

**Stanisław Nowak, Przemysław Nowak,**

**Elżbieta Nowak, Wojciech Nowak**

Zakład Chorób Układu Nerwowego

Instytutu Kształcenia Medycznego Akademii Świętokrzyskiej w Kielcach

Kierownik: prof. dr hab. n. med. S. Nowak

Dyrektor: prof. dr hab. W. Dutkiewicz

## **EEG JAKO JEDNO Z KRYTERIÓW OCENY ZDROWIA CZŁOWIEKA**

### **STRESZCZENIE**

Autorzy podkreślają przydatność badań EEG w ocenie zdrowia człowieka.

**Słowa kluczowe:** EEG, zdrowie.

### **SUMMARY**

The authors emphasize the usefulness of EEG examinations in the estimation of human health.

**Key words:** EEG, health.

EEG jest badaniem rejestrującym czynność bioelektryczną mózgu, jest nieinwazyjne, powtarzalne i bezpieczne.

Funkcjonowanie mózgu jest złożone i nie do końca poznane. Współczesna nauka najczęściej utożsamia mózg z umysłem, a tym samym ze sferą życia psychicznego, duchowego. Jest to uproszczenie, ale stanowi punkt wyjścia do badań nad tym zagadnieniem. Przyjmuje się następujący schemat działania mózgu: inicjujące znaczenie mają geny, ich ekspresja, z tworzeniem neuroprzekaźników i enzymów nadzorujących rozwój mózgowia, komórek, mających w sobie systemy błon komórkowych i „chemiczne fabryki”; obwody chemiczne z systemami neuroprzekaźników regulujących funkcjonowanie mózgu (m.in.: dopamina, serotonina, adrenalina, noradrenalina, acetylocholina, glutaminianami, asparaginianami, GABA); obwody anatomiczne i czynnościowe, łączące poszczególne obszary mózgu i regulujące aktywność metaboliczną pomiędzy różnymi obszarami mózgowia, a także będące odpowiedzią na stymulację mózgową i działania zewnętrzne [1–6].

Elektroencefalografia (nazwę wprowadził W. G. Walter) rozwija się od 1929 r., a pierwsze badanie EEG u człowieka wykonał niemiecki neuropsychiatra Hans Berger – odkrywca fal alfa i beta. Badania W. Penfielda i H. Jaspera w latach 50. XX w., pozwoliły na rejestrację wyładowań bioelektrycznych bezpośrednio z kory

mózgu i struktur podkorowych, poprzez ich drażnienie wykonywane w czasie zabiegów neurochirurgicznych. W latach późniejszych wprowadzono mikroelektrody, dzięki którym w czasie operacji neurochirurgicznych można było rejestrować prądy bioelektryczne błon komórkowych pojedynczego neuronu lub całych grup neuronalnych, z otoczenia neuronu, elektrokortykogram, wyładowania padaczkowe, a także prawidłowy zapis EEG. W dalszych etapach wprowadzono wiele innowacji technicznych, z dużą liczbą elektrod powierzchniowych (mających znaczenie głównie w badaniach naukowych), analizę komputerową z oceną ilościową, analizą czasową, częstotliwościową, łącznie z mapowaniem czynności mózgu i napięcia pojedynczych iglic (mapping) [1, 2, 4–12].

Magnetoencefalografia [MEG] jest najnowszą metodą badania czynności bioelektrycznej mózgu, mającą poza aspektem naukowym zastosowanie kliniczne, a jej początki sięgają lat 60. Rejestrowane są niezwykle słabe pola magnetyczne neuronów i systemów neuronalnych. Poprzez obwodową stymulację receptorów rejestrować można reakcję poszczególnych obszarów mózgowia tak w wymiarze czasowym (milisekundy), jak i przestrzennym (milimetry). Włączenie do analizy funkcjonalnego rezonansu magnetycznego (fMR), pozytonowej emisyjnej tomografii (PET) oraz elektroencefalografii (EEG) pozwoliło na dalszy postęp w badaniach nad czynnością mózgu. Aktualnie magnetoencefalografia wraz z wymienionymi wcześniej technikami ma zastosowanie kliniczne, m.in. w padaczce, głównie ogniskowej u dorosłych i dzieci, także w kwalifikacjach do zabiegu operacyjnego, zespołach otępiennych, mikrouszkodzeniach mózgu różnego pochodzenia, w tym pourazowych i uciskowych, schizofrenii, dysleksji, zaburzeniach uwagi itp. [13–30]. W Polsce jeszcze nie ma magnetoencefalografii.

Prądy bioelektryczne są zawsze efektem procesów neurochemicznych związanych z depolaryzacją i polaryzacją (udział glicju) błony komórkowej neuronu (neuronów), z przemieszczaniem się jonów potasu do przestrzeni pozakomórkowej, gdzie tkanka glejowa stara się neutralizować jego nadmiar, który prowokuje wyładowanie padaczkowe. Wyładowania wielu neuronów mogą się sumować i pojawiają się wyładowania mikroiglic, rejestrowane także przez elektrody powierzchniowe. W tym całym procesie uczestniczą neuroprzekaźniki [1, 2, 4–11].

Na stan czynności bioelektrycznej mózgu, mimo autonomii ośrodkowego układu nerwowego, ma wpływ wiele czynników wewnętrznych, utrzymujących homeostazę wewnątrzustrojową na zasadzie działania sprzężenia zwrotnego, oraz w mniejszym stopniu oddziaływanie czynników zewnętrznych [1, 2, 5, 11].

Zapis EEG jest zależny od wieku i poza ogólnymi zasadami jest zróżnicowany osobniczo. Pierwszy etap względnego dojrzenia czynności bioelektrycznej mózgu przyjmowany na około 12. r. ż.; jest pewnym etapem oceny i może on trwać do 25., a nawet 30. r. ż. W niektórych przypadkach wiąże się to z rozwojem intelektualnym, kształtowaniem się życia emocjonalnego i osobowości. Dąży się do ustalenia normy elektroencefalograficznej, z uwzględnieniem m.in. kryterium wieku, w oparciu o ujednoczone, w tym i komputerowe techniki badań EEG. Pra-

cownie, zachowując zasady systemu międzynarodowego 10–20, mają zwykle swoje własne normy. Modyfikacje te winny być oznaczone na każdym wykonywanym zapisie w celu zrozumienia ich przez innych. To samo dotyczy używanej terminologii. Najwłaściwsze jest połączenie doskonałej techniki badania, doświadczenia elektroencefalografisty oraz możliwości korelacji zapisu z informacjami klinicznymi. Niestety próby zbyt schematycznego podejścia do tego problemu nie są rozwiązaniem optymalnym. Zawsze punktem wyjścia są grafoelementy zapisu, który powinien być technicznie nienaganny, co w praktyce nieraz jest trudne do uzyskania, choćby ze względu na stan chorego. Dlatego też umiejętność odróżnienia różnorodnych artefaktów od właściwych składowych zapisu jest niezwykle ważna [2, 4, 6, 11].

Należy podkreślić, że w przypadkach wyraźnych zmian w EEG nie ma problemów w ich opisanu przez różne osoby. Zdarza się jednak, że są przypadki z miernie nasilonymi zaburzeniami, mogące sprawiać już trudności interpretacyjne, i wtedy pomocne są dane kliniczne. W razie wątpliwości należy zalecić badanie kontrolne, aby śledzić dynamikę lub cofanie się zmian, pamiętając o tym, że przeoczone uszkodzenie mózgu może doprowadzić do poważnej choroby z kalectwem włączenie, a nawet do zgonu. Niestety, nadal EEG opisują również osoby, które nie posiadają odpowiednich kwalifikacji [2, 11].

Podstawowa czynność bioelektryczna mózgu składa się z fal alfa o częstotliwości 8 do 13 Hz, z jej wahaniami podczas zapisu średnio o 0,5 Hz. Fale te najwyraźniej są rejestrowane w obszarach potylicznych przy zamkniętych oczach. Otwarcie oczu zmniejsza rejestrowane fale alfa (reakcja zatrzymania wzrokowa, Rz). Do 10. r. ż. częstotliwość fal alfa waha się od 8 do 10 Hz, utrzymując się w dalszych etapach życia, zmniejszając się nieco po 70. r. ż., a wyraźniej w latach późniejszych. Amplituda fal alfa jest od 20 do 100 uV, z pewnymi wahaniami zależnymi od wieku. Osoby zdrowe zwykle mają rytm alfa w 20 do 75%. Fotostymulacja oraz inne czynniki wpływają na częstotliwość fal alfa, zwiększając ją lub zmniejszając.

Do odmian rytmu alfa zalicza się rytmiczne środkowo-skroniowe wyładowania fal theta, niegdyś nazywane „wariantem psychomotorycznym” o częstotliwości 5–6 Hz. Tego typu krótkotrwałe, rzekome wyładowania, nie mogą być zaliczone do nieprawidłowości zapisu EEG, podobnie jak „iglice bramkowe” – 7–11 Hz. Fale beta mają częstotliwość 14–30 Hz, przy amplitudzie od 25 uV (zapis dwubiegunowy) do 30 uV (zapis jednobiegunowy). Wydziela się 2 lub 3 ich rodzaje, zależnie głównie od częstotliwości. Fal tych nie można mylić z potencjałami mięśniowymi, które mają charakter czynnościowy. Nie reagują na otwarcie oczu, a fotostymulacja może je na krótko wyłączać. Kiedyś określano jeszcze odmianę fal beta jako rytm mu, o częstości 7–12 Hz, oznaczanego jako „subharmoniczna czynność rolandowego rytmu beta”. Od lat 40. ubiegłego wieku znane są fale theta o częstotliwości 4 do 7 lub 7,5 Hz, z pewnymi modyfikacjami zależnie od wieku. W okresie dzieciństwa rytm ten jest zjawiskiem normalnym, w mniejszym stopniu w młodości, z jego narastaniem u osób starszych, głównie w obszarach skro-

niowych, z amplitudą 50–60 uV (zwykle 20–30 uV). U dorosłych może go nie być w prawidłowym zapisie, ale może też stanowić 5% jego zawartości.

Fale delta (nazwa wprowadzona przez W. G. Waltera) o częstotliwości 0,5–3,5 Hz, albo jak niektórzy określają poniżej 4 Hz, nie występują u zdrowych ludzi, ale są czasem rejestrowane w komputerowej analizie widma. U osób starszych można rejestrować fale delta, głównie w lewostronnych odprowadzeniach skroniowych, ale w takich przypadkach, mimo braku wyraźnej korelacji ze zmianami neurologicznymi, należy przeprowadzić dokładną diagnostykę.

Opisywane inne fale, np. fale kappa próbowano łączyć z mechanizmem myślenia, ale nie wydają się być one pochodzenia mózgowego, natomiast fale lambda rejestrowano w mocno oświetlonym pomieszczeniu, bo wiążą się z ruchami gałek ocznych. Zespół K rejestrowany jest podczas snu, ukształtowany przez wierzchołkową falę ostrą i wrzeczona fal alfa i jest wytworem wieloukładowym głównie jednak wzgórze. Fale lambda są dość ostre, występujące przejściowo w obszarach potylicznych, zwykle symetryczne i mogą imitować zmiany padaczkowe. Są jednak zjawiskiem fizjologicznym i wydają się być spokrewnione z potencjami wzrokowymi, gdyż mogą być w pewnych sytuacjach wyzwalane przez oglądanie obrazów. Tzw. fala ostra szczytowa jest zwykle trójfazowa, rzadko jako zespół iglicy – fali wolnej i rejestrowana jest głównie w czasie snu i w stanach śpiączkowych. Wrzeczona mogą być składową zespołu K lub występować samodzielnie w czasie snu, ale także znajdować się w zapisach nieprawidłowych. Do wariantów zapisu zalicza się także kilkusekundowe, rytmiczne, podkliniczne wyładowania EEG u dorosłych z obszarów skroniowych, mogące sprawiać trudności interpretacyjne.

Problem diagnostyczny, mimo zaliczania do wariantów zapisu prawidłowego, sprawiać mogą małe ostre iglice, nazywane czasem jako przemijające padaczkopodobne grafoelementy, podobnie jak rzekome wyładowania o cechach „iglicy – fali”, o częstotliwości 6 Hz. Nie rozwiązaniem do końca problemem są tzw. iglice dodatnie 6 Hz lub 14 Hz, prawdopodobnie jednak nie wiążące się z napadami padaczkowymi. Zapis niskonapięciowy może występować u 3–19% osób zdrowych i zależy od czynników genetycznych, senności, rzadko od leków. Krańcowo niskonapięciowy zapis to linia izoelektryczna, o czym pisaliśmy wcześniej. Ostrożnie należy podchodzić do opisywanej czynności napadowej u osób zdrowych (do 3%), ponieważ łatwo jest o pomyłkę diagnostyczną. Być może jest to cecha osobnicza, w niektórych przypadkach uwarunkowana genetycznie. Należy także w czasie zapisu zwracać uwagę na to, czy chory nie „podsypia” lub czy nie wykonujemy nadmiernej hiperwentylacji. Rytm mu, określany też jako „rytm bramkowy”, jest zjawiskiem fizjologicznym łączonym z rytmem beta. Należy go odróżnić od „iglic bramkowych”, które zalicza się do prawidłowych wariantów spotykanych w EEG.

Czynność bioelektryczna mózgu podlega także rytmowi dobowemu, głównie fale alfa (czuwania), ale wahania są małe około 0,5 Hz, a ich aktywność jest naj-

większa w godzinach popołudniowych. Rytm dobowy jest w pewnym stopniu zjawiskiem osobniczym, a jego regulacja neurohormonalna jest niezwykle złożona, z udziałem niektórych struktur mózgu, głównie wzgórza, jądra nadwzrokowego, szyszynki (melatonina) itp. Sen w sposób znaczący zmienia nie tylko stan świadomości, ale i czynność bioelektryczną mózgu, który z konieczności sam spać nie może, choć intensywność pracy pewnych obszarów może być czasowo zmniejszona [1, 2, 4–13].

W ocenie EEG u zdrowych osób należy uwzględnić wiele czynników modyfikujących, a wśród nich: wiek, sylwetkę psychofizyczną, zawód (praca zmianowa, przeciążenia fizyczne i psychiczne, nadmierny hałas, przegrzanie lub wychłodzenie, substancje toksyczne, ciągła praca przy maszynach w ruchu, na wysokości, bezpośrednio przy ogniu itp.), rytm dobowy snu, stabilny lub dynamiczny tryb życia, częste podróże, przyjmowanie środków tonizujących lub odprężających, uprawianie nadmiernie obciążających lub urazowych dyscyplin sportu itp. [2, 4–6, 11].

Kształtowanie się czynności bioelektrycznej mózgu u dzieci podlega pewnym zasadom [12, 13] od noworodka, gdzie zapis jest niezróżnicowany przestrzennie, niskonapięciowy, bez reakcji na otwarcie i zamknięcie oczu, z różnorodnym zakresem fal, do modyfikacji rytmu podstawowego, zastępowania fal wolnych, w tym i delta, z narastaniem składowej fal alfa, głównie w potylicy, utrzymywanie się fal theta, przede wszystkim w obszarach skroniowych. W wieku 10–15 lat w obszarach potylicznych rejestrowane są fale alfa o częstotliwości 10–12 Hz, z wahaniami około 0,5 Hz, amplitudzie do 35 uV, z blokowaniem przez reakcję zatrzymania (Rz) – otwarcie oczu. Nieco zmodyfikowany rytm alfa jest rejestrowany w okolicy ciemieniowej, skroniowej i centralnej. Widoczne są już fale beta, głównie w obszarach z przodogłowia. U dziewcząt w okresie pokwitania może pojawiać się nieznaczna dezorganizacja podstawowej czynności bioelektrycznej mózgu, z większą liczbą fal theta i aktywnym rytmem alfa [2, 6, 12, 13].

W czasie senności u kilkunastoletnich osób zaznaczona jest dezorganizacja rytmu podstawowego, głównie alfa, rejestrowane są niskonapięciowe fale theta, rzadziej ostre fale wierzchołkowe. Podczas snu pojawiają się wrzeciona snu około 12 Hz w obszarach czołowych, centralnych o 14 Hz, które w dalszej fazie znikają, a pojawiają się fale theta, delta i alfa, z narastaniem w czasie głównie fal delta [12, 13]. Ten uproszczony schemat akcentuje tylko dynamikę modyfikacji zapisu EEG od chwili narodzenia do okresu młodości, z wprowadzaniem pewnego biologicznego uporządkowania.

Techniki neuroobrazowania przedstawiające dokładnie anatomiczną strukturę mózgowia (CT – tomografia komputerowa, MR – rezonans magnetyczny), techniki czynnościowe pozwalają bliżej poznać procesy neurochemiczne, fizjologiczne mózgu. Należą do nich tomografia emisyjna pojedynczego fotonu (SPECT), pozytronowa emisyjna tomografia (PET), czynnościowy rezonans magnetyczny (fMR) oraz spektroskopia rezonansu magnetycznego (MRS). Poznanie zaburzeń

przepływu mózgowego w poszczególnych obszarach, zmian metabolicznych, głównie glukozy, działania leków, neurotransmiterów i receptorów są znaczącym postępem diagnostycznym [2, 3, 4, 11]. Tłumaczenie jednak wszystkiego, łącznie z zaburzeniami psychicznymi tylko tymi mechanizmami, jest uproszczeniem, gdyż zawsze efektem tych działań jest czynność bioelektryczna i biomagnetyczna, jako składowa siły życia i właściwego funkcjonowania mózgu i organizmu.

Przyszłość należeć będzie także do jeszcze dokładniejszej analizy i syntezy zagadnień związanych z czynnością biomagnetyczną i bioelektryczną mózgowia, z uwzględnieniem zagadnień umysłu i psychiki. Musi to być podejście jeszcze dokładniejsze, kompleksowe, przestrzenne, ze świadomością, że badane struktury są złożone, żywe, z pogranicza materii i ducha. W tych badaniach pomocne są nie tylko inżynieria genetyczna, matematyka, fizyka, animacja komputerowa, psychoneurobiochemia, ale i teologia z filozofią, głównie w zakresie prób syntezy najbardziej złożonych ludzkich zjawisk, a EEG będzie zawsze jedną z podstawowych metod badawczych [11].

Patrząc wszechstronnie współcześnie i perspektywicznie, można założyć, że EEG obecnie winno być profilaktycznym i prewencyjnym badaniem w celu określenia pełni zdrowia lub wstępnych etapów jego zagrożenia, z krytyczną, zgodną z zasadami udokumentowanych faktów klinicznych, oceną. Nie zawsze pewne anormalności w zapisie muszą być zwiastunem choroby, ale tylko cechą osobniczą uwarunkowaną genetycznie, poza – naszym zdaniem – wyładowaniami napaadowymi lub progresją zmian ogniskowych. Nawet u wysportowanych, sprawnych i młodych osób zapis EEG może ulegać niekorzystnym zmianom w czasie (np. u bokserów, spadochroniarzy, karateków, motocrossowców, żuźlowców, rajdowców itp.). Pozornie niegroźne urazy głowy u uczniów mogą dawać mikrouszkodzenia mózgu, z mniejszym lub większym odzwierciedleniem w zapisie EEG. Zakres badań profilaktycznych i promocyjnych EEG winien się zwiększać głównie wśród młodzieży i ludzi w wieku produkcyjnym, tym bardziej że badanie może być wykonywane ambulatoryjnie, badanie to jest nieinwazyjne i powtarzalne. Być może firmy ubezpieczeniowe i pracodawcy (dotychczas dotyczy to tylko niektórych zawodów) w niedalekiej przyszłości sięgną i po tę formę badania, jako jeden ze sposobów oceny aktualnego stanu zdrowia, co wcale nie musi oznaczać ograniczenia wolności osobistej. Gorzej może wyglądać sytuacja, gdy wymagane będą badania obrazujące nasze skłonności genetyczne do pewnych chorób. Nie ma żadnych wątpliwości, że czynność bioelektryczna jest znaczącym wskaźnikiem funkcjonowania mózgu, tym samym będąc jednym z podstawowych kryteriów oceny zdrowia człowieka. Współczesna i perspektywiczna medycyna winna to uwzględniać w badaniach populacyjnych, jako jedną z metod promocji i profilaktyki zdrowia [31].

## PIŚMIENNICTWO

- [1] Majkowski J.: Elektroencefalografia kliniczna. PZWL. Warszawa 1989.
- [2] Majkowski J.: Atlas elektroencefalografii. PZWL. Warszawa 1975.
- [3] Majkowski J.: Modele padaczki i patogenez padaczki u ludzi. W: Padaczka i inne stany napa-dowe u dzieci, R. Michałowicz (red.). PZWL. Warszawa 2001: 30–44.
- [4] Majkowski J.: Badania elektroencefalograficzne w padaczce u dzieci. W: Padaczka i inne stany napadowe u dzieci, R. Michałowicz (red.). PZWL. Warszawa 2001: 177–219.
- [5] Nowak S.: EEG w chorobach wewnętrznych. Postępy neurofizjologii klinicznej. Warszawa 2000.
- [6] Andreasen N. C.: Fascynujący mózg. Red. wyd. pol. A. Grzywa. Wyd. Czelej. Lublin 2003.
- [7] Pakszys M.: Rozwój czynności bioelektrycznej mózgu u dzieci z uwzględnieniem stanów za-chowania. Materiały szkoleniowe. Warszawa 1995.
- [8] Pakszys M.: Algorytm opisu badania EEG u dzieci. Materiały szkoleniowe. Warszawa 1996.
- [9] Gibbs F. A., Gibbs E. L.: Atlas of Electroencephalography. Addison–Wesley, Reading–Mass. 1950, T. 1.
- [10] Gibbs F. A., Gibbs E. L.: Atlas of Electroencephalography. Addison–Wesley, Reading–Mass. 1952, T. 2.
- [11] Gibbs F. A., Gibbs E. L.: Atlas of Electroencephalography. Addison–Wesley, Reading–Mass. 1964, T. 3.
- [12] Gibbs F. A., Gibbs E. L.: Atlas of Electroencephalography. Reading–Mass. Addison–Wesley, 1978, T. 4.
- [13] Kozińska J. D., Carducci F., Nowiński K.: Automatic alignment of EEG/MEG and MRI data sets. Clin. Neurophysiol. 2001; 112(8): 1553–1561.
- [14] Maria J., Pecyna B., Murawski P.: Stan relaksacji organizmu ludzkiego w badaniach magneto-encefalograficznych. Zdr. Publ. 2000; 110(7/8): 273–278.
- [15] Kowalska J. G.: Obrazowanie czynności mózgu metodą magnetometrii. Neur. Neurochir. Pol. 1999; (33) supl. 6: 183–186.
- [16] Kamada K., Sawamura Y., Takeuchi F., Houkin K., Kawaguchi H., Iwasaki Y., Kuriki S.: Gradual recovery from dyslexia and related serial magnetoencephalographic changes in the lexico-semantic centers after resection of a mesial temporal astrocytoma. Case report. Journal of Neu-rology, 2004; 100(6): 1101–1106.
- [17] Baumgartner C.: Controversies in clinical neurophysiology. MEM is superior to EEG in the localization of interictal epileptiform activity: Con. [see comment]. [Review] [135 refs]. Clinical Neurophysiology 2004; 115(5): 1010–1020.
- [18] Barkley G. L.: Controversies in neurophysiology, MEG in superior to EEG in localization of interictal epileptiform activity: Pro. [see comment]. [Review] [97 refs]. Clinical Neurophysiology 2004; 115(5): 1001–1009.
- [19] Lesser R. P.: MEG: good enough. [comment]. [Review] [18 refs]. Clinical Neurophysiology 2004; 115(5): 995–997.
- [20] Verrotti A., Pizzella V., Trotta D., Madonna L., Chiarelli F., Romani G. L.: Magnetoencephalo-graphy pediatric neurology and in epileptic syndrome. [Review] [65 refs]. Pediatric Neurology 2003; 28(4): 253–261.
- [21] Schiffbauer H., Berger M. S., Ferrari P., Freudenstein D., Rowley H. A., Roberts T. P.: Preope-rative magnetic imaging for brain tumor surgery: a quantitative comparison with intraoperative sensory and motor mapping. Journal of Neurosurgery 2002; 97(6), 1333–1342.
- [22] Moore K. R., Funke M. E., Constantino T., Katzman G. L., Lewine J. D.: Magnetoencephalo-graphically directed review of high – spatial – resolution surface – coil MR images improves lesion detection in patients with extratemporal epilepsy. Radiology 2002; 225(3): 880–887.
- [23] Eliashiv D. S., Elsas S. M., Squires K., Fried I., Engel J. Jr.: Ictal magnetic source imaging as a localizing tool in partial epilepsy. Neurology 2002; 59(10): 1600–1610.

- [24] Lin Y. Y., Forss N.: Functional characterization of human second somatosensory cortex by magnetoencephalography. *Behavioural Brain Research*. 2002; 135(1–2): 141–145.
- [25] Horowitz B., Poeppel D.: How can EEG/MEG and fMRI/PET data be combined? *Human Brain Mapping* 2002; 17(1): 1–3.
- [26] Pataraja E., Baumgartner C., Lindinger G., Deecke L.: Magnetoencephalography presurgical epilepsy evaluation. *Neurosurgical Review*. 2002; 25(3): 141–159.
- [27] Downing P., Liu J., Kanwisher N.: Testing cognitive models of visual attention with fMRI and MEG. *Neuropsychologia* 2001; 39(12): 1329–1342.
- [28] Streit M., Ioannides A., Sinnemann T., Wolwer W., Dammers J., Zilles K., Gaebel W.: Disturbed facial affect recognition in patients with schizophrenia associated with hypoactivity in distributed brain regions: a magnetoencephalographic study. *American Journal of Psychiatry* 2001; 158(9): 1429–1436.
- [29] Otsubo H., Snead O. C.: Magnetoencephalography magnetic source imaging in children. *Journal of Child Neurology* 2001; 16(4): 227–235.
- [30] Stern E., Silbersweig D. A.: Advances in functional neuroimaging methodology for the study of brain systems underlying human neuropsychological function and dysfunction. *Journal of Clinical & Experimental Neuropsychology* 2001; 23(1): 3–18.
- [31] Barlow J. S.: *The Electroencephalogram*. MIT Press, 1993.