

(141)

Porównanie dokładności kalkulacji mocy soczewki wewnątrzgałkowej metodami SRK II, SRK/T, Holladay i Hoffer Q u pacjentów z nadwzrocznością, operowanych metodą fakoemulsyfikacji

Accuracy of the SRK II, SRK/T, Holladay and Hoffer Q IOL power calculation formulas in hyperopic patients after phacoemulsification

Jerzy Szaflik^{1,2}, Anna Kamińska^{1,2}, Sebastian Gajda¹, Anna Jędruch¹

¹Z Katedry i Kliniki Okulistyki II Wydziału Lekarskiego Akademii Medycznej w Warszawie
Samodzielny Publiczny Kliniczny Szpital Okulistyczny w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jerzy Szaflik
²Z Centrum Mikrochirurgii Oka LASER w Warszawie
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jerzy Szaflik

Summary: Purpose: Comparison of the SRK II, SRK/T, Holladay and Hoffer Q formulas accuracy, in calculating IOL power in hyperopic patients.
Material and methods: 34 eyes of 22 hyperopic patients, 15 women and 7 men, at the age from 19 to 85 years old, after phacoemulsification with PCIOL implantation, operated between 1998 and 2004 were analysed retrospectively. The power of IOL was calculated using the SRK/T formula and ranged from 28.5 to 35.0 D. The axial length ranged from 19.6 mm to 21.99 mm. The obtained refraction was measured with autorefractometer from 9 days to 37 month after operation, mean 6 month. In addition, the theoretical target refraction for the implanted IOL was calculated using the SRK II, Holladay and Hoffer Q formulas and the differences between the target and obtained refraction for all the formulas were compared.
Results: The best accuracy of IOL power calculation was obtained with the Hoffer Q formula. The Holladay, SRK/T and SRK II formulas gave worse results respectively.
Conclusions: For the purpose of IOL power calculation in hyperopic patients the Hoffer Q or Holladay formula should be chosen from those mentioned above. Nevertheless, miscalculation exceeding 3D also happens in case of using them. The use of SRK II and SRK/T is not recommended. To improve the results other formulas utilising precise measurements of the anterior segment should be applied. If it is impossible then attention should be paid to improving traditional biometry measurements.

Słowa kluczowe: moc wszczepu, nadwzroczność, fakoemulsyfikacja.
Key words: IOL power, hyperopia, phacoemulsification.

Wstęp

Stały postęp w chirurgii zaćmy znajduje odzwierciedlenie w rosnących oczekiwaniach pacjentów dotyczących pooperacyjnej ostrości wzroku. Coraz częściej na operację decydują się ludzie aktywni i czynni zawodowo, którzy spodziewają się, że uzyskają pełną ostrość wzroku do dali, najczęściej bez korekcji lub z korekcją dokładnie zaplanowaną przed zabiegiem. Do osiągnięcia takiego wyniku potrzebne są nie tylko doskonała technika operacyjna i właściwe postępowanie pooperacyjne, ale także

dokładna kalkulacja mocy soczewki wewnątrzgałkowej. Sprostanie tym wymaganiom w przypadku pacjentów z nadwzrocznością wymaga odpowiedniego podejścia podczas kalkulacji mocy soczewki wewnątrzgałkowej, a uzyskanie emmetropii jest trudniejsze niż w przypadku gałek normowzrocznych. Konieczne są precyzyjne pomiary biometryczne, zastosowanie odpowiedniej formuły oraz odpowiedniej techniki chirurgicznej, a w szczególności wszczępienie soczewki do torby soczewki, a nie do bruzdy rzęskowej (1,2).

Cel pracy

Celem pracy jest ocena dokładności kalkulacji mocy soczewki wewnątrzgałkowej z użyciem formuł SRK II, SRK/T, Holladay i Hoffer Q u pacjentów z nadwzrocznością, operowanych metodą fakoemulsyfikacji.

Materiał i metody

Retrospektywnej analizie poddano 34 oczu u 22 pacjentów z nadwzrocznością, 15 kobiet i 7 mężczyzn, w wieku od 19 do 85 lat, średnio 59,2 roku, operowanych w Centrum Mikrochirurgii Oka LASER w Warszawie w latach 1998-2004 metodą fakoemulsyfikacji. Zabiegi wykonane były przez jednego operatora. Do torby soczewki wszczepiano wewnątrzgałkowe soczewki tylnokomorowe o mocy od 28,5 do 35,0 D, średnio 30,9 D. Użyto następujących soczewek: Alcon AcrySof MA 60 BM – 22 sztuki, Alcon MZ 60 BD – 6 sztuk, Corneal ACR6D SE – 3 sztuki, Rayner 552 A – 2 sztuki, Storz P351UV – 1 sztuka. Długość osiowa gałek ocznych pacjentów zakwalifikowanych do badania wynosiła od 19,06 mm do 21,99 mm, średnio 20,59 mm. Pomiaru dokonywano aparatem Compu Scan LT firmy Storz z użyciem aplanacyjnej metody ultradźwiękowej. Keratometrię wykonywano za pomocą autokeratorefraktometru Auto Ref-Keratometer RC-1000 firmy Tomey. Do kalkulacji mocy wszczepu stosowano formułę SRK/T (3). Uzyskaną wartość refrakcji pooperacyjnej ustalono na podstawie ekwiwalentu sferycznego z pomiarów wykonanych autokeratorefraktometrem Auto Ref-Keratometer RC-1000 firmy Tomey po upływie od 9 dni do 37 miesięcy od zabiegu, średnio 6 miesięcy. Różnicę między refrakcją planowaną a uzyskaną przyjęto za miarę dokładności metody kalkulacji mocy soczewki wewnątrzgałkowej. Dodatkowo za pomocą formuł SRK II, Holladay i Hoffer Q wyliczono teoretyczną planowaną refrakcję odpowiadającą mocy wszczepionej soczewki i porównano rozbieżność między refrakcją planowaną a uzyskaną dla wszystkich formuł. Dla zbadania, czy uzyskane wyniki różnią się w sposób istotny statystycznie od 0 oraz czy wartości bezwzględne tych różnic są istotnie większe od zera, posłużono się testem t-Studenta. Jako poziom istotności przyjęto 5%. Wyniki przedstawiono w formie tabel, wykresów pudełkowych (4) oraz wykresów punktowych. Pozioma linia w „pudełku” określa medianę. Górny brzeg to trzeci kwartyl (75%), dolny to pierwszy kwartyl (25%). Odległość pomiędzy nimi to tak zwany IRQ (inter quantile range). Pionowe „wąsy” sięgają do wartości najmniejszej i do największej, jednak nie dalej niż 1,5xIRQ od brzegu „pudełka”. Wartości leżące pomiędzy 1,5xIRQ a 3xIRQ powyżej i poniżej „pudełka” określa się jako mild outliers i zaznacza pełnymi kółkami, wartości znajdujące się powyżej i poniżej 3xIRQ określa się jako extreme outliers i zaznacza pustymi kółkami. Obliczenia wykonano w programie Stata v. 8.2 (5).

Wyniki

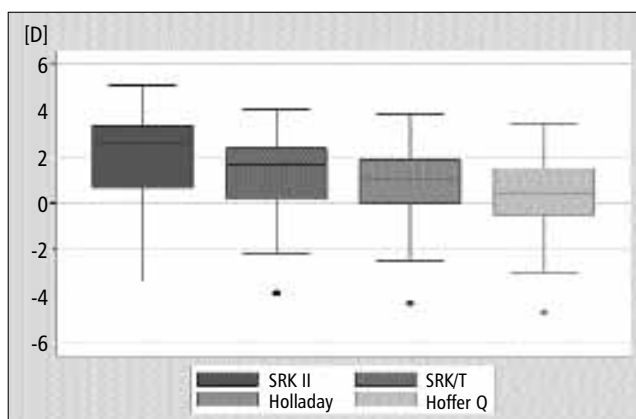
Najwyższą dokładność kalkulacji mocy soczewki wewnątrzgałkowej w przypadku pacjentów z nadwzrocznością uzyskano, stosując formułę Hoffer Q, a następnie coraz niższą kolejno w przypadku formuł Holladay, SRK/T i SRK II. Przewaga formuły Hoffer Q nad pozostałymi przejawiała się większą liczbą pacjentów, u których uzyskana refrakcja pooperacyjna mieściła się w zakresie wartości o mniejszym odchyleniu od refrakcji planowanej. Najwyraźniejsze różnice dotyczyły zakresu $\pm 1,5$ D. Jednak

Odchylenie od refrakcji planowanej dla poszczególnych formuł [D] The difference between target and obtained refraction [D]	Liczba pacjentów (%) Number of patients (%)			
	SRK II	SRK/T	Holladay	Hoffer Q
$\pm 0,5$	4 (11,8%)	5 (14,7%)	7 (20,6%)	8 (23,5%)
$\pm 1,0$	8 (23,5%)	10 (29,4%)	12 (35,3%)	13 (38,2%)
$\pm 1,5$	12 (35,3%)	12 (35,3%)	13 (38,2%)	22 (64,7%)
$\pm 2,0$	13 (38,2%)	19 (55,9%)	24 (70,6%)	25 (73,5%)
$\pm 2,5$	16 (47,1%)	27 (79,4%)	27 (79,4%)	28 (82,4%)
$\pm 3,0$	20 (58,8%)	28 (82,4%)	31 (91,2%)	32 (94,1%)
$\pm 3,5$	27 (79,4%)	31 (91,2%)	32 (94,1%)	33 (97,1%)
$\pm 4,0$	28 (82,4%)	33 (97,1%)	33 (97,1%)	33 (97,1%)
$\pm 4,5$	32 (94,1%)	34 (100%)	34 (100%)	33 (97,1%)
$\pm 5,0$	32 (94,1%)			34 (100%)
$\pm 5,5$	34 (100%)			

Tab. I. Odchylenie od refrakcji planowanej dla poszczególnych formuł – przedziały wartości.

Tab. I. The difference between target and obtained refraction – threshold values.

nawet w przypadku zastosowania formuły Hoffer Q mieściło się w nim tylko 64,7% pacjentów, 94,1% zaś mieściło się dopiero w zakresie ± 3 D. Występowały pojedyncze błędy powyżej ± 3 D (tab. I). Porównanie wartości rzeczywistych różnic pomiędzy refrakcją planowaną a uzyskaną oraz średniego odchylenia uzyskanej refrakcji od wartości planowanej potwierdziło przewagę formuły Hoffer Q kolejno nad formułami Holladay, SRK/T i SRK II (tab. II). Analogiczne wyniki uzyskano po porównaniu wartości bezwzględnych różnic między refrakcjami planowaną a uzyskaną oraz średniej tych wartości (tab. III). W przypadku formuły Hoffer



Ryc. 1. Odchylenie od refrakcji planowanej dla poszczególnych formuł – wartości rzeczywiste.

Fig. 1. The difference between target and obtained refraction – real numbers.

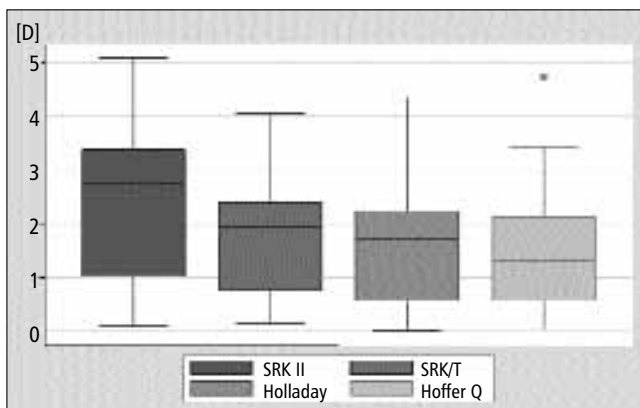
	N = 34	Test t-Studenta, średnia = 0 T Student test, mean = 0
SRK II (minimum, maksimum)	(-3,38; 5,08)	p < 0,0001
mediana (25%, 75%)	2,56 (0,62; 3,33)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	2,09 (1,9)	
mean (stnd. dev.)		
SRK/T (minimum, maksimum)	(-3,9; 4,05)	p = 0,0013
mediana (25%, 75%)	1,67 (0,13; 2,37)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	1,1 (1,83)	
mean (stnd. dev.)		
Holladay (minimum, maksimum)	(-4,35; 3,83)	p = 0,03
mediana (25%, 75%)	1,0 (-0,04; 1,85)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	0,71 (1,81)	
mean (stnd. dev.)		
Hoffer Q (minimum, maksimum)	(-4,74; 3,44)	p = 0,44
mediana (25%, 75%)	0,43 (-0,55; 1,49)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	0,24 (1,78)	
mean (stnd. dev.)		

Tab. II. Odchylenie od refrakcji planowanej dla poszczególnych formuł – wartości rzeczywiste.

Tab. II. The difference between target and obtained refraction – real numbers.

Q uzyskano najniższe średnie przy najniższych medianach (tab. II, III, ryc. 1,2). Zakres uzyskanych wartości refrakcji przedstawiają ryciny 3, 4, 5, 6. Najmniejszy zakres uzyskano dla formuły Hoffer Q, a następnie odpowiednio dla formuł Holladay, SRK/T, SRKII.

Obliczenia planowanej refrakcji według wzorów SRK II, SRK/T i Holladay dają wynik istotnie różny od faktycznie uzyskanej refrak-



Ryc. 2. Odchylenie od refrakcji planowanej dla poszczególnych formuł – bezwzględne różnice.

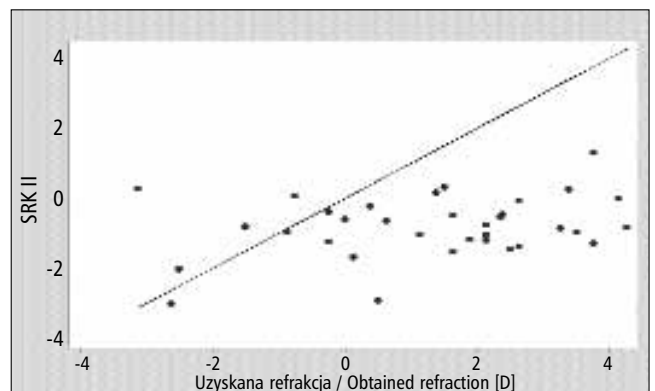
Fig. 2. The difference between target and obtained refraction – absolute values.

	N = 34	Test t-Studenta, średnia = 0 T Student test, mean = 0
SRK II (minimum, maksimum)	(0,09; 5,08)	p < 0,0001
mediana (25%, 75%)	2,77 (1,0; 3,38)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	2,4 (1,47)	
mean (stnd. dev.)		
SRK/T (minimum, maksimum)	(0,13; 4,05)	p < 0,0001
mediana (25%, 75%)	1,94 (0,75; 2,39)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	1,82 (1,1)	
mean (stnd. dev.)		
Holladay (minimum, maksimum)	(0,01; 4,35)	p < 0,0001
mediana (25%, 75%)	1,72 (0,55; 2,24)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	1,59 (1,1)	
mean (stnd. dev.)		
Hoffer Q (minimum, maksimum)	(0,03; 4,74)	p < 0,0001
mediana (25%, 75%)	1,32 (0,55; 2,13)	
median (25%, 75%)		
średnia (odch. std.)	1,42 (1,09)	
mean (stnd. dev.)		

Tab. III. Odchylenie od refrakcji planowanej dla poszczególnych formuł – bezwzględne różnice.

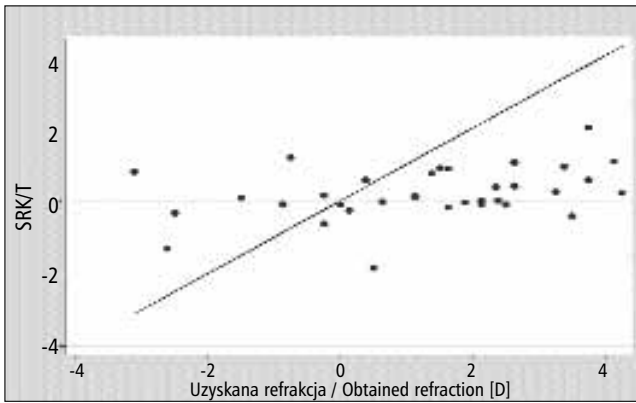
Tab. III. The difference between target and obtained refraction – absolute values.

cji: p < 0,0001 dla SRK II, p = 0,0013 dla SRK/T, p = 0,03 dla Holladay. Refrakcja pooperacyjna planowana metodą Hoffera Q nie odbiega w sposób statystycznie istotny od refrakcji faktycznie uzyskanej (p = 0,44). Bezwzględne wartości różnic pomiędzy uzyskaną a planowaną refrakcją są istotnie większe od 0 (p < 0,0001) w przypadku wszystkich badanych metod.

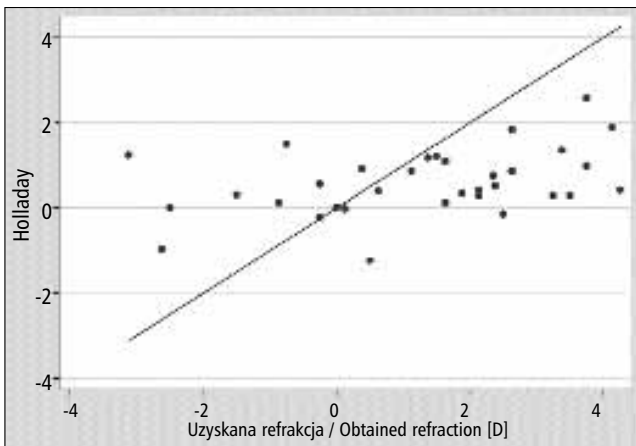


Ryc. 3. Zakres wartości refrakcji uzyskanych według formuły SRK II.

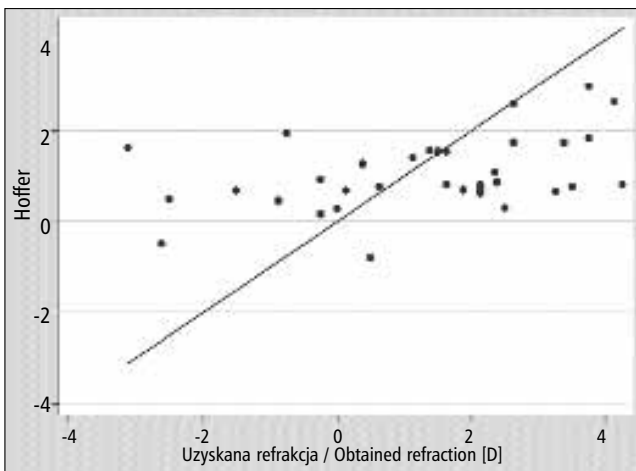
Fig. 3. The scatter of results obtained with SRK II formula.



Ryc. 4. Zakres wartości refrakcji uzyskanych według formuły SRK/T.
Fig. 4. The scatter of results obtained with SRK/T formula.



Ryc. 5. Zakres wartości refrakcji uzyskanych według formuły Holladay.
Fig. 5. The scatter of results obtained with Holladay formula.



Ryc. 6. Zakres wartości refrakcji uzyskanych według formuły Hoffer Q.
Fig. 6. The scatter of results obtained with Hoffer Q formula.

Dyskusja

Precyzyjna kalkulacja mocy wszczepianej soczewki ma bardzo duży wpływ na wynik pooperacyjny. Formuły pozwalające na jej obliczenie są cały czas doskonałe. Ulepszanie to obejmuje zarówno korygowanie matematycznych współczynników na podstawie badania wyników stosowania danej formuły, jak i tworzenie nowych formuł, uwzględniających kolejne pomiary biometryczne. Nowsze formuły zapewniają większą dokładność kalku-

lacji. Także im więcej elementów gałki ocznej jest zmierzonych i uwzględnionych w formule, tym lepszy jest uzyskany wynik. W szczególności należy zwrócić uwagę na pomiary charakteryzujące odcinek przedni, decydujące o pozycji sztucznej soczewki w oku (6). Jednak nie każdy ośrodek dysponuje przyrządami do mierzenia parametrów innych niż długość osiowa gałki ocznej i keratometria. Nie zawsze więc można zastosować najbardziej zalecane formuły, takie jak np. Holladay 2, która uwzględnia głębokość komory przedniej, grubość soczewki własnej czy odległość white to white (7,8). Wśród formuł wykorzystujących jedynie pomiar długości osiowej gałki oraz keratometrię najlepsze wyniki w przypadku długości osiowej mniejszej niż 22 mm uzyskuje się, stosując formułę Hoffer Q, co potwierdzają wyniki uzyskane przez nas i wyniki prac innych autorów (9,10). W wielu pracach dotyczących wszczepiania sztucznych soczewek u pacjentów z nadwzrocznością do wyliczenia mocy wszczepu stosowana jest formuła Hoffer Q (11). Uwagę zwraca jednak fakt, że nawet w przypadku jej zastosowania wśród uzyskanych przez nas wyników zdarzały się rozbieżności między refrakcją planowaną a uzyskaną przekraczające 3,5 D. Dla poprawienia dokładności kalkulacji można zastosować inne formuły, o czym była mowa powyżej, lub skupić się na zwiększeniu precyzji pomiarów. Wielu autorów zaleca także wprowadzanie stałych A dla poszczególnych soczewek wewnątrzgałkowych, zmienionych na podstawie analizy wyników w danym ośrodku i korygujących charakterystyczne dla niego, powtarzalne odchylenie, wynikające ze specyfiki urządzeń, techniki pomiarów poprzedzających kalkulację mocy wszczepu i techniki operacyjnej (12). Istotny wpływ na ostateczny wynik ma także sposób implantacji sztucznej soczewki, jako że formuły służące do kalkulacji jej mocy zakładają implantację w torbie soczewki. Umieszczenie jej w bruzdzie rzęskowej zamiast w torbie soczewki i związane z tym przemieszczenie do przodu powoduje przesunięcie refrakcji pooperacyjnej w kierunku krótkowzroczności. W razie konieczności wszczepienia sztucznej soczewki do bruzdy rzęskowej jej moc w przypadku gałek normowzrocznych powinna być zmniejszona o 1 D (1,2). Brandser z kolei podaje, że implantacja sztucznej soczewki w bruzdzie rzęskowej zwiększa jej moc o 0,5 D (12).

U pacjentów zakwalifikowanych do przeprowadzonego przez nas badania moc wszczepianej soczewki określaliśmy na podstawie formuły SRK/T, co było uzasadnione stanowiskiem niektórych autorów, przytaczanym w piśmiennictwie z lat 90. (3). Późniejsze dane z piśmiennictwa (9), jak i wyniki naszej pracy wykazują, że inne formuły lepiej określają moc wszczepu w gałkach o długości mniejszej niż 22 mm. Formuła SRK/T zalecana jest w przypadku gałek krótkowzrocznych (9).

Wnioski

- ❖ W celu kalkulacji mocy wszczepu w przypadku gałek o długości osiowej mniejszej niż 22 mm wskazane jest wybranie spośród badanych metod formuły Hoffer Q lub Holladay. Jednak także w przypadku tych formuł możliwe są błędy w kalkulacji przekraczające ± 3 D. Stosowanie formuł SRK II i SRK/T jest niewskazane.
- ❖ W celu uzyskania lepszych klinicznych wyników należałoby rozważyć użycie innych, dokładniejszych wzorów, uwzględniających precyzyjne określenie wielkości przedniego odcinka w krótkiej gałce ocznej z wykorzystaniem dodatkowych pomia-

rów, takich jak głębokość komory przedniej, grubość soczewki własnej czy odległość white to white. W razie braku takiej możliwości należy skupić się na maksymalnej precyzji tradycyjnych pomiarów biometrycznych.

PIŚMIENICTWO:

1. Erickson P.: *Effects of intraocular lens position errors on postoperative refractive error*. J. Cataract. Refract. Surg., 1990; May: 16 (3), 305-311.
2. Suto C., Hori S., Fukuyama E., Akura J.: *Adjusting intraocular lens power for sulcus fixation*. J. Cataract. Refract. Surg., 2003; Oct.: 29 (10), 1913-1917.
3. Sanders D. R., Retzlaff J. A., Kraff M. C., Gimbel H. V., Raanan M. G.: *Comparison of the SRK/T formula and other theoretical and regression formulas*. J. Cataract. Refract. Surg., 1990; May: 16 (3), 341-346.
4. Cleveland W. E.: *Visualizing Data*. Summit, NJ, Hobart Press, 1993.
5. Stata Statistical Software: *Release 8.2*. College Station, TX, Stata Corporation.
6. Holladay J. T.: *International Intraocular Lens & Implant Registry 2002*. J. Cataract. Refract. Surg., 2002; Jan.: 28 (1), 152-174.
7. Fenzl R. E., Gills J. P., Cherchio M.: *Refractive and visual outcome of hyperopic cataract cases operated on before and after implementation of the Holladay II formula*. Ophthalmology, 1998; Sep.: 105 (9), 1759-1764.
8. Preetha R., Goel P., Patel N., Agarwal S., Agarwal A., Agarwal J., Agarwal T., Agarwal A.: *Clear lens extraction with intraocular lens implantation for hyperopia*. J. Cataract. Refract. Surg., 2003; May: 29 (5), 895-899.
9. Donoso R., Mura J. J., Lopez M., Papic A.: *Emmetropization at cataract surgery. Looking for the best IOL power calculation formula according to the eye length*. Arch. Soc. Esp. Oftalmol., 2003; Sep.: 78 (9), 477-480.
10. Hoffer K. J.: *The Hoffer Q formula: a comparison of theoretic and regression formulas*. J. Cataract. Refract. Surg., 1993; Nov.: 19 (6), 700-712.
11. Kolaoudouz-Isfahani A. H., Rostamian K., Wallace D., Salz J. J.: *Clear lens extraction with intraocular lens implantation for hyperopia*. J. Refract. Surg., 1999; May-Jun.: 15 (3), 316-323. Erratum in: J. Refract. Surg., 1999; Nov.-Dec.: 15 (6), 620.
12. Brandser R., Haaskjold E., Drolsum L.: *Accuracy of IOL calculation in cataract surgery*. Acta Ophthalmol. Scand., 1997; Apr.: 75 (2), 162-165.

Praca wpłynęła do Redakcji 7.01.2005 r. (672).
Zakwalifikowano do druku 30.09.2005 r.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):
lek. med. Anna Jędruch
Sebastian Gajda
ul. Sierakowskiego 13
03-709 Warszawa

Zapraszamy na naszą stronę internetową
www.pto.com.pl