

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

1. Bude R.O., Rubin J.M.: *Relationships between the resistive index and vascular compliance and resistance*. Radiology, 1999, 211, 411-417.
2. Burns P.N.: *Hemodynamics*. [w:] red. K.J.W. Taylor: *Clinical applications of Doppler ultrasound*. Raven Press, New York, 1995, 35-53.
3. 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.
4. 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.
5. 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)

6. 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.
7. 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.
8. Hertel E.L.: *Beitrag zur Kenntnis der Angiosklerose der Zentralgefäße des Auges*. Von. Graefes Archiv. Ophthalmol., 1901, 52, 191.
9. 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.
10. Nicoletta 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.
11. 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.
12. 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.
13. 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.
14. Williamson T.H., Baxter G.M.: *Central retinal vein occlusion, an investigation by color Doppler imaging*. Ophthalmology, 1994, 101, 1362-1372.
15. 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 Ustymowicz¹, Jarosław Krejza¹, Eugeniusz Tarasów¹, Zofia Mariak², Renata Zalewska², Ewa Proniewska-Skrętek², Andrzej Stankiewicz²

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-

¹ Z Zakładu Radiologii AM w Białymstoku
Kierownik: prof. dr hab. Jerzy Walecki

² 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

gnostyce wielu chorób gałki ocznej i oczodołu, takich jak żyłaki, zmiany zatorowo-zakrzepowe czy malformacje tętniczo-żyłne (6, 16, 17).

Celem niniejszej pracy jest ocena zaburzeń hemodynamicznych w łożysku naczyniowym gałki ocznej u chorych na jaskrę za pomocą ultrasonografii dopplerowskiej z obrazowaniem przepływu krwi w kolorze.

Materiał

Badania przeprowadzono w grupie 38 pacjentów, w wieku 22-89 lat (średnio 64±16 lat). Jednostronne zmiany jaskrowe stwierdzono u 31 chorych (81%), a obustronne u siedmiu (19%) osób. Ogółem do dalszej analizy włączono wyniki uzyskane z badań łożyska naczyniowego 45 gałek ocznych. Ciśnienie wewnątrzgałkowe w grupie badanych wynosiło od 22 do 71 mm Hg (średnio 40,4±13,6 mm Hg). Wśród pacjentów było 16 chorych na jaskrę pierwotną z wąskim kątem przesączania, czterech chorych na jaskrę wtórną krwotoczną, sześciu chorych na jaskrę wtórną fakolityczną, pięciu chorych na jaskrę wtórną z podwichnięcia soczewki, czterech chorych na jaskrę wtórną z pseudoeksfoliacją i trzech chorych na jaskrę wtórną pozapalną. Kryteria rozpoznania i podziału stanowiły cechy morfologiczne gałki ocznej w neuropatii jaskrowej, typowe zmiany w po-

lu widzenia oraz wzrost ciśnienia wewnątrzgałkowego powyżej 21 mm Hg. Grupę kontrolną stanowiło 57 zdrowych ochotników w wieku 17-80 lat (średnio 47,8±17,6 roku). Średnie ciśnienie wewnątrzgałkowe w tej grupie wynosiło 14±2 mm Hg.

Uczelniana Komisja Etyczna zaaprobowala program badawczy. Każdy z pacjentów został poinformowany o technice badania dopplerowskiego i wyraził zgodę na jego przeprowadzenie.

Metodyka

Ciśnienie wewnątrzgałkowe mierzono tonometrem impresyjnym Schiötza bezpośrednio przed badaniem dopplerowskim.

Na zamknięte powieki nanoszono niewielką ilość żelu, a następnie delikatnie przykładano głowicę ultradźwiękową o częstotliwości 7,5 MHz. Najpierw uzyskiwano obraz czarno-biały gałki ocznej i struktur 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 oczodołu. Naczynia identyfikowano według wcześniej opisanych standardów (15). Na uzyskany obraz naczynia nakładano bramkę próbującą oraz dokonywano pomiaru kąta między

Tabela I: Wartości parametrów dopplerowskich przepływu krwi w środkowej tętnicy siatkówki u osób zdrowych i chorych na jaskrę

Table I: Values of Doppler blood flow parameters in central retinal artery in healthy subjects and glaucomatous patients

Parametry dopplerowskie Doppler parameters	Osoby zdrowe Healthy subjects	Pacjenci Patients	Znamiennosc Significance
V _{max} [cm/s]	9,1±2,2	8,6±2,7	nz
V _{min} [cm/s]	3,5±1,0	1,5±1,9	p<0,05
V _{sr} [cm/s]	5,4±1,5	4,0±2,0	p<0,05
RI	0,61±0,08	0,85±0,18	p<0,05
PI	1,20±0,17	2,11±0,92	p<0,05

V_{max} – prędkość maksymalna w skurczu / peak systolic velocity
V_{min} – prędkość końcowo-rozkurczowa / end-diastolic velocity
V_{sr} – prędkość średnia / mean velocity
RI – współczynnik oporu / resistance index
PI – współczynnik pulsacji / pulsatility index
nz – brak znamienności / non-significance

Tabela II: Wartości parametrów dopplerowskich przepływu krwi w tylnych tętnicach rzęskowych krótkich u osób zdrowych i chorych na jaskrę

Table II: Values of Doppler blood flow parameters in short posterior ciliary arteries in healthy subjects and glaucomatous patients

Parametry dopplerowskie Doppler parameters	Osoby zdrowe Healthy subjects	Pacjenci Patients	Znamiennosc Significance
V _{max} [cm/s]	12,3±3,0	11,7±2,6	nz
V _{min} [cm/s]	4,8±1,7	2,4±2,3	p<0,05
V _{sr} [cm/s]	7,3±2,2	5,6±2,2	p<0,05
RI	0,61±0,09	0,81±0,18	p<0,05
PI	1,13±0,18	1,96±0,91	p<0,05

V_{max} – prędkość maksymalna w skurczu / peak systolic velocity
V_{min} – prędkość końcowo-rozkurczowa / end-diastolic velocity
V_{sr} – prędkość średnia / mean velocity
RI – współczynnik oporu / resistance index
PI – współczynnik pulsacji / pulsatility index
nz – brak znamienności / non-significance

Tabela III: Wartości parametrów dopplerowskich przepływu krwi w tętnicy ocznej u osób zdrowych i chorych na jaskrę
Table III: Values of Doppler blood flow parameters in ophthalmic artery in healthy subjects and glaucomatous patients

Parametry dopplerowskie Doppler parameters	Osoby zdrowe Healthy subjects	Pacjenci Patients	Znamiennosc Significance
V _{max} [cm/s]	32,6±7,3	32,3±7,3	nz
V _{min} [cm/s]	9,5±3,2	8,5±3,8	nz
V _{sr} [cm/s]	17,1±4,9	16,2±4,7	nz
RI	0,71±0,07	0,74±0,08	nz
PI	1,36 ± 0,17	1,49±0,3	nz

V_{max} – prędkość maksymalna w skurczu / peak systolic velocity
V_{min} – prędkość końcowo-rozkurczowa / end-diastolic velocity
V_{sr} – prędkość średnia / mean velocity
RI – współczynnik oporu / resistance index
PI – współczynnik pulsacji / pulsatility index
nz – brak znamienności / non-significance

badanym naczyniem i wiązką ultradźwiękową. W ten sposób korygowano uzyskane wyniki o błąd pomiaru wynikający z rozbieżności przebiegu wiązki ultradźwiękowej w stosunku do przebiegu naczynia. 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}), prędkość średnią (V_{sr}), współczynnik oporu (RI) obliczony według wzoru:

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

współczynnik pulsacji (PI) obliczony według wzoru:

$$PI = (V_{max} - V_{min}) / V_{sr}$$

Obliczano średnią arytmetyczną, odchylenie standardowe i współczynniki korelacji Pearsona (r). Zgodność rozkładu zmierzonych parametrów z rozkładem normalnym badano testem Kolmogorowa-Smirnowa. Hipotezę o istotności statystycznej różnicy dwóch średnich testowano testem t-Studenta (w przypadku rozkładów normalnych) i testem Manna-Whitneya (w przypadku rozkładów skośnych).

Wyniki

Wartości indywidualne parametrów dopplerowskich przepływu krwi w grupie kontrolnej cechowały się rozkładem normalnym, a w grupie pacjentów rozkłady te były skośne. Prędkości, końcowo-rozkurczowa i średnia w tętnicy środkowej siatkówki i tętnicach rzęskowych tylnych krótkich były znamienne niższe u osób chorych na jaskrę w porównaniu do grupy kontrolnej (test Manna-Whitneya, p<0,05), podczas gdy współczynniki oporności i pulsacyjności w tych naczyniach były znamienne wyższe w grupie pacjentów (tab. I i II).

W tętnicy ocznej nie wykazano różnic znamiennych statystycznie w parametrach dopplerowskich przepływu między grupą osób chorych i grupą osób zdrowych (tab. III).

Różnice w parametrach dopplerowskich przepływu krwi między poszczególnymi grupami pacjentów (typami jaskry) nie były znamienne statystycznie.

Wykazano zależność parametrów przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki i tętnicach rzęskowych

tylnych krótkich od ciśnienia wewnątrzgałkowego (dla tętnicy środkowej siatkówki V_{min}: r=-0,44, p<0,05, RI: r=0,43, p<0,05; a dla tętnicy rzęskowych tylnych krótkich V_{min}: r=-0,60, p<0,05, RI: r=0,62, p<0,05). W grupie 24 oczu, w których ciśnienie wewnątrzgałkowe wynosiło 46±13 mm Hg, nie stwierdzono przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki w fazie rozkurczu, natomiast w fazie skurczu prędkości były znamienne statystycznie niższe w porównaniu do grupy kontrolnej i wynosiły 7,3±2,3 cm/s. U 19 pacjentów w tętnicach rzęskowych tylnych krótkich nie obserwowano przepływu krwi w fazie rozkurczu. Średnie ciśnienie wewnątrzgałkowe w tej grupie wynosiło 49±13 mm Hg. Prędkość maksymalna w skurczu w tych naczyniach wynosiła 10,5±2,2 cm/s i była znamienne niższa w porównaniu z grupą kontrolną.

Omówienie

U chorych na jaskrę wykazano znamienne obniżenie prędkości przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki i tętnicach rzęskowych tylnych krótkich w porównaniu do osób zdrowych. Jest to najprawdopodobniej spowodowane wzrostem ciśnienia wewnątrzgałkowego, prowadzącym do spadku ciśnienia perfuzyjnego. Wskazują na to ujemne współczynniki korelacji prędkości przepływu krwi z ciśnieniem wewnątrzgałkowym. Ciśnienie perfuzji siatkówkowej jest różnicą średniego ciśnienia w tętnicy ocznej i ciśnienia wewnątrzgałkowego (9). W pewnym zakresie ciśnienia perfuzji autoregulacja krążenia siatkówkowego utrzymuje stały przepływ krwi przez gałkę oczną. Jednak, gdy ciśnienie wewnątrzgałkowe jest zbyt wysokie (powyżej 30 mm Hg), funkcje autoregulacyjne stają się niewydolne (7). Ciśnienia perfuzyjnego nie mierzono w niniejszej pracy, trudno bowiem jest je precyzyjnie określić na podstawie ogólnego ciśnienia tętniczego, uzyskanego za pomocą manometru mankietowego. Zmienność anatomiczna naczyń oraz zmiany hemodynamiczne zachodzące z wiekiem również mają wpływ na precyzyjność pomiarów ciśnienia perfuzyjnego mierzonego tą metodą (8). Spadek ciśnienia perfuzji może powodować poszerzenie tętnicy środkowej siatkówki i tętnic rzęskowych tylnych krótkich na drodze autoregulacji oraz zmniejszenie prędkości przepływu krwi w tych naczyniach.

Tętnice oczodołu mogą ulegać poszerzeniu wraz z wiekiem badanych osób, podobnie jak to ma miejsce w naczyniach koła tętniczego Willis'a (11). W tętnicach podstawy mózgu również dochodzi do spadku prędkości przepływu krwi wraz z wiekiem badanych (10). Czynniki wieku mogą mieć wpływ na uzyskane wyniki, bowiem badaną grupę w większości stanowili ponad sześćdziesięcioletni pacjenci, a grupę kontrolną osoby średnio około 20 lat młodsze. Nie powinno to jednak stanowić ograniczenia tej pracy, bowiem – jak wykazali Williamson i wsp. (18) – prędkości w tętnicy środkowej siatkówki nie obniżają się wraz z wiekiem badanych w takim stopniu jak w tętnicy ocznej. Na prędkości przepływu krwi może mieć również wpływ wiele czynników humoralnych, które szeroko omówiła Nizankowska (13).

Zmniejszenie prędkości przepływu krwi w tętnicach środkowych siatkówki i w tętnicach rzęskowych tylnych krótkich u chorych na jaskrę stwierdzili także inni badacze (1, 4, 12). Chiou i wsp. (4) w grupie 19 chorych na jaskrę z ciśnieniem wewnątrzgałkowym ponad 30 mm Hg, wykazali nieznacznie niższe prędkości przepływu krwi w tętnicy środkowej siatkówki i tętnicach rzęskowych. Różnice wynikają najprawdopodobniej z odmiennych kryteriów doboru chorych do badań. W niniejszej pracy do badanej grupy zaliczano chorych na jaskrę z ciśnieniem wewnątrzgałkowym powyżej 21 mm Hg. Augustyniak i Świetliczko (1) wykazały za pomocą konwencjonalnej ultrasonografii dopplerowskiej, że średnia prędkość przepływu krwi w tętnicach rzęskowych maleje wraz z zaawansowaniem zmian w polu widzenia i wygięciu tarczy nerwu wzrokowego. Średnie prędkości przepływu krwi uzyskane w niniejszej pracy w tętnicach rzęskowych tylnych krótkich były podobne do tych uzyskanych przez Augustyniak i Świetliczko, ale jedynie w odniesieniu do pacjentów z bardziej zaawansowanymi zmianami w polu widzenia i w tarczy nerwu wzrokowego. Stopień zaawansowania zmian nie był oceniany jednak w naszej pracy. Wyższe prędkości przepływu w tętnicy środkowej siatkówki w grupie chorych na jaskrę w stosunku do naszych wyników stwierdzili Nicoleta i wsp. (12), co może się wiązać z samą metodą badania. Nie określają oni mianowicie dokładnie miejsca pomiarów, a wiadomo, że prędkości przepływu krwi są wyższe bliżej tarczy nerwu wzrokowego (5).

W niniejszej pracy stwierdzono wzrost wskaźników impedancji (RI i PI) w tętnicach rzęskowych tylnych krótkich i tętnicy środkowej siatkówki u chorych na jaskrę. Wskaźniki te są miarą oporu obwodowego naczyń dla przepływu oraz podatności ich ścian. Wysokie ciśnienie wewnątrzgałkowe zwiększa opór naczyń dla przepływu, natomiast obserwowany z wiekiem (jak i w zaawansowanej miażdżycy) spadek elastyczności ścian wiąże się z obniżeniem współczynników RI i PI (3). Udział wzrostu oporu dla przepływu u chorych na jaskrę znacznie jednak przewyższa udział spadku podatności w wartościach współczynników impedancji. Inni badacze także uzyskali podobne do naszych wzrosty współczynników oporności i pulsacyjności u chorych na jaskrę (1, 4, 12).

Parametry dopplerowskie przepływu krwi w tętnicy ocznej nie różniły się znacząco w grupie chorych na jaskrę i w grupie osób zdrowych. Wytłumaczeniem tego może być fakt, że tętnica oczna ma tak wiele odga-

żeń, że zmiana parametrów dopplerowskich w tętnicy środkowej siatkówki i tętnicach rzęskowych tylnych krótkich nie wpływa w istotny sposób na przepływ krwi w tym naczyniu. Ponadto tętnica oczna, w przeciwieństwie do tętnicy środkowej siatkówki i tętnicy rzęskowych tylnych krótkich, nie jest naczyniem końcowym (8), a więc jest o wiele mniej podatna na wpływ podwyższonego ciśnienia wewnątrzgałkowego.

Wnioski

1. U chorych na jaskrę prędkości przepływu w środkowej tętnicy siatkówki i tylnych tętnicach rzęskowych krótkich ulegają zmniejszeniu.
2. Współczynniki impedancji PI i RI zwiększają się wraz ze wzrostem ciśnienia wewnątrzgałkowego.
3. Parametry dopplerowskie przepływu w tętnicy ocznej u chorych na jaskrę i u osób zdrowych są porównywalne.

Piśmiennictwo

1. Augustyniak E., Świetliczko I.: *Korelacja przepływu krwi w tętnicach rzęskowych tylnych ze zmianami w polu widzenia i wygięciu tarczy nerwu wzrokowego u chorych z jaskrą pierwotną*. Klin. Oczna, 1990, 92, 83-85.
2. Augustyniak E., Świetliczko I.: *Zachowanie się prędkości przepływu krwi w tętnicach rzęskowych tylnych u chorych z zaburzeniami drożności tętnic szynowych wewnętrznych*. Klin. Oczna, 1992, 94, 253-255.
3. Bude R.O., Rubin J.M.: *Relationships between the resistive index and vascular compliance and resistance*. Radiology, 1999, 211, 411-417.
4. Chiou H.J., Chou Y.H., Liu C.J., Hsu C.C., Tiu C.M., Teng M.M., Chang C.Y.: *Evaluation of ocular arterial changes in glaucoma with color Doppler ultrasonography*. J. Ultrasound Med., 1999, 18, 295-302.
5. 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.
6. Erickson S.J., Hendrix L.E., Massaro B.M., Harris G.J., Lewandowski M.F., Foley W.D., Lawson T.L.: *Color Doppler flow imaging of the normal and abnormal orbit*. Radiology, 1989, 173, 511-516.
7. Grunwald J.E., Riva C.E., Stone R.A.: *Retinal autoregulation in open-angle glaucoma*. Ophthalmology, 1984, 91, 1690-1694.
8. Hayreh S.S.: *The ophthalmic artery*. [w:] red. T.H. Newton, D.G. Potts: *Radiology of the skull and brain*. C.V. Mosby Co. Great Neck, New York, 1974, 1333-1390.
9. Kiel J.W., Heuven W.A.J.: *Ocular perfusion pressure and choroidal blood flow in the rabbit*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1981, 21, 34-39.
10. Krejza J., Mariak Z., Walecki J., Szydlik P., Lewko J., Ustymowicz A.: *Transcranial color Doppler sonography of basal cerebral arteries in 182 healthy subjects: age and sex variability and normal reference values for blood flow parameters*. Am. J. Roentgenol., 1999, 172, 213-218.
11. Macchi C., Catini C.: *The measurement of the caliber and blood-flow velocities of the arteries of Willis circle: a statistical investigation of 120 living subjects using transcranial color-Doppler ultrasonography*. Arch. Ital. Anat. Embriol., 1994, 99, 9-16.

12. Nicoleta 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.
13. Nizankowska M.H.: *Rola warunków hemodynamicznych w obrębie tylnego odcinka oka w powstawaniu i rozwoju neuropatii jaskrowej*. Klin. Oczna, 1996, 98, 241-247.
14. Nizankowska M.H., Turno-Kręcicka A.: *Współczesne rozumienie teorii mechanicznego uszkodzenia nerwu wzrokowego w jaskrze*. Klin. Oczna, 1997, 99, 211-215.
15. Ustymowicz A., Tarasów E., Krejza J., Zalewska R., Prońewska-Skrętek E.: *Parametry przepływu krwi w naczyniach oczodołu u osób zdrowych; ocena z zastosowaniem ultrasonografii dopplerowskiej*. Okulistyka, 1999, 20-23.
16. Williamson T.H., Baxter G.M.: *Central retinal vein occlusion, an investigation by color Doppler imaging*. Ophthalmology, 1994, 101, 1362-1372.
17. Williamson T.H., Harris A.: *Color Doppler ultrasound imaging of the eye and orbit*. Surv. Ophthalmol., 1996, 40, 255-267.
18. 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.

Praca wpłynęła do Redakcji 18 stycznia 1999 r. (736)