

Badanie odruchów wzrokowo-okoruchowych w uszkodzeniu receptora wzrokowego w przebiegu jaskry pierwotnej otwartego kąta

Visual-oculomotor reflexes in visual receptor impairment in the course of primary open – angle glaucoma

KRYSTYNA ORENDORZ-FRĄCZKOWSKA^{1/}, WOJCIECH GAWRON^{1/}, LUCYNA POŚPIECH^{1/}, PATRYCJA KRZYŻANOWSKA^{2/}, MAGDALENA KOZIOROWSKA^{2/}

^{1/} Katedra i Klinika Otolaryngologii AM, ul. Chałubińskiego 2, 50-368 Wrocław

^{2/} Katedra i Klinika Okulistyki AM, ul. Chałubińskiego 2, 50-368 Wrocław

Wprowadzenie. Uważa się, że uszkodzenie obwodowej części narządu wzroku, z wyjątkiem okolicy plamki żółtej, w niewielkim stopniu wpływa na odruchy wzrokowo-okoruchowe. Jednak istnieją doniesienia o istotnych różnicach w oczopląsie optokinetycznym oraz zachowaniu się zmian czułości siatkówki w odpowiedzi na stymulację optokinetyczną u osób chorych na jaskrę w porównaniu z ludźmi zdrowymi.

Cel. Ocena wpływu jaskrowego uszkodzenia receptora wzrokowego na zachowanie się odruchów wzrokowo-okoruchowych.

Materiał i metody. Przebadano 40 osób w wieku 28-65 lat, chorych na jaskrę pierwotną otwartego kąta (grupa I) oraz 40 osób zdrowych w podobnym wieku (grupa II). Przeprowadzono badanie funkcji narządu przedmiotowego, testy śledzenia plamki świetlnej, test optokinezy podkorowej z prędkością pasów czarno-białych 20°/s, 40°/s, 60°/s w prawo oraz kompleksową ocenę narządu wzroku.

Wyniki. U chorych stwierdzono zróżnicowane ubytki pola widzenia z obustronnym pogorszeniem ostrości wzroku u 20 osób, z jednostronnym u 11, u 4 z jednostronną ślepotą i śladową percepcją światła i ruchu w drugim oku. U 35% chorych stwierdzono nieprawidłowości w próbie wahadła, u 37,5% w teście sakkad. W teście optokinezy podkorowej, przy narastającej prędkości stymulacji, w obu grupach obserwowano obniżanie wartości współczynnika nadążania optokinetycznego, ale przy prędkości 60°/s jego średnia wartość była istotnie niższa u chorych na jaskrę niż u zdrowych.

Wnioski. Przebiegająca długotrwale bezobjawowo jaskra otwartego kąta powoduje w znacząco wysokim odsetku nieprawidłowe wyniki badań odruchów wzrokowo-okoruchowych, co może być przyczyną błędnej oceny otoneurologicznej. W diagnostyce zawrotów głowy i zaburzeń równowagi nie wolno pomijać badania narządu wzroku.

Otorynolaryngologia, 2005, 4(4), 187-191

Słowa kluczowe: odruchy wzrokowo-okoruchowe (optokinetyczne), jaskra, elektrynistagmografia, układ równowagi

Introduction. It is assumed that impairment of the peripheral part of vision organ, except for the macula, does not significantly affect the visual-oculomotor reflexes. But there are papers reporting essential differences in optokinetic nystagmus as well as in changes of retinal sensitivity in response to the optokinetic stimulation in glaucoma patients compared to healthy subjects.

Aim. Evaluate effects of glaucoma impairment of retinal receptor on the visual-oculomotor reflexes.

Material and methods. The study group comprised 40 patients aged from 28 to 65 years with diagnosed primary open angle glaucoma (I group), and 40 healthy subject at similar age (control). Vestibular (ENG), eye tracking, saccadic tests, and optokinetic test with black and white stripes velocity of 20°/sec., 40°/sec., 60°/sec. to the right and left, as well as complex diagnostics of vision organ were performed.

Results. The visual field deficits with bilateral impairment of visual acuity were detected in 20 patients, and with unilateral impairment of visual acuity in 11 patients; 4 patients had unilateral blindness with extremely low perception of light and movement in the other eye. Eye tracking test was abnormal in 35%, saccadic tests was impaired in 37.5% of the cases. Increasing velocity of stimulation in both groups resulted in decreased optokinetic gain value, and this value was significantly lower in glaucoma patients in the test with stripe velocity of 60°/sec.

Conclusions. Asymptomatic, prolonged open-angle glaucoma may impair visual-oculomotor reflexes in a considerable proportion of patients, which may result in fallacious otoneurological evaluation. The ophthalmologic evaluation should not be omitted in the diagnosis of vertigo and dizziness.

Otorynolaryngologia, 2005, 4(4), 187-191

Key words: visual-oculomotor (optokinetic) reflexes, glaucoma, electronystagmography, equilibrium system

Narząd wzroku wraz z narządem przedsionkowym jest podstawowym elementem receptorowym układu równowagi, który umożliwia orientację przestrzenną oraz utrzymanie równowagi statycznej i dynamicznej. Funkcje te realizowane są głównie, choć nie jedynie, dzięki odruchom przedsionkowo-okoruchowym i wzrokowo-okoruchowym [1-4]. Narządem receptorowym dla odruchów wzrokowo-okoruchowych jest siatkówka, przy czym ruch pojedynczego obiektu na nieruchomym tle wywołuje reakcję odruchową zwaną reakcją śledzenia (tzw. korowy lub plamkowy oczopląs optokinetyczny), ruch wszystkich elementów w polu widzenia wywołuje podkorowy lub inaczej siatkówkowy oczopląs optokinetyczny [1, 3, 5-7]. Wyniki badań tych odruchów wykorzystuje się w diagnostyce neurologicznej, zwłaszcza w schorzeniach ośrodkowego układu nerwowego, również w diagnostyce różnicowej zawrotów głowy i zaburzeń równowagi [1, 3, 4, 8, 9]. Dane literaturowe wskazują, że uszkodzenie obwodowej części narządu wzroku dotyczące siatkówki, z wyjątkiem okolicy dołka siatkówki, gdzie zlokalizowana jest plamka żółta, w niewielkim stopniu wpływa na oczopląs optokinetyczny (*optokinetic nystagmus* – OKN). Natomiast uszkodzenie plamki, z powodu upośledzenia mechanizmu fiksacji, skutkuje różnymi zaburzeniami w zapisie oczopląsu korowego, czasami uniemożliwiając jego rejestrację [1, 3, 6].

Jaskra jest chorobą często występującą, przebiegającą w sposób podstępny, z postępującym uszkodzeniem nerwu wzrokowego i charakterystycznymi, progresywnymi zmianami w obrębie tarczy nerwu wzrokowego oraz odpowiadającymi im narastającymi ubytkami w polu widzenia. W krajach rozwiniętych jest podstawową przyczyną ślepoty [10-12]. Istnieją doniesienia o różnicach w zachowaniu się zmian czułości siatkówki osób chorych na jaskrę w odpowiedzi na stymulację optokinetyczną oraz istotnych różnicach samego OKN w porównaniu z osobami zdrowymi [13, 14].

Celem pracy była ocena wpływu uszkodzenia receptora wzrokowego w przebiegu jaskry pierwotnej otwartego kąta na zachowanie się odruchów wzrokowo-okoruchowych.

MATERIAŁ I METODY

Przebadano 40 osób w wieku 28-65 lat, średnio 58 lat, chorujących na jaskrę pierwotną otwartego kąta (grupa I) oraz 40 osób zdrowych w wieku 30-66, średnio 60 lat (grupa II – kontrolna). Na podstawie wywiadu wykluczono u wszystkich badanych choroby mogące, poza jaskrą, potencjalnie wpływać na wyniki badań, w tym w szczególności schorzenia oraz urazy ośrodkowego układu nerwowego a także zawroty i zaburzenia równowagi.

Wstępnie, u wszystkich osób, w celu oceny czynności narządu przedsionkowego, przeprowadzono badanie elektronystagmograficzne (ENG) z rejestracją ruchów gałek ocznych przy oczach otwartych i zamkniętych, oczopląsu spojrzeniowego, położeniowego, próbą dwukaloryczną wg Fitzgeralda-Hallpike'a. Próbę oczopląsu wywołanego zmianą położenia (manewry Hallpike'a) przeprowadzono z bezpośrednią obserwacją oczopląsu przy użyciu okularów Frenzla. Następnie wykonywano testy optokinetyczne według schematu badania (każdy po 30 sekund), gdzie bodziec stanowił:

- ruch plamki świetlnej poruszającej się w sposób wahadłowy w prawo i w lewo z prędkością $12^\circ/s$ (*sinusoidal pursuit*),
- skokowy ruch plamki świetlnej w polu widzenia z częstotliwością 0,7 Hz w prawo i w lewo co 10° oraz w miejscu losowym ekranu (*saccadic test*),
- test optokinezy podkorowej przy zastosowaniu naprzemiennie wyświetlanych czarno-białych pasów z prędkością $20^\circ/s$, $40^\circ/s$, $60^\circ/s$ kolejno w prawo i w lewo (*optokinetic test*).

Ocenę testów wzrokowych przeprowadzono w sposób jakościowy i ilościowy. Krzywą oczopląsu wahadłowego zakwalifikowano do jednego z rodzajów zapisu: próba wahadła prawidłowa (typ I), próba wahadła zaburzona (typ II – nakładanie się oczopląsu samoistnego na krzywą śledzenia), krzywa ataktyczna (typ III), typ I/III – dowolne śledzenie zachowane ale zniekształcone. Wynik testu sakkadowego oceniono jako sakkady prawidłowe lub sakkady dysmetryczne: z cechami hypometrii lub hypermetrii lub innymi zaburzeniami jakościowymi. W teście optokinezy podkorowej wyliczono współczynnik nadążania optokinetycznego (*optokinetic gain* – OKNG), będący stosunkiem prędkości kątowej wolnej fazy OKN do prędkości kątowej bodźca wzrokowego. Dla wszystkich prędkości obliczono średnie wartości i odchylenie standardowe OKNG oraz różnic OKNG przy stymulacji w prawo i w lewo. Różnice uznano za istotne statystycznie przy wartości $p < 0,05$. Reakcję oceniano jako symetryczną (prawidłową), jednostronnie osłabioną lub paradoksalną. Oczopląs ten również oceniano jakościowo pod względem obecności np. zaburzeń typu dysrytmii.

Całość badań wykonano przy zastosowaniu komputerowego elektronystagmografu firmy Hortmann sprzężonego z rzutnikiem multimedialnym i standardowym oprogramowaniem. Bodziec świetlny o zadanych parametrach był wyświetlany na ekranie pokrywającym ponad 60% pola widzenia badanego. Wyniki badań osób chorych na jaskrę odniesiono do stosownych wyników grupy kontrolnej (osoby zdrowe), które przyjęto jako normę.

Ocena narządu wzroku obejmowała badanie funkcji widzenia po uwzględnieniu wady refrakcji, ostrości wzroku w dal i z bliska, pola widzenia metodą komputerowej

perymetrii statycznej, widzenia barw oraz stan przejrzystości ośrodków optycznych, stereoskopowe badanie dna oka ze szczególnym uwzględnieniem topografii tarczy nerwu wzrokowego za pomocą biomikroskopu i soczewki Volkla z określeniem stopnia jej uszkodzenia, trójwymiarową analizę tarczy nerwu wzrokowego za pomocą aparatu Heidelberg Retina Tomograph oraz pomiar ciśnienia wewnątrzgałkowego.

WYNIKI

Zarówno w grupie kontrolnej, jak i badanej stwierdzono prawidłową ruchomość gałek ocznych oraz przejrzystość ośrodków optycznych, umożliwiającą wiarygodną rejestrację odruchów. Ciśnienie wewnątrzgałkowe w chwili badania było prawidłowe (chorzy na jaskrę w trakcie leczenia). Badanie pola widzenia u 40 chorych z grupy I wykazało zróżnicowane ubytki – od typowych łukowatych mroczków, przez koncentryczne zawężenie pola, do zachowania wyłącznie skroniowej wyspy widzenia. W 20 przypadkach, ograniczeniu pola towarzyszyło obustronne pogorszenie ostrości wzroku, u 11 chorych ostrość wzroku była zachowana w jednym oku, u 5 w obu oczach. U 4 chorych stwierdzono jednostronną ślepotę oraz głębokie uszkodzenie drugiego oka z zachowaniem śladowej percepcji ruchu i światła.

Na rycinie 1 przedstawiono, w postaci tzw. krzywej Bebie'go, średnie wartości czułości siatkówki na bodziec świetlny (w dB) w grupie osób zdrowych, na rycinie 2 – u chorych. U osób zdrowych krzywa ta znajduje się w granicach przedziału normy biologicznej, natomiast u chorych stwierdzono znaczące uogólnione obniżenie czułości siatkówki.

W badaniach narządu przedsiionkowego nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy grupą I a osobami

Tabela I. Wyniki badania odruchów wzrokowo-okoruchowych w próbie wahadła i teście sakkad u chorych (grupa I) oraz osób zdrowych (grupa II)

	Grupa I n=40	Grupa II n=40
Próba wahadła		
Typ I	26 (65%)	40 (100%)
Typ II	0	–
Typ I/III	10 (25%)	–
Brak odpowiedzi	4 (10%)	–
Test sakkad		
Sakkady prawidłowe	25 (62,5%)	40 (100%)
Sakkady dysmetryczne	11 (27,5%)	–
Brak odpowiedzi	4 (10%)	–

Tabela II. Wyniki badania optokinezy podkorowej u chorych (grupa I) oraz zdrowych (grupa II)

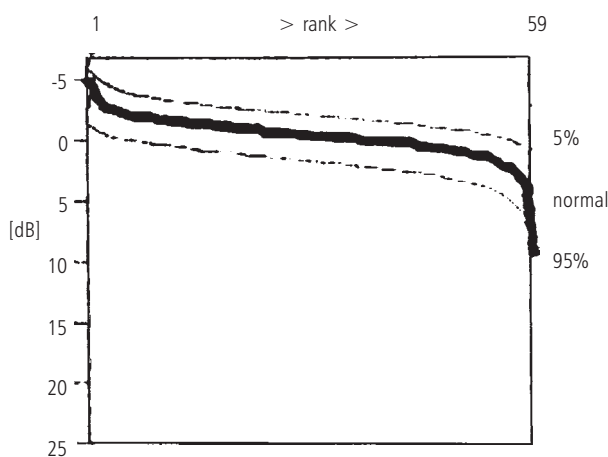
Prędkość stymulacji wzrokowej	Średnia wartość OKNG (stymulacja w lewo) [SD]	Średnia wartość OKNG (stymulacja w prawo) [SD]	Różnica średnich wartości OKNG L/P [SD]
20°/s grupa I	0,720 [0,140]	0,701 [0,132]	0,011 [0,05]
grupa II	0,813 [0,091]	0,838 [0,105]	0,025 [0,09]
40°/s grupa I	0,480 [0,152]	0,425 [0,143]	0,055 [0,11]
grupa II	0,560 [0,137]	0,518 [0,133]	0,042 [0,14]
60°/s grupa I	0,120 [0,148]	0,166 [0,134]	0,046 [0,42]
grupa II	0,363 [0,089]	0,336 [0,079]	0,027 [0,56]

OKNG – współczynnik nadążania optokinetycznego

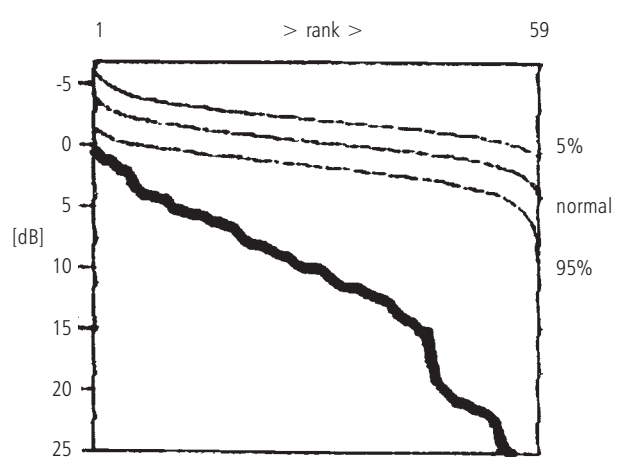
zdrowymi, w szczególności nie zarejestrowano oczopląsu samoistnego ani cech upośledzenia obwodowej czynności narządu przedsiionkowego.

W testach wzrokowo-okoruchowych osób zdrowych nie stwierdzono zaburzeń jakościowych zapisu. W tabeli I przedstawiono wyniki testów śledzenia u chorych (grupa I) oraz grupy kontrolnej (grupa II), a w tabeli II wyniki testu optokinezy podkorowej.

U osób chorych stwierdzono wysoki odsetek nieprawidłowych wyników, odpowiednio 35% w próbie wahadła (w tym u 10% chorych z jednostronną ślepotą



Ryc. 1. Średnie wartości czułości siatkówki na bodziec świetlny (w dB) u osób zdrowych



Ryc. 2. Średnie wartości czułości siatkówki na bodziec świetlny (w dB) u chorych na jaskrę

i zachowanym śladowym czuciem światła i ruchu w drugim oku stwierdzono brak odpowiedzi na bodziec wzrokowy) oraz u 37,5% w teście sakkad (w tym brak odpowiedzi u tych samych 10% chorych jak wyżej). Nieprawidłowości te polegały głównie na znacząco gorszym odwzorowywaniu bodźca wzrokowego, w porównaniu z grupą osób zdrowych, co spowodowało kwalifikację zapisu do typu I/III u 25% w próbie wahadła i u 27,5% w teście sakkad. W teście optokinezy podkorowej (tab. II) tylko u 36 chorych zarejestrowano zapis reakcji oczopląsowej, u pozostałych 4 był on zdezorganizowany w stopniu uniemożliwiającym wyliczenie wartości OKNG. U żadnego z badanych nie stwierdzono asymetrii OKN. Średnie wartości OKNG u chorych były niższe, a wartości odchylenia standardowego z kolei wyższe w porównaniu z grupą kontrolną, co wydaje się być związane z różnym stopniem nasilenia zmian na dnie oka u poszczególnych chorych. W miarę zwiększania prędkości stymulacji wzrokowej malały średnie wartości OKNG w obu grupach. Przy prędkości bodźca 60°/s średnia wartość OKNG była istotnie niższa u chorych na jaskrę niż u zdrowych ($p < 0,05$).

DYSKUSJA

U chorych na jaskrę pierwotną otwartego kąta, najczęściej występującą formę jaskry, której przyczyna powstania i rozwoju nie została w pełni poznana, powstają charakterystyczne ubytki czułości siatkówki na światło. Ich głębokość i lokalizacja w polu widzenia odpowiadają zmianom anatomicznym w zakresie tarczy nerwu wzrokowego. W obrębie siatkówki występują trzy neurony drogi wzrokowej: pręciki i czopki – pierwszy neuron, drugi – komórki dwubiegunowe, trzeci – komórki zwojowe siatkówki. W jaskrze dochodzi do wybiórczego uszkodzenia komórek zwojowych [4,13,10,11].

U chorych stopień uszkodzenia siatkówki był zróżnicowany, ale u wszystkich stwierdzono bardzo znaczne obniżenie czułości siatkówki na światło. Mimo to, z wyjątkiem 4 osób (10%) z zachowanym wyłącznie śladowym poczuciem światła i ruchu w jednym oku, u pozostałych zarejestrowano OKN. Jest to zgodne z doniesieniami innych autorów, wskazujących na małą zależność OKN od ostrości wzroku i pola widzenia. W literaturze podkreśla się natomiast znaczenie zaburzenia fiksacji związanego z uszkodzeniem plamki żółtej, co znalazło potwierdzenie w zarejestrowanym w naszych badaniach wysokim odsetku nieprawidłowych wyników w testach śledzenia, wymagających sprawnej fiksacji [1, 7, 10]. Zniekształcenie reakcji wzrokowo-okoruchowych opisywano przede wszystkim w uszkodzeniach zlokalizowanych w OUN: na poziomie pnia, śródmózgowia, mózdzku, w uszkodzeniach półkul mózgu, w zmianach degeneracyjnych, naczyniowych, pourazowych czy guzach mózgu [1,3,5,6]. Nieprawidłowe rejestracje stwier-

dzono również po zastosowaniu niektórych leków, alkoholu, narkotyków, ale także przy braku koncentracji badanego, co należy zawsze uwzględnić przed i w czasie badania [1, 5]. W badaniach klinicznych stosowane są różne metody badania OKN, w tym różnorodne urządzenia i sposoby interpretacji zapisu, co znacznie utrudnia lub wręcz uniemożliwia porównywanie wyników uzyskiwanych przez różnych autorów [2,14]. W Polsce Bień i wsp. opracowali kryteria obiektywnej oceny ilościowej oczopląsu optokinetycznego, wskazując jako najistotniejsze ilościowe parametry oceny reakcji przewagę kierunkową optokinezy oraz OKNG [2]. W ocenie OKN podkorowego zastosowaliśmy, ze względu na znaczną zmienność jego parametrów, nawet u ludzi zdrowych, współczynnik nadążania optokinetycznego (OKNG), którego wartość, w granicach wydolności odruchu, powinna teoretycznie wynosić 1 [1,14]. W praktyce, z różnych przyczyn, w tym niedoskonałości mechanizmu odruchowego oraz aparatury rejestrującej i analizującej oczopląs, wartości tego współczynnika są niższe [14]. Przy zastosowanych warunkach badania z automatyczną rejestracją i przetwarzaniem parametrów oczopląsu, OKNG u ludzi zdrowych, przy najniższej prędkości stymulacji (20°/s) wynosił średnio nieco ponad 0,8, a zwiększanie prędkości stymulacji powodowało dalsze jego obniżanie. Podobne wyniki uzyskał Bień i wsp. stosując komputerową analizę OKN [14]. Podobne zachowanie OKNG obserwowano u chorych, jednak przy prędkości stymulacji 60°/s był on istotnie niższy niż u zdrowych. Ponieważ w jaskrze dochodzi do wybiórczego uszkodzenia komórek zwojowych (na które składają się 3 typy komórek: komórki X, Y i W różniące się funkcją), niewspółmierne obniżenie średniej prędkości katowej oka przy wzrastającej prędkości stymulacji u chorych (w porównaniu z grupą zdrowych) może być związane z uszkodzeniem komórek Y, zwanych wielkokomórkowymi, dającymi początek tzw. drodze wielkokomórkowej. Przenosi ona informacje o ruchu, migotaniu i zmianach oświetlenia i jest odpowiedzialna za widzenie przestrzenne małych i poruszających się bodźców świetlnych, podążanie i zapoczątkowanie zbieżności [7,10,15,16]. Wskazują na to prace innych autorów, którzy zaobserwowali pewne różnice OKN u ludzi z uszkodzonym receptorem wzrokowym w przebiegu jaskry. Abe i wsp. stwierdzili odmienne zachowanie się zmian czułości siatkówki (mierzonej metodą elektrookulografii) w odpowiedzi na stymulację optokinetyczną u chorych na jaskrę, zapalenie nerwu wzrokowego i atrofię nerwu wzrokowego w porównaniu z osobami z prawidłowym narządem wzroku [9]. Severt i wsp. wyróżnili aż 68 cech charakteryzujących OKN, z których pięć uznali za najlepiej charakteryzujące zapis ludzi zdrowych, a które istotnie różnią się u ludzi chorych na jaskrę. Autorzy wnioskowali, że ujawnione u chorych uszkodzenie dokładności ruchów gałek ocznych, które także zarejestrowaliśmy w testach śledzenia, może wynikać ze

zmiany stosunku sygnału do szumu w drodze wzrokowej do mózgu [17]. Z kolei Tong i wsp. zauważyli, że sinusoidalna stymulacja wzrokowa bodźcem typu czarno-białej szachownicy z przerwą między stymulacją rzędu 33-100 ms, u ludzi zdrowych wywołuje OKN, którego wolna faza zmienia kierunek na przeciwny po każdej kolejnej przerwie. U większości chorych na jaskrę nie występuje odwrócenie kierunku OKN, bez względu na długość trwania przerwy między stymulacjami. Autorzy uważają, że zjawisko odwrócenia kierunku oczopląsu przy określonych wartościach przerw między bodźcami jest związane z dwufazową charakterystyką impulsów odpowiedzi skroniowej występującą u ludzi zdrowych, natomiast brak odwrócenia kierunku oczopląsu jest związany z uszkodzeniem komórek wielkokomórkowych Y siatkówki charakterystyczny dla jaskry [15,16,18].

Opisywane w powyższych pracach różnice po zastosowaniu stymulacji wzrokowej u ludzi zdrowych i chorych na jaskrę, mogłyby tłumaczyć rejestrowane przez nas w tak znaczącej liczbie zaburzenia w testach śledze-

nia u ludzi z bardzo zaawansowanymi zmianami w polu widzenia, obejmującymi jego okolicę centralną (komórki zwojowe siatkówki Y znajdują się w centrum dołka siatkówki, będącym tzw. punktem fiksacji) oraz istotne obniżenie OKNG przy prędkości stymulacji 60°/s.

Podsumowując, przeprowadzone badania wskazują, że w uszkodzeniu receptora wzrokowego w przebiegu jaskry pierwotnej otwartego kąta u ponad 1/3 chorych rejestruje się nieprawidłowe odpowiedzi w testach wymagających sprawnej fiksacji wzroku oraz znacząco niższe wartości OKNG w teście optokinezy podkorowej, przy narastającej prędkości bodźca wzrokowego w porównaniu z ludźmi zdrowymi. Wobec częstego występowania jaskry i jej długotrwałego bezobjawowego przebiegu, w celu uniknięcia błędnej oceny otoneurologicznej wyników testów wzrokowo-okoruchowych, należy bezwzględnie uwzględnić stan jego narządu wzroku, co może przyczynić się równocześnie do rozpoznania choroby zasadniczej i poprzez wdrożenie leczenia ocalić wzrok choremu.

Piśmiennictwo

- Janczewski G, Latkowski B. *Otoneurologia*. Bel Corp, Warszawa 1998.
- Bień S, Żmigrodzka K. W sprawie ilościowej oceny oczopląsu optokinetycznego. *Otolaryng Pol* 1976; 30(6): 587-590.
- Kanayama R, Kato I, Nakamura T, Koike Y. The fast phase velocity of optokinetic nystagmus in central nervous system disorders. *Acta Otolaryngol (Stockh.)* 1987; 104(5-6): 392-394.
- Nizankowska MH. *Jaskra. Przewodnik diagnostyki i terapii*. Górnicki Wydawnictwo Medyczne, Wrocław 2001.
- Barber OH, Stockwell WCh. *Manual of electronystagmography*. ICS Medical, The C.V. Mosby Company, St. Louis, 1980.
- Kaźmierczak H, Zaborowski A. Badania zaburzeń wzrokowo-okoruchowych w diagnostyce otoneurologicznej. *Otolaryng Pol* 1996; 50(1): 58-65.
- Czepita D. Współczesna wiedza na temat budowy i funkcji kory wzrokowej. *Klin Oczna* 1998; 100(5): 331-334.
- Makowski A. Anatomia części ośrodkowych narządu przedsiolkowego. (w) *Otoneurologia*. Janczewskiego G, Latkowski B. Bel Corp, Warszawa 1998.
- Abe H, Hasegawa S, Takagi M, Yoshizawa T, Usui T. Contrast sensitivity for the stationary and drifting vertical stripe patterns in patients with optic nerve disorders. *Ophtalmologica* 1993; 207(2): 100-105.
- Nizankowska MH. *Podstawy okulistyki*. Wyd. 2. Volumes, Wrocław 2000.
- Orendorz-Frączkowska K, Pośpiech L. Współdziałanie przedsiolkowo-wzrokowe w obwodowym uszkodzeniu narządu przedsiolkowego. *Otolaryng Pol* 1999; 53(2): 195-200.
- Pola J, Wyatt HJ. Active and passive smooth eye movements: effects of stimulus size and location. *Vision Res* 1985; 25(8): 1063-1076.
- Bochenek Z, Morawiec-Bajda A. *Fizjologia narządu przedsiolkowego*. (w) *Otoneurologia*. Janczewski G, Latkowski B (red.). Bel Corp, Warszawa 1998.
- Bień S, Gołębiewska E. Zastosowanie komputerowej analizy sygnału ENG do badań nad oczopląsem optokinetycznym. *Otolaryng Pol* 1989; 42(6): 428-431.
- Tong J, Wang J, Sun F. Dual-directional optokinetic nystagmus elicited by the intermittent display of grating in primary open-angle glaucoma and normal eyes. *Curr Eye Res* 2002; 25(6): 355-362.
- Palacz O, Lubiński W, Palacz A, Penkala K. Badania elektrofizjologiczne w diagnostyce jaskry. *Okulistyka*, Wyd Spec 2000; 32-36.
- Severt WL, Maddess T, Ibbotson MR. Employing following eye movements to discriminate normal from glaucoma subjects. *Clin Exp Ophtalmol* 2000; 28(3): 172-174.
- Abadi RV, Howard JP, Ohmi M. Gaze orientation during full-field and peripheral field passive optokinesis. *Ophtalmic Physiol Opt* 1999; 19(3): 261-265.