

(43)

Przeptyw krwi w naczyniach zaopatrujących gałkę oczną u osób z krótkowzrocznością degeneracyjną. Część II. Przeptyw krwi w tętnicy środkowej siatkówki

Blood flow in vessels supplying the eye in persons with degenerative myopia. Part II. Blood flow in the central retinal artery

Anna Bryl¹, Małgorzata Mrugacz^{1,2}, Zofia Mariak³

¹ Samodzielna Pracownia Rehabilitacji Narządu Wzroku Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku
Kierownik: dr hab. n. med. Małgorzata Mrugacz

² Klinika Okulistyki Dziecięcej Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Alina Bakunowicz-Łazarczyk

³ Klinika Okulistyki Uniwersytetu Medycznego w Białymstoku
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Zofia Mariak

Streszczenie:

Cel: ocena parametrów przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki u osób krótkowzrocznych w zależności od rozległości i stopnia zaawansowania zmian zwyrodnieniowych na dnie oczu.

Metody: badaniem prospektywnym objęto 70 osób dotkniętych krótkowzrocznością (w wieku od 18 do 79 lat – $44,9 \pm 18,3$), u których długość gałek ocznych wynosiła od 22,61 mm do 33,36 mm ($27,9 \pm 5,37$). Uwzględniając rodzaj retinopatii krótkowzrocznej i stopień jej nasilenia, pacjentów podzielono na 4 grupy: I – pacjenci bez zmian zwyrodnieniowych dna oka ($n = 32$; K – 23, M – 9), II – pacjenci z zanikiem naczyniówkowo-siatkówkowym przy tarczy nerwu wzrokowego ($n = 20$; K – 14, M – 6), III – pacjenci z rozrzedzoną strukturą siatkówki, towarzyszącą sierpowi krótkowzrocznemu ($n = 8$; K – 6, M – 2), IV – pacjenci z rozległymi zanikami naczyniówkowo-siatkówkowymi w biegunie tylnym ($n = 10$; K – 7, M – 3). Przepływ krwi w tętnicy środkowej siatkówki oceniano metodą kolorowej ultrasonografii dopplerowskiej, aparatem Toshiba Aplio SSA z głowicą o częstotliwości 12 MHz. Określano: prędkości maksymalną (Vmax), minimalną (Vmin), średnią (Vm), wskaźnik oporu (RI) i pulsacji (PI). Różnice weryfikowano statystycznie za pomocą analizy wariancji oraz współczynnika korelacji Spearmana, kiedy poziom istotności wynosił $p < 0,05$.

Wyniki: stopień zaawansowania zmian zwyrodnieniowych siatkówki istotnie korelował z przepływem krwi w tętnicy środkowej siatkówki. Kiedy wskaźniki Vmax, Vmin, Vm były obniżone, a RI i PI podwyższone, w oczach prawych i lewych obserwowano znacząco bardziej zaawansowane i rozległe zmiany zwyrodnieniowe siatkówki.

Wnioski: rozległość procesów zwyrodnieniowych siatkówki w oczach krótkowzrocznych i stopień ich zaawansowania są wprost proporcjonalne do pogarszania się jakości przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki. Ta zależność może być postrzegana jako wyjaśnienie patomechanizmu powstawania retinopatii krótkowzrocznej oraz jej rozwoju.

Słowa kluczowe:

zmiany zwyrodnieniowe dna oka, tętnica środkowa siatkówki, CD – ultrasonografia.

Abstract:

Purpose: To analyse the blood flow parameters in the central retinal artery (CRA) of myopic patients depending on the severity of the degenerative changes in ocular fundi.

Methods: 70 myopic subjects, aged 18 to 79 years, with the axial ocular length ranging between 22.61 and 33.36 mm (27.9 ± 5.37) were examined. According to the extent and severity of degenerative lesion progression, patients were divided into 4 groups: I – no degenerative changes on the fundus ($n = 32$; K – 23, M – 9), II – myopic crescent ($n = 20$; K – 14, M – 6), III – retinal thinning accompanying the myopic crescent ($n = 8$; K – 6, M – 2), IV – extensive chorioretinal atrophy in the fundus ($n = 10$; K – 7, M – 3). Blood flow parameters in the central retinal artery were determined using Doppler Color ultrasonography (Aplio SSA, Toshiba), with the 12 MHz probe. The following, standard parameters were analysed: maximum (Vmax), minimum (Vmin) and mean (Vm) velocity at systole, resistive index (RI) and pulsation index (PI). The differences were analysed statistically using the variance analysis and the Spearman's rank correlation coefficient, with the $p < 0.05$ assumed as statistically significant.

Results: The severity of degenerative retinal changes correlated with the blood flow in CRA. At lowered Vmax, Vmin, Vm accompanying the elevated RI and PI the lesions progressed rapidly and were considerably more advanced and extensive.

Conclusions: The extent and severity of degenerative processes within the myopic retina are directly proportional to blood flow deterioration in the central retinal artery. This association can explain the development and progression of myopic retinopathy.

Key words:

degenerative fundus lesions, central retinal artery (CRA), colour Doppler ultrasonography.

Wstęp

Rozwój procesów zwyrodnieniowych na dnie oczu często towarzyszy krótkowzroczności, niezależnie od stopnia zaawansowania tej wady (1, 2). Oznacza to, że badanie oftalmoskopowe może uwidaczniać zarówno różnie nasilone zmiany patologiczne, kiedy stopień krótkowzroczności jest mały, jak też zmiany niewielkie, kiedy krótkowzroczność jest średnia, a czasami nawet znaczna. Związek między zaawansowaniem wady, wyrażonym długością osiową gałki ocznej, a rozwojem procesów degeneracyjnych na dnie oczu nie ma więc charakteru wprost proporcjonalnego. Nawet odwarstwienia siatkówki, jako następstwo jej uszkodzeń degeneracyjnych, często powstają w oczach dotkniętych wadami małą albo średnią, a nie wysoką. Poza mechanicznym rozciąganiem powłok ocznych zatem muszą istnieć inne przyczyny, które indukują rozwój zmian zwyrodnieniowych. Dane pochodzące z piśmiennictwa na ten temat, stosunkowo skromne, pozwalają poddać się pewnym sugestiom, wskazującym, że mechanizm ma charakter naczyniowy (1–7). Wydaje się, że zaburzenia hemodynamiki krążenia w naczyniach doprowadzających krew do siatkówki i błony naczyniowej oczu są niezwykle prawdopodobnym powodem powstawania zwyrodnień siatkówkowych w przebiegu krótkowzroczności. Funkcjonowanie takiego mechanizmu nie zostało jednak do końca potwierdzone. Pisaliśmy na ten temat wcześniej w kontekście jego powiązania z długością gałek ocznych (5–7), ale nie udało się nam jednoznacznie udowodnić roli tego patomechanizmu w rozwoju retinopatii.

W pierwszej części pracy próbowaliśmy określić, jaka jest rola tętnicy ocznej. Okazało się, że znaczenie tego dość odległego od siatkówki, choć anatomicznie kluczowego, naczynia w powstawaniu zwyrodnień krótkowzrocznych nie jest ewidentne. W drugiej części pracy zarejestrowaliśmy relacje, które mogą potencjalnie zachodzić między jakością przepływu krwi w naczyniu bezpośrednio zaopatrującym siatkówkę w krew a stadiami zaawansowania procesów zwyrodnieniowych na dnie oczu.

Materiał i metody

Po uzyskaniu zgody uczelnianej Komisji Bioetycznej przebadano grupę 70 osób dotkniętych krótkowzrocznością, w tym 53 kobiety (75,7%) oraz 17 mężczyzn (24,3%) w wieku od 18 do 79 lat ($44,9 \pm 18,3$), będących pacjentami Kliniki Okulistyki oraz Poradni Przyklinicznej Samodzielnego Publicznego Uniwersyteckiego Szpitala Klinicznego w Białymstoku (tab. I).

Grupa I/ Group I n = 32		Grupa II/ Group II n = 20		Grupa III/ Group III n = 8		Grupa IV/ Group IV n = 10	
K	M	K	M	K	M	K	M
23	9	14	6	6	2	7	3

Tab. I. Badana grupa 70 pacjentów: K – kobieta, M – mężczyzna.
Tab. I. The study group of 70 patients: K – woman, M – man.

Zakwalifikowani do badania pacjenci byli ogólnie zdrowi, ale obciążeni wadą krótkowzroczną, rozpoznawaną na podstawie pomiaru długości gałki ocznej wykonywanego za pomocą ultrasonografii w projekcji A (EZScan AB-5500) oraz potwierdzoną autorefraktometrem Topcon KR 9800 po porażeniu akomodacji 1% Tropicamidem. W zależności od charakteru zmian zwyrodnieniowych na dnie oczu i ich rozległości wyodrębniono cztery

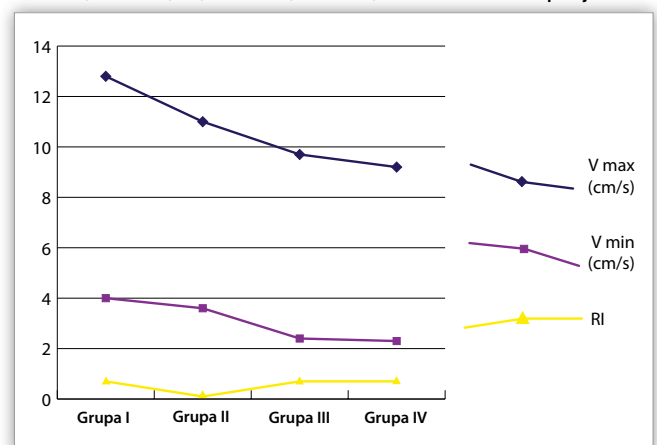
grupy pacjentów. W grupie I (n = 32; K – 23, M – 9) znaleźli się pacjenci w wieku od 21 do 67 lat (\bar{x} 34,5 \pm 15,2), u których nie stwierdzono zmian zwyrodnieniowych. Grupę II (n = 20; K – 14, M – 6) utworzyły osoby w wieku od 18 do 79 lat (\bar{x} 35,7 \pm 16,3), u których występował sierp krótkowzroczny przy tarczy nerwu wzrokowego. Grupę III (n = 8; K – 6, M – 2) utworzyły osoby w wieku od 29 do 65 lat (\bar{x} 49 \pm 12,35), u których sierpowi krótkowzrocznemu towarzyszyła rozrzedzona struktura siatkówki. Do grupy IV (n = 10; K – 7, M – 3) zakwalifikowano chorych, u których w biegunie tylnym dodatkowo występowały rozległe zaniki naczyńkowo-siatkówkowe. Były to osoby w wieku od 18 do 73 lat (\bar{x} 52,9 \pm 16,43).

Do badania przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki (TŚS) wykorzystywano metodę USG Color Doppler w projekcji B aparatem Toshiba Aplio SSA 770A z sondą liniową 12 MHz. Badanie pozwalało uwidocznic TŚS w obrębie hipoechogenego obszaru, który odpowiada nerwowi wzrokowemu. We wszystkich pomiarach kąt między wiązką dopplerowską a osią naczynia nie przekraczał 15°. Aby uzyskać bardziej obiektywne wyniki, wszystkie pomiary wykonywano trzykrotnie, a otrzymane wartości uśredniano. Ze względu na zróżnicowanie anatomiczne układów tętniczych obojga oczu oddzielnie badano naczynia po stronach prawej i lewej, a obliczenia statystyczne przeprowadzono na podstawie wyników badań 70 oczu prawych i 68 lewych.

Oceniano następujące parametry przepływu krwi: prędkość maksymalną – Vmax, prędkość minimalną – Vmin, prędkość średnią – Vm, współczynnik oporu – RI, współczynnik pulsacji – PI. Do oceny statystycznej wybrano analizę wariancji oraz współczynnik korelacji Spearmana – wartości powyżej 0,5 uznano za korelację wysoką. Hipotezy statystyczne weryfikowano na poziomie istotności $p < 0,05$, używając pakietu statystycznego Statistica 6.0 firmy StatSoft.

Wyniki

U 38 osób – 54,3% – (31 K, 7 M) długość osiowa gałki ocznej była mniejsza niż 26 mm. U 11 osób – 15,7% – (7 K, 4 M) wynosiła więcej niż 28 mm. U 21 osób – 30% – (15 K, 6 M) wymiary osiowe gałki ocznej mieściły się w granicach od 26 mm do 28 mm. Długości gałek ocznych (mm) w poszczególnych grupach wynosiły średnio: I – 24,7 \pm 1,09, II – 26,24 \pm 1,44, III – 26,97 \pm 2,14, IV – 28,75 \pm 1,12. Średni wiek pacjentów



Ryc. 1. Zilustrowane różnice w przepływie krwi przez TŚS u pacjentów z poszczególnych grup badawczych.

Fig. 1. Blood flow parameter changes in CRA in individual study groups.

	Grupa I/ Group I		Grupa II/ Group II		Grupa III/ Group III		Grupa IV/ Group IV		p
	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	
Vmax	12,18	3,65	10,99	2,71	9,60	2,61	9,07	2,21	0,002
Vmin	3,94	1,74	3,54	0,92	2,49	1,11	2,42	1,02	0,017
Vm	6,83	2,10	6,32	1,56	5,32	1,14	5,00	1,21	0,020
PI	1,18	0,29	1,17	0,21	1,30	0,43	1,35	0,41	0,470
RI	0,67	0,08	0,66	0,06	0,72	0,11	0,72	0,12	0,414

Tab. II. Przepływ krwi przez TŚS u pacjentów z poszczególnych grup (cm/sek).

SD – odchylenie standardowe, p – poziom istotności statystycznej.

Tab. II. Blood flow in the CRA in individual groups (cm/sec).

SD – standard deviation, p – statistical significance level.

	Grupa I/ Group I		Grupa II/ Group II		Grupa III/ Group III		Grupa IV/ Group IV		p
	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	
Vmax	11,47	3,14	10,87	3,11	9,57	4,11	8,94	1,89	0,001
Vmin	3,70	1,69	3,56	0,91	1,77	1,49	1,96	1,18	0,001
Vm	6,73	2,25	6,37	1,71	5,05	1,55	4,64	1,02	0,020
PI	1,20	0,29	1,13	0,21	1,52	0,63	1,54	0,61	0,012
RI	0,68	0,08	0,66	0,06	0,79	0,14	0,75	0,15	0,005

Tab. III. Przepływ krwi przez prawą TŚS u pacjentów z poszczególnych grup (cm/sek).

SD – odchylenie standardowe, p – poziom istotności statystycznej.

Tab. III. Blood flow parameters in the right CRA in individual groups (cm/sec).

SD – standard deviation, p – statistical significance level.

	Grupa I/ Group I		Grupa II/ Group II		Grupa III/ Group III		Grupa IV/ Group IV		p
	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	Średnia/ Mean	SD	
Vmax	12,90	4,17	11,12	2,31	9,64	1,11	9,21	2,53	0,004
Vmin	4,19	1,80	3,53	0,93	3,22	0,74	2,88	0,87	0,033
Vm	6,94	1,95	6,28	1,41	5,59	0,74	5,37	1,41	0,024
PI	1,17	0,30	1,21	0,22	1,14	0,24	1,17	0,21	0,929
RI	0,66	0,09	0,67	0,06	0,65	0,07	0,68	0,08	0,824

Tab. IV. Parametry przepływu krwi przez lewą TŚS u pacjentów z poszczególnych grup (cm/sek).

SD – odchylenie standardowe, p – poziom istotności statystycznej.

Tab. IV. Blood flow parameters in the left CRA in individual groups (cm/sec).

SD – standard deviation, p – statistical significance level.

	WS		P	
	OP	OL	OP	OL
Vmax	-0,27	-0,42	0,028	0,001
Vmin	-0,33	-0,28	0,006	0,024
Vm	-0,35	-0,33	0,003	0,007
PI	0,14	0,01	0,256	0,928
RI	0,33	0,00	0,006	0,970

Tab. V. Statystyczna weryfikacja różnic w przepływie krwi przez TŚS po stronach prawej i lewej.

WS – współczynnik korelacji Spearmana, P – istotność korelacji, OP – oko prawe, OL – oko lewe.

Tab. V. Statistical analysis of differences in the blood flow through the right and left CRAs.

WS – Spearman's rank correlation coefficient, P – correlation significance, OP – right eye, OL – left eye.

z grup I i II był zbliżony. W grupach III i IV średnia wieku pacjentów była wyższa, chociaż w obu tych grupach znalazły się też osoby młode. Szczegółowe wyniki pomiarów przepływu krwi w TŚS z uwzględnieniem weryfikacji statystycznej różnic zestawiono w tabelach II–V oraz zobrazowano na rycinie 1.

Parametry przepływu krwi przez TŚS istotnie korelowały ze stopniem zaawansowania zmian zwyrodnieniowych na dnie oczu. W miarę pogarszania się jakości przepływu obserwowano bardziej intensywne procesy degeneracyjne siatkówki. Analogiczne zależności odnotowano w TŚS prawych i w lewych, przy czym zmiany po stronie lewej były bardziej nasilone. Wraz ze stopniem zaawansowania zmian zwyrodnieniowych wzrastały współczynniki oporu i pulsacji, bardziej po stronie prawej.

Omówienie

Tętnica środkowa siatkówki jest kluczową dla narządu wzroku gałęzią tętnicy ocznej, która zaopatruje wewnętrzne, sensoryczne warstwy siatkówki (8). Jej odgałęzienia biegną powierzchownie w warstwie włókien nerwowych i są naczyniami końcowymi, oznacza to, że nie zespala się ze sobą i nie są w stanie formować krążenia obocznego. Według uzyskanych wyników gorszy przepływ krwi przez to naczynie determinował w pewnym sensie narastanie krótkowzrocznych zmian zwyrodnieniowych na dnie oczu.

Ogólnie uważa się, że prędkość krwi przepływającej przez naczynia zmniejsza się wraz z wiekiem pacjenta (9, 10). Jednakże opinie autorów na temat wpływu wieku na prędkość przepływu krwi przez samą TŚS są podzielone. Ustymowicz i wsp. badając prędkość przepływu krwi u osób zdrowych w różnym wieku, stwierdzili istotne statystycznie jej obniżenie na poziomie tętnicy ocznej i tętnic rzęskowych. Nie wykazali takiej zależności w odniesieniu do poziomu tętnicy środkowej siatkówki (11). Również Tołwiński i wsp. w swoich badaniach wykazali związek, jaki zachodzi między pogorszeniem przepływu krwi przez tętnicę oczną a wiekiem badanych, nie wykazali natomiast takich zależności w przypadku TŚS (12). Takie wyniki są zgodne z tymi, które uzyskali także inni autorzy (13). Aby wyeliminować potencjalny wpływ innych czynników na pogarszanie przepływu krwi, do badania zakwalifikowaliśmy jedynie osoby ogólnie zdrowe. Współistnienie chorób ogólnych, które mogą zaburzać ukrwienie organizmu, oraz nikotynizmu dyskwalifikowało pacjenta z badania. Dodatkowo, dążąc do wyeliminowania potencjalnego wpływu wieku na przepływ krwi przez tętnicę środkową siatkówki, staraliśmy się, aby analizowane grupy były do siebie zbliżone wiekowo. Średnia wieku pacjentów w grupach I i II nie różniła się istotnie (średnio 35 lat). W grupach III i IV średnia wieku była wyższa, ale znajdowały się w nich również osoby młode. Wyższa średnia wieku pacjentów z grup III i IV potwierdza, że krótkowzroczność wysoka jest chorobą postępującą wraz z wiekiem i bardziej zaawansowane zmiany degeneracyjne są obserwowane u osób starszych.

W naszych badaniach stwierdziliśmy zmiany współczynnika oporu u pacjentów z poszczególnych grup. Jego nieco wyższe wartości zaobserwowano w grupach III i IV. Zmiany te mogą wynikać z wyższej średniej wieku pacjentów z tych grup, ale przyczyną ich powstania może być także dłuższa gałka oczna. Z dostępnego piśmiennictwa wynika, że średnica odgałęzień tętnicy środkowej siatkówki zmniejsza się wraz z wydłużaniem się gałki ocznej i rozciąganiem jej powłok (3, 4). Zmniejszenie światła tętnicy i jednoczesny wzrost sztywności jej ściany prowadzą do podwyższenia oporu naczyniowego, skutkuje to spowolnieniem prędkości przepływu krwi. To obniżenie prędkości powoduje, że w danej jednostce czasu przez TŚS przepływa mniej krwi, a to prowadzi do zaburzeń ukrwienia wewnętrznych warstw siatkówki i w konsekwencji do upośledzenia jej odżywienia. Mechanizm ten może być uznany za jedną z ważnych przyczyn generowania zmian zwyrodnieniowych siatkówki w przebiegu krótkowzroczności, chociaż nie udało się w pełni udowodnić jego ścisłego, bezpośredniego powiązania z długością osiową gałki ocznej (6).

Zaobserwowaną asymetrię w jakości przepływu krwi w tętnicach prawej i lewej można tłumaczyć – podobnie jak w przypadku tętnicy ocznej – różnicami anatomicznymi w odejściu naczyń i ich przebiegu. Brak doniesień naukowych na ten temat uniemożliwia dyskusję porównawczą.

Wnioski

Rozległość procesów zwyrodnieniowych siatkówki w oczach krótkowzrocznych i ich stopień zaawansowania są wprost proporcjonalne do pogarszania się jakości przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki.

Powiązanie to można traktować jako wyjaśnienie patomechanizmu powstawania retinopatii krótkowzrocznej i jej rozwoju.

Piśmiennictwo:

1. Shimada N., Ohno-Matsui K., Harino S., Yohida T., Yasuzumi K., Kojima A. i wsp.: *Reduction of retinal blood flow in high myopia*. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2004; 242: 282–288.
2. Akçol N., Kukner A.S., Ozdemir T., Esmerlingi S.: *Choroidal and retinal blood flow changes in degenerative myopia*. Can. J. Ophthalmol. 1996; 3: 113–119.
3. Karczewicz D., Modrzejewska M.: *Ocena przepływu krwi w naczyniach krwionośnych oka u osób z krótkowzrocznością*. Suplement do Klin. Ocznej 2004; 1–2 (106): 211–213.
4. Karczewicz D.: *Badanie układu naczyniowego w oczach z krótkowzrocznością wysoką*. Roczniki PAM, Szczecin 1987, Vol. XXXIII.
5. Bryl-Przybylska A., Obuchowska I., Godlewska E., Cylwik U., Mariak Zo.: *Jakość przepływu krwi w naczyniach zaopatrujących gałkę oczną u osób z różnie zaawansowaną krótkowzrocznością. 1. Przepływ krwi w tętnicy ocznej w powiązaniu z długością gałki ocznej*. Magazyn Lekarza Okulisty 2008; 1: 18–23.
6. Bryl-Przybylska A., Obuchowska I., Godlewska E., Cylwik U., Mariak Zo.: *Jakość przepływu krwi w naczyniach zaopatrujących gałkę oczną u osób z różnie zaawansowaną krótkowzrocznością. 2. Przepływ krwi w tętnicy środkowej siatkówki w powiązaniu z długością gałki ocznej*. Magazyn Lekarza Okulisty 2008; 1: 24–29.
7. Bryl-Przybylska A., Obuchowska I., Godlewska E., Cylwik U., Mariak Zo.: *Jakość przepływu krwi w naczyniach zaopatrujących gałkę oczną u osób z różnie zaawansowaną krótkowzrocznością. 3. Przepływ krwi w tętnicach rzęskowych tylnych krótkich w powiązaniu z długością gałki ocznej*. Magazyn Lekarza Okulisty 2008; 1: 30–35.
8. Bochenek A., Reicher M.: *Anatomia człowieka*. PZWL Tom III. Warszawa 1993.
9. Kęćik T., Lewandowski P., Kęćik D.: *Metody obrazowania w okulistyce*. Alcon Warszawa 2001, str. 83.
10. Baxter G.M., Williamson T.H.: *Color Doppler imaging of the eye: normal Ganges, reproducibility, and observer variation*. J. Ultrasound. Med. 1995; 14: 91–96.
11. Ustymowicz A., Tarasów E., Krejza J., Zalewska R., Proniewska-Skrętek E.: *Parametry przepływu krwi w naczyniach oczodołu u osób zdrowych; ocena z zastosowaniem ultrasonografii dopplerowskiej*. Okulistyka 1999; 6: 20–23.
12. Tołwiński R., Tarasów E., Szulc S., Proniewska-Skrętek E., Stanekiewicz A.: *Zastosowanie kolorowej ultrasonografii dopplerowskiej do oceny przepływu w naczyniach oczodołu*. Klin. Oczna 1997; 99(6): 359–362.
13. Williamson T.H., Lowe G.D.O., Baxter G.M.: *Influence of age, systemic blood pressure, smoking, and blood velocity on orbital blood velocities*. Br. J. Ophthalmol. 1995; 79: 17–22.

Praca wpłynęła do Redakcji 02.01.2013 r. (1433)

Zakwalifikowano do druku 03.09.2013 r.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):

dr n. med. Anna Bryl
Samodzielną Pracownia Rehabilitacji Narządu Wzroku
UM w Białymstoku
ul. Waszyngtona 17, 15-274 Białystok
e-mail: anna.bryl@umb.edu.pl