

Z JAWISKO Pulfricha (z.P.) jest złudzeniem wzrokowym po raz pierwszy opisanym przez Pulfricha w 1922 roku<sup>1</sup>. Powstaje ono podczas obuocnej obserwacji punktu świetlnego poruszającego się ruchem wahadlowym w płaszczyźnie prostopadłej do linii wzroku, gdy przed jednym okiem obserwatora umieszczony jest filtr osłabiający strumień świetlny docierający do tego oka. W takich warunkach obserwator odnosi wrażenie, że punkt świetlny porusza się w przestrzeni po torze przypominającym elipsę. Postrzegany kierunek ruchu zależy od tego, przed którym okiem ustawiono filtr: jest zgodny z ruchem wskaźówek zegara, jeśli filtr jest przed lewym okiem, i przeciwny, jeśli jest przed prawym okiem.

Pulfrich idąc za sugestią Fertcha<sup>2</sup> przedstawił proste wyjaśnienie złudzenia, które jest powszechnie akceptowane do dnia dzisiejszego<sup>3, 4, 5</sup> (np. inne wyjaśnienie można znaleźć w pracy Morgana<sup>6</sup>). Zgodnie z hipotezą Fertcha-Pulfricha osłabienie światła powoduje wydłużenie czasu potrzebnego na to, żeby informacja od siatkówki dotarła do odpowiedniego miejsca w centralnym układzie nerwowym. Zatem przesuwający się punkt świetlny pobudza niekorespondujące punkty siatkówek, co prowadzi do powstania wrażenia ruchu w głębi. Szczegółowe rozważania geometryczne można znaleźć w wielu pracach<sup>7, 8, 9</sup> (patrz również<sup>10</sup>).

Wyniki badań złudzenia Pulfricha wskazują, że osoba badana z normalnym układem wzrokowym może dostrzec złudzenie Pulfricha tylko wtedy, gdy poprzez manipulację warunkami stymulacji wytworzy się sytuację, w której latencja wzrokowa (czas utajenia) dla jednego oka jest dłuższa niż dla drugiego. Jednak już u zarania badań z.P. Lit<sup>11</sup> zwracał uwagę klinicystów na możliwą stosowność z.P. w praktyce klinicznej. Lit sugerował, że w pewnych dysfunkcjach nerwu wzrokowego powinien pojawiać się spontaniczny (tj. bez filtru przed okiem) efekt Pulfricha. Jednak faktyczne zainteresowanie z.P. w medycynie zaczęło się 15 lat temu<sup>2, 3, 10, 12, 13</sup> (patrz przegląd<sup>14</sup>). Rushton<sup>15</sup> pokazał, że dla pacjentów ze stwardnieniem rozsianym 9 spośród 18 pacjentów wykazywało spontaniczne z.P. Ponadto stwierdzono wysoką korelację między wydłużeniem latencji wzrokowych potencjałów wywołanych a wielkością spontanicznego z.P. Burde i Gallin<sup>3</sup> oraz Friesen i współpr.<sup>1</sup> ujawnili, że spontaniczne z.P. występuje u pacjentów z pozagalkowym zapaleniem nerwu wzrokowego. Co ciekawsze efekt występował nawet, gdy pacjent odzyskiwał pełną ostrość i pole widzenia. Również najnowsze prace<sup>11, 12, 14, 15</sup> wskazują na przydatność z.P. w praktyce klinicznej.

W tej pracy przedstawiamy rezultaty badań spontanicznego z.P. u pacjentów cierpiących na różne zaburzenia funkcji nerwu wzrokowego. W szczególności byliśmy zainteresowani możliwością zastosowania testu opartego na z.P. do śledzenia zmian stanu nerwu wzrokowego w trakcie leczenia.

Z Zakładu Biofizyki AM w Poznaniu i z Oddziału Okulokładu Biofizyki Akademii Medycznej w Poznaniu, ul. Freznanu

Reprint requests to: Dr Piotr Jaśkowski, Katedra i Zakład Biofizyki Akademii Medycznej w Poznaniu, ul. Fredry 10, 61-701 Poznań, Poland

PIOTR JAŚKOWSKI i ANDRZEJ STYSZYŃSKI

## Spontaniczne złudzenie Pulfricha u pacjentów z dysfunkcją nerwu wzrokowego

SPONTANEOUS PULFRICH'S EFFECT IN PATIENTS WITH DYSFUNCTION OF THE OPTIC NERVE

Twenty patients with various dysfunctions of the optic nerve were subjected to examinations by means of a test based on the Pulfrich's phenomenon. The Pulfrich's effect was observed in 18 among them. The survey of the phenomenon was continued in 5 patients in the course of the treatment. It was detected that the dimension of the spontaneous Pulfrich's illusion diminishes gradually tending towards normal. The results obtained assure us of the usefulness of the application of the Pulfrich's effect as a diagnostic test in ophthalmology and neurology.

HASŁA: efekt Pulfricha, pozagalkowe zapalenie nerwu wzrokowego, stwardnienie rozsiane, rozpoznanie

KEY WORDS: Pulfrich's effect, retrobulbar neuritis, sclerosis multiplex, diagnosis

### MATERIAŁ I METODYKA

Pacjenci, którzy zostali poddani badaniu testem Pulfricha, rekrutowali się spośród osób leczonych w Wojewódzkim Szpitalu Zespolonym w Poznaniu. Ogółem zbadało 20 pacjentów: a) 7 chorowało na stwardnienie rozsiane (u trzech spośród nich wystąpiło wcześniej pozagalkowe zapalenie nerwu wzrokowego); b) 3 uległo wypadkom, w wyniku których nastąpiły u nich tępe urazy oka; c) 8 cierpiało na idiopatyczne pozagalkowe zapalenie nerwu wzrokowego; d) u 2 stwierdzono nowotwory przysadki. Oznacza to, że 14 osób przeszło wcześniej zaburzenia funkcji nerwu wzrokowego w formie ostrej (zapalenia nerwu wzrokowego, obrzęk tarczy nerwu wzrokowego, tępe urazy oka).

Pacjenci z nowotworami przysadki zostali skierowani na badanie testem Pulfricha, mimo że nie stwierdzono u nich żadnych dysfunkcji widzenia. Dysfunkcje widzenia ustalano za pomocą typowych testów stosowanych w praktyce klinicznej: badanie ostrości wzroku pola widzenia (perymetria dynamiczna), widzenia barw (tablice Ishihary), badanie tarczy nerwu wzrokowego oftalmoskopem. Do testu Pulfricha kwalifikowano pacjentów dopiero, gdy odzyskali ostrość wzroku (5/5) oraz gdy pozostałe objawy wyraźnie ustąpiły. Ponadto podczas badania testem Pulfricha u żadnego z pacjentów nie stwierdzono zmian, które mogły prowadzić do niejednakowego oświetlenia siatkówek np. zaćma, nierówne źrenice itp.

Jako grupy kontrolnej użyto 20 osób z normalnym układem wzrokowym. Przed zakwalifikowaniem do grupy osób z normalnym wzrokiem przeprowadzono wszystkie testy jak dla pacjentów z uszkodzeniami w obrębie systemu wzrokowego.

Jako oscylującego punktu świetlnego użyto plamki oscyloskopu. Plamka była poruszana w poprzek ekranu za pomocą napięcia sinusoidalnego dołączonego do pły-

tek odchylenia poziomego. Ekran był nakryty przezroczystą bezbarwną płytką plastikową, na której wyrysowana była krata; pacjent przosny był o fiksowanie wzroku na centralnym punkcie tej kraty.

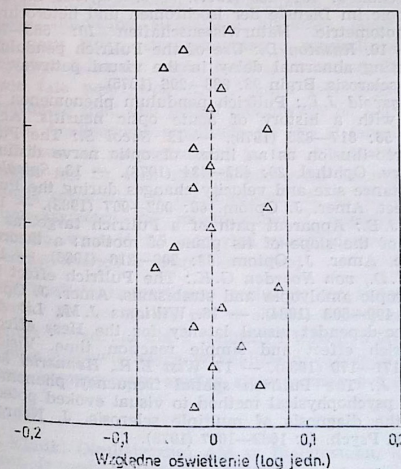
Głową pacjenta ustalono przez oparcie brody i czoła. Odległość od czoła pacjenta do ekranu oscyloskopu wynosiła 40 cm. Szerokość toru, w którym poruszała się plamka wynosiła 10 cm. Przed głową pacjenta znajdowały się specjalnie skonstruowane okulary zawierające dwie pary filtrów polaryzacyjnych. Jeden filtr z każdej pary był sprzężony z potencjometrem przez system kół zębatach w taki sposób, że jeśli pacjent obrócił pokrętkę potencjometru para filtrów transmisyjnych zmieniła swoją przepuszczalność. Oporność potencjometru była kontrolowana za pomocą ohmometru. Wartość rezystencji potencjometru mogła być przeliczona na przepuszczalność pary filtrów za pomocą uprzednio sporządzonych tablic przeliczeniowych.

Przepuszczalność jednej pary filtrów była stała w ciągu całego doświadczenia. Przepuszczalność drugiej pary filtrów przed rozpoczęciem wykonywania testu była ustawiana w takiej pozycji, aby u normalnego pacjenta wywołał silny efekt ruchu w głębi. Następnie pacjent był proszony, aby poprzez manipulowanie pokrętką potencjometru, doprowadził do zlikwidowania wrażenia ruchu w głębi. Wielkość z.P. wyrażano jako różnicę w przepuszczalności pary filtrów potrzebną do zlikwidowania wrażenia głębi. Każdy pacjent dokonywał 10 ustawiń.

Pomiary wykonywano w ciemnym pomieszczeniu. Jedna sesja trwała ok. 15 min.

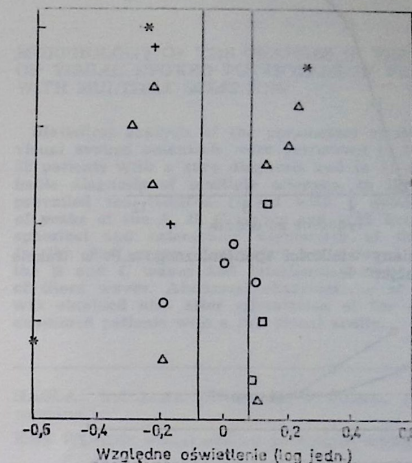
### WYNIKI

Na ryc. 1 przedstawiono wyniki otrzymane dla 20 osób z normalnym systemem wzrokowym. Średnia wartość dla nich wynosi 0.00 log jednostki, podczas gdy odchylenie standardowe 0.08 log jednostki. Dwie pionowe linie odznaczają obszar normy określony jako średnia  $\pm 2SD$ . Zgodnie zatem z oczekiwaniami dla pacjenta z normalnym systemem wzrokowym z.P. znika, gdy oświetlenia obu siatkówek są jednakowe.



Ryc. 1. Wielkość spontanicznego z.P. dla normalnych obserwatorów. Linie pionowe określają obszar normy (tj. średnia  $\pm 2$  odchylenia standardowe).

Na ryc. 2 przedstawiono wielkość spontanicznego z.P. dla wszystkich pacjentów. Niemal u wszystkich wielkość spontanicznego z.P. wykracza poza normę. Z.P. nie wystąpiło tylko u dwóch pacjentów ze stwardnieniem rozsianym, którzy w historii choroby nie mieli wyraźnych zaburzeń funkcjonowania wzroku. Dla pozostałych dwóch pacjentów z tej grupy test Pulfricha daje wynik dodatni. Spontaniczne z.P. wystąpiło również u dwóch chorych z nowotworami przysadki, mimo że nie stwierdzono u nich dysfunkcji układu wzrokowego.



Ryc. 2. Wielkość spontanicznego z.P. dla pacjentów: kółka — stwardnienie rozsiane bez zapalenia nerwu wzrokowego w historii choroby, kwadraty — stwardnienie rozsiane z zapaleniem nerwu wzrokowego w historii choroby, gwiazdki — tępe urazy oka, trójkąty — pozagalkowe zapalenie nerwu wzrokowego, krzyżki — nowotwory przysadki. Linie pionowe określają granice normy.

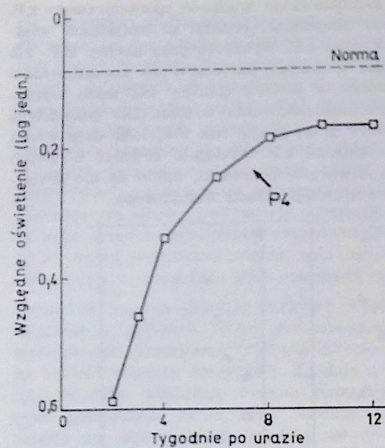
Określenie kierunku spontanicznego z.P. pozwala na stwierdzenie, dla którego oka latencja jest dłuższa. We wszystkich przypadkach, w których znana była przyczyna i miejsce uszkodzenia, ustalono że latencja dla oka chorego jest wydłużona. Jest to zgodne z poprzednimi badaniami innych autorów oraz wynikami badań elektrofizjologicznych.

U 5 pacjentów pomiary spontanicznego z.P. były powtarzane co kilka dni. Podczas tego okresu pacjenci poddani byli leczeniu adekwatnie do schorzenia, na które cierpieli. Wyniki pomiarów są prezentowane na ryc. 3 i 4. Poniżej dokładniej omówiono poszczególne przypadki.

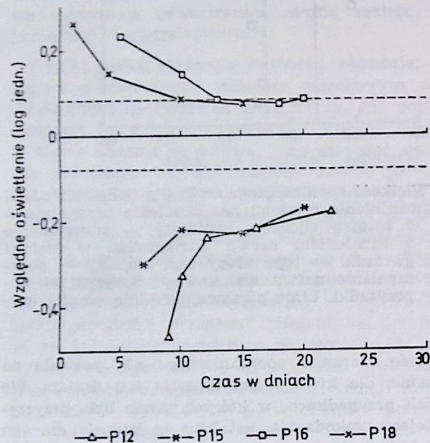
Przypadek 4 (ryc. 3). Pacjent po urazie głowy. Stwierdzono wstrząśnienie mózgu i jednostronny obrzęk tarczy nerwu wzrokowego. Po 2 tygodniach obrzęk cofnął się a po 3 zniknęły inne symptomy choroby. Pacjent jednak narzekał na bóle głowy i nadmierną pobudliwość. Zanotowano duży spontaniczny efekt Pulfricha. Pacjent był badany co 14 dni przez kolejne 12 tygodni. Jak widać na ryc. 3 wielkość spontanicznego z.P. malała stopniowo przybliżając się do granicy normy. Jednak w momencie zakończenia pomiarów wciąż jeszcze odbiegała od normy.

Przypadki 12, 15 i 16 (ryc. 4). Jednostronne, pozagalkowe, samoistne zapalenie nerwu wzrokowego oka lewego (P 16) albo prawego (P 12 i 15). Podobnie, jak





Ryc. 3. Zmiany wielkości spontanicznego z.P. w trakcie leczenia. Pacjent 4.



Ryc. 4. Zmiany wielkości spontanicznego z.P. w trakcie leczenia. Pacjenci 12, 15, 16 i 18.

w przypadku 4, znaczące spontaniczne z.P. dążące do normy w czasie leczenia; u pacjentów 12 i 15 jednak nie osiąga normy.

Przypadek 18 (ryc. 4). Tępy uraz lewego oka bez widocznych zmian pourazowych w obrębie gałki ocznej, tj. bez krwotoku do przedniej komory oka lub obrzęku płamki.

#### OMÓWIENIE

Przedstawione wyniki wskazują, że test oparty na zjawisku Pulfricha może być stosowany do badania stanu nerwu wzrokowego. Mimo, że spontaniczne zjawisko Pulfricha występuje tylko wtedy, gdy mamy do czynienia z asymetryczną dysfunkcją nerwu wzrokowego, efektywność tego testu jest, jak wynika z badań przedstawionych powyżej oraz badań innych autorów, bardzo

wysoka. Wyniki nasze potwierdzają obserwację Slagso-wolda<sup>11</sup>, który pokazał, że spontaniczne z.P. w niektórych przypadkach zanika bardzo powoli i wskazuje na zmiany w obrębie nerwu wzrokowego wtedy, gdy inne testy dowodzą brak symptomów choroby. Choć do tej pory nie przedstawiono tego typu badań, powyższy wniosek pozwala przypuszczać, że spontaniczne z.P. może być stosowane do wczesnej detekcji dysfunkcji nerwu wzrokowego.

Jak wynika z naszych badań z.P. może służyć do śledzenia postępów leczenia. W połączeniu z faktem istotnej czułości test Pulfricha posiada również znaczenie dla oceny stopnia i trwałości uszkodzenia nerwu wzrokowego. Test Pulfricha jest czasami porównywany z diagnostyką opartą na wzrokowych potencjalach wywołanych. Ustalono już, że efektywność obu testów w niektórych grupach chorób jest porównywalna. Rejestracja potencjałów wywołanych jest daleko bardziej skomplikowana niż wykonywanie testu Pulfricha. Nie bez znaczenia jest również wysoka cena aparatury do rejestracji potencjałów wywołanych, która, jak się wydaje, kilkakrotnie przewyższałaby ewentualne seryjnie produkowane przyrządy do diagnostyki opartej na zjawisku Pulfricha.

#### PIŚMIENNICTWO

- Bishara S., Zerkowitch A.: Pulfrich phenomenon and drusen of optic nerve head. *Ann. Ophthalmol.* 16: 27-29 (1984).
- Burde R.M., Gallin P.F.: Visual parameters associated with recovered retrobulbar optic neuritis. *Amer. J. Ophthalmol.* 79: 1034-1037 (1975).
- Frisen L., Hoyt W.F., Bird A.C., Weale R.A.: Diagnostic uses of the Pulfrich phenomenon. *Lancet* 2: 385-386 (1973).
- Jaśkowski P.: Złudzenie Pulfricha. *Przeł. Psych.* 31: 392-410 (1988).
- Jaśkowski P., Styszyński A.: Zastosowanie zjawiska Pulfricha w diagnostyce okulistycznej. *Klin. oczna* 92: 156-158 (1990).
- Lit A.: The magnitude of the Pulfrich stereophenomenon as a function of binocular differences of intensity at various levels of illumination. *Amer. J. Psychol.* 62: 159-181 (1949).
- Lit A.: Illumination effects on depth discrimination. *Optometr. Week.* 59: 42-54 (1968).
- Morgan M.J.: Differential visual persistence between the two eyes. A model of the Ferch-Pulfrich effect. *J. Exp. Psychol.* 3: 484-485 (1977).
- Pulfrich C.: Die Stereoscopic im Dienste der isochromen und heterochromen Photometrie. *Naturwissenschaften* 10: 553-761 (1902).
- Rushton D.: Use of the Pulfrich pendulum for detecting abnormal delay in the visual pathway in multiple sclerosis. *Brain* 98: 283-296 (1975).
- Slagsovd J.E.: Pulfrich pendulum phenomenon in patients with a history of acute optic neuritis. *Acta Ophthalmol.* 56: 817-825 (1978).
- Socol S.: The Pulfrich stereo-illusion as an index of optic nerve dysfunction. *Surv. Ophthalmol.* 20: 432-434 (1976).
- Spiegler J.B.: Distance size and velocity changes during the Pulfrich effect. *Amer. J. Optom.* 60: 902-907 (1983).
- Spiegler J.B.: Apparent path of a Pulfrich target as a function of the slope of its plane of motion: a theoretical note. *Amer. J. Optom.* 63: 209-216 (1986).
- Tredici T.D., von Noorden G.K.: The Pulfrich effect in anisometropic amblyopia and strabismus. *Amer. J. Ophthalmol.* 98: 499-503 (1984).
- Williams J.M., Lit A.: Luminance-dependent visual latency for the Hess effect: the Pulfrich effect and simple reaction time. *Vision Res.* 23: 171-179 (1983).
- Wist E.R., Hennerici M., Dichgans J.: The Pulfrich spatial frequency phenomenon as a psychophysical method to visual evoked potentials in the diagnosis of multiple sclerosis. *J. Neurosurg. Psych.* 41: 1069-1077 (1978).

Praca wpłynęła: 26.02.1991 (nr 5778).

WZROKOWE potencjały wywołane (w.p.w.) są odzwierciedleniem czynności fotoreceptorów siatkówki, integralności synaptycznej drogi wzrokowej oraz aktywności bioelektrycznej ośrodków korowych. Ich badanie ma duże znaczenie w diagnostyce klinicznej stwardnienia rozsianego (s.r.). W potwierdzonych neurologicznie przypadkach s.r. nieprawidłowość zapisu występuje u 70 a nawet 100% chorych<sup>1, 2, 12, 14</sup>.

Opisywano wiele znamienych dla s.r. cech wykresów w.p.w. takich jak: wydłużony czas utajenia fali P100, redukcja amplitudy i międzypółkulowa asymetria odpowiedzi korowych czy rozdwojenie i poszerzenie piklu fali N1<sup>1, 4, 5, 8-10, 12, 15, 17</sup>.

Według hipotezy Atkina przyczyną zmian w zapisach w.p.w. są: dysfunkcje połączeń synaptycznych, zaburzenie transportu aksooplazmatycznego oraz neurotransmisji drogi wzrokowej i kory mózgowej, a w późniejszym czasie trwania choroby — ogniska demielinizacji, rozrost gleju oraz zanik komórek zwojowych<sup>1, 4, 12</sup>.

Celem pracy była analiza porównawcza zachowania się fal A, B, C w grupie osób zdrowych i chorych z neuropatią demielinizacyjną.

#### MATERIAŁ KLINICZNY

Badanie w.p.w. dokonano w 32-osobowej grupie chorych na s.r. z rozpoznaniem pewnym (20 kobiet i 12 mężczyzn w wieku 21-36 lat) oraz w 21-osobowej grupie z rozpoznaniem klinicznym prawdopodobnym (15 kobiet i 6 mężczyzn w wieku 18-35 lat). Wyniki porównywano z 35-osobową grupą osób zdrowych w odpowiadającym przedziale wiekowym.

#### METODYKA

Test potencjałów wywołanych w każdym przypadku poprzedzony był rutynowym badaniem okulistycznym. Zapis w.p.w. był wykonywany przy użyciu systemu komputerowego do badań elektrofizjologicznych UTAS E-1000 amerykańskiej firmy LKC-System Inc. Użyto elektrod igłowych umieszczonych podskórnie według obliczeń programu komputerowego. W warunkach adaptacji skotopowej stosowano stymulację błyskową oddzielnie dla obu oczu lampą stroboskopową o częstotliwości 2 Hz. Czytelny 3-fazowy zapis (według oznaczeń Korola<sup>3</sup> — dwie fale pozytywne A, C, jedna fala negatywna B) otrzymano z nad obu półkul mózgowych po 100 uśrednieniach. Analizowano amplitudę fal B i C (amplitudę fali B liczone od poprzedzającej ją fali A, amplitudę C od szczytu fali B), czas utajenia pików fal (latencje) i morfologię oznaczalnych fal korowych A, B, C. Za kryterium asymetrii fal międzypółkowej i międzypółkulowej przyjęto wartość 2,5 odchyła standardowych powyżej średniej latencji w grupie kontrolnej.

W analizie statystycznej posłużono się testami *t-Studenta* i *Wilcozona* dla par w obrębie każdej grupy oraz testem *t-Studenta* dla 2 średnich i testem *Wilcozona* dla 2 prób niepowiązanych w analizie międzygrupowej (program komputerowy analizy statystycznej,  $p < 0,05$ ).

Z Kliniki Okulistycznej AM w Białymstoku, kierownik: prof. dr med. Andrzej Stankiewicz

Reprint requests to: Dr Piotr Sobolewski, ul. Grunto-wa 8c m. 19; 15-706 Białystok, Poland

PIOTR SOBOLEWSKI

## Morfologia zmian zapisu wzrokowych potencjałów wywołanych u chorych na stwardnienie rozsiane

MORPHOLOGY OF THE CHANGES IN THE RECORDS OF VISUAL EVOKED POTENTIALS IN PATIENTS WITH MULTIPLE SCLEROSIS

Statistical analysis of the parameters of the waves of visual evoked potentials were performed in 2 groups: in 32 patients with a sure diagnosis and in 21 with a probable diagnosis of multiple sclerosis. In the 1st group prevailed the reduced record with a delayed latency of peaks of the A, B, C waves and with the interhemispherical and interocular asymmetry of the diagram. In the 2nd group dominated an delayed latency of the B and C waves and interhemispherical asymmetry of those waves. Abnormal characteristic of the record was obtained also after stimulation of the eyes of the examined patients with a full visual acuity.

HASŁA: wzrokowe potencjały wywołane, stwardnienie rozsiane

KEY WORDS: visual evoked potentials, multiple sclerosis

#### WYNIKI

Wyniki zebrano w tabelach I, II i III.

Tabela I. Średnia amplituda (w  $\mu V$ ), latencja (w ms) oraz odchylenia standardowe fal A, B, C w 3 grupach

Badane parametry	Grupa kontrolna	Grupa I	Grupa II
średnia ampl. B	11,2	7,8	10,9
odchyl. stand.	4,4	3,8	3,2
średnia ampl. C	25,6	15,5	25,1
odchyl. stand.	5,1	7,5	4,8
latencja fali A	47,2	59,3	46,8
odchyl. stand.	5,6	18,2	7,2
latencja fali B	69,4	88,6	69,5
odchyl. stand.	10,5	20,6	11,4
latencja fali C	107,4	128,6	121,6
odchyl. stand.	8,8	19,2	7,3

Tabela II. Grupa chorych z rozpoznaniem pewnym s.r. Wydłużenie czasu utajenia (latencji) szczytów fal, różnice międzyoczne i międzypółkulowe oraz redukcja amplitudy załamek

	n = 32			n = 32		
	Fala A	Fala B	Fala C	Fala B	Fala C	
wydł. latenc.	17	19	25	red. ampl.	17	18
a.m.o.	21	10*	7	a.m.o.	6*	8
a.m.p.	23	9*	10	a.m.p.	10*	9

a.m.o. — asymetria międzyoczna  
a.m.p. — asymetria międzypółkulowa  
\* — różnice istotne statystycznie