváltott válaszokat 32 artefaktum mentes motoros válasz átlagolásából kaptuk. Erre a célra a marker jel körüli ±1000 msec, összeségében 2000 msec hosszú EEG szakaszokat használtuk. A szakaszok mintavételezési frekvenciáját 512 Hz-re redukáltuk (down sampling), a frekvencia tartomány felső határát pedig 120 Hz-nél vágtuk alul áteresztő szűrővel. Ezt követően először vizuális inspekciónal emeltük ki az artefaktum mentes felvételeket. Ha nem találtunk 32 ilyen szakaszt, akkor a hiányzó felvételeket olyan szakaszokkal pótoltuk, melyeket diszkrét wavelet analízisen (DWT) alapuló szűrő programmal (Magos T., cikk előkészületben) tisztítottunk meg a pislogási műtermékektől. A 32 felvételt csatornánként átlagoltuk és a sLORETA számára feldolgozható szöveges fájlba mentettük.

sLORETA: A kérgi három dimenziós áramsűrűségi eloszlást sLORETA segítségével határoztuk meg. Az sLORETA olyan, diszkrét 3D eloszlású, lineáris inverz eljárás, melyben egy sajátos standardizálási módszer biztosítja a forrás-lokalizáció pontosságát [7, 8, 9]. A módszer további előnye, hogy a lokalizáció pontossága viszonylag érzéketlen a mérési és biológiai zajra (<http://www.uzh.ch/keyinst/loreta.htm>).

EREDMÉNYEK

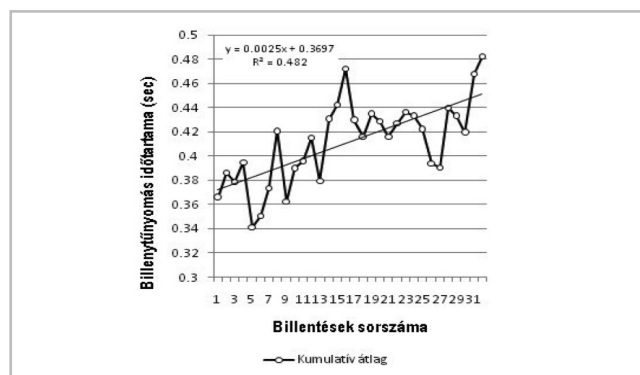
Motoros tempó: A motoros reakciók tempóját a billentyűnyomás időtartamának változásával jellemeztük. Az EEG

felvételekből kiválasztott 32 marker jel minden esetben a billentések idői sorrendjében követte egymás, a köztük levő intervallum azonban az EEG jelek válogatása és az egyéni időbecslés ingadozásai miatt random módon változott bizonyos határok között.



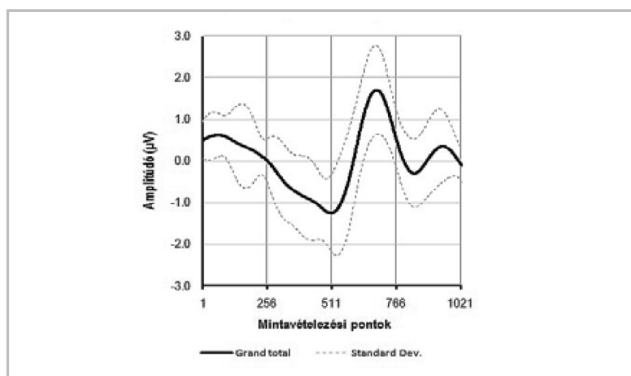
1. ábra
A billentyűnyomás átlagos időtartama jelentős egyéni eltéréseket mutat. A jobb és bal mutatóujj eltérő teljesítménye, függetlenül a kísérleti személyek jobbkezesességétől, véletlenszerűen alakul.

Az 1. ábrán látható, hogy a billentyű lenyomásának időtartama jelentős egyéni eltéréseket mutat. A csoport teljesítményére azonban átlagosan az jellemző, hogy a vizsgálat előrehaladtával fokozatosan megnyúlt a billentések időtartama (2. ábra), a változás MANOVA-val számolva szignifikánsnak bizonyult ($F=1,52$, $p=0,036$).



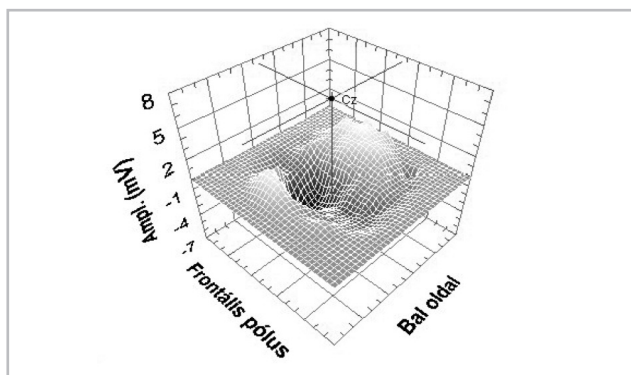
2. ábra
A bal-jobb billentyűnyomás összesített csoportátlagának időtartama szignifikáns habituációt mutat a vizsgálat folyamán.

Készenléti potenciál (rediness potential, RP vagy Bereitschaftspotential, BP): Az mozgásindítás szándékát a skalpon negatív irányú potenciáletolódás jelzi, amely RP vagy BP néven ismert a szakirodalomban. A potenciáletolódás maximuma általában a mozgatót testrésszel ellentétes (kontralaterális) féltéke felett mérhető, és azt az időpontot jelzi, ahol a mozgásokat indító fokozott neuronális tüzelés kezdetét veszi. A 3. ábra ennek a potenciál eltolódásnak a csoport átlagát a mutatja vertexen mérve (A2 elektróda), bal mutatóujj billentés esetén. A negatív letörés kezdete egyéni eltéréseket mutatott, de minden esetben a marker jel előtti 1000 msec első harmadában megkezdődött.



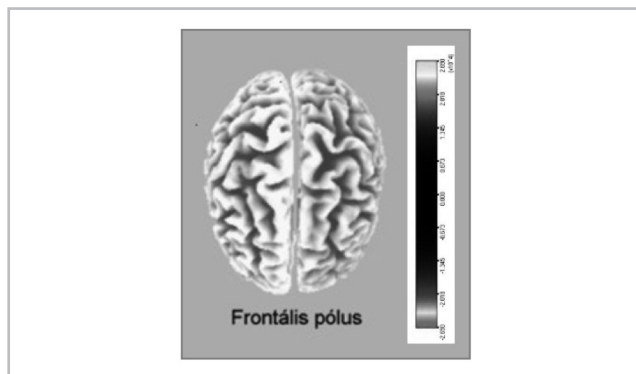
3. ábra
A vertexen mért negatív irányú készenléti potenciál alakulása a marker előtti és utáni 1000 msec folyamán. Az x tengely a mintavételezési frekvencia szerint kalibrált (512 Hz/sec).

A skalp területén mért potenciál értékek nagysága jelentős variabilitást mutat (4. ábra) és pillanatról pillanatra változik az elektródák alatti kortikális területek aktivitásának függvényében. Az sLORETA a potenciál különbségek téri eloszlását használja azoknak az áramsűrűségi térképeknek a generálására és statisztikai elemzésére, melyeket standardizált 3D agymodellre vetít, hogy lokalizálja az aktivációs góccokat (5. ábra). Vizsgálatunkban ezeket a góccokat a marker körüli ± 50 msec közötti időtartományban kerestük, a kontralaterális motoros kéreg felett. A 4. és 5. ábrán ugyanannak a személynek a bal mutatóujjra számolt potenciáletloszlási, és LORETA térképét mutatjuk be 31 msec-el a marker jel után.



4. ábra
A 3D ábrán az elektródák pozícióját a szokványos poláris koordinátákból levezetett x és y értékkel határoztuk meg. A „z” tengely az elektródákon mért potenciál nagyságát mutatja. Az ábrán a marker jel után 31 msec-el mért potenciáletloszlás látható bal ujjbillentési helyzetben.

Kísérleti személyeinknél minden esetben megtaláltuk a kontralaterális motoros kéreg aktivitását a markerhez viszonyított ± 50 msec sávon belül. Az elsődleges motoros kérgen a vázizomzat reprezentációja torzított formában ugyan, de leképi az emberi testet (homonculus, 6. ábra). A kéz izomzatának reprezentációja és az sLORETA által lokalizált aktivációs góc elhelyezkedése egybeesést mutat. Sok esetben azonban ezt az arc vagy a törzs területeinek fokozott akti-

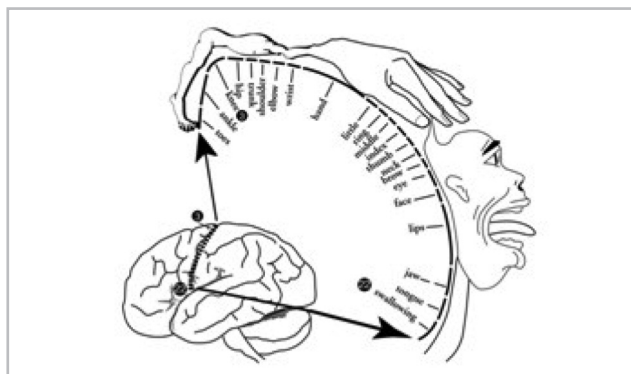


5. ábra
 LORETA-val számolt aktivációs góc a Brodmann 4 és 6 területeken helyezkedik el az 5. ábrán bemutatott potenciál eloszlási térkép alapján.

tása is kíséri, ami könnyen elfogadható, ha arra gondolunk, hogy mozgás közben sokszor önkéntelenül is megfeszítünk olyan izmokat, melyeknek semmi közük sincs a tényleges mozgáshoz.

MEGBESZÉLÉS

Eredményeink alapján megerősíthető, hogy az sLORETA valóban jó lokalizációs képességet mutat, és



6. ábra
 A homunculus a test izomzatának reprezentációját mutatja az elsődleges motoros kéregben. A LORETA a kéz reprezentációjának magasságában lokalizálta az aktivációs gócot.

hasznos eszköze lehet azoknak a kutatásoknak, melyek távlati célja a pszichológiai és klinikai alkalmazás.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Kutatási támogatások: TÁMOP 4.2.2-08/1/2008-0018 sz. projekt. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásában valósul meg.

IRODALOMJEGYZÉK

- [1] Végső B., Fülöp K., Dr. Kozmann Gy., Magos T., Szekrényesi Cs., Dr. Nagy Z.: Az agyi forrás-lokalizáció pontosságát befolyásoló tényezők vizsgálata, IME – Az egészségügyi vezetők szaklapja, 2010, 9(5), pp 43-46
- [2] Mulert C., Jäger L., Schmitt R., Bussfeld P., Pogarell O., Möller H.J., Juckel G., Hegerla U.: Integration of fMRI and simultaneous EEG: towards a comprehensive understanding of localization and time-course of brain activity in target detection, 2004 NeuroImage, 22, pp. 83-94.
- [3] Vitacco D., Brandeis D., Pascual-Marqui R., Martin E.: Correspondence of event-related potential tomography and functional magnetic resonance imaging during language processing, 2002 Hum Brain Mapp, 17, pp. 4-12.
- [4] Worrell G.A., Lagerlund T.D., Sharbrough F.W., Brinkmann B.H., Busacker N.E., Cicora K.M., O'Brien T.J.: Localization of the Epileptic Focus by Low-Resolution Electromagnetic Tomography in Patients with a Lesion Demonstrated by MRI, Brain Topography, Vol. 12, 2000, pp. 273-282.
- [5] Dierks T., Jelic V., Pascual-Marqui R.D., Wahlund L.O., Julin P., Linden D.E.J., Maurer K., Winblad B., Nordberg A.: Spatial pattern of cerebral glucose metabolism (PET) correlates with localization of intracerebral EEG-generators in Alzheimer's disease, 2000 Clinical Neurophysiology 111, pp. 1817-1824.
- [6] Pizzagalli D.A., Oakes T.R., Fox A.S., Chung M.K., Larson C.L., Abercrombie H.C., Schaefer S.M., Benca R.M., Davidson R.J.: Functional but not structural subgenual prefrontal cortex abnormalities in melancholia, 2004, Mol Psychiatry 9, pp. 393-405.
- [7] Pascual-Marqui R.D.: Standardized Low-Resolution Brain Electromagnetic Tomography (sLORETA): Technical Details, Methods Findings, 2002 Exper Clin Pharmacol, 24 pp. 5-12.
- [8] Pascual-Marqui, R. D.: Discrete, 3D Distributed, Linear Imaging Methods of Electric Neuronal Activity. Part 1: Exact, Zero Error Localization. arXiv:0710.3341 [math-ph], 2007 October 17, , <http://arxiv.org/abs/0710.3341>
- [9] Pascual-Marqui R.D.: Theory of the EEG Inverse Problem, Chapter 5, pp: 121-140. In: Quantitative EEG Analysis: Methods and Clinical Applications, Eds: S. Tong and N.V. Thakor; 2009 Artech House, Boston
- [10] Zumsteg D., Wennberg R.A., Treyer V., Buck A., Wieser H.G.: „H2(15)O or 13NH3 PET and Electromagnetic Tomography (LORETA) During Partial Status Epilepticus,” Neurology, Vol. 65, 2005, pp. 1657-1660.

Magos Tibor, Végső Balázs, Kozmann György bemutatása lapunk VIII. évfolyamának Képkötő különszámában, Nagy Zoltán bemutatása pedig lapunk IX. évfolyamának 1. számában olvasható.