

ŁUKASZ SZELEPIN¹, MIROSŁAW SŁOWIK¹, JOLANTA OFICJALSKA-MŁYŃCZAK¹,
AGNIESZKA JAMROZY-WITKOWSKA¹, PIOTR MARSZALIK²

Korelacje między strukturą a funkcją w perymetrycznej fazie jaskry pierwotnej otwartego kąta w aspekcie wielkości tarczy nerwu wzrokowego

Correlations Between Structure and Function in Perimetric Primary Open Angle Glaucoma with Regard to the Optic Disc Size

¹ Katedra i Klinika Okulistyki AM we Wrocławiu

² Katedra i Zakład Farmakologii AM we Wrocławiu

Streszczenie

Cel pracy. Ocena zależności strukturalno-funkcjonalnych u pacjentów z perymetryczną postacią jaskry pierwotnej otwartego kąta (j.p.o.k.) w odniesieniu do czynnika wielkości tarczy nerwu wzrokowego (t.n.w.).

Materiał i metody. Badaniem objęto 140 pacjentów z klinicznie potwierdzoną j.p.o.k. w jej fazie perymetrycznej z wyłączeniem osób z bardzo mocno zaawansowanym uszkodzeniem pola widzenia. U każdego pacjenta badano jedno oko. U wszystkich chorych wykonywano badanie perymetrii statycznej aparatem Octopus 101 z wykorzystaniem strategii dynamicznej testu G2 oraz badanie planimetrii komputerowej t.n.w. Pacjentów podzielono na dwie grupy, opierając się na kryterium wielkości t.n.w.: tarcze mniejsze (j.p.o.k.-m) i większe od 2,5 mm² (j.p.o.k.-d).

Wyniki. Analizie został poddany stopień korelacji wartości średniego ubytku czułości siatkówki pola widzenia (MD) z wybranymi wskaźnikami morfometrycznymi t.n.w.: powierzchnią pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RA), liniowym współczynnikiem c/d w osi poziomej (CDRH) i w osi pionowej (CDRV), powierzchniowym współczynnikiem c/d (CDRA) oraz szacunkowym ubytkiem pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RD). Obliczenia wykonano dla każdej z badanych grup. W grupie j.p.o.k.-m wartość wskaźnika MD wykazywała statystycznie znamienne korelacje z dwoma parametrami planimetrycznymi: RA i RD. W grupie j.p.o.k.-d takie korelacje występowały dla wszystkich parametrów planimetrycznych. W obu grupach najwyższy stopień korelacji wykazywał wskaźnik RA, a następnie RD. Zależności te były bardziej widoczne w grupie j.p.o.k.-d niż w grupie j.p.o.k.-m. W obu przypadkach regresja była najbardziej zbliżona do funkcji liniowej: ujemnej dla RA i dodatniej dla RD.

Wnioski. W początkowej i średnio zaawansowanej perymetrycznej j.p.o.k. najwyższy poziom korelacji z MD wykazują te parametry planimetryczne, które określają bezwzględną i względną zawartość tkanki nerwowej w obszarze wewnątrz-tarczowym, tj. RA i RD. Zależności te są najbardziej zbliżone do funkcji typu liniowego. Techniki analizy morfometrycznej i badanie pola widzenia wykazują porównywalną wartość w monitorowaniu stanu chorych z dużymi t.n.w. z uwagi na bardzo ścisłą korelację wyników tych metod. U pacjentów z małymi t.n.w. zależności te są mniejsze, a techniki analizy morfometrycznej tarczy mają prawdopodobnie nieco większe znaczenie przy monitorowaniu początkowych stadiów j.p.o.k. niż badanie pola widzenia (Adv Clin Exp Med. 2005, 14, 6, 1191–1198).

Słowa kluczowe: jaskra perymetryczna, planimetria, tarcza nerwu wzrokowego, pierścień nerwowo-siatkówkowy.

Abstract

Objectives. To estimate the correlations between structural and functional changes in perimetric phase of the primary open angle glaucoma (POAG) with regard to the optic disc size.

Materials and Methods. 140 patients with clinically proven perimetric POAG were taken to the study. One eye from one patient was the rule. Eyes with severe visual field glaucomatous damage were excluded from the study. Each patient underwent visual field examination with the use of dG2 strategy of Octopus 101 as well as the computer-assisted optic disc planimetry. Patients were divided into two groups on the ground of the optic disc size: patients with discs smaller than 2,5 mm² (POAGs) and those with discs larger than 2,5 mm² (POAGl).

Results. The authors analysed correlations between visual field mean defect (MD) and planimetric parameters of the optic disc: neuroretinal rim area (RA), horizontal c/d ratio (CDRH), vertical c/d ratio (CDRV), area c/d ratio (CDRA) and estimated "rim defect" (RD) in both groups of patients (POAGs and POAGl). In POAGs MD value

showed statistically significant correlation with RA and RD. In POAGI such situation concerned all of the planimetric parameters (RA, RD, CDRH, CDRV, CDRA). In both groups RA and RD were those parameters which showed the strongest relationship with MD. However those correlations were always stronger in POAGI in comparison to POAGs. In both cases those correlations mostly approximate the linear regression: negative for RA and positive for RD.

Conclusions. In early and mild stages of perimetric POAG visual field MD correlates best with those morphometric disc parameters, which reflect the absolute (RA) or relative (RD) amount of the optic nerve fibers inside the intrapapillar area. Those relationships approximate mostly to the linear type of function. Both planimetric disc analysis and visual field are of similar value in following-up the patients with large optic discs. For the following-up the patients with small optic discs, planimetric disc data seem to have some advantage over the visual field tests (*Adv Clin Exp Med.* 2005, 14, 6, 1191–1198).

Key words: perimetric glaucoma, planimetry, optic disc, neuroretinal rim.

Zmiana w wyglądzie t.n.w. jest najważniejszą cechą neuropatii jaskrowej [1]. Słowo „zmiana” odzwierciedla dynamikę procesu chorobowego, tzn. wystąpienie różnicy między stanem obecnym badania a stwierdzanym uprzednio. Ponieważ jaskra pierwotna otwartego kąta (j.p.o.k.) jest nadal schorzeniem przyczynowo nieuleczalnym, u każdego pacjenta istnieje stałe prawdopodobieństwo postępu uszkodzenia nerwu wzrokowego, a w następstwie – wystąpienia i progresji ubytków pola widzenia. Neuropatia jaskrowa nie jest chorobą, którą można opisać za pomocą schematów i nie ma także jednego wzorca uszkodzenia nerwu wzrokowego [1].

Początkowa faza rozwoju neuropatii jaskrowej nie powoduje jeszcze zmian funkcjonalnych stwierdzanych podczas badania pola widzenia. Ten okres choroby jest określany jako preperymetryczny. Jest to związane z istnieniem pewnej, indywidualnie zróżnicowanej, anatomicznej „pojemności rezerwowej” włókien nerwowych. W dalszych etapach rozwoju neuropatii zaczynają stopniowo pojawiać się ubytki w polu widzenia, co oznacza początek perymetrycznego okresu jaskry. Przejście jednej fazy choroby w drugą jest płynne, trudne do dokładnego zdefiniowania i zależy od bardzo wielu czynników. Z punktu widzenia wczesnej diagnostyki i obserwacji choroby w obu jej fazach rozwoju konieczne jest wykonywanie zarówno badań ukierunkowanych na ocenę stanu anatomicznego tarczy nerwu wzrokowego („struktura”), jak i badanie pola widzenia („funkcja”). W fazie preperymetrycznej badanie pola widzenia potwierdza jedynie fakt jej trwania, nie jest natomiast wystarczająco czułym narzędziem oceny ewentualnej progresji choroby. Często jednak rozpoznanie stawia się już w perymetrycznej fazie jaskry. W tej sytuacji właściwa interpretacja i ocena zależności między „strukturą” i „funkcją” mają kluczowe znaczenie dla śledzenia dynamiki choroby, której istotą jest stałe dokonywanie się zmian, jeżeli nie jest prowadzone leczenie lub nie jest ono wystarczające.

Obecnie najczęściej stosowaną techniką badania pola widzenia jest automatyczna perymetria statyczna typu „białe na białym” wykorzystująca progowe strategie analizy. Pozwala na uzyskanie różnych parametrów pola zarówno o charakterze ilościowym (średnia czułość siatkówki, średni ubytek czułości), jak i jakościowym (wariancja ubytku).

Badanie t.n.w. dostarcza podstawowych informacji niezbędnych do wczesnej diagnostyki i precyzyjnego śledzenia dynamiki neuropatii jaskrowej. Metody diagnostyczne dzielą się na jakościowe (np. wzornikowanie, zdjęcia tarczy) i ilościowe (np. planimetria, tomografia skaningowa). Metody jakościowe pozwalają na subiektywną ocenę stanu t.n.w., a czasami są początkiem badań ilościowych. Dzięki metodom ilościowym otrzymuje się szereg parametrów liczbowych – jedno-, dwu- lub trójwymiarowych, które umożliwiają wykonywanie analiz porównawczych u różnych pacjentów oraz monitorowanie zmian u jednej osoby. Planimetria jest ilościową, dwuwymiarową techniką badania t.n.w. Umożliwia wykonywanie pomiarów liniowych i powierzchniowych, czyli wielkości należących do osi x i y kartezjańskiego układu współrzędnych [2]. Wszystkie techniki planimetrii polegają w dużym stopniu na subiektywnej ocenie granic tarczy i jej zagłębienia. Zwykle realizuje się to przez koncentryczne naniesienie pewnej liczby punktów granicznych, które następnie są łączone linią ciągłą ręcznie lub automatycznie. Wielu autorów przedstawiło w literaturze swoje metody planimetrii [3–10]. Punktem wyjścia dla każdej z nich jest zazwyczaj dokumentacja fotograficzna dna oka. W polskim piśmiennictwie pierwsze doświadczenia z wykorzystaniem cyfrowego przetwornika obrazów w analizie morfometrycznej tarczy nerwu wzrokowego przedstawiła Czechowicz-Janicka [6]. Istnieje wiele opracowań porównujących planimetrię ze zautomatyzowanymi analizatorami tarczy i większość z nich wykazała wysoki stopień korelacji wyników uzyskanych za pomocą obu

metod [9, 11]. Zazwyczaj wskaźniki powierzchniowe tarczy wykazywały nieznacznie wyższe wartości przy pomiarze planimetrycznym [11]. Najważniejszymi parametrami planimetrycznej, dwuwymiarowej analizy obszaru wewnątrztraczowego są: powierzchnia tarczy, powierzchnia pierścienia nerwowo-siatkówkowego, powierzchnia zagłębienia, stosunek wymiaru zagłębienia do wymiaru całej tarczy (współczynnik c/d) wyrażony w ujęciu liniowym i powierzchniowym.

Celem pracy była ocena wzajemnych zależności strukturalno-funkcjonalnych u pacjentów z wczesną lub średnio zaawansowaną perymetryczną postacią jaskry pierwotnej otwartego kąta w odniesieniu do czynnika wielkości tarczy nerwu wzrokowego.

Material i metody

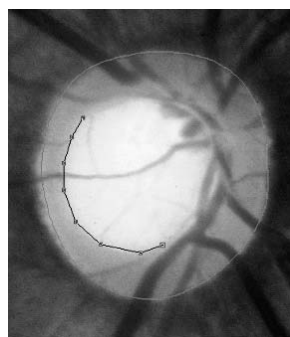
Badano 140 pacjentów z klinicznie potwierdzoną j.p.o.k. w fazie perymetrycznej (100 kobiet i 40 mężczyzn) w wieku 21–74 lat (średnio $51,99 \pm 13,05$ roku). Do badań wybierano losowo tylko jedno oko u każdego pacjenta. Analizie statystycznej zostały poddane wyniki liczbowe pola widzenia oraz parametry planimetryczne tarczy. Warunkiem kwalifikacji była ostrość wzroku do dali równa lub większa niż 0,7 i ostrość wzroku do bliży równa lub większa niż D 0,75 przy najlepszej korekcji optycznej. Do badań były zakwalifikowane jedynie osoby z refrakcją niewykraczającą poza zakres od $-3,0$ do $+3,0$ D sferycznych. Pacjenci mieli wartość ciśnienia wewnątrzgałkowego powyżej 21 mm Hg przynajmniej w jednym pomiarze dobowym, ale wykonywanym jeszcze w okresie poprzedzającym rozpoczęcie leczenia. Kryterium włączenia do badań był prawidłowy stan przedniego odcinka oka, a także otwarty i pozbawiony zmian patologicznych kąt przesaczenia. Wszyscy pacjenci byli leczeni zachowawczo i miejscowo, z wyłączeniem miotyków i nigdy nie podejmowano u nich żadnych prób leczenia chirurgicznego lub laserowego.

Pole widzenia było badane za pomocą automatycznego perymetru Octopus 101 firmy Interzeag z wykorzystaniem dynamicznej strategii testu G2. Oceniany był zawsze wynik drugiego lub kolejnego badania, aby uniknąć efektu tzw. „braku treningu”. Analizowane były jedynie badania o zadowalającym poziomie wiarygodności, tj. współczynnika ufności (RF) $< 10,0\%$ i wskaźniku krótkoterminowej fluktuacji (SF) $< 2,0$. Badanie było wykonywane zawsze przy optymalnej dla danego oka korekcji optycznej do bliży. Kryterium włączenia pacjenta do badań było stwierdzenie typowego dla jaskry uszkodzenia pola widzenia. Kryterium

wyłączenia z badań była wartość MD ≥ 10 dB, oznaczająca głębokie uszkodzenie pola widzenia odpowiadające znacznemu zaawansowaniu choroby. W obliczeniach statystycznych pod uwagę brano tylko jeden wskaźnik pola widzenia: średni ubytek czułości siatkówki na światło (MD).

U wszystkich pacjentów stwierdzano w badaniu stereoskopowym dna oka nieprawidłowy i typowy dla jaskry obraz t.n.w. i warstwy włókien nerwowych siatkówki. Do oceny ilościowej t.n.w. zastosowano technikę planimetrii komputerowej, która została opracowana i opisana przez autora niniejszej pracy w ramach realizacji programu badawczego sponsorowanego przez KBN „Badania korelacji pomiędzy zmianami morfologicznymi i elektrofizjologicznymi oka a jego funkcją w warunkach podwyższonego ciśnienia wewnątrzgałkowego” [10]. Obliczenia morfometryczne były wykonywane za pomocą oryginalnego programu komputerowego funkcjonującego w środowisku Windows, który pozwala na prowadzenie pomiarów planimetrycznych dowolnych figur nieregularnych. Określanie granic tarczy nerwu wzrokowego i jej zagłębienia było zawsze wykonywane przez tę samą osobę za pomocą standardowej myszy komputerowej. Polega ono na zaznaczeniu pewnej liczby tzw. punktów węzłowych, które następnie są ze sobą łączone automatycznie linią ciągłą zgodnie z zasadą tworzenia krzywych Bezie’a (ryc. 1). Metoda pozwala na dowolne zmniejszanie lub zwiększanie liczby punktów węzłowych, a także korygowanie ich położenia. Program dokonuje automatycznej kalkulacji wszystkich parametrów morfometrycznych tarczy wraz z kompleksową edycją na ekranie monitora i zapisem do bazy danych. W obliczeniach jest uwzględniany współczynnik powiększenia obrazu, automatycznie określany na podstawie formuły Bengtssona [12]. Możliwe jest przeprowadzenie ośmiu niezależnych od siebie pomiarów, a wyniki są przedstawiane w postaci średnich arytmetycznych poszczególnych wskaźników wraz z odchyleniem standardowym.

W badaniach były brane pod uwagę następujące parametry planimetryczne t.n.w.: całkowita po-



Ryc. 1. Technika określania granic tarczy nerwu wzrokowego i jej zagłębienia w metodzie planimetrii komputerowej

Fig. 1. Computer-assisted planimetry – disc and cup outlining

wierzchnia tarczy (DA), powierzchnia pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RA), liniowy współczynnik c/d w osi poziomej (CDRH), liniowy współczynnik c/d w osi pionowej (CDRV), powierzchniowy współczynnik c/d (CDRA), szacunkowy ubytek pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RD).

Ten ostatni parametr obliczano według wzoru zaproponowanego przez Jonasa: $RD = „oczekiwana”$ wartość RA ($0,131 \times DA + 1,384$) – wymierzona wartość RA [13]. Symbole określające poszczególne parametry planimetryczne są skrótami ich nazw angielskich (np. *rim area* dla RA lub *rim defect* dla RD, *cup to disc ratio* dla CDR).

Pacjentów podzielono na dwie grupy opierając się na kryterium wielkości tarczy nerwu wzrokowego. Jako wartość graniczna podziału została przyjęta średnia populacyjna powierzchnia tarczy, określona na podstawie uśrednienia danych z różnych opracowań [7, 9, 14, 15]. Wynosiła ona 2,50 mm², co w przybliżeniu odpowiadało średniej powierzchni tarczy u wszystkich badanych osób (2,54 mm²). Ostatecznie powstały dwie grupy składające się z: [a] 67 oczu o powierzchni tarczy < 2,50 mm² (j.p.o.k.-m) oraz [b] 73 oczu o powierzchni tarczy > 2,50 mm² (j.p.o.k.-d). Strukturę wieku i płci w obu grupach przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Struktura wieku i płci w badanych grupach

Table 1. Age and sex distribution in examined groups

	Płeć (Sex)		Wiek (Age)		
	kobiety (women)	mężczyźni (men)	min	maks. (max)	średnia ± SD (mean ± SD)
j.p.o.k.-m (POAGs) n = 67	45	22	21	70	52,29 ± 12,57
j.p.o.k.-d (POAGI) n = 73	55	18	23	74	51,71 ± 13,56

Wyniki

Pole widzenia

Wyniki badania pola widzenia w postaci zestawienia wartości parametru MD w badanych grupach (j.p.o.k.-m i j.p.o.k.-d) są przedstawione w tabeli 2. Nie wykazano statystycznie istotnych różnic wartości MD między grupami j.p.o.k.-m i j.p.o.k.-d. Obie grupy pacjentów z jaskrą prezentowały więc porównywalny stopień zaawansowania zmian perymetrycznych.

Planimetria tarczy nerwu wzrokowego

Wyniki analizy porównawczej parametrów morfometrycznych t.n.w. dla obu grup (j.p.o.k.-d i j.p.o.k.-m) przedstawiono w tabeli 3.

Korelacje między wynikami pola widzenia a parametrami planimetrycznymi tarczy nerwu wzrokowego

Analizie został poddany stopień korelacji wartości wskaźnika MD pola widzenia z wybranymi parametrami morfometrycznymi t.n.w.: RA, RD,

Tabela 2. Wartości MD [dB] w obu grupach pacjentów

Table 2. MD values [dB] in examined groups

	j.p.o.k.-m POAGs n = 67	j.p.o.k.-d POAGI n = 73
Min	1,50	1,60
Maks. (max)	9,90	9,90
Średnie ± SD (Mean ± SD)	4,26 ± 2,16	4,75 ± 2,46

Tabela 3. Porównanie wartości parametrów planimetrycznych t.n.w. w obu grupach

Table 3. Optic disc planimetric parameters in examined groups

	j.p.o.k.-m POAGs n = 67			j.p.o.k.-d POAGI n = 73		
	maks. (max)	min	średnie ± SD (mean ± SD)	maks. (max)	min	średnie ± SD (mean ± SD)
DA (mm ²)	2,48	1,22	2,07 ± 0,31	4,20	2,51	2,99 ± 0,40
RA (mm ²)	1,63	0,75	1,20 ± 0,19	1,72	0,74	1,29 ± 0,21
RD (mm ²)	0,90	0,08	0,45 ± 0,18	1,12	0,06	0,48 ± 0,21
CDRH	0,79	0,44	0,63 ± 0,08	0,88	0,58	0,75 ± 0,05
CDRV	0,82	0,40	0,65 ± 0,09	0,92	0,65	0,77 ± 0,06
CDRA	0,64	0,17	0,41 ± 0,10	0,79	0,39	0,56 ± 0,08

Tabela 4. Wartości współczynnika Pearsona określające stopień korelacji parametrów planimetrycznych ze wskaźnikiem MD w obu grupach

Table 4. Pearson's coefficient values representing correlations between MD and various optic disc planimetric parameters in examined groups

	RA	RD	CDRH	CDRV	CDRA	CDRQ
j.p.o.k.-m (POAGs)	-0,59*	0,57*	0,22	0,22	0,27	-0,02
j.p.o.k.-d (POAGI)	-0,77*	0,76*	0,54*	0,71*	0,65*	-0,25

* $p < 0,001$.

CDRH, CDRV i CDRA. Obliczenia wykonano dla każdej z badanych grup. W grupie j.p.o.k.-m wartość wskaźnika MD wykazywała statystycznie znamienne korelacje z dwoma wskaźnikami planimetrycznymi: RA i RD. W grupie j.p.o.k.-d takie korelacje występowały dla pięciu parametrów planimetrycznych: RA, RD, CDRV, CDRA i CDRH. W tabeli 4 przedstawiono wartości współczynnika korelacji Pearsona dla MD i poszczególnych parametrów planimetrycznych tarczy nerwu wzrokowego w grupach j.p.o.k.-m i j.p.o.k.-d. W obu grupach najwyższy stopień korelacji wykazywał parametr RA, a następnie parametr RD. Korelacje morfologiczno-funkcjonalne były znacznie silniejsze w grupie j.p.o.k.-d niż w grupie j.p.o.k.-m.

Graficzną interpretację wzajemnej zależności między RA i MD w grupie j.p.o.k.-m przedstawiono na rycinie 2, a w grupie j.p.o.k.-d – na rycinie 3. W obu przypadkach regresja jest najbardziej zbliżona do ujemnej funkcji liniowej ($y = b - ax$). Wzajemną zależność między RD i MD w grupie j.p.o.k.-m obrazuje rycina 4, a w grupie j.p.o.k.-d – rycina 5. Tutaj regresja jest zbliżona najbardziej do dodatniej funkcji liniowej ($y = b + ax$).

Omówienie

Odpowiednio wczesne postawienie rozpoznania nie jest jedynym zadaniem lekarza okulisty badającego chorego na jaskrę. Istotne jest także stałe monitorowanie postępu choroby, szczególnie w okresie pojawiania się uszkodzeń funkcjonalnych, tzn. w fazie perymetrycznej. Pozwala to na ocenę skuteczności prowadzonej terapii, aby w razie potrzeby można było odpowiednio wcześniej zmienić strategię leczenia. Do tego celu służą badania funkcjonalne (głównie perymetria statyczna) oraz techniki morfometryczne, do których należy cyfrowa planimetria t.n.w.

Na wyniki perymetrii statycznej, typowego badania podmiotowego, może wpływać wiele czynników pochodzenia wewnętrznego i zewnę-

trznego. Należą do nich: wiek i ogólny stan zdrowia pacjenta, motywacja, warunki zewnętrzne (np. temperatura, hałas, wcześniej wykonywane badania, pora dnia), współistniejące schorzenia okulistyczne (zwłaszcza zmniejszające przezierność ośrodków optycznych), refrakcja, średnica źrenicy i inne. Czynniki te mogą powodować znaczne fluktuacje wyników, nawet u tej samej osoby badanej w krótkich odstępach czasu.

Techniki oceny strukturalnej t.n.w. mają charakter przedmiotowy i są niezależne od większości wyżej wymienionych czynników. Stanowi to o ich pewnej przewadze nad badaniami psychofizjologicznymi [16]. Wielu autorów prowadziło badania dotyczące korelacji między cechami morfologicznymi tarczy i wskaźnikami pola widzenia [3, 10, 13, 16–18]. Ich istotą było poszukiwanie optymalnie czulej i dającej powtarzalne wyniki metody monitorowania pacjentów z jaskrą oraz określenie, które parametry morfometryczne tarczy najlepiej odzwierciedlają postęp zmian funkcjonalnych. Podobne cele postawili autorzy pracy, przy czym postanowili dodatkowo ocenić wpływ wielkości t.n.w. na korelacje morfologiczno-funkcjonalne występujące we wczesnych i średnio zaawansowanych stadiach jaskry. W badaniach uwzględniono tylko jeden wskaźnik pola widzenia – średni ubytek czułości siatkówki na światło (MD), który określa w sposób ilościowy stopień uszkodzenia całego pola widzenia.

Spośród wszystkich analizowanych parametrów planimetrycznych tarczy nerwu wzrokowego najwyższy poziom korelacji z MD wykazywała wartość powierzchni pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RA) (tab. 4). Dotyczyło to zarówno chorych z małymi, jak i dużymi tarczami. Współczynniki korelacji wynosiły, odpowiednio: -0,59 w grupie j.p.o.k.-m i -0,77 w grupie j.p.o.k.-d. Ujemna wartość współczynników świadczy o odwrotnie proporcjonalnej zależności: im mniejszy RA, tym większy MD. Niewiele niższy poziom korelacji z MD wykazywała w obu grupach wartość szacunkowego ubytku pierścienia nerwowo-siatkówkowego (RD). Współczynniki korelacji wynosiły tu, odpowiednio: 0,57 dla j.p.o.k.-m oraz 0,76 dla j.p.o.k.-d. Ich dodatnia wartość wskazuje na istnienie zależności wprost proporcjonalnej: im większy RD, tym większy MD. Oznacza to, że parametry morfometryczne określające bezwzględną i względną zawartość tkanki nerwowej w obszarze wewnątrztraczowym lepiej odzwierciedlają stopień uszkodzenia funkcjonalnego niż bezjednostkowe wartości różnych współczynników c/d.

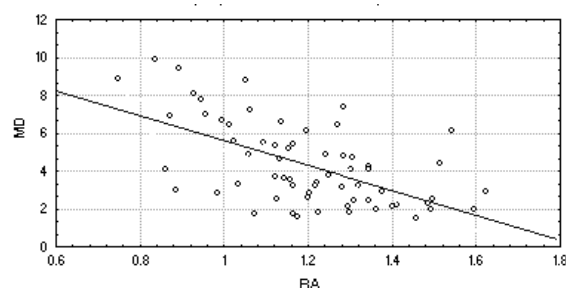
Również inni autorzy zwrócili uwagę na wysoki poziom korelacji powierzchni pierścienia nerwowo-siatkówkowego ze wskaźnikami uszkodzenia pola widzenia [3, 10, 13, 16–18]. Guthauser et al.

uzyskali wartość współczynnika korelacji między MD i RA na poziomie $-0,58$ [18]. W badaniach Jonasa et al. wynosiła $-0,66$ dla RA i $0,67$ dla RD [13]. W polskim piśmiennictwie Gierek-Łapińska et al. przedstawili bezwzględną wartość współczynnika korelacji między RA i MD równą nawet $0,847$ [17]. Różnice między wynikami uzyskanymi przez poszczególnych autorów mogą być spowodowane różną liczebnością badanych grup chorych, zastosowaniem odmiennych metod analizy morfometrycznej tarczy lub różnych strategii badania pola widzenia, a także wieloma innymi czynnikami. Omawiając te różnice w kontekście uzyskanych wyników należy jeszcze dodać, że w badaniu własnym autorzy analizowali dwie odrębne grupy chorych, wyróżnione na podstawie kryterium wielkości tarczy nerwu wzrokowego. Z badań wyeliminowano ponadto pacjentów z zaawansowanym uszkodzeniem pola widzenia, jako grupę potencjalnie mało wiarygodną. Wyniki odnoszą się więc do zawężonych i ściśle zdefiniowanych grup pacjentów z perymetryczną j.p.o.k.

Jonas et al. stwierdzili, że zależność między RA i MD jest najbardziej zbliżona do ujemnej funkcji logarytmicznej [13]. Przeprowadzona przez autorów analiza wzajemnej zależności między

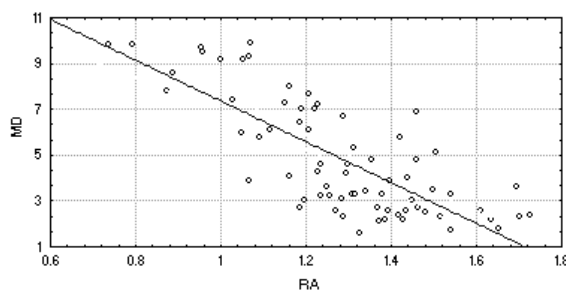
MD i RA w obu grupach chorych na jaskrę wykazała istnienie korelacji najbardziej zbliżonej do ujemnej funkcji liniowej: $y = b - ax$. Również wzajemna zależność między RD i MD była najbardziej zbliżona do funkcji liniowej, ale w tym przypadku dodatniej: $y = b + ax$. Najbardziej prawdopodobną przyczyną tej różnicy jest to, że badania prowadzone przez Jonasa et al. dotyczyły pacjentów o bardzo dużym zaawansowaniu zmian chorobowych: od początkowych po jaskrę prawie dokonaną. Badania własne nie obejmowały chorych z zaawansowanymi stadiami uszkodzeń jaskrowych w polu widzenia.

Porównując wartości współczynników korelacji zawarte w tabeli 4 można zauważyć, że w grupie j.p.o.k.-d więcej parametrów morfometrycznych wykazuje statystycznie istotne zależności z MD niż w grupie j.p.o.k.-m. Poza tym w grupie j.p.o.k.-d stwierdzono wyższy niż w grupie j.p.o.k.-m poziom korelacji dla wszystkich parametrów planimetrycznych tarczy (tab. 4). Wynika z tego, że zależność między „strukturą i funkcją” jest bardziej wyraźna u chorych z dużymi t.n.w. Dla tej grupy pacjentów metody morfometryczne i psychofizjologiczne mają więc podobną wartość w ocenie dynamiki postępu choroby i mogą być,



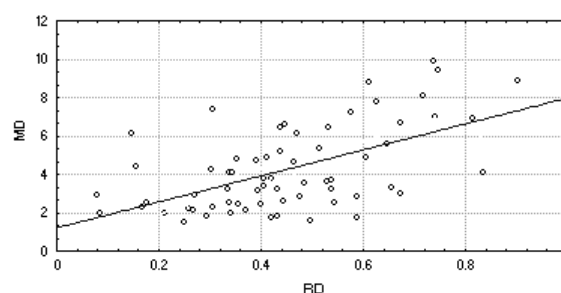
Ryc. 2. Regresja MD względem RA w grupie j.p.o.k.-m; $MD = 12,182 - 6,58 \times RA$ ($p < 0,001$)

Fig. 2. MD versus RA regression in POAGs; $MD = 12.182 - 6.58 \times RA$ ($p < 0.001$)



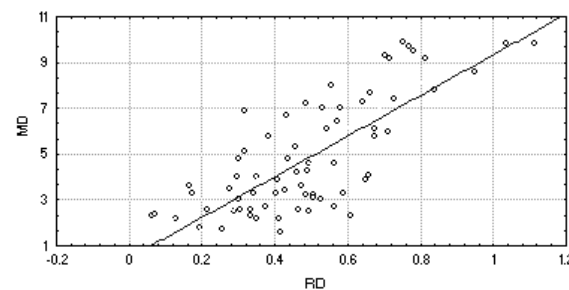
Ryc. 3. Regresja MD względem RA w grupie j.p.o.k.-d; $MD = 16,255 - 8,90 \times RA$ ($p < 0,001$)

Fig. 3. MD versus RA regression in POAGs; $MD = 16.255 - 8.90 \times RA$ ($p < 0.001$)



Ryc. 4. Regresja MD względem RD w grupie j.p.o.k.-m; $MD = 1,20 + 6,78 \times RD$ ($p < 0,001$)

Fig. 4. MD versus RD regression in POAGs; $MD = 1.20 + 6.78 \times RD$ ($p < 0.001$)



Ryc. 5. Regresja MD względem RD w grupie j.p.o.k.-d; $MD = 0,46 + 8,87 \times RD$ ($p < 0,001$)

Fig. 5. MD versus RD regression in POAGs; $MD = 0.46 + 8.87 \times RD$ ($p < 0.001$)

do pewnego stopnia, stosowane zamiennie. U chorych z małymi t.n.w. zależność między „strukturą i funkcją” nie są już tak ściśle.

Jak już wcześniej wspomniano, regresja MD względem RA w obu grupach chorych była najbardziej zbliżona do ujemnej funkcji liniowej: $y = b - ax$ (ryc. 2 i 3). Na podstawie porównania wartości bezwzględnych współczynnika a w obu grupach (6,58 dla j.p.o.k.-m; 8,90 dla j.p.o.k.-d) można stwierdzić, że większy kąt nachylenia linii trendu względem osi odciętych występuje w grupie j.p.o.k.-d. Wynika z tego, że określony ubytek wartości RA zawsze powoduje mniejszy przyrost wartości MD na rycinie 2 (j.p.o.k.-m) niż na rycinie 3 (j.p.o.k.-d). Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku porównania wykresów regresji MD względem RD – kąt nachylenia linii trendu jest większy w grupie j.p.o.k.-d niż w grupie j.p.o.k.-m (ryc. 4 i 5). Płynie stąd wniosek, że w przypadku

małych t.n.w. analiza morfometryczna daje nieco większą, niż badanie pola widzenia, szansę wykrycia postępu zmian chorobowych.

Bartz-Schmidt et al. stwierdzili, że trudniej jest monitorować przebieg jaskry za pomocą technik planimetrycznych w tarczach o wyjściowo dużych zagłębieniach [19]. Biorąc pod uwagę wprost proporcjonalną zależność między wielkością zagłębienia i tarczy [4, 7, 14, 15], takie spostrzeżenie pozostaje w zgodzie z wynikami badań własnych. Badania morfometryczne tarczy mają więc szczególne znaczenie w monitorowaniu dynamiki jaskry w przypadku małych t.n.w. Warto jednak dodać, że uwzględniając złożoność patomechanizmów występujących w jaskrze, podobnie jak inni badacze [17, 18], autorzy niniejszego artykułu uważają za uzasadnione monitorowanie przebiegu choroby zarówno na podstawie badań strukturalnych, jak i funkcjonalnych.

Piśmiennictwo

- [1] **Spaeth GL:** Development of glaucomatous changes of the optic nerve. In: The optic nerve in glaucoma. Eds.: Varma R, Spaeth GL, Parker KW: J.B. Lippincott Company, Philadelphia 1993, 63–82.
- [2] **Douglas GR:** Planimetry. In: The optic nerve in glaucoma. Eds.: Varma R, Spaeth GL, Parker KW: J.B. Lippincott Company, Philadelphia 1993, 185–192.
- [3] **Balazsi AG, Drance SM, Schulzer M, Douglas GR:** Neuroretinal rim area in suspected glaucoma and early open-angle glaucoma. Correlation with parameters of visual function. Arch Ophthalmol 1984, 102, 1011–1014.
- [4] **Britton RJ, Drance SM, Schulzer MD, Douglas GR, Mawson DK:** The area of the neuroretinal rim of the optic nerve in normal eyes. Am J Ophthalmol 1987, 103, 497–504.
- [5] **Cloux-Fey U, Gloor B, Jaeggi P, Hendrickson P:** The papilla and visual field in glaucoma. Relation between planimetrically determined papilla and visual field changes. Klin Monatsbl Augenheilkd 1986, 189, 92–103.
- [6] **Czechowicz-Janicka K, Raczkowska M:** Cyfrowy przetwornik obrazów zastosowany do oceny wnęki i tarczy nerwu wzrokowego chorych na jaskrę. Klin Oczna 1978, 48, 275–277.
- [7] **Jonas JB, Gusek GC, Naumann GOH:** Optic disc, cup and neuroretinal rim size, configuration, and correlations in normal eyes. Invest Ophthalmol Vis Sci 1988, 29, 1151–1158.
- [8] **Stromland K, Hellstrom A, Gustavsson T:** Morphometry of the optic nerve and retinal vessels in children by computer-assisted image analysis of fundus photographs. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol 1995, 233, 150–153.
- [9] **Stürmer J, Schaer-Stoller F, Gloor B:** Papillenausmessung mit planimetrie und "Optic Nerve Head Analyzer" bei glaukom und glaukomverdacht. I. Vergleich der beiden meßmethoden. Klin Monatsbl Augenheilkd 1989, 195, 297–307.
- [10] **Szelepin Ł, Ćwirko M, Niżankowska MH, Koziorowska M:** Współzależność pomiędzy cechami morfologicznymi tarczy nerwu wzrokowego badanymi planimetrycznie a zmianami w polu widzenia u chorych na jaskrę. Klin Oczna 1997, 99, 115–119.
- [11] **Varma R, Douglas GR, Steinmann WC, Wijsman K, Mawson D, Spaeth GL:** A comparative evaluation of three methods of analyzing optic disc tomography. Ophthalmol Surg 1989, 20, 813–819.
- [12] **Bengtsson B:** The variation and covariation of cup and disc diameters. Acta Ophthalmol 1976, 54, 804–818.
- [13] **Jonas JB, Gründler AE:** Correlation between mean visual field loss and morphometric optic disk variables in the open-angle glaucomas. Am J Ophthalmol 1997, 124, 488–497.
- [14] **Jonas JB, Zäch FM, Gusek GC, Naumann GOH:** Pseudoglaucomatous physiologic large cups. Am J Ophthalmol 1989, 107, 137–144.
- [15] **Ramrattan RS, Wolfs RCW, Hofman A, de Jong PTVM:** Are gender differences in disc and rim area due to differences in refractive error or height? The Rotterdam Study. ARVO Abstract. Invest Ophthalmol Visc Sci 1997, Suppl., 38, S824.
- [16] **Jonas JB, Gusek GC, Naumann GOH:** Optic disc morphometry in chronic primary open-angle glaucoma. II. Correlation of the intrapapillary parameters to visual field indices. Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol 1988, 226, 531–538.
- [17] **Gierek-Łapińska A, Janiec S, Rzendkowski M, Szymański A, Błażejewska-Meller G:** Porównanie wartości średniego odchylenia progu czułości siatkówki w teście progowym perimetrii statycznej z wybranymi parametrami biomorfometrycznymi tarczy nerwu wzrokowego w oczach z jaskrą prostą. Klin Oczna 1997, 99, 7–10.

- [18] **Guthauser U, Flammer J, Niesel P:** The relationship between the visual field and the optic nerve head in glaucomas. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 1987, 225,129–132.
- [19] **Bartz-Schmidt KU, Sundtgen M, Widder RA, Weber J, Kriegelstein GK:** Limits of two-dimensional planimetry in the follow-up of glaucomatous optic discs. *Graefe's Arch Clin Ex Ophthalmol* 1995, 233 284–290.

Adres do korespondencji:

Łukasz Szelepin
Katedra i Klinika Okulistyki AM
ul. Chałubińskiego 2a
50-368 Wrocław

Praca wpłynęła do Redakcji: 4.02.2005 r.

Po recenzji: 15.03.2005 r.

Zaakceptowano do druku: 15.03.2005 r.

Received: 4.02.2005

Revised: 15.03.2005

Accepted: 15.03.2005