

(2)

Wektorowa analiza chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu po łączonych operacjach fakoemulsyfikacji, wszczepieniu sztucznej soczewki wewnątrzgałkowej i witrektomii przez płaską część ciała rzęskowego

Vector analysis of surgically induced astigmatism after phacoemulsification, PC IOL implantation and pars plana vitrectomy

Sławomir Cisiecki, Jerzy Nawrocki

Z Kliniki Okulistycznej „Jasne Błonia” w Łodzi
Kierownik: prof. dr. hab. n. med. Jerzy Nawrocki

Summary: Background: To evaluate the changes in corneal shape after phacoemulsification, PC IOL implantation and pars plana vitrectomy.
Material and methods: This study comprised 25 eyes of 25 patients who received phacoemulsification, 5.5mm PMMA IOL implantation through 6 mm clear cornea incision with one single suture, and pars plana vitrectomy in one step – group A. To unique and compare the differences in surgical induced astigmatism (SIA) between combined procedures and two steps procedures, 2 control groups in one step surgery (only phacoemulsification with PCIOL – group B or only pars plana vitrectomy – group C) with the same shape and location of incision in cataract surgery and sclerotomy sites were analyzed.
Results: The highest value of SIA was in group A which was not statistic significant different than group B ($p=0.97$). In-group C, SIA was the lowest, and there was also not significant difference between groups A ($p=0.063$). The differences in SIA between group B and C were statistic irrelevant too. ($P=0.09$) Shifts in axis to with the rule component were noted in 43.9 % of cases in-group A, 40.79% in-group B, and 58.96 % in-group C. The highest shift in axis to against the rule meridian was observed in-group B (tab. 2) and in direction with the rule in-group C.
Conclusions: No statistical significance was observed in the amounts of the induced astigmatism and refractive cylinder among the group of combined phacoemulsification, IOL implantation and pars plana vitrectomy. However, optical rehabilitation can be delayed by a postoperative astigmatism.

Słowa kluczowe: operacje łączone, astygmatyzm pooperacyjny, analiza wektorowa.

Key words: combined surgery, postoperative astigmatism, vector analysis.

Wstęp

Zmętnienie soczewki często współistnieje w oczach z patologią szkliskowo-siatkówkową. Usunięcie zaćmy jest konieczne w celu właściwej wizualizacji tylnego odcinka podczas wykonywania witrektomii przez płaską część ciała rzęskowego. Niejednokrotnie nasuwa się pytanie, czy łączyć operacje fakoemulsyfikacji zaćmy z procedurami związanymi z tylnym odcinkiem. Czy jednoczesne wykonywanie tych zabiegów może dać korzyści w postaci szybszej rehabilitacji wzroku pacjenta? Jednym z czynników mogących wpływać na ostateczną ostrość wzroku jest chirurgicznie indukowany astygmatyzm.

Celem tej pracy jest porównanie zmian kształtu rogówki po operacjach łączonych (fakoemulsyfikacji ze wszczepem sztucznej

soczewki i witrektomii przez płaską część ciała rzęskowego) ze zmianami po wyłączonej fakoemulsyfikacji ze wszczepem sztucznej soczewki lub po wyłączonej witrektomii przez płaską część ciała rzęskowego.

Materiał i metodyka

Analizie poddano trzy grupy pacjentów (tab. I.), operowanych przez tego samego chirurga (J. N.) tymi samymi podstawowymi technikami chirurgicznymi (tab. II), u których w sposób prospektywny zebrano następujące kompletne dane keratometryczne:

- ❖ najlepszą skorygowaną ostrość wzroku przed operacją i po niej,
- ❖ pomiar krzywizny rogówki i refrakcji za pomocą autokeratome-

Grupy Groups	Liczba chorych No. of patients	Liczba oczu No. of eyes	Średni wiek Mean age	Wskazania do witekтомii Indications for ppV	Średni czas obserwacji w m-cach Mean follow-up in months
Grupa A (Phaco+PCIOL+ppV)	25	25	56 ± 11,1	Powikłania proliferacyjnej retinopatii cukrzycowej (PDR complications)	5,1 ± 1,4
Grupa B (Phaco+PCIOL)	30	30	65 ± 9,1	–	4,3 ± 1,0
Grupa C (ppV)	13	13	61 ± 12,6	Powikłania proliferacyjnej retinopatii cukrzycowej (PDR complications)	6,9 ± 2,8

Tab. I. Charakterystyka pacjentów, poddanych analizie keratometrycznej, w poszczególnych grupach (ppV – pars plana vitrectomia, PCIOL – posterior chamber intraocularlens, Phaco – phacoemulsification).

Tab. I. Characteristics of patients, in each keratometric analyzed groups.

Grupa A / Group A (Phaco + PC IOL + ppV)	Grupa B / Group B (Phaco + PC IOL)	Grupa C / Group C (ppV)
<p>1. Sklerotomie 0,9 mm w odległości 3,5 mm od rąbka w trzech kwadrantach (nosowo-górnym, skroniowo-górnym i -dolnym) zaopatrzone szwem materacowym Vicryl 6,0</p> <p>1. 0.9mm sclerotomies, placed 3.5 mm from the limbus in tree quadrants (superior-nasal, superior-temporal, inferior-temporal) with a 6.0 Vicryl mattress suture.</p> <p>2. Cięcie warstwowe w czystej rogówce 5,5 mm na godz 11-iej w OP lub 1-iej w OL zaopatrzone pojedynczym szwem Nylon 10,0</p> <p>2. Clear cornea incision at 11 o'clock (right eye) or at 1 o'clock (left eye) closed with single 10.0 Nylon suture.</p>	<p>1. Cięcie warstwowe w czystej rogówce 6.0 mm na godz 11. w OP lub 1. w OL zaopatrzone szwem pojedynczym Nylon 10,0</p> <p>1. Clear cornea incision at 11 o'clock (right eye) or at 1 o'clock (left eye) closed with single 10.0 Nylon suture.</p>	<p>1. Sklerotomie 0,9 mm w odległości 3,5 mm od rąbka w trzech kwadrantach (nosowo-górnym, skroniowo-górnym i -dolnym) zaopatrzone szwem materacowym Vicryl 6,0</p> <p>1. 0.9 mm sclerotomies, placed 3.5 mm from the limbus in tree quadrants (superior-nasal, superior-temporal, inferior-temporal) with a 6.0 Vicryl mattress suture.</p>

Tab. II. Podstawowe elementy techniki operacyjnej mające wpływ na niezborność pooperacyjną w każdej grupie.

Tab. II. Basic surgical techniques, which influence postoperative astigmatic changes of cornea in each group.

tru firmy Nidek KM 500 i autorefraktometru AR-800 (firmy Nidek) przed operacją i minimum 3 miesiące po niej.

Grupa A obejmowała pacjentów poddanych wyłącznej operacji fakoemulsyfikacji zaćmy ze wszczepieniem sztucznej soczewki i witekтомii.

W grupie B znajdowali się pacjenci, u których wykonano wyłącznie fakoemulsyfikację ze wszczepieniem sztucznej soczewki.

W grupie C zebrano dane keratometryczne oczu po wyłącznej operacji witekтомii wykonanej przez płaską część ciała rzęskowego (tab. I, II).

Analizy statystycznej dokonano za pomocą niepowiązanego testu t w programie GraphPad Prism® wersja 3.02 firmy GraphPad Software®. Dla wszystkich porównań i wylczeń przyjęto poziom istotności $p = 0,05$.

Analiza wektorowa

Zasada wektorowej analizy indukowanego astygmatyzmu opiera się na fakcie, że dwa skrzyżowane ze sobą sferocylindry dają w efekcie nowy sferocylinder o odpowiedniej mocy i osi (3). Cylin-

dryczna część indukowanej zmiany refrakcyjnej może być obliczona z prawa sinusów i cosinusów, tak jak została opisana przez Naylora (9) i innych (6,8). Prosta metoda, zwana także dekompozycją astygmatyzmu, była zasugerowana również przez Humphreya (2). Sposób ten bazuje na podziale wszystkich cylindrów na komponentę wektorową w 0 i 45 stopniach. Geometrycznie kąty te są podwojone, stąd te dwie wartości wektorów można obliczyć ze wzoru:

$$C_0 = C * \cos(2^*a),$$

$$C_{45} = C * \sin(2^*a),$$

gdzie C_0 = wektorowy komponent dla 0 stopni, C_{45} = wektorowy komponent dla 45 stopni, C = wartość cylindra w dioptriach, a = oś.

Cylinder wynikający z dodania wszystkich wartości cylindrów można wylczyć ze wzoru:

$$C_{sum} = \sqrt{SumC_0^2 + SumC_{45}^2},$$

gdzie $SumC_0$ i $SumC_{45}$ są sumą komponent dla 0 i 45 stopni każdego indywidualnego cylindra ($\sqrt{}$ = pierwiastek kwadratowy).

Dodanie dwóch „sferocylindrów”, SC1 i SC2, jest wykonywane według następującej formuły:

$$\text{Sum}C_0 = C_1 \cdot \cos(2 \cdot a_1) + C_2 \cdot \cos(2 \cdot a_2),$$

$$\text{Sum}C_{45} = C_1 \cdot \sin(2 \cdot a_1) + C_2 \cdot \sin(2 \cdot a_2),$$

gdzie C_1 i C_2 reprezentują cylindryczny komponent sferocylindrów SC_1 i SC_2 , a_1 i a_2 – osie tych cylindrów.

Indukowany cylinder wynikający ze sferocylindra SC_3 jest obliczany za pomocą wzoru:

$$C_3 = \sqrt{\text{Sum}C_0^2 + \text{Sum}C_{45}^2},$$

a jego oś za pomocą formuły:

$$a_3 = \frac{1}{2} \cdot \text{ArcTan}(\text{Sum}C_{45} / \text{Sum}C_0)$$

z następującymi założeniami:

1. jeżeli $\text{Sum}C_0 = 0$, to $a_3 = 90$ stopni,
2. jeżeli $C_0 < 0$, to 90 stopni jest dodane do a_3 ,
3. jeżeli $C_0 > 180$ stopni, to 180 stopni jest odjęte od a_3 .

W celu pokazania jednoczesnego kierunku i wielkości indukowanego astygmatyzmu, w którym zmiany w południkach skośnych mają również wpływ na ostateczny wynik, Olsen (10) zaproponował niewielką modyfikację analizy wektorowej. Po wyliczeniu cylindra i osi indukowanego astygmatyzmu (według wyżej wymienionych wzorów) komponenta cylindryczna jest podzielona na części poziomą i pionową według wzorów (ryc. 1):

$$C_{90} = C \sin^2 a,$$

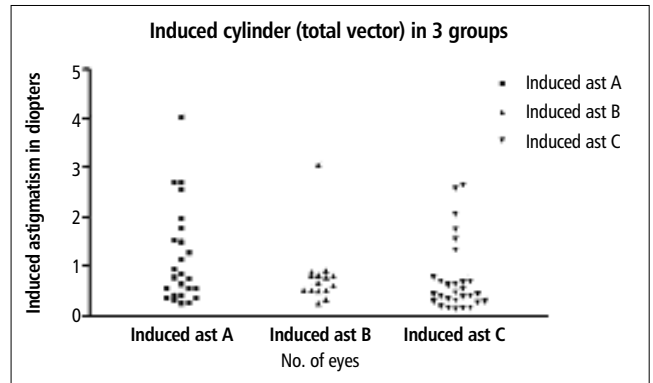
$$C_0 = C \cos^2 a,$$

gdzie C – indukowany cylinder obliczony metodą analizy wektorowej, a – oś indukowanego cylindra, C_{90} i C_0 – pionowa i pozioma komponenty C .

Wyniki

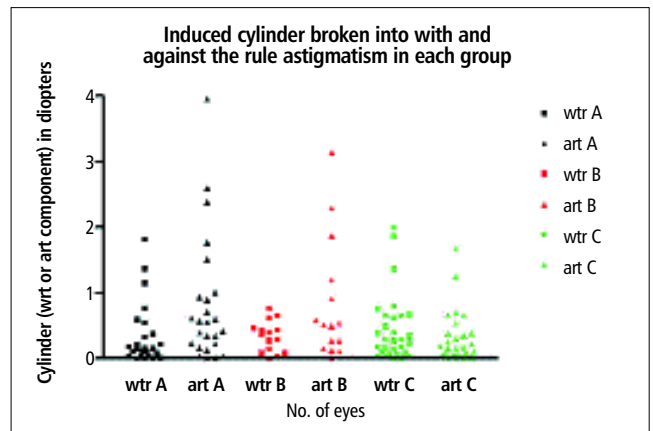
Średni okres pomiędzy przed- a pooperacyjnymi pomiarami keratometrycznymi wynosił 3,1 miesiąca $\pm 0,9$. Rycina 2 pokazuje całkowity indukowany astygmatyzm (całkowity wektor) we wszystkich trzech grupach. W grupie A (łączonych zabiegów fakoemulsyfikacji, witrektomii przez część płaską ciała rzęskowego i wszczepienia sztucznej soczewki wewnątrzgałkowej) chirurgicznie indukowany astygmatyzm zawierał się w przedziale od 0,4 do 4,0 dioptrii. W grupie B (oczy poddane wyłącznie zabiegowi witrektomii

przez część płaską ciała rzęskowego) wartości te wahały się między 0,61 a 3,64 dioptrii. W grupie C (oczy po wyłącznej fakoemulsyfikacji zaćmy i wszczepieniu sztucznej soczewki wewnątrzgałkowej) chirurgicznie indukowany astygmatyzm zawierał się w przedziale od 0,15 do 2,654 dioptrii.



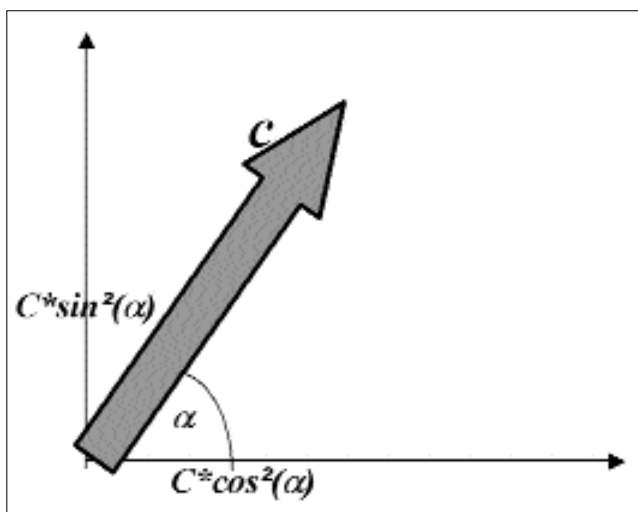
Ryc. 2. Całkowity indukowany cylinder w każdej z 3 grup w dioptriach (induced ast A, B, C – indukowany astygmatyzm w grupie A, B, C).

Fig. 2. Total induced cylinder in 3 groups in diopters.



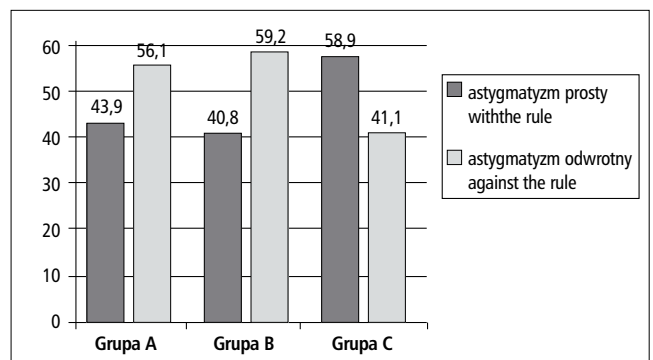
Ryc. 3. Indukowany astygmatyzm, rozłożony na komponenty poziomą i pionową, w dioptriach w każdej grupie (wtr – with the rules – astygmatyzm prosty; atr – against the rules – astygmatyzm odwrotny w grupie A, B, C).

Fig. 3. Induced astigmatism, broken into horizontal and vertical components in diopters, in each groups (wtr – with the rules astigmatism; atr – against the rules).



Ryc. 1. Indukowany cylinder, obliczony analizą wektorową, rozłożony na komponenty poziomą i pionową przez funkcję \sin^2 . Całkowity wektor jest sumą dwóch komponentów.

Fig. 1. The induced cylinder, calculated by vector analysis, is broken into vertical and horizontal components by \sin^2 function. The total vector is noted to be sum of the two components.



Ryc. 4. Całkowity indukowany cylinder, rozłożony na komponenty poziomą i pionową (astygmatyzmu prostego i odwrotnego) w procentach.

Fig. 4. Total induced cylinder, broken into vertical and horizontal components (with the rule and against the rule) in percent.

Tabela III pokazuje różnice pomiędzy chirurgicznie indukowanym astygmatyzmem obliczonym metodą wektorową w każdej grupie. Najwyższa średnia wartość chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu była obserwowana w grupie A, jednak nie stwierdzono statystycznie istotnej różnicy w stosunku do grupy B ($p = 0,97$). W grupie C średni chirurgicznie indukowany astygmatyzm był najniższy, także bez statystycznie znaczącej zależności w stosunku do grupy A ($p = 0,063$). Również różnice pomiędzy grupami B i C w średnim chirurgicznie indukowanym astygmatyzmie były statystycznie nieznaczące ($p = 0,09$).

astygmatyzmie, jakkolwiek najwyższy cylinder obserwowano w grupie oczu po operacjach łączonych (po operacjach łączonych – grupa A, po wyłączonej witekтомii – grupa B, po wyłączonej fakoemulsyfikacji ze wszczepieniem sztucznej soczewki wewnątrzgałkowej – grupa C). Wyniki te potwierdzają rezultaty uzyskane przez innych autorów (5,11,15). Ze względu na brak adekwatnych pomiarów nie było możliwości porównania znacznych zmian w astygmatyzmie rogówkowym, opisywanym przez innych autorów (5,11), po operacjach łączonych lub po wyłączonej witekтомii we wczesnym okresie pooperacyjnym. Ostatecznie jednak chirurgicznie indukowany astyg-

Astygmatyzm rogówkowy Corneal astigmatism	Grupa A	Grupa B	Grupa C
Indukowany cylinder (całkowity wektor) Induced cylinder (total vector)	1,24±1,27	1,16±0,99	0,88 ±0,76
Indukowany cylinder (komponenta astygmatyzmu prostego) Induced cylinder (with the rule component)	0,55±0,91	0,33±0,23	0,44±0,51
Indukowany cylinder (komponenta astygmatyzmu odwrotnego) Induced cylinder (against the rule component)	0,62±0,94	0,83±0,92	0,29±0,38
Indukowany cylinder (komponenta astygmatyzmu prostego) – % wartość całkowitego wektora Induced cylinder (with the rule component) percentage value of total vector	43,9%	40,8%	58,9%
Indukowany cylinder (komponenta astygmatyzmu odwrotnego) – % wartość całkowitego wektora Induced cylinder (against the rule component) percentage value of total vector	56,1%	59,2%	41,1%

Tab. III. Astygmatyzm rogówkowy w 3 grupach pacjentów – średnia w dioptriach i odchylenie standardowe.

Tab. III. Corneal astigmatism in 3 groups of patients -mean diopters and standard deviation.

Na rycinie 3 obserwujemy składowe prostą i odwrotną chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu, której zakres wahał się w każdej grupie odpowiednio: od 0,06 do 4,0 dioptrii dla składowej prostej i od 0,006 do 2,54 dioptrii dla składowej odwrotnej chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu w grupie A; od 0,001 do 2,32 dioptrii dla składowej prostej i od 0,21 do 3,20 dioptrii dla składowej odwrotnej w grupie B; od 0,017 do 1,99 dioptrii dla składowej prostej i od 0,0001 do 1,67 dioptrii dla składowej odwrotnej chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu w grupie C.

Rycina 4 pokazuje procentowy rozkład astygmatyzmu na składowe prostą i odwrotną w każdej grupie. Przesunięcie się osi w kierunku składowej prostej astygmatyzmu zaobserwowano w 43,9% przypadków w grupie A, w 40,8% w grupie B i w 58,9% w grupie C.

Najwyższe przesunięcie osi astygmatyzmu w kierunku składowej prostej (południka 90°) zaobserwowano w grupie B, a w kierunku składowej odwrotnej (południk 0/180°) – w grupie C.

Omówienie

Analiza wektorowa jest jedną z najczęściej używanych optycznych metod oceny chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu pooperacyjnego. Dostarcza informacji nie tylko o wartości samej zmiany refrakcyjnej, ale także o jej kierunku. Fakt ten spowodował zastosowanie wektorowej analizy w wielu jej modyfikacjach jako złotego standardu oceny wszystkich procedur wpływających na zmianę kształtu rogówki (1,4,5,11,12,13).

W badanym materiale nie zaobserwowano statystycznie znaczących różnic pomiędzy grupami A, B i C w indukowanym chirurgicznie

matyzm w grupie po operacjach łączonych i po wyłączonej witekтомii (w grupie A i B) był wyższy niż w dotychczasowych publikacjach (1,4,5,13,14,15). W badanym materiale średni indukowany astygmatyzm w grupie A po operacjach łączonych wynosił 1,24 ± 1,27 dioptrii (średni okres obserwacji był równy 3,1 miesiąca).

U Eckerta i wsp. (5) wynik ten wyniósł 3,65 ± 1,4 dioptrii po 7 dniach i 0,4 ± 0,27 dioptrii po 3 miesiącach. Schrader (11) donosi o wartości 2,19 ± 0,63 dioptrii po 7 dniach i 1,28 ± 0,58 dioptrii po 3 miesiącach, a Wirbelauer (15) o wartości 2,92 ± 1,98 dioptrii po 7 dniach i 1,0 ± 0,97 dioptrii po 3 miesiącach.

Przyczyną tego stanu rzeczy może być różnica w implantacji różnego rodzaju soczewek wewnątrzgałkowych (brak soczewek zwijalnych w badanych grupach) i sposób zamknięcia samych sklerotomii (szew materacowy Vicryl 6,0 w badanym materiale oraz pojedynczy szew krzyżykowy Vicryl 7,0 w wyżej wymienionych publikacjach).

W każdym przypadku fakoemulsyfikacji i wszczepienia sztucznej soczewki (grupa A i C) na cięcie rogówkowe zakładany był pojedynczy szew Nylon 10,0 w celu uzyskania stabilizacji przedniej komory i uniknięcia nieszczelności rany. Szew ten nie był usuwany w żadnym przypadku w całym okresie obserwacji. Pozostawienie szwu zabezpieczającego, jak również rozmiar wszczepu wewnątrzgałkowego, a tym samym szerokość cięcia rogówkowego, mogą być przyczyną tego, że przesunięcie osi indukowanego astygmatyzmu w kierunku niezborności odwrotnej w przypadku fakoemulsyfikacji z implantacją soczewki i operacji łączonych (grupa A i C) nie jest tak znaczące jak w innych pracach (5,11,15), w których stosowano soczewki zwijalne bez dodatkowego szycia rany.

W grupie po wyłącznej witektomii (grupa B) obserwowaliśmy najwyższy odsetek przesunięcia się osi w kierunku niezborności odwrotnej. Wynik ten potwierdzają prace innych autorów zajmujących się tym zagadnieniem (5,11,12,13,14,15).

W grupie operacji łączonych pojedynczy szew Nylon 10,0, umiejscowiony na godzinie 11. lub 2., prawdopodobnie redukuje we wczesnej pooperacyjnej fazie w sposób znaczący poziomą składową (składową niezborności odwrotnej) chirurgicznie indukowanego astygmatyzmu, choć w badanym materiale – z powodu braku wczesnych pomiarów keratometrycznych – nie można potwierdzić tego stwierdzenia. Mimo że po trzech miesiącach wyniki keratometryczne potwierdzają obniżenie średniej wartości składowej odwrotnej indukowanego astygmatyzmu w grupie oczu po operacjach łączonych w stosunku do oczu po wyłącznej witektomii, to różnica ta nie jest istotna statystycznie (atr A i atr B – ryc. 3, tab. IV).

Wnioski

1. Indukowany astygmatyzm pooperacyjny po operacjach łączonych nie różni się w sposób statystycznie znaczący od astygmatyzmu po tych zabiegach wykonywanych podczas dwóch operacji.
2. Sama witektomia indukuje astygmatyzm odwrotny, który może być zredukowany przez pozostawienie szwu zabezpieczającego w operacjach łączonych.

PIŚMIENNICTWO:

1. Azar-Arevalo O., Arevalo J. F.: *Corneal topography changes after vitreoretinal surgery*. Ophthalmic. Surg. Lasers., 2001, Mar. -Apr., 32 (2), 168-172.
2. Bennet A. G., Rabbets R. B.: *Clinical Visual Optics*. 2nd ed., London, Boston, Butterworths, 1989, 106.
3. Cravy T. V.: *Calculation of the change in corneal astigmatism following cataract extraction*. Ophthalmic Surg., 1979, 10, 38-49.
4. Domniz Y. Y., Cahana M., Avni I.: *Corneal surface changes after pars plana vitrectomy and scleral buckling surgery*. J. Cataract. Refract. Surg., 2001, Jun., 27 (6), 868-872.
5. Eckert T., Eckardt C.: *Outcome of corneal astigmatism after*

- pars plana vitrectomy with or without simultaneous cataract extraction*. Ophthalmologie, 1996, Feb., 93 (1), 38-44.
6. Jaffe N. S., Clayman H. M.: *The pathophysiology of corneal astigmatism after cataract extraction*. Trans. Am. Acad. Ophthalmol. Otolaryngol., 1975, 79, 615-630.
 7. Lucke K., Bopp S.: *Erfahrungen nach ueber 2000 kombiniertem IOL-implantationen bei Vitrektomien*. Klinische Monatsbl. Augenheilkund., 2001, 218 (S1), 11.
 8. Naeser K.: *Coverision of keratometer readings to polar values*. J. Cataract. Refract. Surgery, 1990, 16, 741-745.
 9. Naylor E. J.: *Astigmatic difference in refractive error*. Br. J. Ophthalmol., 1968, 52, 422-424.
 10. Olsen T., Dam-Johansen M.: *Evaluating surgically induced astigmatism*. J. Cataract. Refract. Surg., 1994, 20, 517-522.
 11. Schrader W. F., Bonert A.: *Die gleichzeitige Kataraktoperation hat bei einer Pars plana vitrektomie nur einen untergeordneten Einfluss auf die Astigmatismusementwicklung*. 15. Kongress der Deutschsprachigen Gesellschaft fuer Intraokularlinsenimplantation und Refraktive Chirurgie, Biermann Verlag, Bremen, 2001, S 415, 421.
 12. Senn P., Schipper I., Perren B.: *Combined pars plana vitrectomy, phacoemulsification, and intraocular lens implantation in the capsular bag: a comparison to vitrectomy and subsequent cataract surgery as a two-step procedure*. Ophthalmic. Surg. Lasers, 1995, Sep. -Oct., 26 (5), 420-428.
 13. Slusher M. M., Ford J. G., Busbee B.: *Clinically significant corneal astigmatism and pars plana vitrectomy*. Ophthalmic. Surg. Lasers, 2002, Jan. -Feb., 33 (1), 5-8.
 14. Weinberger D., Lichter H., Loya N., Axer-Siegel R., Muzmacher L., Gabbay U., Yassur Y.: *Corneal topographic changes after retinal and vitreous surgery*. Ophthalmology, 1999, Aug., 106 (8), 1521-1524.
 15. Wirbelauer C., Hoerauf H., Roeder J., Laqua H.: *Corneal shape changes after pars plana vitrectomy*. Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol., 1998, Nov., 236 (11), 822-828.

Praca wpłynęła do Redakcji 1.04.2004 r. (553).

Zakwalifikowano do druku 17.11.2004 r.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):
dr n. med. Sławomir Cisiecki
ul. Jana Pawła II 12/16
98-200 Sieradz