

**<sup>1</sup>Arkadiusz HULEWICZ, <sup>1</sup>Anna CYSEWSKA-SOBUSIAK, <sup>2</sup>Andrzej GRZYBOWSKI**<sup>1</sup>POLITECHNIKA POZNAŃSKA, INSTYTUT ELEKTROTECHNIKI I ELEKTRONIKI PRZEMYSŁOWEJ, ZAKŁAD METROLOGII I OPTOELEKTRONIKI<sup>2</sup>ZAKŁAD OPIEKI ZDROWOTNEJ POZNAŃ NOWE MIASTO, PRACOWNIA ELEKTROFIZJOLOGII NARZĄDU WZROKU**Wieloogniskowe wzrokowe potencjały wywołane – problemy metrologiczne oraz korzyści diagnostyczne****Mgr inż. Arkadiusz HULEWICZ**

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej, gdzie jest zatrudniony od roku 2001, obecnie na stanowisku asystenta w Zakładzie Metrologii i Optoelektroniki Instytutu Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej. Główne zainteresowania naukowe dotyczą modelowania i przetwarzania sygnałów, biopomiarów, programowania mikrokontrolerów oraz projektowania układów elektronicznych z wykorzystaniem specjalistycznego oprogramowania. Jest autorem lub współautorem ponad 20 publikacji.



e-mail: hulewicz@et.put.poznan.pl

**Prof. dr hab. inż.****Anna CYSEWSKA-SOBUSIAK**

Absolwentka Wydziału Elektrycznego Politechniki Poznańskiej, gdzie jest zatrudniona od roku 1971, obecnie na stanowisku profesora zwyczajnego. Kieruje Zakładem Metrologii i Optoelektroniki w Instytucie Elektrotechniki i Elektroniki Przemysłowej. Wypromowała 3 doktorów. Autorka i współautorka ponad 170 publikacji, w tym książek, artykułów, patentów. Tematyka badawcza: metrologia elektroniczna, biopomiary i inżynieria biomedyczna, optoelektroniczna technika sensorowa.



e-mail: Anna.Cysewska@put.poznan.pl

**Dr n. med. Andrzej GRZYBOWSKI**

Absolwent Akademii Medycznej w Poznaniu, którą ukończył w roku 1993. Specjalizacja: okulistyka. Jest kierownikiem Pracowni Elektrodiagnostyki Narządu Wzroku ZOZ Poznań-Nowe Miasto oraz adiunktem w Zakładzie Historii Nauk Medycznych AM w Poznaniu. Dorobek naukowy obejmuje autorstwo i współautorstwo ponad 20 publikacji, kilkunastu doniesień zjazdowych i około 30 prac prezentowanych na konferencjach krajowych i zagranicznych.



e-mail: andrzej.grzybowski@um.poznan.pl

**1. Wstęp**

Pod wpływem impulsu świetlnego, powstaje w określonym obszarze kory mózgowej sygnał bioelektryczny, który odzwierciedla zdolność przewodzenia siatkówkowo-korowego w nerwie wzrokowym i przewodzie wzrokowym. Sygnał ten można zarejestrować w postaci krzywych VEP. Wzrokowe potencjały wywołane VEP (ang. *Visual Evoked Potentials*), będące odpowiedziami elektrycznymi na bodziec świetlny, dostarczają informacji o całej drodze wzrokowej i schorzeniach z nią związanych [1-2, 7- 8].

Sygnały VEP dostarczają w szczególności informacji o centralnej części siatkówki oraz centralnego obszaru pola widzenia, którego reprezentacja znajduje się w okolicach powierzchni płata potylicznego. Badanie VEP posiada szereg ograniczeń aplikacyjnych, z których podstawowym jest to, że otrzymane odpowiedzi opisują całą powierzchnię siatkówki i odpowiadającego jej nerwu wzrokowego. Jednolity opis uzyskany dla całej drogi wzrokowej oznacza, że niewielkie defekty mogą zostać pominięte, gdyż nie wywołują zmiany podstawowych parametrów w zapisie ogólnego VEP. Metoda wieloogniskowego VEP M-VEP (ang. *Multifocal VEP*) bazuje na koncepcji wieloogniskowego elektroretinogramu M-ERG (ang. *Multifocal ERG*), umożliwiając podział całego obszaru drogi wzrokowej na mniejsze równe części. Części te umożliwiają ocenę lokalnych (pojedynczych) odpowiedzi VEP z poszczególnych obszarów pola widzenia [1]. Badania M-VEP pozwalają na zdiagnozowanie określonego obszaru nerwu wzrokowego, dzięki czemu istnieje możliwość wczesnego wykrycia zaburzeń pola widzenia.

Do typowych wskazań do badań M-VEP należą np. przypadki oceny funkcji nerwu wzrokowego lub zróżnicowania nerwowych i siatkówkowych przyczyn pogorszenia lub utraty widzenia. Najczęściej badanie wykonywane jest w przypadku podejrzenia stwardnienia rozsianego, jaskry, zapalenia nerwu wzrokowego, neuropatii nerwu wzrokowego z niedożywienia i wywołanej uciskiem, w przebiegu ophthalmopatii tarczycowej, neuropatii wzrokowej toksycznej lub dziedzicznej. Znane są również próby wykorzystania tej techniki diagnostycznej do oceny śródoperacyjnej czynności nerwu wzrokowego podczas zabiegów neurochirurgicznych, które mogą spowodować uszkodzenie nerwu wzrokowego. Badanie M-VEP jest testem obiektywnym, przydatnym w rozpoznaniu zaburzeń czynnościowych, takich jak histeria, symulacja czy agrawacja. Stwarza też możliwości oceny czynności nerwu wzrokowego u pacjentów z utrudnionym

**Streszczenie**

Tematyka referatu dotyczy problemów metrologicznych występujących w wieloogniskowych badaniach wzrokowych potencjałów wywołanych (M-VEP) oraz korzyści diagnostycznych wynikających z przeprowadzania tych badań. Przedstawione w referacie wyniki dotyczą rzeczywistych przebiegów M-VEP. Porównano wyniki uzyskiwane w badaniach M-VEP i w badaniach perymetrycznych. Zilustrowano występujące problemy, wskazując w szczególności na wpływ takich czynników jak odpowiednia korekcja wady wzroku, zapewnienie właściwej pozycji podczas badania oraz znaczny rozrzut wyników powstający wskutek tzw. fiksacji oka.

**Słowa kluczowe:** badania elektrofizjologiczne, wieloogniskowe wzrokowe potencjały wywołane, przedziały tolerancji

**Multifocal visual evoked potentials – metrological problems and diagnostic benefits****Abstract**

The paper deals with metrological problems connected with multifocal visual evoked potentials (M-VEP) and their diagnostic benefits. The presented results concern some real M-VEP signals which were acquired. Comparison of results obtained during M-VEP examinations with perimeter examinations has been made. The problems to be occurred have been illustrated with special focus on proper correction of sight defects, right position of patients during examination, and significant dispersion of results caused by the so-called eye fixation.

**Keywords:** electrophysiological examinations, multifocal visual evoked potentials, tolerance intervals

kontaktem (np. osoby niepełnosprawne intelektualnie, osoby nieprzytomne) oraz u dzieci, również w celu oceny ostrości wzroku. Wyniki badań M-VEP podobnie jak wyniki badań komputerowego pola widzenia (tzw. badań perymetrycznych) mogą być wykorzystywane w badaniach przesiewowych gwarantujących wczesne wykrycie jaskry.

Urządzeniem umożliwiającym pozyskanie wieloogniskowych wzrokowych potencjałów wywołanych jest RETIscan/RETIport produkcji niemieckiej firmy Roland Consult [3-4], zastosowany w badaniach przeprowadzonych przez autorów.

Podczas badań M-VEP szczególną uwagę należy zwrócić na odpowiednie skorygowanie wady wzroku, zapewnienie odpowiedniej pozycji oraz unikanie fiksacji oka. Nieprzestrzeganie tych zasad może być źródłem znacznego rozrzutu wyników badań i uniemożliwić poprawne zdiagnozowanie schorzenia. Na rozrzut wyników wpływa także rodzaj zastosowanego świetlnego bodźca pobudzającego oraz sposób rozmieszczenia elektrod pomiarowych. Należy tak dobrać bodziec oraz rozmieszczenie elektrod, aby zagwarantować należyte skupienie wzroku i możliwie dokładny pomiar.

Na szczególną uwagę zasługuje rozważane przez autorów zastosowanie bodźca w postaci zmieniających się znaków alfanumerycznych w jego punkcie centralnym oraz wprowadzenie trzech elektrod czynnych umożliwiających zminimalizowanie czynników wprowadzających rozrzut.

## 2. Metody pozyskiwania M-VEP

Szczegółowe badania układu wzrokowego opierające się na rejestracji wieloogniskowych wzrokowych potencjałów wywołanych umożliwiają wystarczająco dokładne zdiagnozowanie schorzeń nerwu wzrokowego, ale wymagają zastosowania rozbudowanej aparatury pomiarowej.

Urządzeniem umożliwiającym przeprowadzenie badania jest wspomniany wyżej zestaw RETIscan/RETIport (rys. 1). Urządzenie to umożliwia nie tylko przeprowadzanie badania M-VEP, ale także pozyskanie i analizę danych M-ERG. Składa się z kilku połączonych podzespołów, w tym dwóch komputerów o wydzielonych funkcjach:

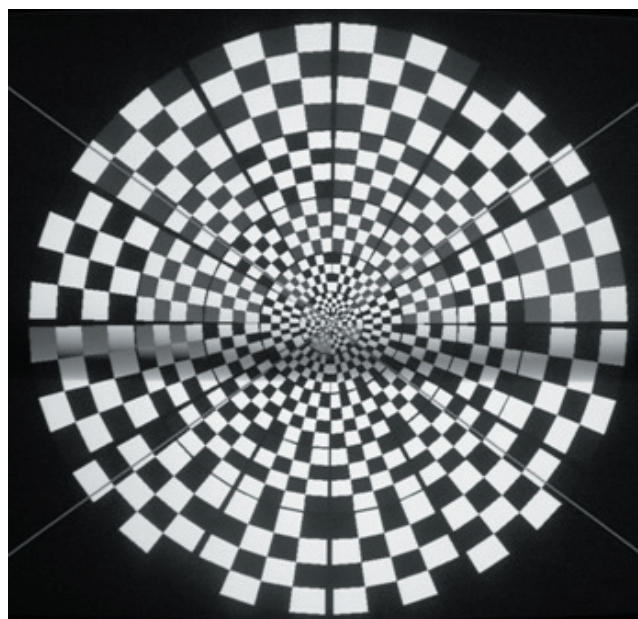
- komputera tzw. pobudzającego ze stymulatorem bodźców świetlnych oraz
- komputera sterującego, którego zadaniem jest obsługa badania i analiza jego wyników.



Rys. 1. Zestaw urządzeń RETIscan/RETIport stosowany w badaniach  
Fig. 1. Set of devices RETIscan/RETIport that was used during examinations

Zestaw wyposażony jest w specjalistyczne oprogramowanie RETIsystem, które składa się z dwóch podprogramów: RETIscan oraz RETIport. W badaniach M-VEP wykorzystuje się oprogramowanie RETIscan, w którym najważniejszym z

definiowanych parametrów jest kształt bodźca generowanego na ekranie komputera pobudzającego.



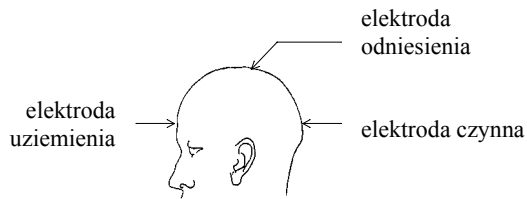
Rys. 2. Przykład obrazu stymulującego w badaniu PATTERN LT4  
Fig. 2. Example of stimulus screen in examination with PATTERN LT4

Ze względu na zalety diagnostyczne najczęściej polecanym i stosowanym pobudzeniem jest PATTERN LT4 (rys. 2), na które składa się 60 pojedynczych elementów stymulujących. Podczas przeprowadzania badania przy wykorzystaniu tego rodzaju bodźca każdy z elementów stymulujących wykonuje 4095 cykli zmian, zgodnie z sekwencją W0 (W oznacza zmianę jasności elementu stymulującego na przeciwną, natomiast w stanie 0 jasność elementu stymulującego pozostaje bez zmian). Podczas badania trwającego 140 sekund pojedynczy element stymulujący wykonuje więc 8190 zmian. Dodatkowo w punkcie centralnym bodźca może być wyświetlana kropka lub obecnie testowana kombinacja znaków alfanumerycznych, zmieniająca się z częstotliwością 1 Hz, która umożliwi należyte skupienie wzroku i uniknięcie niepożądanego zjawiska fiksacji oka.

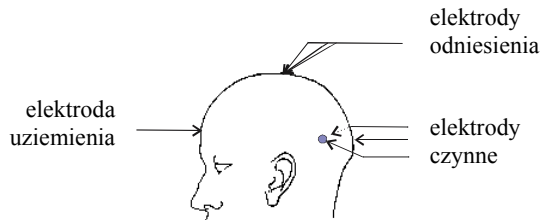
Oko pełni rolę przetwornika sygnału optycznego na elektryczny i zawiera dwa współpracujące ze sobą układy: sensorowy i optyczny. Układ sensorowy przetwarza fotony na sygnały elektryczne, które pozostawiają w mózgu informację o obrazie uformowanym przez elementy układu optycznego. Bodźce świetlne przedstawione na rys. 2 wywołują reakcje określonych obszarów drogi wzrokowej i rejestrowane są za pomocą specjalistycznych elektrod, które umieszcza się na głowie pacjenta. Badanie wykonuje się w ciemności, pobudzając jedno oko serią błysków, przy zasłoniętym drugim. Po każdej serii następuje rejestracja odpowiedzi zarówno po stronie badanego oka, jak i po stronie przeciwnej.

Ze względu na istniejące ograniczenia programowe wykorzystywano tylko trzy elektrody: jedną czynną, jedną odniesienia i jedną uziemiającą. Po przeprowadzonej aktualizacji oprogramowania zaproponowano nowy układ rozmieszczenia elektrod, który może przyczynić się do zmniejszenia rozrzutu uzyskiwanych wyników. Zastosowano trzy elektrody czynne, trzy elektrody odniesienia oraz jedną elektrodę uziemiającą. W dotychczasowym układzie elektroda czynna zakładana jest na części potylicznej głowy, elektrodę odniesienia przykleja się na górze głowy, a elektrodę uziemiającą na czole (między oczami). W nowym układzie wszystkie elektrody czynne zakładane są na części potylicznej głowy (jedna na środku, a pozostałe po jej bokach, w odległości około 5 cm od elektrody środkowej). Wszystkie elektrody odniesienia umieszcza się w jednym miejscu

na górze głowy, a elektrodę uziemiającą na czole, między oczami). Oba sposoby aplikacji elektrod ilustrują rysunki 3 i 4.



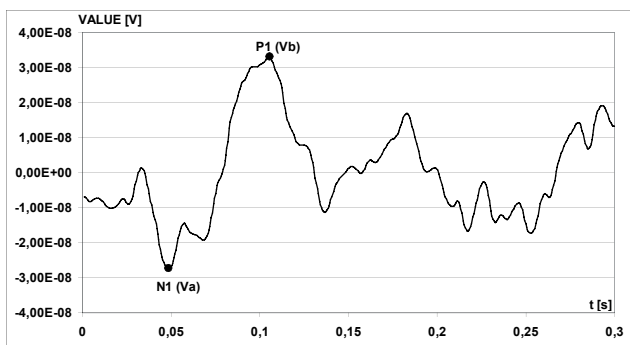
Rys. 3. Miejsca aplikacji elektrod w badaniu M-VEP  
Fig. 3. Sites for application of electrodes in M-VEP examination



Rys. 4. Zmodyfikowany sposób aplikacji elektrod w badaniu M-VEP  
Fig. 4. Modified application of electrodes for M-VEP examination

Pozyskane i przetworzone za pomocą oprogramowania RETI-system sygnały M-VEP wyświetlane są na ekranie komputera w postaci krzywych VEP, dla każdego obszaru oddzielnie. Zbiór wyników otrzymanych w postaci graficznej odzwierciedla stan poszczególnych obszarów drogi wzrokowej. Graficzną postać wyników otrzymanych podczas badań można również pogrupować odpowiednio w okręgi, ćwiartki lub obszary zdefiniowane przez użytkownika, co jest szczególnie pomocne podczas diagnozowania zmian pola widzenia. Oprogramowanie współpracujące z urządzeniem RETIscan/RETIport umożliwia również eksportowanie wyników określonego badania z istniejącej bazy. Eksport danych realizuje polecenie „Export to CSV”, a przesłane dane zapisywane są w postaci pliku wartości rozdzielanych przecinkami i mogą być odczytywane za pomocą programu Microsoft Excel.

Wyniki badań można podzielić na dwie grupy, z których pierwsza zawiera wartości występujących latencji i ekstremów wszystkich badanych obszarów, druga zaś obejmuje wartości występujące w poszczególnych punktach badania. Pierwsza grupa wspomaga diagnozowanie na podstawie zarejestrowanych amplitud i latencji, druga zaś pozwala wyznaczyć zarówno sumaryczną krzywą VEP, jak i krzywe dla każdego obszaru oddzielnie (rys. 5).



Rys. 5. Przykładowa sumaryczna krzywa VEP zarejestrowana dla zdrowego oka  
Fig. 5. Example of the VEP summary curve registered for a healthy eye

### 3. Wyniki badań

Opisane badania układu wzrokowego opierające się na wielogniskowych wzrokowych potencjałach wywołanych umożliwiają szczegółowe zdiagnozowanie schorzeń nerwu

wzrokowego. Na podstawie badań przeprowadzonych na osobach zdrowych zaobserwowano, że pomimo przestrzegania ogólnie obowiązujących norm, wartości opisujące punkty diagnostyczne, charakteryzują się znacznymi rozrzutami wyników (Tab. 1).

Tab. 1. Przykładowe parametry statystyczne charakterystycznych punktów dla bodźca „z kropką”

Tab. 1. Example of statistical parameters of typical points for stimulus “with a point”

Zbiór danych	Liczba elementów	$\bar{X}$	SD
Ampl. A [V]	47	1,36E-08	1,49E-08
Ampl. B [V]	47	4,24E-08	3,99E-08
Laten. A [s]	47	6,54E-02	1,26E-02
Laten. B [s]	47	9,84E-02	1,39E-02

Analizując uzyskane wyniki zauważono, że wartość odchylenia standardowego SD, w przybliżeniu jest równa wartości średniej, a dla niektórych wyników jest od niej większa. Zależność taka jest zjawiskiem niekorzystnym, uniemożliwiającym zdiagnozowanie schorzenia. Przyczyną uzyskania takich wyników był niewielki podzbiór próbek o skrajnie małych wartościach, zwiększających wartość odchylenia standardowego, a także istnienie niewielkiego podzbioru próbek o skrajnie dużych wartościach, istotnie zwiększających wartość średnią. Przyczyną powstania rozrzutu mogą być uwarunkowania fizjologiczne poszczególnych osób oraz fiksacja oka w trakcie przeprowadzania badania.

Powstające rozrzuty można zminimalizować przez usunięcie wyników o skrajnie dużych i małych wartościach. Usunięcie to jest jednak dyskusyjne, gdyż nie istnieją obiektywne przesłanki co do ich jednoznacznej klasyfikacji. W celu usunięcia opisanych próbek można wykorzystać algorytm podziału badanej populacji na przedziały klasowe [5], stosowany powszechnie w statystycznych badaniach dużych populacji. Metoda ta zmniejsza jednak liczebność populacji i jest niemożliwa do zastosowania w pojedynczych badaniach, które są najczęściej wykonywane. Skutecznym sposobem rozwiązania tego problemu może być zastosowanie bodźca świetlnego o takich cechach, które „wymuszają” na osobie badanej należyte skupienie wzroku w ciągu całego cyklu badania. Bodźcem spełniającym te warunki jest sygnał z sekwencyjnie zmieniającą się kombinacją znaków alfanumerycznych. Wyniki badań z wykorzystaniem takiego bodźca przedstawia tabela 2.

Tab. 2. Przykład parametrów statystycznych charakterystycznych punktów dla bodźca ze znakami alfanumerycznymi

Tab. 2. Example of statistical parameters of typical points for stimulus with alphanumeric symbols

Zbiór danych	Liczba elementów	$\bar{X}$	SD
Ampl. A [V]	17	1,11E-08	0,50E-08
Ampl. B [V]	17	3,61E-08	2,63E-08
Laten. A [s]	17	6,54E-02	0,91E-02
Laten. B [s]	17	9,95E-02	1,09E-02

Analizując wyniki przedstawione w tabeli 2 można zaobserwować zmniejszenie rozrzutu, przy czym szczególnie szyldotyczy to latencji. Rozrzut parametrów zmniejszył się w porównaniu z tym, który występował przy braku zmieniającej się kombinacji znaków alfanumerycznych w bodźcu pobudzającym. Również kształt poszczególnych krzywych VEP uległ poprawie, stały się one bardziej zbliżone do krzywej wzorcowej. Testowany bodziec pobudzający okazał się jednak mniej skuteczny dla amplitud, których rozrzut co prawda zmalał, ale nadal był porównywalny z wartością średnią. Świadczy to o jeszcze innych niż fiksacja oka przyczynach występowania różnic pomiędzy wynikami poszczególnych badań przeprowadzonych dla tego samego pacjenta. Rozwiązaniem tego problemu może okazać się zastosowanie zaproponowanej nowej konfiguracji rozmieszczenia

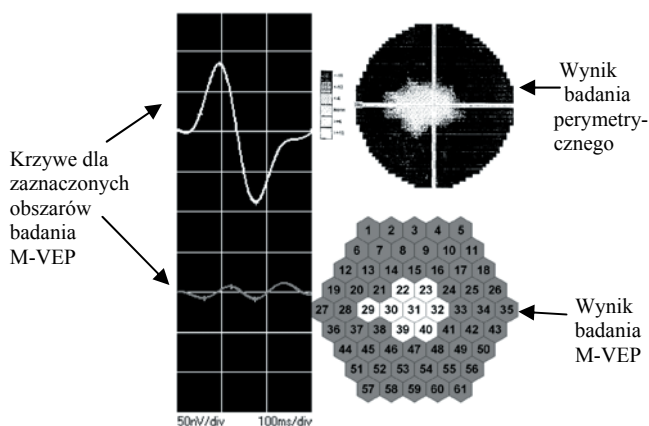


elektrod. Zastosowanie opisanej konfiguracji połączeń było możliwe dzięki przeprowadzonej przez producenta urządzenia aktualizacji oprogramowania, po której analizuje się pozyskane z elektrod wyniki i wybiera najbardziej poprawne. Zmodyfikowana metoda wymaga jednak przeprowadzenia dalszych badań na licznych próbach obejmujących wyniki pozyskane od osób zdrowych. Obecnie badania te są kontynuowane.

Na podstawie wstępnej analizy wyników już pozyskanych podczas badań z wykorzystaniem trzech elektrod zaobserwowano dalsze zmniejszanie rozrzutu wyników zarówno dla latencji, jak i amplitud określonych krzywych. Zmniejszenie rozrzutu wyników badań oraz zbliżenie kształtu krzywej pozyskanej podczas badań do kształtu krzywej wzorcowej może przyczynić się do rozpowszechnienia badań M-VEP w diagnostyce okulistycznej.

W połączeniu z komputerowym polem widzenia, badanie to umożliwia poprawne i szybkie zdiagnozowanie zaburzeń pola widzenia wywołanych jaskrą, co może okazać się przydatne w badaniach przesiewowych. Narzędziem ułatwiającym analizę zaburzeń pola widzenia jest dostępny w urządzeniu podział na obszary użytkownika. Z wykorzystaniem tego narzędzia możliwe jest zaznaczenie kolorem szarym „podejrzanego” obszaru i porównanie jego parametrów z parametrami obszaru zdrowego, zaznaczonego kolorem białym.

Na podstawie dostarczonych wyników badań perymetrycznych, w przeprowadzonych badaniach M-VEP wydzielono i zaznaczono obszar o ograniczonym oraz poprawnym polu widzenia (rys. 6).



Rys. 6. Porównanie wyników badań M-VEP i perymetrycznych  
Fig. 6. Comparison of results obtained from M-VEP and perimeter examinations

Na rysunku 1 zaznaczono kolorem białym obszar, w którym zgodnie z wynikami badań perymetrycznych pacjent widzi poprawnie, natomiast kolor szary oznacza obszar o ograniczonym polu widzenia. Dla każdego z zaznaczonych obszarów została wykreślona wypadkowa krzywa VEP. Dla obszaru zaznaczonego kolorem białym kształt wykreślonej krzywej zbliżony jest do wzorcowej, a wartości charakterystycznych amplitud są duże przy jednocześnie małych wartościach latencji. Poprawne wartości parametrów oraz zbliżony do wzorcowej kształt krzywej świadczy o poprawnym widzeniu w zaznaczonym obszarze. Dla obszaru zaznaczonego kolorem szarym, wykreślona krzywa VEP jest płaska, wartości amplitud są małe, a latencji duże. Opisane parametry krzywej świadczą o silnym zaburzeniu pola widzenia, co potwierdzają wyniki badania perymetrycznego.

#### 4. Podsumowanie

Standardowy sygnał VEP jest uśrednioną odpowiedzią z całego pola widzenia dostarczając ogólnej informacji o drodze wzrokowej. Odpowiedzi M-VEP, składające się z wielu pojedynczych sygnałów VEP okazują się bardziej wiarygodnym wskaźnikiem uszkodzenia nerwu wzrokowego, dostarczając dodatkowej informacji topograficznej. Badanie M-VEP wykorzystywane jest np. podczas obserwacji przebiegu choroby

stwardnienia rozlanego oraz przy potwierdzaniu zmian w polu widzenia.

Liczne badania M-VEP wykazują powtarzalność wyników, lepszą niż w komputerowym polu widzenia (tzw. badaniu perymetrycznym). Cecha ta umożliwia wykorzystywanie tej metody diagnostycznej w ocenie rozwoju procesu chorobowego wywołanego np. jaskrą. Jednakże, podobnie jak w przypadku komputerowego pola widzenia, również w badaniu M-VEP występują liczne ograniczenia. Najważniejszym z nich jest przedstawiona w artykule konieczność przestrzegania ogólnie obowiązujących norm dotyczących wyrównania wady refrakcji, oceny położenia powiek, które mogą przysłaniać pole widzenia, oraz monitorowania ruchów gałek ocznych, które mogą wprowadzać rozrzut wyników.

Wykonując serie badań zaobserwowano także rozrzuty otrzymanyh wyników, których przyczyną może być tzw. fiksacja oka i związana z nią trudność skupienia wzroku na bodźcu pobudzającym. Jako rozwiązanie tego problemu zaproponowano zastosowanie bodźca świetlnego o takich cechach, które „wymuszają” na osobie badanej należyte skupienie wzroku w ciągu całego cyklu badania. Testowanym bodźcem była sekwencyjnie zmieniająca się kombinacja znaków alfanumerycznych, która co prawda zmniejszyła rozrzut wyników badań, ale w sposób nie do końca zadowalający. Po aktualizacji oprogramowania zaproponowano więc nowy układ rozmieszczenia elektrod pomiarowych, który przy jednoczesnym zastosowaniu bodźca ze zmieniającą się kombinacją znaków alfanumerycznych umożliwia istotne zmniejszenie rozrzutu wyników. Powtarzalność wyników badań daje duże możliwości wykorzystywania tej metody diagnostycznej w ocenie rozwoju procesu chorobowego. Porównując wyniki badań M-VEP z wynikami badań perymetrycznych zaobserwowano ich zbieżność, która świadczy o skuteczności tej metody w diagnozowaniu zmian pola widzenia wywołanych jaskrą.

Przeprowadzone badania umożliwiły zweryfikowanie poprawności oraz powtarzalności otrzymanych wyników w zależności od różnych czynników takich jak: zastosowany bodziec stymulujący, umiejscowienie elektrod oraz przestrzeganie obowiązujących zaleceń. Wykonane badania M-VEP pozwalają precyzyjnie zdiagnozować określony obszar nerwu wzrokowego, dzięki czemu istnieje możliwość wczesnego wykrycia zaburzeń pola widzenia, podobnie jak to ma miejsce w badaniach perymetrycznych. Otrzymane wyniki, po porównaniu z badaniami perymetrycznymi potwierdziły, że badania M-VEP mogą stanowić alternatywne rozwiązanie w ocenie różnych schorzeń drogi wzrokowej.

#### 5. Literatura

- [1] Palacz O., Lubiński W., Penkala K.: Elektrofizjologiczna diagnostyka kliniczna układu wzrokowego. Oftal, Warszawa 2003.
- [2] Traczyk W.Z.: Fizjologia człowieka w zarysie. PZWL, Warszawa 1992.
- [3] RETIscan: Elektroretinogram wieloogniskowy. Wersja 1.34, Podręcznik, Roland Consult 2004.
- [4] RETIport: VEP, EOG, ERG. Version 1.32, Instruction manual, Roland Consult 2004.
- [5] Hulewicz A., Cysewska-Sobusiak A., Bołtrukiewicz M., Grzybowski A.: Pozyskiwanie i ocena statystyczna wieloogniskowych wzrokowych potencjałów wywołanych. Mat. VIII Sympozjum Modelowanie i Pomiar w Medycynie MPM'06, Krynica Górská, maj 2006, Pomiar Automatyka Kontrola, nr 5 bis 2006, s. 149-155.
- [6] Cysewska-Sobusiak A.: Modelowanie i pomiary sygnałów biooptycznych. Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań 2001.
- [7] Bochenek A., Reicher M.: Anatomia człowieka. Tom 3, PZWL, Warszawa 1974.
- [8] Grzybowski A., Grzybowski G., Drużdż A., Żaba R.: Visual evoked potentials with psoriasis vulgaris. Documenta Ophthalmologica, vol. 103, 2001, pp. 187-184.