



# VOLUMED®

## w Internecie

<http://www.volumed.com.pl/>

Teraz szybciej i taniej  
możesz uzyskać potrzebne wiadomości  
oraz zamówić książki i czasopisma

- ✓ nowości wydawnicze
- ✓ sprzedaż książek i archiwalnych numerów czasopism
- ✓ prenumerata czasopism
- ✓ adresy kontaktowe
- ✓ spisy treści, streszczenia artykułów i regulaminy ogłaszania prac w czasopismach naukowych:

- Acta Angiologica
- Acta Societatis Botanicorum Poloniae
- Chirurgia Polska
- Dermatologia Kliniczna i Zabiegowa
- Endokrynologia, Diabetologia i Choroby Przemiany Materii Wieku Rozwojowego
- Gastroenterologia Polska
- Hepatologia Polska
- Klinika Chorób Zakaźnych i Zakażenia Szpitalne
- Klinika Oczna
- Mikologia Lekarska
- Onkologia Polska
- Pediatria Współczesna. Gastroenterologia i Hepatologia i Żywnienie Dziecka
- Polski Przegląd Ginekologiczny
- Polski Przegląd Kardiologiczny
- Problemy HIV i AIDS
- Stomatologia Estetyczna
- Udar Mózgu

- Sekretariat • e-mail: sekretariat@volumed.com.pl
- Dział handlowy • e-mail: reklama@volumed.com.pl • e-mail: sprzedaz@volumed.com.pl
- Biuro analiz marketingowych • e-mail: analizy@volumed.com.pl

## Prace oryginalne

Klinika Oczna 1999, 101 (6): 441-444  
ISSN 0023-2157 Indeks 362 646

### Zmienność parametrów dopplerowskich przepływu krwi w środkowej tętnicy siatkówki w zależności od miejsca pomiaru

Variations of Doppler blood flow parameters in central retinal artery in relation to position of sample volume

Andrzej Ustymowicz<sup>1</sup>, Jarosław Krejza<sup>1</sup>, Eugeniusz Tarasów<sup>1</sup>, Zofia Mariak<sup>2</sup>, Ewa Proniewska-Skrętek<sup>2</sup>

**Purpose:** To determine variability in measurements of Doppler blood flow parameters in central retinal artery in relation to sample volume location from the optic disc.

**Material and method:** Eighty central retinal arteries were examined using color Doppler ultrasonography in 40 healthy volunteers (22 female, 18 male), aged 45±9 with 7.5 MHz linear-array probe. The measurements of blood velocities and resistance indices in the arteries were obtained at points where distance from optic disc surface ranged from 1.5 mm to 6 mm.

**Results:** Blood velocities increased significantly when sampled closer to the globe ( $r=0.61$ , and  $r=0.32$  for peak-systolic and end-diastolic velocities, respectively). Mean peak-systolic velocities were  $13.0\pm 2.7$  cm/s when distanced  $2.1\pm 0.46$  mm from optic disc, and  $9.3\pm 2.5$  cm/s when distanced  $4.27\pm 0.9$  mm. Mean end-diastolic velocities were  $4.3\pm 1.2$  cm/s and  $3.6\pm 1.1$  cm/s, respectively. Resistance indices inclined to increase when the distance between the measurement site and the globe shortened. Resistance indices were  $0.67\pm 0.06$  when measured closer to the globe and  $0.60\pm 0.06$  when measured farther from it.

**Conclusion:** Position of sample volume in relation to optic disc has to be taken into account and defined if measurements of blood flow Doppler parameters of the central retinal artery are to be reproducible.

**Słowa kluczowe:** ultrasonografia dopplerowska, tętnica środkowa siatkówki, hemodynamika

**Key words:** Doppler ultrasonography, central retinal artery, hemodynamics

### Wstęp

Ultrasonografia dopplerowska jest coraz częściej stosowana do oceny przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki w przebiegu wielu chorób gałki ocznej (4, 6, 10, 14). Ocena zaburzeń hemodynamicznych opiera się głównie na porównywaniu uzyskiwanych wyników

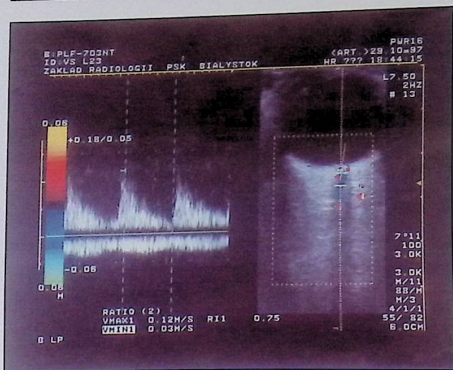
dopplerowskich do odpowiednich wartości prawidłowych. Zakres wartości referencyjnych proponowanych w piśmiennictwie jest jednak bardzo szeroki (12, 13). Tak duża rozpiętość zakresu normy wiąże się z wpływem wielu czynników na przepływ krwi w naczyniach gałki ocznej. Wśród nich wymienia się m.in. wiek i płęć, ciśnienie tętnicze krwi, hematokryt oraz palenie papierosów (3, 5, 12, 15). Technika badania ma także niemalże wpływ na wartości uzyskiwanych parametrów dopplerowskich przepływu krwi. Szczególnie miejsce uzyskiwania pomiarów w tętnicy środkowej siatkówki może wpływać na zróżnicowanie wyników (3).

W niniejszej pracy oceniono zależność parametrów dopplerowskich przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki od odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego. Wykazanie takiej zależności może przyczynić się do standaryzacji metody badania.

<sup>1</sup> Z Zakładu Radiologii AM w Białymstoku  
Kierownik: prof. dr hab. Jerzy Walecki

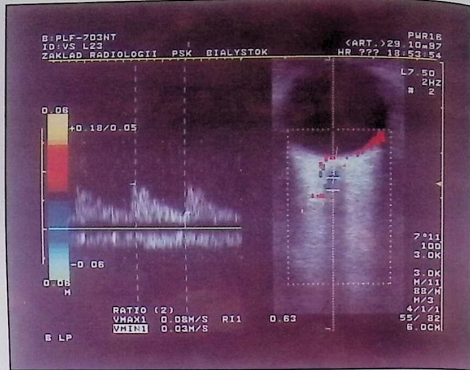
<sup>2</sup> Z Kliniki Okulistycznej AM w Białymstoku  
Kierownik: prof. dr hab. Andrzej Stankiewicz

Adres do korespondencji (Reprint requests to):  
Dr med. Andrzej Ustymowicz  
Zakład Radiologii AM  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 24a  
15-224 Białystok  
fax: (085) 652 09 86  
e-mail: jkrejza@cksr.ac.bialystok.pl



Ryc. 1. Badanie tętnicy środkowej siatkówki za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej z obrazowaniem przepływów krwi w kolorze. Widmo prędkości przepływu krwi uzyskano w odległości 2,3 mm od tarczy nerwu wzrokowego

Fig. 1. Color Doppler sonography examination of central retinal artery. Blood flow velocity spectrum is obtained at the distance of 2.3 mm from the optic disc



Ryc. 2. Badanie tętnicy środkowej siatkówki za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej z obrazowaniem przepływów krwi w kolorze. Widmo prędkości przepływu krwi uzyskano w odległości 4,4 mm od tarczy nerwu wzrokowego

Fig. 2. Color Doppler sonography examination of central retinal artery. Blood flow velocity spectrum is obtained at the distance of 4.4 mm from the optic disc

## Materiał i metodyka

Zbadano 40 zdrowych ochotników, w tym 22 kobiety i 18 mężczyzn, w wieku od 24 do 63 lat (średnio  $45 \pm 9$  lat). Każdy z ochotników został poinformowany o technice badania i wyraził zgodę na ich przeprowadzenie. Na zamknięte powieki nanoszono niewielką ilość żelu, a następnie delikatnie przykładano głowicę ultradźwiękową o częstotliwości 7,5 MHz. Najpierw uzyskiwano obraz przepływu krwi w naczyniach gałki ocznej i oczodołu, na którym identyfikowano nerw wzrokowy jako pasmo o obniżonej echogenności w stosunku do przyległej tkanki tłuszczowej. Po włączeniu opcji koloru uzyskiwano obraz przepływu krwi w naczyniach gałki ocznej i oczodołu. Tętnicy środkowej siatkówki poszukiwano w obrębie nerwu wzrokowego w odległości od 1,5 do 6 mm od jego tarczy. Przepływ krwi w tej tętnicy obrazowano w kolorze czerwonym. Na uzyskany obraz naczyń nakładano bramkę próbkującą w różnych odległościach od tarczy nerwu wzrokowego oraz dokonywano pomiaru kąta między badanym naczyniem i wiązką ultradźwiękową (ryc. 1, 2). W ten sposób korygowano uzyskane wyniki o błąd pomiaru wynikający z rozbieżności przebiegu wiązki ultradźwiękowej w stosunku do przebiegu naczyń. Widma prędkości krwi rejestrowano na taśmie wideo. Na ich podstawie obliczano, ręcznie oznaczając punkty pomiarowe na widmie, następujące parametry: prędkość maksymalną w skurczu ( $V_{max}$ ), prędkość końcowo-rozkurczową ( $V_{min}$ ) i współczynnik oporu (RI) obliczony według wzoru:

$$RI = (V_{max} - V_{min}) / V_{max}$$

Obliczono średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe i współczynnik korelacji Pearsona ( $r$ ). Zgodność rozkładu zmiennych z rozkładem normalnym badano testem Kolmogorowa-Smimowa. Hipotezę o istotności statystycznej różnicy dwóch średnich sprawdzano testem t-Studenta.

Uczelniana Komisja Etyczna zaaprobowała program badawczy.

## Wyniki

Uzyskano parametry dopplerowskie przepływu we wszystkich 80 środkowych tętnicach siatkówki. Rozkłady indywidualnych wartości tych parametrów były zgodne z rozkładem normalnym. Nie stwierdzono znamienych statystycznie różnic między parametrami uzyskanymi z tętnic po stronie lewej i prawej (test t-Studenta). Tak więc, do dalszych analiz uśredniono wyniki z obu stron. Dokonano aproksymacji krzywoliniowej indywidualnych wartości parametrów przepływu metodą najmniejszych kwadratów. Wykazano istotny statystycznie spadek prędkości maksymalnej i końcowo-rozkurczowej wraz ze wzrostem odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego ( $p < 0,05$ ). Współczynniki korelacji Pearsona wyniosły odpowiednio:  $r = -0,61$ ,  $r = -0,32$ . Stwierdzono, że krzywa zależności prędkości krwi od odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego cechuje się bardziej gwałtownym spadkiem w odległości ok. 3 mm od tarczy nerwu wzrokowego (punkt przełamania krzywej zależności) (ryc. 3).

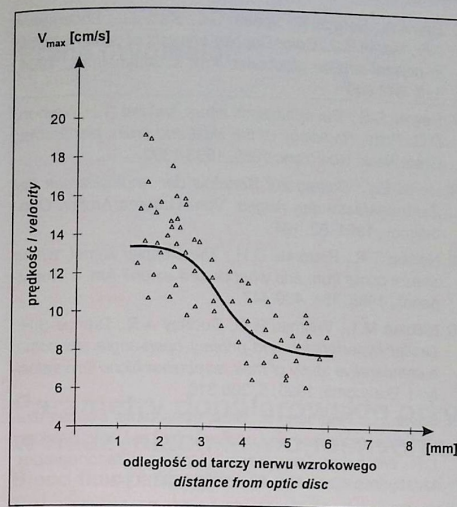
Na tej podstawie uzyskane parametry podzielono na dwie grupy: (I) uzyskane w odległości do 3 mm od tarczy nerwu wzrokowego oraz (II) uzyskane w odległości większej od 3 mm.

Średnia odległość w grupie I wyniosła  $2,1 \pm 0,46$  mm, a w grupie II –  $4,27 \pm 0,9$  mm. Stwierdzono istotne statystycznie różnice średnich prędkości maksymalnych i końcowo-rozkurczowych między grupą I i II. Współczynniki oporu również wykazywały różnice, nie były jednak one istotne statystycznie (tab. I).

## Omówienie

Stwierdzono, że wartości uzyskiwanych parametrów przepływu w sposób znamieny zależą od odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego.

Przepływ krwi przez tętnicę środkową siatkówki jest stały w całym odcinku wewnątrznerwowym (7). Obserwowana zatem większa prędkość przepływu bliżej gał-



Ryc. 3. Krzywa zależności prędkości przepływu krwi od odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego. Prędkość maleje wraz ze wzrostem odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego, a najwyższy spadek obserwuje się w odległości ok. 3 mm od tarczy

Fig. 3. Diagram shows curve of blood flow velocity dependence from distance between the optic disc and site of measurement. Blood velocity decreases rapidly with 3 mm distance from optic disc

ki ocznej musi być wynikiem znacznego zmniejszenia przekroju naczyń, ponieważ:

$$\text{przepływ [cm}^3\text{/s]} = \text{prędkość przepływu [cm/s]} \times \text{pole przekroju naczyń [cm}^2\text{]} \quad (9)$$

Przyczyną tego jest najprawdopodobniej fizjologiczne przewężenie tętnicy w miejscu przejścia przez blaszkę siwą twardówki. Już dawno wykazano, że średnica tego naczynia zmniejsza się z ok. 210  $\mu\text{m}$  w odcinku dalszym od blaszki do ok. 170  $\mu\text{m}$  w miejscu przejścia tętnicy przez blaszkę (8). Uwzględniając zatem powyższy wzór, okazuje się, że prędkość przepływu powinna być większa o ok. 50% w odcinku średnicy 170  $\mu\text{m}$  w porównaniu do prędkości w odcinku średnicy 210  $\mu\text{m}$ . W naszych badaniach średnia odległość miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego w odcinku bliższym wyniosła 2,1 mm, tj. w okolicy blaszki siwej twardówki, a uzyskana prędkość maksymalna była wyższa o ok.

40% w stosunku do prędkości uzyskiwanej w odcinku dalszym. Jest to więc wynik porównywalny do wartości teoretycznej, wyliczonej na podstawie podanych wyżej średnic tętnicy.

Dennis i wsp. (3), badając prędkości przepływu krwi w odcinku wewnątrznerwowym tętnicy środkowej siatkówki, wykazali, że prędkość maksymalna wynosi 13,89 cm/s w odległości 1,76 mm od tarczy nerwu wzrokowego i jest wyższa o ok. 70% od prędkości uzyskanej w odległości 3,56 mm od tarczy, tj. 8,16 cm/s. Chociaż uzyskane w niniejszej pracy prędkości przepływu w obu miejscach pomiarowych niewiele odbiegają od tych podanych przez Dennisa i wsp., to jednak różnice procentowe między prędkościami z obu punktów pomiarowych różnią się wyraźnie. Przyczyny tego można upatrywać w odmiennym sposobie obliczania prędkości przepływu na podstawie widma dopplerowskiego. Dennis i wsp. uzyskiwali pomiary automatycznie na podstawie komputerowej analizy spektrum. My natomiast, mierzyliśmy prędkości przepływu ręcznie oznaczając punkty pomiarowe na widmie. Chociaż pomiar automatyczny jest powszechnie wykorzystywany, to jednak obarczony jest możliwością błędów, który wynika z faktu, że nie zawsze uzyskuje się odpowiedni stosunek sygnału do szumu, a także z tego, że komputer nie zawsze odróżnia zmiany w widmie wynikające z ruchów głowicy ultradźwiękowej i manipulacji wzmacnieniem echa w trakcie uzyskiwania pomiarów (11).

Stwierdzono, że współczynniki RI w odcinku bliższym tętnicy środkowej siatkówki są większe w porównaniu do współczynników RI w odcinku dalszym. Wydaje się to raczej nieoczekiwane, ponieważ zwężenie tętnicy ograniczające przepływ krwi powinno powodować poszerzenie naczyń mikrokrążenia gałki ocznej i spadek oporu dla przepływu w wyniku działania autoregulacji. Autoregulacja jest jednak przystosowana do takiego „fizjologicznego” przewężenia tętnicy. Tak więc, nie wydaje się, żeby ten mechanizm w istotny sposób wpływał na zmienność współczynników RI u osób zdrowych. Przyczyn zróżnicowania współczynników RI należy zatem poszukiwać w zmianach podatności i oporu naczyń dla przepływu, ponieważ współczynnik oporu RI jest od nich zależny (1). Na podatność naczyń wpływa m.in. wiek badanych osób i ciśnienie tętnicze krwi. Jeżeli pacjent ma znacznie zmniejszoną podatność naczyń w stosunku do normy (np. u osoby starszej z nadciśnieniem), to współczynniki RI również są obniżone, przy założeniu, że opór dla przepływu jest stały (1).

Tabela I: Wartości parametrów dopplerowskich przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki w różnych odległościach od tarczy nerwu wzrokowego

Table I: Values of Doppler blood flow parameters in central retinal artery at different distance to the optic disc

Parametry dopplerowskie Doppler parameters	Odległość I [mm] Distance I ( $2,1 \pm 0,46$ )	Odległość II [mm] Distance II ( $4,27 \pm 0,9$ )	Znamiennosc Significance
$V_{max}$ [cm/s]	$13,0 \pm 2,7$	$9,3 \pm 2,5$	$p < 0,05$
$V_{min}$ [cm/s]	$4,3 \pm 1,2$	$3,6 \pm 1,1$	$p < 0,05$
RI	$0,67 \pm 0,06$	$0,60 \pm 0,06$	$p = nz$

$V_{max}$  – prędkość maksymalna w skurczu / peak systolic velocity  
 $V_{min}$  – prędkość końcowo-rozkurczowa / end-diastolic velocity  
 RI – współczynnik oporu / resistance index  
 nz – brak zmienności statystycznej / non-significance

W badanej grupie zdrowych osób w zbliżonym wieku, podatność tętnic nie powinna cechować się znaczną zmiennością. Większe wartości współczynników oporu w pomiarach uzyskanych bliżej tarczy nerwu wzrokowego będą zatem raczej wynikiem zmniejszenia kalibru naczynia, ponieważ opór naczynia dla przepływu jest odwrotnie proporcjonalny do czwartej potęgi jego promienia (2).

W niniejszej pracy wykazano zależność parametrów dopplerowskich przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki od odległości miejsca pomiaru od tarczy nerwu wzrokowego. Nie zawsze fakt ten jest uwzględniany w badaniach innych autorów (10, 13, 14). Tak więc, aby uzyskać powtarzalne wyniki badań dopplerowskich, należy dokonywać pomiarów w jednakowej, ściśle określonej odległości od tarczy nerwu wzrokowego.

#### Piśmiennictwo

- Bude R.O., Rubin J.M.: *Relationships between the resistive index and vascular compliance and resistance*. Radiology, 1999, 211, 411-417.
- Burns P.N.: *Hemodynamics*. [w:] red. K.J.W. Taylor: *Clinical applications of Doppler ultrasound*. Raven Press, New York, 1995, 35-53.
- Dennis K.J., Dixon E.D., Winsberg F., Ernest J.T., Goldstick T.K.: *Variability in measurement of central retinal artery velocity using color Doppler imaging*. J. Ultrasound Med., 1995, 14, 463-466.
- Galassi F., Nuzzaci G., Sodi A., Casi P., Cappelli S., Vielmo A.: *Possible correlations of ocular blood flow parameters with intraocular pressure and visual-field alterations in glaucoma; a study by means of color Doppler imaging*. Ophthalmologica, 1994, 208, 304-308.
- Guthoff R.F., Berger R.W., Winkler P., Helmke K., Chumbley M.C.: *Doppler ultrasonography of the ophthalmic and central retinal vessels*. Arch. Ophthalmol., 1991, 109, 532-536.

Praca wpłynęła do Redakcji 18 stycznia 1999 r. (737)

- Harris A., Sergott R., Spaeth G.L., Katz J.L., Shoemaker J.A., Martin B.J.: *Color Doppler analysis of ocular vessels in normal-tension glaucoma*. Am. J. Ophthalmol., 1994, 118, 642-649.
- Hayreh S.S.: *The ophthalmic artery*. [w:] red. T.H. Newton, D.G. Potts: *Radiology of the skull and brain*. MediBooks, Great Neck, New York, 1986, 1333-1390.
- Hertel E.L.: *Beitrag zur Kenntnis der Angiosklerose der Zentralgefäße des Auges*. Von. Graefes Archiv. Ophthalmol., 1901, 52, 191.
- Nelson T.R., Pretorius D.H.: *The Doppler signal: where does it come from and what does it mean?* Am. J. Roentgenol., 1988, 151, 439-447.
- Nicolea M.T., Walman B.E., Buckley A.R., Drance S.H.: *Ocular hypertension and primary open-angle glaucoma: a comparative study of their retrobulbar blood flow velocity*. J. Glaucoma, 1996, 5, 308-310.
- Saver J.L., Feldmann E.: *Basic transcranial Doppler examination: technique and anatomy*. [w:] red. V.L. Babikian, L.R. Wechsler: *Transcranial Doppler Ultrasonography*. Mosby-Year Book Inc., St. Louis, 1993, 11-28.
- Stefańczyk L., Mysior M., Gralek M., Czajkowski J., Wojciechowski A., Jędrzejczyk S.: *Kolorowa ultrasonografia dopplerowska w diagnostyce naczyń gałki ocznej i oczodołu*. Klin. Oczna, 1994, 96, 305-308.
- Tołwiński R., Tarasów E., Szulc S., Proniewska-Skrętek E., Stankiewicz A.: *Zastosowanie kolorowej ultrasonografii dopplerowskiej do oceny przepływów w naczyniach oczodołu*. Klin. Oczna, 1997, 99, 359-362.
- Williamson T.H., Baxter G.M.: *Central retinal vein occlusion, an investigation by color Doppler imaging*. Ophthalmology, 1994, 101, 1362-1372.
- Williamson T.H., Lowe G.D.O., Baxter G.M.: *Influence of age, systemic blood pressure, smoking, and blood viscosity on orbital blood velocities*. Br. J. Ophthalmol., 1995, 79, 17-22.

## Prace oryginalne

Klinika Oczna 1999, 101 (6): 445-449  
ISSN 0023-2157 Indeks 362 646

### Parametry dopplerowskie przepływu krwi w naczyniach krwionośnych oka u chorych na jaskrę Blood flow parameters in ocular vessels of patients with glaucoma

Andrzej Ustymowicz<sup>1</sup>, Jarosław Krejza<sup>1</sup>, Eugeniusz Tarasów<sup>1</sup>, Zofia Mariak<sup>2</sup>, Renata Zalewska<sup>2</sup>, Ewa Proniewska-Skrętek<sup>2</sup>, Andrzej Stankiewicz<sup>2</sup>

**Purpose:** To determine Doppler flow parameters in ocular vessels of glaucomatous patients.

**Material and methods:** 38 glaucomatous patients, aged 64±16, and 57 healthy volunteers were examined with 7.5 MHz linear-array probe. Consistently identified arterial structures included ophthalmic artery, central retinal artery and short posterior ciliary arteries. The peak systolic, end-diastolic and mean velocities were measured from Doppler spectra. Resistance and pulsatility indices were also determined.

**Results:** End-diastolic and mean velocities in central retinal artery of glaucomatous eyes were: 1.5±1.9 cm/s, 4.0±2.0 cm/s, whereas in healthy eyes they were significantly higher: 3.5±1.0 cm/s, 5.4±1.5 cm/s, respectively. These velocities in short posterior ciliary arteries in glaucomatous patients were significantly lower: 2.4±2.3 cm/s, 5.6±2.2 cm/s, comparing to healthy subjects: 4.8±1.7 cm/s, 7.3±2.2 cm/s. Resistance and pulsatility indices in central retinal artery and short posterior ciliary arteries were significantly higher in the group of patients: RI=0.85±0.18, PI=2.11±0.92 – in central retinal artery and RI=0.81±0.18, PI=1.96±0.91 – in short posterior ciliary arteries, comparing to healthy subjects: RI=0.61±0.08, PI=1.20±0.17 – in central retinal artery, RI=0.61±0.09, PI=1.13±0.18 – in short posterior ciliary arteries. Impedance indices were increasing progressively with intraocular pressure elevation. There were no significant differences of Doppler blood flow parameters in ophthalmic artery between patients and control group.

**Conclusions:** Blood flow velocities in central retinal and short posterior ciliary arteries are lower, and resistance and pulsatility indices are higher in glaucomatous eyes in comparison to healthy subjects, whereas in ophthalmic artery doppler parameters are similar in both groups.

**Słowa kluczowe:** ultrasonografia dopplerowska, jaskra, naczynia krwionośne oka, hemodynamika

**Key words:** Doppler ultrasonography, glaucoma, ocular blood vessels, haemodynamics

Mechanizm powstawania neuropatii jaskrowej nie jest do dziś w pełni wyjaśniony. Uważa się, że najważ-

niejszą rolę w rozwoju zmian chorobowych odgrywa bezpośrednie uszkodzenie mechaniczne nerwu wzrokowego oraz jego niedokrwienie. Coraz bardziej podkreśla się również wpływ czynników genetycznych (2, 13, 14). Bez względu na przyczynę jaskry, wykrycie zaburzeń krążenia krwi w naczyniach krwionośnych oka może być przydatne w diagnostyce i monitorowaniu leczenia tej częstej choroby.

Wprowadzona do diagnostyki okulistyki ultrasonografia dopplerowska z obrazowaniem przepływu krwi w kolorze umożliwia ocenę łożyska naczyniowego gałki ocznej w sposób nieinwazyjny, precyzyjny i relatywnie tani (17). Metoda ta okazała się przydatna w dia-

<sup>1</sup> Z Zakładu Radiologii AM w Białymstoku  
Kierownik: prof. dr hab. Jerzy Walecki

<sup>2</sup> Z Kliniki Okulistycznej AM w Białymstoku  
Kierownik: prof. dr hab. Andrzej Stankiewicz

Adres do korespondencji (Reprint requests to):  
Dr med. Andrzej Ustymowicz  
Zakład Radiologii AM  
ul. M. Skłodowskiej-Curie 24a  
15-224 Białystok  
fax: (085) 652 09 86  
e-mail: jkrejza@cksr.ac.bialystok.pl