

6. Fish G.E., Birch D.G.: *The focal electroretinogram in the clinical assesment of macular disease*. Ophthalmology, 1989, 96, 109-114.
7. Fish G.E., Birch D.G., Fuller D.G., Straach R.: *A comparison of visual function tests in eyes with maculopathy*. Ophthalmology, 1986, 93, 1177-1182.
8. Halliday A.M.: *Evoked potentials in clinical testing*. Churchill Livingstone, Tokyo, 1993, 141-180.
9. Marshall J.: *Ageing changes in human cones*. [w:] *Ophthalmology: Procedure of the XXIII International Congress, Kyoto, 1978*. red. K. Shemegu, Amsterdam, Excerpta Medica, 1979, 1, 375-378.
10. Matthews G.P., Sandberg M.A., Berson E.L.: *Foveal electroretinograms in patients with central visual loss of unexplained etiology*. Arch. Ophthalmol., 1992, 110, 1568-1570.
11. Palacz O., Lubiński W., Penkala K., Hrymniak M.: *Modyfikacja metody Bagoliniego rejestracji elektretinogramu plamkowego i przyplamkowego w normie i wybranych przypadkach schorzeń centralnej części siatkówki*. Klin. Oczna, 1993, 95, 110-112.
12. Remulla J.F.C., Gaudio A.R., Miller S., Sandberg M.S.: *Foveal electroretinograms and choroidal perfusion characteristics in fellow eyes of patients with unilateral neovascular age-related macular degeneration*. Br. J. Ophthalmol., 1995, 79, 558-561.
13. Sandberg M.A., Baruzzi C.M., Berson E.L.: *Foveal cone electroretinograms in optic neuropathy*. Invest. Ophthalmol., 1986, 27 (supl.), 104.
14. Sandberg M.A., Jacobson S.G., Berson E.L.: *Foveal cone electroretinograms in retinitis pigmentosa and juvenile macular degeneration*. Am. J. Ophthalmol., 1979, 80, 702-707.
15. Sandberg M.A., Miller S., Gaudio A.R.: *Foveal cone ERGs in fellow eyes of patients with unilateral neovascular age-related macular degeneration*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1993, 34, 3477-3480.

Praca wpłynęła do Redakcji 8 października 1997 r. (597)

Prace oryginalne

Klinika Oczna 1998, 100 (5): 269-273
ISSN 0023-2157 Indeks 362 646

Wpływ płci badanych osób na przebieg wzrokowych potencjałów wywołanych wzorem szachownicy

Effect of the examined subjects gender on the course of the visual potentials evoked by the checkerboard pattern stimulation

Małgorzata Sobieszkańska, Witold Pilecki, Ludmiła Borodulin-Nadzieja¹, Dariusz Kałka, Anna Janocha¹, Ewa Salomon¹

Abstract: A goal of the present work was to analyze the correlation between a course of visual potentials elicited with the pattern stimulation and gender of the examined subjects. VEPs (Visual Evoked Potentials) recordings were performed using STELLA system in a group of 65 healthy adult subjects, with the age ranging from 18 to 70 years, consisting of the age-matched subgroups of 37 females and 28 males, applying a checkerboard as the pattern-reversal stimulation. In result of the analysis of the individual VEPs parameters, no effect of gender on the P₁₀₀ latency was found. The discrepancies in the course of VEPs concerned P₁₀₀ amplitudes, likewise a difference of the maximum and minimum amplitude, which proved to be significantly greater in the recordings collected from the left hemisphere in women than in men. Moreover, there was the appreciably greater symmetry between the responses registered over the both cerebral hemispheres, reflected by the higher correlation coefficients, in the male subgroup compared to the female subjects. The herein reported differences in the VEPs characteristics recorded in the male and female subjects can be elucidated on the ground of the documented discrepancies regarding the structural and functional cerebral organisation in women and men with regards to visual perception.

Słowa kluczowe: wzrokowe potencjały wywołane, stymulacja wzorem szachownicy, płeć

Key words: visual evoked potentials, checkerboard pattern stimulation, gender

Spostrzeżenia dotyczące strukturalnego i funkcjonalnego dymorfizmu mózgu ludzkiego poczyniono już w ubiegłym stuleciu. Istotnym czynnikiem determinującym dymorfizm płciowy mózgu ludzkiego wydaje się oddziaływanie czynników epigenetycznych, w tym estrogenów powstających w wyniku aromatyzacji androgenów we wczesnej fazie życia płodowego (10, 13, 16). Na podstawie wyników wielu badań wskazano, że róż-

nice między kobietami i mężczyznami zachodzące przy realizacji funkcji poznawczych są wynikiem biologicznie zlateralizowanej organizacji mózgu. Sugeruje się, że mózg męczyzny wykazuje przewagę w zakresie percepcji wizualnej, mózg kobiety natomiast efektywniej realizuje czynności werbalne. Sprawniejszy przebieg określonych funkcji sensorycznych u danej płci wydaje się związany z angażowaniem bardziej rozległych systemów neuronalnych, zlokalizowanych w specyficznych obszarach kory mózgowej (1, 7, 11, 12, 14, 17, 20).

Wydało się interesujące spojrzenie na powyższe zagadnienia przez pryzmat charakterystyki wzrokowych potencjałów wywołanych (wpw) rejestrowanych u kobiet i mężczyzn.

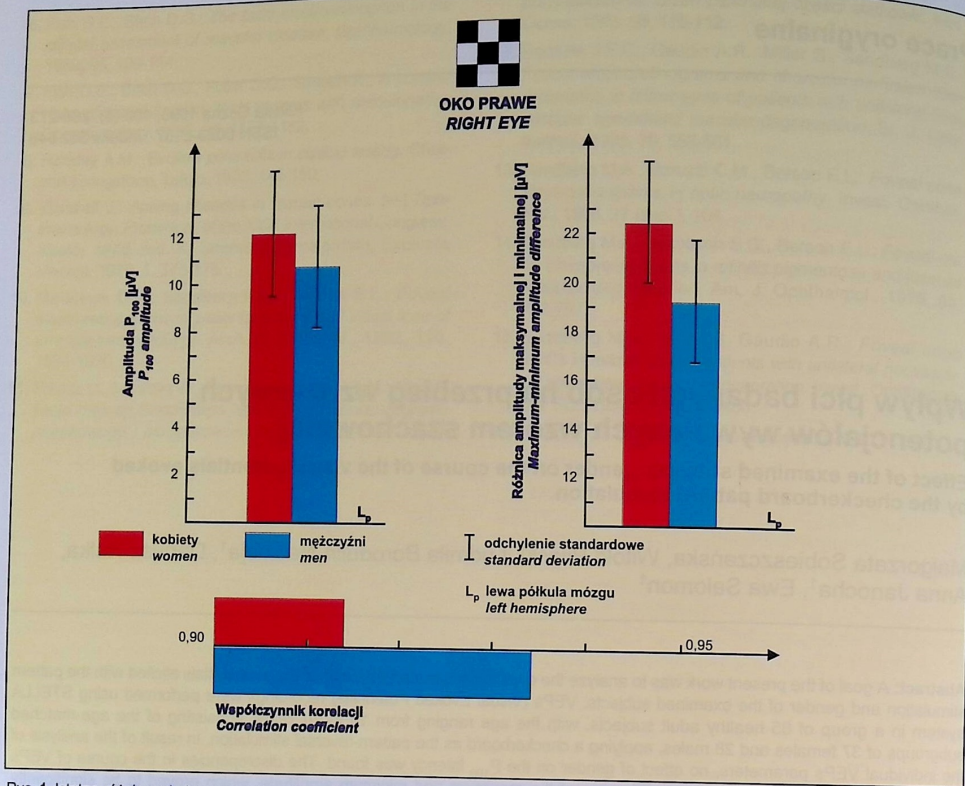
Materiał

Badaniami objęto grupę 65 osób w wieku 18-70 lat (średni wiek 39,1±14,2 roku), w tym 37 kobiet (40,3±

Z Katedry i Zakładu Patofizjologii AM we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. Józef Jagielski

¹ Z Katedry i Zakładu Fizjologii AM we Wrocławiu
Kierownik: prof. dr hab. Adam Gosk

Adres do korespondencji (Reprint requests to):
Dr med. Małgorzata Sobieszkańska
Katedra i Zakład Patofizjologii AM
ul. Marcinkowskiego 1
50-368 Wrocław



Ryc. 1. Istotne różnice między parametrami wywołanych potencjałów wzrokowych zarejestrowanych u kobiet i mężczyzn przy stymulacji szachownicą oka prawego

Fig. 1. Significant differences between the VEPs parameters recorded in females and males by the right eye checkerboard stimulation

$\pm 14,3$ roku) i 28 mężczyzn ($36,9 \pm 13,9$ roku). Większość badanych miała prawidłową ostrość wzroku, natomiast osoby z wadami refrakcji (nie większymi niż ± 2 dioptrie) używały w trakcie rejestracji odpowiednich szkielek korekcyjnych. Każda z osób poddawanych procedurze badania wpw była na wstępie szczegółowo informowana o jego charakterze i przebiegu. Przed przystąpieniem do realizacji projektu badawczego uzyskano stosowną zgodę Komisji Etyki Badań Naukowych.

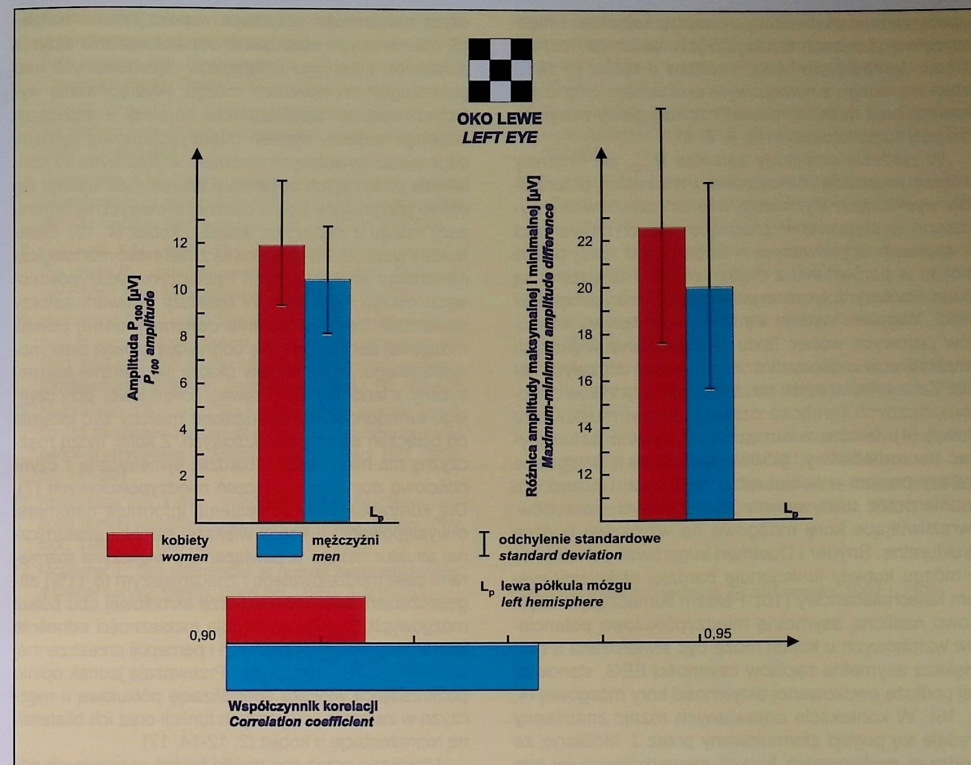
Metodyka

Rejestracje wzrokowych potencjałów wywołanych prowadzono w minikomputerowym systemie STELLA wyposażonym w zestaw urządzeń analogowych: fotostymulator wizyjny programowany, wzmacniacz biologiczny typu WSB 4A i monitor CMK 405P. Oprogramowanie opisującego systemu zapewnia sukcesywną realizację takich funkcji, jak wprowadzanie danych badanych osób oraz parametrów stymulacji i rejestracji, rejestrowanie jednocześnie z dwóch kanałów pomiarowych pojedynczych sygnałów wzbudzonych w korze mózgowej stymulacją wzrokową oraz ich uśrednianie umożliwiające wydobycie potencjału wywołanego z szu-

mu spontanicznej aktywności bioelektrycznej mózgu, prezentowanie wyników pomiaru wpw po analizie komputerowej w formie tabulogramu, a także archiwizacja danych z rejestracji wpw w zbiorczej pamięci dyskowej systemu, skąd mogą być one odtwarzane lub podlegać dalszej analizie numerycznej.

W celu wzbudzenia potencjałów wzrokowych zastosowano stymulację kolejno oka prawego i lewego bodźcem w postaci wzroku czarno-białej szachownicy, z kontrastem równym 0,7, prezentowanym w konwencji *pattern reversal* (wzór odwracalny), przy czym częstotliwość inwersji komplementarnych elementów wzoru wynosiła 0,5 Hz. Rozmiar pola bodźca wynosił w wielkości kątowej $23^\circ \times 23^\circ$, zaś poszczególnych pól szachownicy $138'$. Każdy seans pomiarowy wpw obejmował serie 70 powtórzeń bodźca.

Potencjały wzrokowe odbierano z powierzchni skóry czaszki za pośrednictwem dwóch miseczkowatych elektrod pokrytych chlorkiem srebra i umieszczonych na wysokości *inion* w odległości 7 cm na prawo i na lewo od linii środkowej czaszki. Elektrode odniesienia montowano w punkcie *vertex*. Pojedyncze potencjały wzbudzone jednostkową prezentacją bodźca wzrokowego były wzmacniane 100 000 razy, a następnie uśred-



Ryc. 2. Istotne różnice między parametrami wywołanych potencjałów wzrokowych zarejestrowanych u kobiet i mężczyzn przy stymulacji szachownicą oka lewego

Fig. 2. Significant differences between the VEPs parameters recorded in females and males by the left eye checkerboard stimulation

niane automatycznie. Komputerowy program, prowadzący analizę VEPs w czasie 500 ms od zadziałania bodźca, wyliczał zadane parametry krzywej uśrednionego potencjału wywołanego.

Wyniki

Analiza zapisów wywołanych potencjałów wzrokowych dotyczyła takich parametrów, jak latencja (czas utajenia) i amplituda bezwzględna prominentnego załamka P_{100} rejestrowanego dla każdej półkuli mózgu z osobna. Rozpatrywano ponadto różnicę między maksymalną i minimalną amplitudą krzywej wpw oraz współczynnik korelacji dla potencjałów odbieranych nad prawą i lewą półkulą mózgu w przedziale czasowym 101-200 ms od zadziałania bodźca.

Analiza statystyczna różnic między przebiegiem wzrokowych potencjałów wzbudzanych u kobiet i u mężczyzn przez jednoczną stymulację wzorem szachownicy, przeprowadzona przy zastosowaniu testu t-Studenta, wykazała brak istotnych rozbieżności odnośnie do latencji załamka P_{100} . Stwierdzono natomiast istnienie znaczących statystycznie różnic w zakresie pozostałych parametrów wpw. Zarówno amplituda załamka

P_{100} , jak i różnica amplitudy maksymalnej i minimalnej osiągały wyższe wartości w zapisach rejestrowanych z nad lewej półkuli mózgu u kobiet aniżeli u mężczyzn ($p < 0,05$). Z kolei, potencjały uzyskiwane w grupie badanych mężczyzn cechowały się zwiększonymi istotnie wartościami współczynników korelacji ($p < 0,05$). Znamienne statystycznie różnice występujące między zapisami wzrokowych potencjałów rejestrowanych u kobiet i u mężczyzn ilustrują diagramy na rycinach 1 i 2.

Omówienie

Publikowane wyniki analiz dotyczących wpływu płci badanych osób na zachowanie się latencji załamka P_{100} potencjałów wzrokowych wzbudzanych prezentacją wzoru szachownicy nie wykazują zgodności. Rezultaty badań własnych, wskazujące na brak istotnej zależności między płcią a latencją głównego komponentu wpw, pokrywają się ze spostrzeżeniami poczynionymi przez innych autorów (m.in. Allison i wsp., Cohn i wsp., Wright i wsp.) (1, 4, 19). Z drugiej jednak strony, część badaczy obserwowała pojawienie się znacząco krótszych latencji załamka P_{100} w zapisach potencjałów uzyskiwanych od kobiet. Przyczyn tego stanu rzeczy

upatrywano w stwierdzanych między kobietami i mężczyznami różnicach fizjologicznych, takich jak rozmiar źrenic, temperatura ciała, mniejsza u kobiet (o 10%) objętość mózgu z następnym skróceniem dróg wzrokowych oraz mniejszy obwód kłoboczek głowy w wymiarze potyliczno-czołowym (3, 6, 8, 9).

W zakresie amplitudy załamka P_{100} jak i różnicy między amplitudą maksymalną i minimalną potencjałów wywołanych stymulacją wzorem szachownicy wykazano występowanie znacząco większych wartości w zapisach uzyskiwanych u kobiet z nad lewej półkuli mózgu w porównaniu z mężczyznami. Rozważane są różne hipotezy dotyczące podłoża powyższych rozbieżności. Wątpliwe wydaje się znaczenie wpływu hormonów płciowych wobec faktu występowania większych amplitud w młodych dziewcząt niż u dojrzałych kobiet. Zanegowano także oddziaływanie czynników antropomorficznych (grubość czaszki i skóry, muskulatura głowy) (4). Istotne znaczenie mogą natomiast odgrywać wyższy poziom u kobiet niż u mężczyzn i prawdopodobnie przez uaktywnienie specyficznych neuronów, uwrażliwiające korę mózgową na wzrokowe bodźce strukturalne. Snyder i Dustman sugerowali ponadto, że w mózgu kobiety funkcjonuje bardziej efektywny system katecholaminowy (15). Faktem tłumaczącym częściowo nasiloną asymetrię międzypółkulową potencjałów wzrokowych u kobiet może być stwierdzana u nich większa asymetria zapisów czynności EEG, stanowiącej podłożo ewokowanej aktywności kory mózgowej (4, 6, 15). W kontekście omawianych różnic znamienne wydaje się pogląd sformułowany przez J. McGlone, że podczas realizowania funkcji niewerbalnych (w tym procesu widzenia) u mężczyzn zaangażowana jest wyłącznie prawa półkula, u kobiet natomiast dochodzi do dodatkowej aktywacji lewej półkuli mózgu (12). Z kolei Dustman i wsp. sugerowali, że większe amplitudy wpr rejestrowane u kobiet mogą być wyrazem, występującego zwłaszcza w warunkach eksperymentalnych, wyższego wyjściowego pobudzenia psychofizycznego i zwiększonej reaktywności kory mózgowej na bodziec wzrokowy (5). Kobiety ponadto mają wykazywać silniejszą tendencję do analizowania postrzeganego bodźca, pobudzając tym samym korę kojarzeniową, zwłaszcza półkuli lewej, co skutkuje nasileniem aktywności elektrycznej mózgu (5). Zwracano także uwagę na występowanie u kobiet i mężczyzn odmiennego wzoru zlateryzowanej aktywności kory mózgowej w zakresie kontroli układu neurohormonalnego w odpowiedzi na stymulację specyficznymi bodźcami wzrokowymi (18). Generalnie przyjmuje się, że u osób praworęcznych lewa półkula mózgu jest wyspecjalizowana w zakresie funkcji werbalnych, natomiast w procesy percepcji wzrokowej jest mocniej zaangażowana półkula prawa. Kostandov i wsp. sformułowali z kolei hipotezę, zgodnie z którą prawa półkula („holistyczna”) asymiluje wstępnie postrzegany bodziec wzrokowy jako całość, po czym poprzez tworzone *ad hoc* połączenia międzypółkulowe ostateczne zrozumienie obrazu odbywa się wskutek jego sukcesywnej analizy w określonym czasie w obrębie „kojarzeniowej” lewej półkuli mózgu (11, 12).

Przeprowadzone przez nas rejestracje wpr ujawniły także istnienie między badanymi grupami kobiet i męż-

czyn rozbieżności dotyczące współczynników korelacji, stanowiących obiektywne odzwierciedlenie stopnia zbieżności przebiegu potencjałów rejestrowanych nad poszczególnymi półkulami mózgu. Występowanie wyższych wartości współczynnika korelacji u mężczyzn sugeruje większy stopień międzypółkulowej symetrii odpowiedzi wywołanych bodźcem wzrokowym. W kontekście powyższych obserwacji interesujące wydają się opinie przyjmujące tezę o bardziej symetrycznej organizacji mózgu u mężczyzn, aniżeli u kobiet (4, 12). Galaburda i wsp. (1990) analizowali zmienność morfologiczną struktur anatomicznych i połączeń międzypółkulowych mózgu ludzkiego. W konkluzji cytowani autorzy stwierdzili, że w określaniu dominacji danej półkuli mózgowej decydującą rolę odgrywają włókna ciała modzelowatego. Mózg kobiety okazał się bardziej asymetryczny, z tendencją do przewagi półkuli lewej, przy czym jego funkcjonowanie uzależnione miałyby być głównie od połączeń wewnątrzpółkulowych. Z kolei, mózg mężczyzny ma mieć budowę bardziej symetryczną z czynnościową dominacją połączeń międzypółkulowych (7). Dla kontrastu, inne doniesienia informują natomiast o występowaniu u kobiet większej symetrii anatomicznej struktur mózgu w powiązaniu z większymi rozmiarami ciała modzelowatego i znacznie większym (o 11%) zagęszczeniem neuronów w korze skroniowej obu półkul mózgowych (2, 17). Występują rozbieżności odnośnie lateralizacji funkcji werbalnych i percepcji przestrzennej w mózgu kobiet i mężczyzn. Przeważają jednak opinie podkreślające większą specjalizację półkulową u mężczyzn w zakresie powyższych funkcji oraz ich bilateralną reprezentację u kobiet (2, 12-14, 17).

Uzyskane przez nas wyniki badań wywołanych potencjałów wzrokowych stanowią pewne odzwierciedlenie, zależnego od płci, zróżnicowania strukturalnego i funkcjonalnego mózgu, tworzącego podłożo odmienności w przebiegu procesu widzenia u kobiet i mężczyzn. Konieczne wydaje się tu uwzględnienie zastrzeżenia wynikającego z faktu, że za pomocą metody wpr testuje się wyłącznie funkcjonowanie obszaru centralnego układu nerwowego ograniczonego do przebiegu dróg wzrokowych. Nieuzasadnione zatem byłoby wyciąganie na podstawie wyników badania wpr zbyt daleko idących wniosków odnośnie wszystkich struktur mózgu ludzkiego. Niemniej jednak, wydaje się, że odmienna charakterystyka wpr zaobserwowana u badanych kobiet i mężczyzn może stanowić drobny przyczynek do dyskusji nad kontrowersyjnym zagadnieniem dotyczącym różnic w zakresie morfologicznej i czynnościowej organizacji mózgu u ludzi odmiennych płci.

Piśmiennictwo

1. Allison R i wsp.: *Developmental and aging changes in somatosensory, auditory and visual evoked potentials. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1984, 58, 14-24.
2. Camposano S., Lolas F.: *Effects of stimulation intensity, gender and handedness upon auditory evoked potentials. Arq. Neuropsiquiatr.*, 1992, 50, 43-49.
3. Chiappa K.H., Ropper A.H.: *Evoked potentials in clinical medicine. N. Engl. J. Med.*, 1982, 306, 1140-1150.
4. Cohn N.B. i wsp.: *Pattern reversal evoked potentials: age, sex and hemispheric asymmetry. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1985, 62, 399-405.

5. Dustman R.E. i wsp.: *The cerebral evoked potential: life-span changes and twin studies. [w:] Visual evoked potentials in man: new developments. J.E. Desmond (wyd.), Clarendon Press, Oxford, 1977, 363-380.*
6. Fein G., Brown F.F.: *Gender differences in pattern reversal evoked potentials in normal elderly. Psychophysiology*, 1987, 24, 683-690.
7. Galaburda A.M. i wsp.: *Individual variability in cortical organization: its relationship to brain laterality and implications to function. Neuropsychologia*, 1990, 28, 529-546.
8. Guthkelh A.N. i wsp.: *The relationship of the latency of the visual P₁₀₀ wave to gender and head size. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1987, 68, 219-222.
9. Hammond S.R. i wsp.: *Variability on serial testing of pattern reversal visual evoked potential latencies from full-field, half-field and foveal stimulation in control subjects. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1987, 66, 401-408.
10. Hutchinsonson J.B. i wsp.: *Regulation of sex-specific formation of oestrogen in brain development: endogenous inhibitors of aromatase. J. Steroid. Biochem. Mol. Biol.*, 1996, 56, 201-207.
11. Kostandov E.A. i wsp.: *Interhemispheric functional relations during conditioning in man. Neurosci. Behav. Physiol.*, 1983, 13, 151-157.
12. McGlone J.: *Sex differences in human brain asymmetry: a critical survey. Behav. Brain Sci.*, 1980, 3, 215-263.

13. Reinisch J.M., Sanders S.A.: *Effects of prenatal exposure to diethylstilbestrol (DES) on hemispheric laterality and spatial ability in human males. Horm. Behav.*, 1992, 26, 62-75.
14. Shaywitz B.A. i wsp.: *Sex differences in the functional organization of the brain for language. Nature*, 1995, 373, 607-609.
15. Snyder E.W. i wsp.: *Pattern reversal evoked potential amplitude: life span changes. Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, 1981, 52, 429-434.
16. Steinmetz H. i wsp.: *Brain (a)symmetry in monozygotic twins. Cereb. Cortex.*, 1995, 5, 296-300.
17. Witelson S.F. i wsp.: *Women have greater density of neurons in posterior temporal cortex. J. Neurosci.*, 1995, 15 (5 Pt 1), 3418-3428.
18. Wittling W., Schweiger E.: *Neuroendocrine brain asymmetry and physical complaints. Neuropsychologia*, 1993, 31, 591-608.
19. Wright C.E. i wsp.: *Pathology of the optic nerve and visual association areas. Brain*, 1987, 110, 107-120.
20. Zhou J.N. i wsp.: *A sex difference in the human brain and its relation to transsexuality. Nature*, 1995, 378, 68-70.

Praca wpłynęła do Redakcji 7 października 1997 r. (596)