

(109)

# Zmiany refrakcji oka oraz mocy optycznej rogówki i soczewki w trakcie rozwoju osobniczego w miarowości, krótkowzroczności i nadwzroczności

## Changes of eye refraction, corneal power and lens power during growth in emmetropia, myopia and hyperopia

**Bartłomiej J. Kałużny, Aleksandra Koszewska-Kołodziejczak**

Z Kliniki Okulistycznej Akademii Medycznej w Bydgoszczy  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Józef Kałużny

**Summary:** Purpose: The aim of this study was to evaluate changes of eye refraction, corneal power and lens power during growth in emmetropia, myopia and hyperopia. Material and methods: We examined 183 children (363 eyes) aged 4 to 19 with emmetropia, myopia and hyperopia. All measurements were performed after cycloplegia with 1% tropicamidum. Total refraction and corneal power was examined with autokeratorefractometer. Then we used ultrasound biometer Ocuscan (Alcon, USA), to measure axial length of the eye. Lens power was calculated with use of SRK II formula. Results and conclusions: Mean refractive error in whole group in the age of 4 was +2,86D and was gradually decreasing to reach 0D in the age of 14. Between 4<sup>th</sup> and 14<sup>th</sup> years old, myopia increases slowly and then acceleration of this process was observed. In hyperopic eyes between 4<sup>th</sup> and 16<sup>th</sup> years old, refractive error decreases gradually and then stabilization was noted. Mean corneal power between 4<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> years old, decreased in emmetropia and myopia by 1.24D and 2.19D respectively, and increased by 0.38D in children with hyperopia. This changes took place before 10<sup>th</sup> years old. Mean lens power between 4<sup>th</sup> and 19<sup>th</sup> years old, decreased in emmetropia by 2.01D, in myopia by 1.43D and in hyperopia by 1.78D. This changes took place before 12<sup>th</sup> years old.

**Słowa kluczowe:** rozwój gałki ocznej, refrakcja oka, moc optyczna rogówki, moc optyczna soczewki, wady wzroku.

**Key words:** eye growth, refraction of the eye, corneal power, lens power, refractive errors.

Rozwój oka ludzkiego jest zaprogramowany genetycznie w taki sposób, by stan miarowości wytworzył się już w dzieciństwie i trwał przez całe życie (1). Długość osiowa gałki ocznej znacznie wzrasta od momentu urodzenia do 12. -18. roku życia (1-5), kiedy to oko uzyskuje swoje ostateczne wymiary. W związku z tym, aby wytworzył się stan miarowości, układ optyczny małej gałki ocznej u dziecka musi mieć znacznie większe zdolności załamania światła niż u osoby dorosłej. W trakcie rozwoju osobniczego dochodzi do zmniejszania się siły łamiącej rogówki i soczewki (6), co kompensuje zwiększanie się długości osiowej gałki ocznej.

W piśmiennictwie dostępne są dość liczne publikacje opisujące zmiany w obrębie układu optycznego oka w trakcie wzrostu (1-6,7,8), jednak dotychczas nie analizowano materiału z uwzględnieniem wad refrakcji.

**Celem** naszej pracy jest ocena zmian całkowitej refrakcji oka, mocy optycznej rogówki i soczewki u dzieci i młodzieży w trakcie rozwoju osobniczego w miarowości, krótkowzroczności i nadwzroczności.

### Materiał i metodyka

Badaniom poddano łącznie 183 dzieci (363 oczu) w wieku od 4 do 19 lat, w tym 94 dziewczynki i 89 chłopców. Materiał podzielono w zależności od wady wzroku na 3 grupy: dzieci normowzroczne (od +0,99 do -0,99 D, średnio +0,16 D), krótkowzroczne (od -6,00 do -1,00 D, średnio -2,50 D) i nadwzroczne (od +1,00 do +6,00 D, średnio +3,57 D). Wyodrębniono 8 grup wiekowych (tab. I). Wszystkie pomiary wykonano po 30 minutach od trzykrotnego zakropienia badanych oczu 1% roztworem tropikamidum (1% Tropicamidum, Polfa Warszawa). Dokonano pomiarów refrakcji całkowitej i rogówkowej za pomocą autokeratorefraktometru (Nikon NRK-8000). Następnie mierzono długość osiową gałki ocznej za pomocą ultrasonografu Ocuscan (Alcon, USA). Obliczenia mocy optycznej soczewki wykonano za pomocą wzoru SRK II (Sanders-Retzlaff-Kraff), uwzględniając występującą wadę wzroku i przyjmując dla soczewki wartość stałej A równą 116,4, podobnie jak Gordon i Donzis (3). Analizy danych dokonano za pomocą programu Excel rozszerzonego o Analysis ToolPak.

## Wyniki

W badanym materiale między 4. a 19. rokiem życia zaobserwowano zmianę średniej wady wzroku po porażeniu akomodacji (tab. I). U dzieci 4-5-letnich wynosiła ona +2,86 D i stopniowo zmniejszała się, by w wieku 14-15 lat zbliżyć się do miarowości, a stan ten utrzymywał się do 18.-19. roku życia (ryc. 1). Wśród dzieci normowzrocznych we wszystkich grupach wiekowych średnia wada była bliska 0 D i zawierała się w przedziale od -0,11 D do +0,54 D. U krótkowidzów zaobserwowano narastanie wady wraz z wiekiem z -1,73 D u dzieci 4-5-letnich do -3,5 D u 18-19-latków. Wśród nadwzrocznych natomiast wada zmniejszyła się odpowiednio z +5,01 D do +2,4 D (ryc. 2). Wszystkie te zmiany i różnice między podgrupami były wysoce istotne statystycznie ( $p < 0,01$ ).

W całej badanej populacji zmiana średniej mocy optycznej rogówki nie była istotna statystycznie (ryc. 3). Istotne zmiany ( $p < 0,05$ ) odnotowano w poszczególnych podgrupach. Średnia moc rogówki w normowzroczności zmniejszyła się z 44,33 D do 43,09 D (o 1,24 D), w krótkowzroczności z 44,94 D do 42,75 D (o 2,19

D), a w nadwzroczności wzrosła z 42,61 D do 42,99 D (o 0,38 D) (ryc. 4). Ponadto wykazano istotność statystyczną różnic między oczami normowzrocznymi, krótkowzrocznymi i nadwzrocznymi w wieku 4-5 i 6-7 lat ( $p < 0,05$ ).

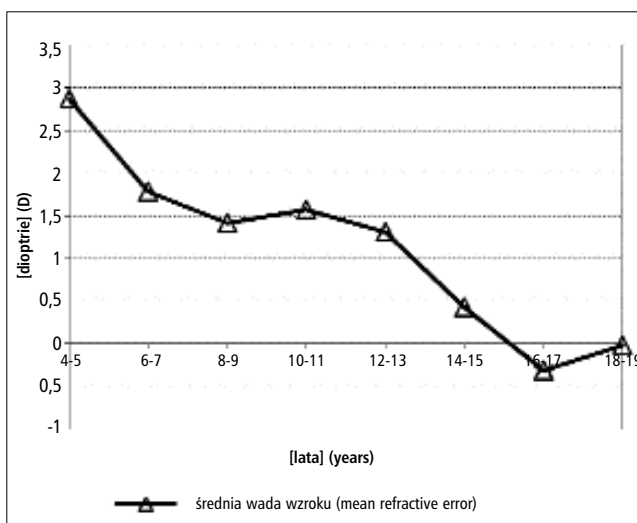
W całym badanym materiale stwierdzono zmniejszenie średniej mocy optycznej soczewki o 1,34 D, z 20,88 D do 19,54 D (ryc. 5), w normowzroczności o 2,01 D, z 21,55 D do 19,54 D, w krótkowzroczności o 1,43 D, z 20,04 D do 18,61 D, a w nadwzroczności o 1,78 D, z 21,33 D do 19,55 D (ryc. 6). Zmiany te były wysoce istotne ( $p < 0,01$ ), ale różnice między podgrupami były istotne tylko dla krótkowzroczności w grupach 4-5 i 6-7 lat ( $p < 0,05$ ).

## Omówienie

Pewne wątpliwości może budzić zastosowanie tropikamidu do porażenia akomodacji. Użycie atropiny było jednak niemożliwe ze względu na fakt, że przeważająca część badań była przeprowadzona w szkołach, u dzieci, które nie miały problemów okulistycznych lub były pod opieką okulisty. Do wyboru pozostały środki działające krót-

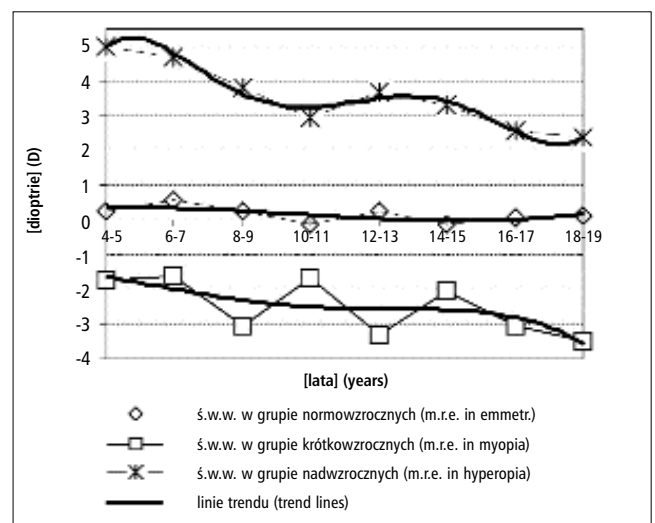
Grupa wiekowa (lata) Age group (years)	Liczba oczu w grupie wiekowej Number of eyes in age group	Średnia wada wzroku (D) Mean refractive error (D)	Średnia długość osiowa gałki ocznej (mm) Mean axial length of the eye (mm)	Średnia moc optyczna rogówki (D) Mean corneal power (D)
4-5	42	+2,861 ( $\pm 3,13$ )	21,565 ( $\pm 1,11$ )	43,367 ( $\pm 1,4$ )
6-7	50	+1,783 ( $\pm 4,01$ )	21,983 ( $\pm 1,23$ )	43,652 ( $\pm 1,78$ )
8-9	54	+1,401 ( $\pm 3,76$ )	22,624 ( $\pm 1,51$ )	43,309 ( $\pm 1,7$ )
10-11	47	+1,558 ( $\pm 2,24$ )	22,548 ( $\pm 1,09$ )	43,051 ( $\pm 1,49$ )
12-13	38	+1,295 ( $\pm 2,75$ )	22,756 ( $\pm 1,09$ )	42,801 ( $\pm 1,39$ )
14-15	38	-0,142 ( $\pm 1,27$ )	23,146 ( $\pm 0,73$ )	43,742 ( $\pm 0,99$ )
16-17	54	-0,325 ( $\pm 2,18$ )	23,315 ( $\pm 1,31$ )	43,361 ( $\pm 1,32$ )
18-19	40	-0,012 ( $\pm 1,77$ )	23,314 ( $\pm 1,3$ )	42,881 ( $\pm 1,89$ )

Tab. I. Podział na grupy wiekowe, liczebność poszczególnych grup, średnia wada wzroku, średnia długość osiowa gałki ocznej i średnia moc optyczna rogówki.  
Tab. I. Age groups, number of eyes in the group, mean refractive error, mean axial length and mean corneal power.



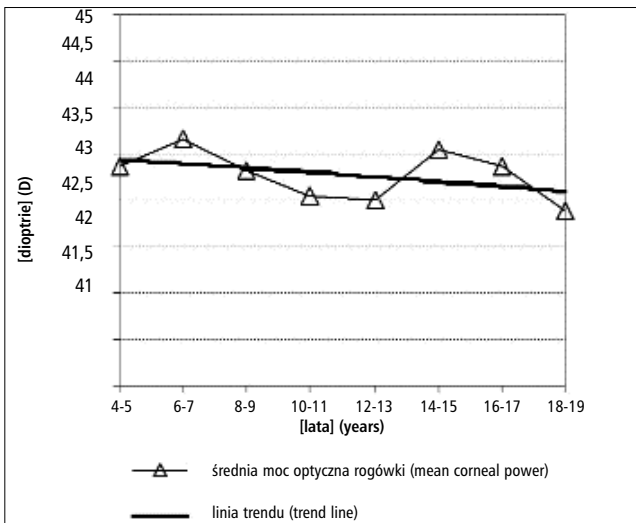
Ryc. 1. Zmiana średniej wady wzroku po porażeniu akomodacji w zależności od wieku.

Fig. 1. Changes of mean cycloplegic refractive error (m. r. e.) of the eye in age groups in emmetropia, myopia and hyperopia.

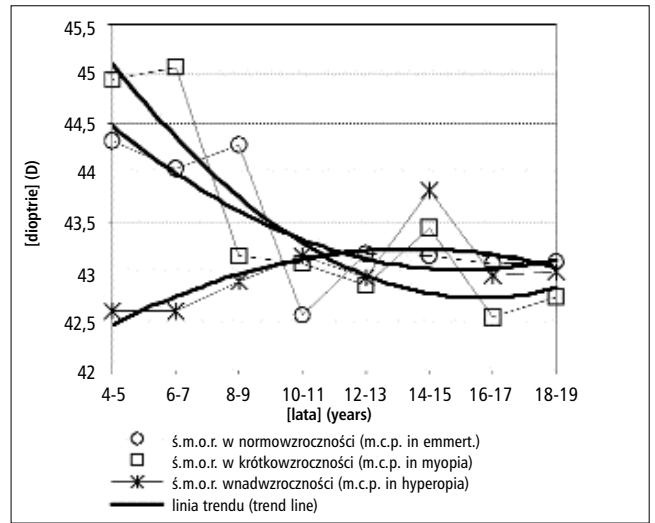


Ryc. 2. Zmiana średniej wady wzroku (ś.w.w.) po porażeniu akomodacji w zależności od wieku w normowzroczności, krótkowzroczności i nadwzroczności.

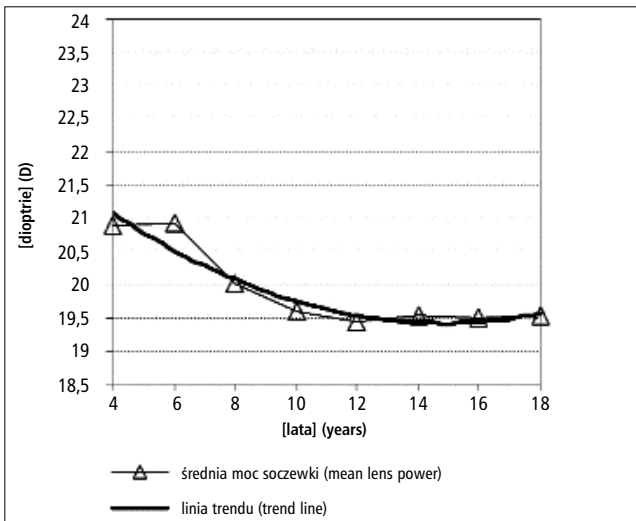
Fig. 2. Changes of mean cycloplegic refractive error of the eye in age groups.



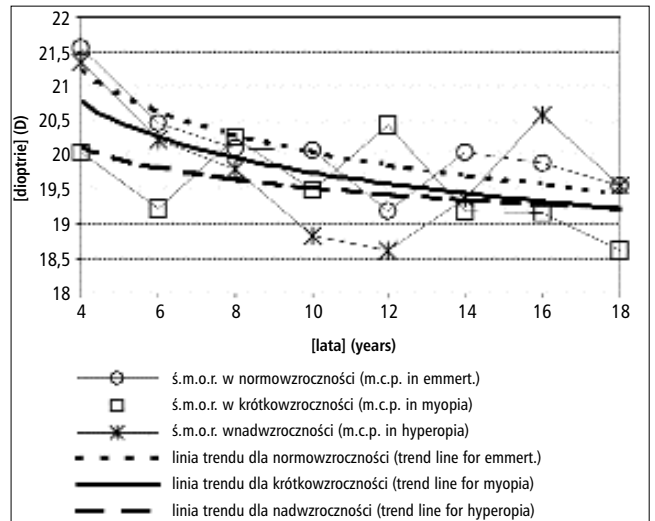
Ryc. 3. Zmiana średniej mocy optycznej rogówki w zależności od wieku.  
Fig. 3. Changes of mean corneal power in age groups.



Ryc. 4. Zmiana średniej mocy optycznej rogówki (ś. m. o. r.) w zależności od wieku w normowzroczności, krótkowzroczności i nadwzroczności.  
Fig. 4. Changes of mean corneal power (m. c. p.) in age groups in emmetropia, myopia and hyperopia.



Ryc. 5. Zmiana średniej mocy soczewki w zależności od wieku.  
Fig. 5. Changes of mean lens power in age groups.



Ryc. 6. Zmiana średniej mocy soczewki (ś.s.) w zależności od wieku w normowzroczności, krótkowzroczności i nadwzroczności.  
Fig. 6. Changes of mean lens power (m. l. p.) in age groups in emmetropia, myopia and hyperopia.

ko – cyklopentolat lub tropikamid. Cyklopentolat jest lekiem silnie porażającym akomodację, chociaż niektórzy autorzy nie stwierdzili istotnych różnic (9), a inni donosili, że cyklopentolat działa tylko nieznacznie silniej niż tropikamid. Przykładem może być praca Muttiego i wsp., którzy w grupie dzieci nadwzrocznych odnotowali wystąpienie akomodacji resztkowej po zastosowaniu cyklopentolatu na poziomie 0,47 D, a po tropikamidzie 0,67 D (10). Reichhartowa zaobserwowała akomodację resztkową po tropikamidzie wynoszącą tylko 0,12 D (11). Jeżeli dodatkowo weźmiemy pod uwagę bezpieczeństwo stosowania, wybór tropikamidu jest uzasadniony.

Zaobserwowane zmiany średniej wady wzroku dla całego materiału pokrywają się ze spostrzeżeniami innych autorów (1,4,8), chociaż w pracach Gordona i Donzisa oraz Prosta i wsp. wyniki dla wszystkich grup wiekowych były nieco przesunięte w kierunku krótkowzroczności (3,5). W normowzroczności we wszystkich grupach wiekowych średnia wada była bliska 0 D. U krótkowidzów stwier-

dziłmy narastanie wady między 4. -5. a 18. -19. rokiem życia o 1,77 D, z wyraźnym przyspieszeniem tego procesu po 14. roku życia. W nadwzroczności zachodzi proces odwrotny. Wada między 4. -5. a 18. -19. rokiem życia zmniejsza się o 2,61 D, a proces ten kończy się około 16. roku życia.

Analizując cały badany materiał, stwierdziliśmy, że średnia moc optyczna rogówki między 4. a 19. rokiem życia nie zmienia się w sposób istotny. Do podobnych wniosków doszli inni autorzy (1,3). Dalsza analiza prowadzi jednak do nowych wniosków. W normowzroczności zaobserwowano zmniejszenie się mocy optycznej rogówki z 44,33 D do 43,09 D, w krótkowzroczności z 44,94 D do 42,75 D, natomiast u nadwzrocznych odnotowano wzrost z 42,61 D do 42,99 D. We wszystkich podgrupach zmiany zachodziły głównie między 4. a 10. rokiem życia, a następnie wartości były stabilne i niezależnie od wady wzroku wynosiły około 43 D. Na podstawie powyższego można wysunąć hipotezę, że u dzieci między 4. a 10.

rokiem życia zarówno nadwzroczność, jak i krótkowzroczność mają również komponent krzywiznowy – moc optyczna rogówki w oczach krótkowzrocznych jest większa, a w nadwzrocznych mniejsza niż w oczach normowzrocznych, co powiększa istniejącą wadę wzroku. W czasie rozwoju osobniczego w procesie emmetropizacji dochodzi jednak do znacznego zmniejszenia się siły łamiącej rogówki w oczach krótkowzrocznych (o 2,19 D) i zwiększenia w oczach nadwzrocznych (o 0,38 D), co powoduje zmniejszanie się istniejącej wady wzroku. Zmiany krzywizny rogówki częściowo kompensują więc wadę wzroku u dzieci starszych.

Zmierzenie w sposób bezpośredni mocy optycznej soczewki jest niemożliwe. Wartość tę można obliczyć, mając dane fakometryczne lub ze wzorów, w których znajomość promieni krzywizn soczewki nie jest potrzebna, np. SRK II. W badanym materiale obliczona moc soczewki zmniejszyła się z 20,88 D do 19,54 D, czyli o 1,34 D, przy czym zmiany zachodzą między 4. a 12. rokiem życia. Gordon i Donzis, również stosując wzór SRK II, odnotowali zmniejszenie mocy soczewki między 4. a 15. rokiem życia o 2 D, z 20,9 D do 18,9 D (3). Mutti i wsp. wykonali obliczenia dla dzieci w wieku od 6 do 15 lat dwiema metodami (6). W pierwszej, w której niezbędne były promienie krzywizn przedniej i tylnej powierzchni soczewki ustalone dzięki fakometrii, stwierdzili zmniejszenie z 21,5 D do 19,8 D, czyli o 1,7 D, a tendencja zmiany była liniowa. Te wyniki są zgodne z naszymi, chociaż kształt krzywej tendencji się różni. Za pomocą drugiej metody uzyskali nieco inne wyniki. Zmniejszenie mocy optycznej soczewki wyniosło 2,4 D, z 25,3 D do 22,9 D, ale wszystkie zmiany zachodziły między 6. a 10. rokiem życia, podobnie jak w naszym materiale. Analiza różnic między poszczególnymi podgrupami wykazała istotność statystyczną jedynie dla krótkowzroczności w grupach 4-5 i 6-7 lat. W tym wieku soczewka w oku krótkowzrocznym ma nieco mniejszą moc niż w normowzrocznym czy nadwzrocznym. Analizując te dane, trzeba pamiętać, że badania zostały przeprowadzone po porażeniu akomodacji tropikamidem i szczególnie u mniejszych dzieci z nadwzrocznością pozostaje znaczna akomodacja resztkowa.

Podsumowując, należy stwierdzić, że średnia wada refrakcji u dzieci w wieku 4 lat wyniosła +2,86 D i stopniowo zmniejszała się, by po 14. roku życia zbliżyć się do 0 D. Do 14. roku życia krótkowzroczność zwiększała się stopniowo i dosyć wolno, a następnie doszło do wyraźnego przyspieszenia narastania tej wady. Nadwzroczność natomiast zmniejszała się stopniowo do 16. roku życia, a potem obserwowaliśmy jej stabilizację. Średnia moc optyczna rogówki między 4. a 19. rokiem życia w normowzroczności i krótkowzroczności zmniejszyła się odpowiednio o 1,24 D i 2,19 D, u nadwzrocznych wzrosła o 0,38 D, a zmiany te zachodziły głównie przed 10. rokiem życia. Średnia moc optyczna soczewki między 4. a 19. rokiem życia zmniejszyła się u dzieci normowzrocznych o 2,01 D, u krótkowzrocznych o 1,43 D, u nadwzrocznych o 1,78 D, a zmiany

te obserwowano głównie przed 12. rokiem życia. Ponadto nasze wyniki sugerują, że moc optyczna rogówki odgrywa pewną rolę w powstawaniu krótkowzroczności i nadwzroczności u dzieci w wieku 4-10 lat. W tym okresie moc optyczna rogówki zmienia się w taki sposób, że częściowo redukuje istniejącą wadę wzroku.

#### PIŚMIENNICTWO:

1. Brown N. P., Koretz J. F., Bron A. J.: *The development and maintenance of emmetropia*. Eye, 1999, 13, 83-92.
2. Fledelius H. C.: *Ophthalmic changes from the age of 10 to 18 years: a longitudinal study of sequels to low birth weight. IV. Ultrasound ophthalmometry of vitreous and axial length*. Acta Ophthalmologica, 1982, 60, 403-411.
3. Gordon R. A., Paul B., Donzis P. B.: *Refractive development of the human eye*. Arch. Ophthalmol., 1985, 103, 785-789.
4. Grałek M., Bogorodzki B., Czajkowski J., Stefańczyk L., Budzińska-Mikurenda M.: *Dynamika refrakcji w wieku rozwojowym*. Nowa Medycyna, 1996, 13, 14-16.
5. Prost M. E., Kocyla-Karczmarewicz B., Chipczyńska B., Kaniowska K., Klimczak-Ślęczka D., Juszek J., Hautz W., Szreter M., Sarti G.: *Rozwój gałki ocznej u dziecka*. Chris-Comp, Warszawa, 2000.
6. Mutti D. O., Zadnik K., Fusaro R. E., Friedman N. E., Sholtz R. I., Adams A. J.: *Optical and structural development of the crystalline lens in childhood*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1998, 39, 120-133.
7. Zadnik K., Mutti D. O., Fusaro R. E., Adams A. J.: *Longitudinal evidence of crystalline lens thinning in children*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1995, 36, 182-187.
8. Zadnik K., Manny R. E., Mitchell G. L., Cotter S. A., Quiralte J. C., Shipp M., Friedman N. E., Kleinstein R. N., Walker T. W., Jones L. A., Moeschberger M. L., Mutti D. O.: *Ocular component data in schoolchildren as function of age and gender*. Optom. Vis. Sci., 2003, 80, 226-236.
9. Twelker J. D., Mutti D. O.: *Retinoscopy in infants using a near noncycloplegic technique, cycloplegia with tropicamid 1%, and cycloplegia with cyclopentolate 1%*. Optom. Vis. Sci., 2001, 78, 215-222.
10. Mutti D. O., Zadnik K., Egashira S., Kish L.: *The effect of cycloplegia on measurement of the ocular components*. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci., 1994, 35, 515-527.
11. Reichhartowa T.: *Ocena przydatności 1,0% Tropicamidu (Polfa) w badaniu refrakcji u dzieci*. Klinika Oczna, 1984, 86, 451-452.

Praca wpłynęła do Redakcji 18.11.2004 r. (651).

Zakwalifikowano do druku 4.05.2005 r.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):  
dr n. med. Bartłomiej Kałużny  
ul. Kilińskiego 3  
85-670 Bydgoszcz