

(70)

Zmiany osiowych wymiarów gałki ocznej w trakcie rozwoju osobniczego w miarowości, krótkowzroczności i nadwzroczności

Changes of axial dimensions of the eye 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 axial dimensions of the eye 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 (Polfa Warszawa). Total and corneal refraction was examined with autokeratorefractometer (Nikon NRK-8000). Then we used ultrasound biometer Ocuscan (Alcon, USA), to measure axial length of the eye, axial length of the vitreous cavity, axial dimension of the lens and axial depth of the anterior chamber.

Results and conclusions:

1. Growth of the axial length of the emmetropic eyes is finished at the age of 12, in hyperopic eyes in the age of 11 and in myopic eyes growth is proportional until the age of 14 and then significantly accelerates.
2. Growth of the axial length is mainly caused by increasing axial length of vitreous cavity. A little role in human eye growth is also played by increasing depth of the anterior chamber.
3. Between 4 and 19 years old, mean cycloplegic axial dimension of the lens is slightly decreasing in emmetropic and hyperopic eyes, whereas in myopic eyes is constant.

Słowa kluczowe: rozwój gałki ocznej, długość osiowa gałki ocznej, długość osiowa komory szklistej, głębokość komory przedniej, grubość osiowa soczewki, wady wzroku.

Key words: eye growth, axial length of the eye, axial length of the vitreous, axial dimension of the lens, depth of the anterior chamber, refractive errors.

Wymiary gałki ocznej zmieniają się przez całe życie człowieka. Do szczególnie dynamicznych zmian dochodzi w 1. roku życia. U dzieci 2- i 3-letnich rozwój gałki ocznej nadal jest szybki, a między 4. a 12. rokiem życia staje się wyraźnie wolniejszy. Uważa się, że wzrost gałki ocznej zostaje zakończony w wieku 12-18 lat (1-5). Jednak u osób krótkowzrocznych długość osiowa gałki może wzrastać przez całe życie (6,7). U dorosłych nieobciążonych wadą wzroku również dochodzi do zmian wymiarów. Dotyczą one głównie soczewki, która zwiększa swoją grubość o blisko 0,02 mm na rok. Równocześnie zmniejsza się głębokość komory przedniej (8).

W 1956 roku Mundt i Hughs przedstawili nową metodę umożliwiającą przyżyciowy pomiar gałki ocznej – biometrię ultradźwiękową. Zaowocowało to między innymi pojawieniem się doniesień na temat zmian wymiarów gałki ocznej w czasie rozwoju osobniczego. Wśród nich na szczególną uwagę zasługują publikacje Larsena ze względu na obszerny materiał i szczegółowe opracowanie tematu

(9-12). W Polsce również ukazało się kilka artykułów na ten temat. Jednak dostępne publikacje nie odpowiadają na pytanie, jak rozwija się gałka oczna u dzieci normowzrocznych, krótkowzrocznych i nadwzrocznych. Prost i wsp. (5), a także Grałek i wsp. (6) dzielą badany materiał na grupy wiekowe bez względu na stan układu optycznego oka. Koraszewska-Matuszewska i wsp. przeanalizowali zmienność osi gałki ocznej w normowzroczności i krótkowzroczności. Nie badali dzieci nadwzrocznych (7). Ponadto metodologia powyższych badań nie obejmowała pomiarów głębokości osiowej komory przedniej, grubości osiowej soczewki i długości osiowej komory szklistej, a jedynie długość osiową gałki ocznej.

Celem naszej pracy są oceny zmian długości osiowej gałki ocznej, głębokości osiowej komory przedniej, grubości osiowej soczewki i długości osiowej komory szklistej u dzieci i młodzieży w miarowości, krótkowzroczności i nadwzroczności w trakcie rozwoju osobniczego.

Grupa wiekowa (lata) Age group (years)	Liczba oczu w całej grupie wiekowej Number of eyes in age group	Średnia wada wzroku (D) Mean refractive error (D)	Średnia długość osiowa		
			Odchylenie standardowe Standard deviation	Średnia długość osiowa gałki ocznej (mm) Mean axial length of the eye (mm)	Odchylenie standardowe Standard deviation
4-5	42	+2,861	3,13	21,565	1,11
6-7	50	+1,783	4,01	21,983	1,23
8-9	54	+1,401	3,76	22,624	1,51
10-11	47	+1,558	2,24	22,548	1,09
12-13	38	+1,295	2,75	22,756	1,09
14-15	38	-0,142	1,27	23,146	0,73
16-17	54	-0,325	2,18	23,315	1,31
18-19	40	-0,012	1,77	23,314	1,3

Tab. I. Podział na grupy wiekowe, liczebność poszczególnych grup, średnia wada wzroku, średnia długość osiowa gałki ocznej.

Tab. I. Age groups, number of eyes in group, mean refractive error, mean axial length of the eye.

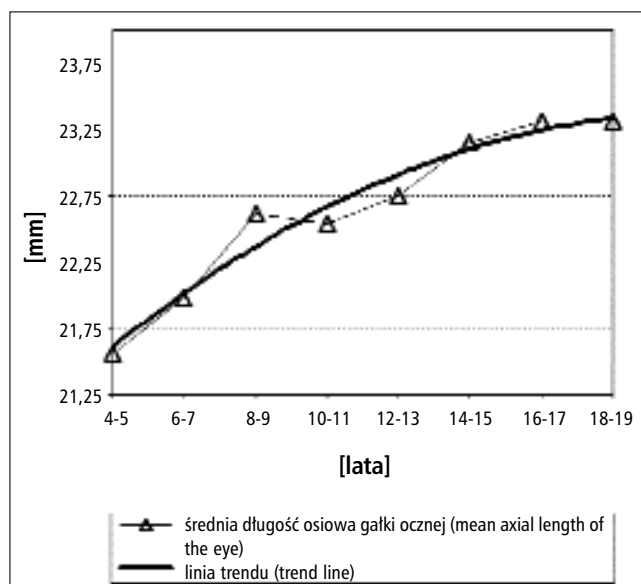
Materiał i metodyka

Badaniem 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: 125 oczu normowzrocznych (ekwiwalent sferyczny wady od +0,99 do -0,99 D, średnio +0,16 D), 98 oczu krótkowzrocznych (od -6,00 do -1,00 D, średnio -2,50 D) i 140 oczu nadwzrocznych (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 do worka spojówkowego badanych oczu 1% roztworu tropikamidu (1% Tropicamidum, Polfa Warszawa). Dokonano pomiarów refrakcji całkowitej i rogówkowej za pomocą autokeratorefraktometru (Nikon NRK-8000). Następnie mierzono długość osiową gałki ocznej, głębokość osiową komory przedniej, grubość osiową soczewki i długość osiową komory szklistej metodą kontaktową za pomocą ultrasonografu Ocuscan (Alcon, USA).

Analizy danych dokonano za pomocą programu Excel rozszerzonego o Analysis ToolPak.

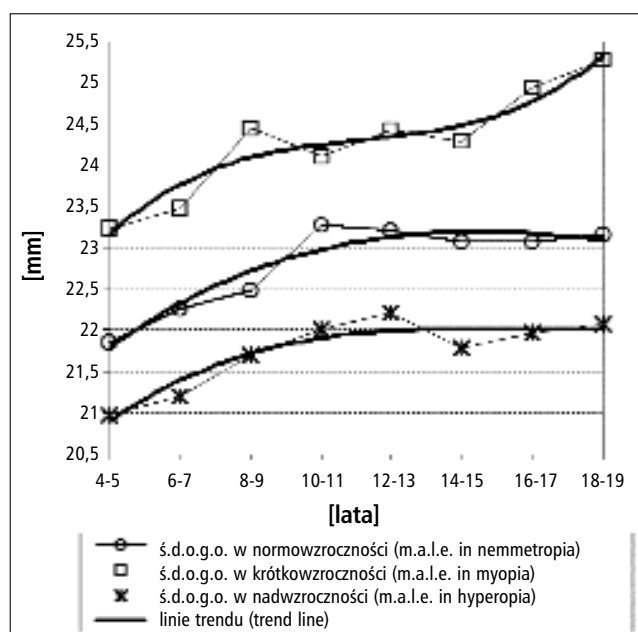
Wyniki

Średnia długość osiowa gałki ocznej (ś. d. o. g. o.) w całym materiale zwiększyła się między 4. a 19. rokiem życia z 21,57 mm do 23,31 mm (ryc. 1, tab. I), u dzieci miarowych z 21,84 mm do 23,15 mm, u krótkowidzów z 23,23 mm do 25,28 mm, a u nadwzrocznych z 20,98 mm do 22,06 mm (ryc. 2). Wszystkie powyższe przyrosty były wysoce istotne statystycznie ($p < 0,01$). Stwierdzono, że wzrost długości osiowej gałki ocznej w oczach miarowych zostaje zakończony w 12. roku życia, w oczach nadwzrocznych – w 11. roku życia, natomiast w oczach krótkowzrocznych odnotowano proporcjonalny wzrost gałki ocznej do 14. roku życia, a następnie wyraźne jego przyspieszenie. Różnice we wzroście gałek ocznych



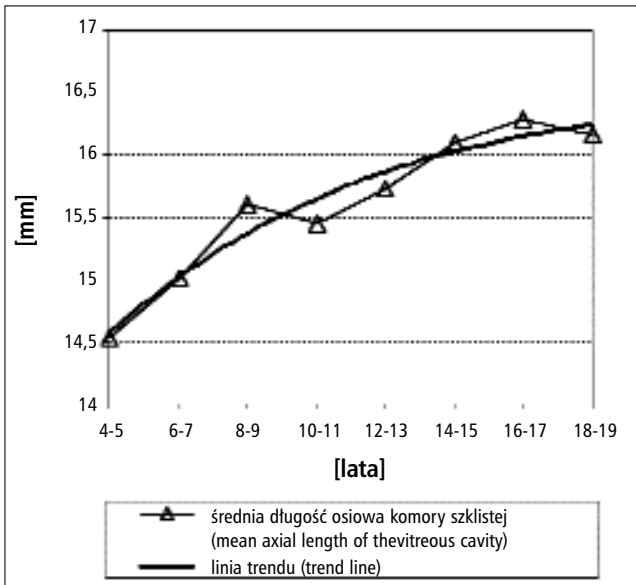
Ryc. 1. Zmiany średniej długości osiowej gałki ocznej w zależności od wieku bez uwzględnienia wady wzroku.

Fig. 1. Changes of mean axial length of the eye in age groups without relation to refraction.



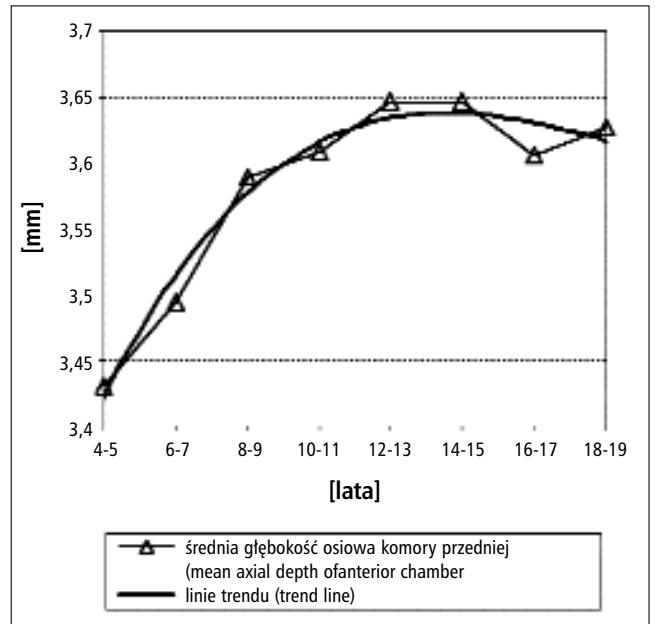
Ryc. 2. Zmiany średniej długości osiowej gałki ocznej (ś. d. o. g. o.) w zależności od wieku z uwzględnieniem wady wzroku.

Fig. 2. Changes of mean axial length of the eye (m. a. l. e.) in age groups with relation to refraction.



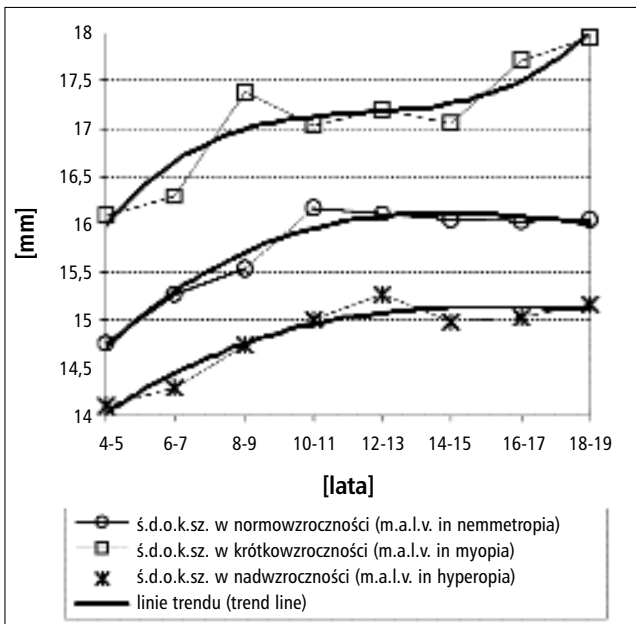
Ryc. 3. Zmiany średniej długości osiowej komory szklistej w zależności od wieku bez uwzględnienia wady wzroku.

Fig. 3. Changes of mean axial length of the vitreous cavity in age groups without relation to refraction.



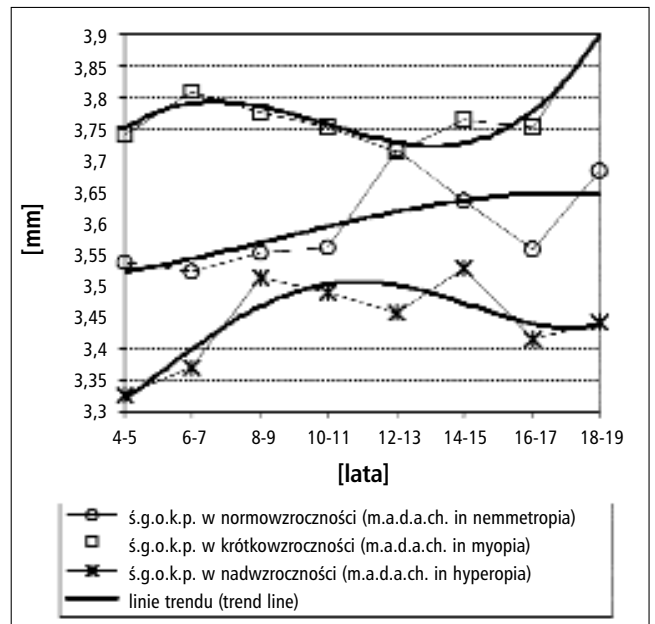
Ryc. 5. Zmiany średniej długości osiowej komory przedniej w zależności od wieku bez uwzględnienia wady wzroku.

Fig. 5. Changes of mean axial depth of the anterior chamber in age groups without relation to refraction.



Ryc. 4. Zmiany średniej długości osiowej komory szklistej (ś. d. o. k. sz.) w zależności od wieku z uwzględnieniem wady wzroku.

Fig. 4. Changes of mean axial length of the vitreous cavity (m. a. l. v.) in age groups with relation to refraction.



Ryc. 6. Zmiany średniej długości osiowej komory przedniej (ś. d. o. k. p.) w zależności od wieku z uwzględnieniem wady wzroku.

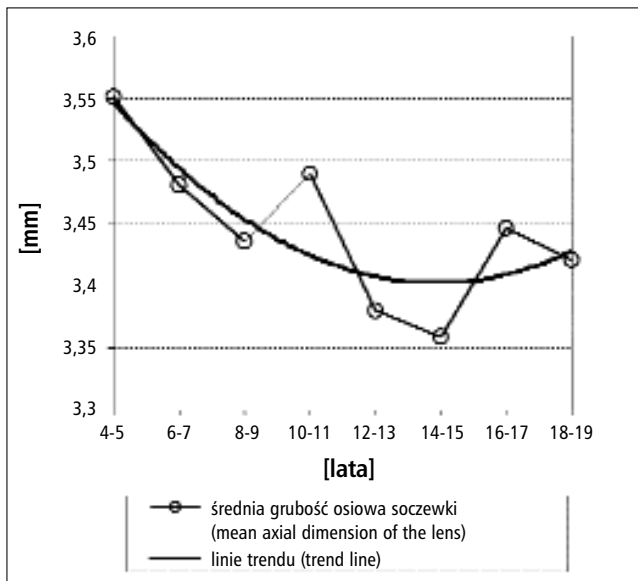
Fig. 6. Changes of mean axial depth of the anterior chamber (m. a. d. a. ch.) in age groups with relation to refraction.

normowzrocznych, krótkowzrocznych i nadwzrocznych były również wysoce istotne statystycznie ($p < 0,01$).

We wszystkich badanych grupach między 4. a 19. rokiem życia zwiększyła się również średnia długość osiowa komory szklistej (ś. d. o. k. sz.). W całym badanym materiale zaobserwowano przyrost z 14,58 mm do 16,26 mm (ryc. 3), u normowzrocznych z 14,75 mm do 16,05 mm, u krótkowzrocznych z 16,09 mm do 17,96 mm, a u nadwzrocznych z 14,1 mm do 15,17 mm (ryc. 4). Zarówno te zmiany, jak i różnice między oczami normowzrocznymi, krótko-

wzrocznymi i nadwzrocznymi, były wysoce istotne statystycznie ($p < 0,01$).

W całym materiale średnia głębokość osiowa komory przedniej (ś. g. o. k. p.) między 4. a 19. rokiem życia wzrosła z 3,43 mm do 3,63 mm (ryc. 5), w normowzroczności z 3,54 mm do 3,68 mm, w krótkowzroczności z 3,74 mm do 3,90 mm, a w nadwzroczności z 3,33 mm do 3,44 mm (ryc. 6). Stwierdzono istotność statystyczną ($p < 0,05$) tych przyrostów i różnic między normowzrocznością, krótkowzrocznością i nadwzrocznością.



Ryc. 7. Zmiany średniej grubości osiowej soczewki w zależności od wieku bez uwzględnienia wady wzroku.

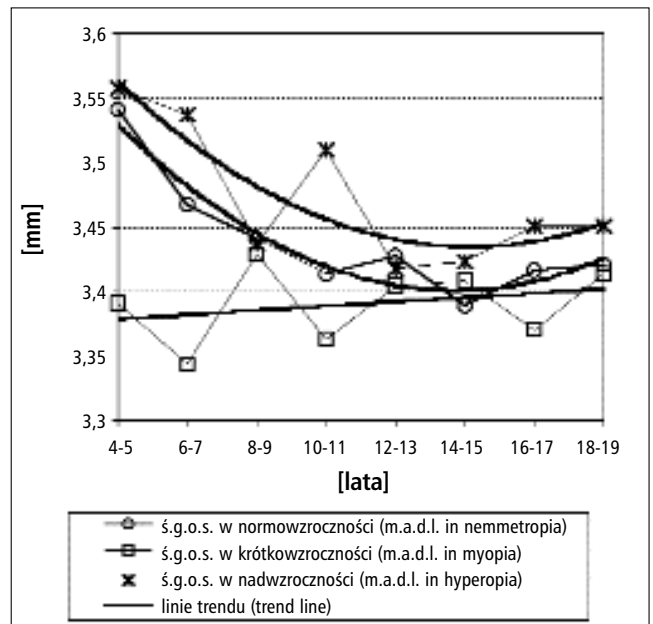
Fig. 7. Changes of mean axial dimension of the lens in age groups without relation to refraction.

Średnia grubość osiowa soczewki (ś. g. o. s.) po porażeniu akomodacji w całym badanym materiale zmniejszyła się nieznacznie z 3,55 mm do 3,42 mm (ryc. 7), u normowzrocznych z 3,54 mm do 3,42 mm, u nadwzrocznych z 3,56 mm do 3,45 mm, a u krótkowzrocznych nieznacznie wzrosła z 3,39 mm do 3,41 mm (ryc. 8). Powyższe zmiany były istotne statystycznie ($p < 0,05$) w dwóch grupach, z wyjątkiem grupy oczu krótkowzrocznych. Ponadto stwierdzono istotne statystycznie ($p < 0,05$) różnice ś. g. o. s. między oczami normowzrocznymi, krótkowzrocznymi i nadwzrocznymi.

Omówienie

Zmiana średniej długości osiowej gałki ocznej

W badaniach przeprowadzonych przez Larsena, które obejmowały dzieci z wadą od +5,00 do -5,00 D, ś. d. o. g. o. wzrosła z 21,68 mm u chłopców i 21,03 mm u dziewczynek w wieku 4-5 lat do 23,15 mm i 22,66 mm odpowiednio u dzieci w wieku 13-14 lat. Wykres krzywej wzrostu miał charakter liniowy (10). Grałek i wsp. zaobserwowali wzrost z 21,80 mm w grupie dzieci w wieku 4-8 lat do 22,50 wśród dzieci między 12. a 16. rokiem życia (4). Prost i wsp. stwierdzili wzrost z 21,12 mm u dzieci w 4. roku życia do 22,97 mm w 14. roku życia. Wzrost ten również miał charakter liniowy (5). Wyniki uzyskane przez autorów niniejszej publikacji są zbliżone do przedstawionych powyżej, jednak pomiary wykonane zostały także u młodzieży w wieku powyżej 14 lat. Krzywa wzrostu między 4. a 14. rokiem życia również ma charakter zbliżony do liniowego, ale po 14. roku życia zaobserwowaliśmy spowolnienie, po 16. zaś roku życia – zatrzymanie wzrostu ś. d. o. g. o. Ponadto stwierdziliśmy istnienie wysoce istotnych statystycznie różnic we wzroście gałek ocznych w miarowości, krótkowzroczności i nadwzroczności. Wzrost gałki ocznej w oczach miarowych zostaje zakończony w wieku 12 lat, w oczach nadwzrocznych w wieku 11 lat, natomiast w oczach krótkowzrocznych stwierdzono proporcjonalny wzrost gałki ocznej do 14. roku życia, a następnie wyraźne przyspieszenie. Wyniki te można jedynie częściowo porównać z tymi, które uzyskali Koraszew-



Ryc. 8. Zmiany średniej grubości osiowej soczewki (ś. g. o. s.) w zależności od wieku z uwzględnieniem wady wzroku.

Fig. 8. Changes of mean axial dimension of the lens (m. a. d. l.) in age groups with relation to refraction.

ska-Matuszewska i wsp. Zaobserwowali oni w oczach miarowych wzrost ś. d. o. g. o. z 21,53 mm w wieku 4 lat do 22,93 mm w 17. roku życia, a w oczach krótkowzrocznych – wzrost z 25,14 mm do 27,35 mm (7). Porównując te wyniki z uzyskanymi przez autorów obecnej pracy, stwierdziliśmy, że w przypadku oczu normowzrocznych są one zbliżone, a w przypadku krótkowzrocznych różnią się znacznie. Wynika to stąd, że średnia wada refrakcji w grupie krótkowzrocznych wynosiła w naszym materiale -2,50 D, a u Koraszewskiej-Matuszewskiej i wsp. -9,64 D. Jednak kształty krzywych zmian ś. d. o. g. o. są bardzo podobne i w obu przypadkach zaobserwowano przyspieszenie wzrostu po 14. roku życia.

Zmiana średniej długości osiowej komory szklistej

Larsen w swoim materiale zaobserwował wzrost ś. d. o. k. sz. z 14,55 mm u chłopców i 14,18 mm u dziewczynek w wieku 4-5 lat do 16,09 mm i 15,59 mm odpowiednio w 13. -14. roku życia (12). Jest to zgodne z wynikami uzyskanymi przez autorów niniejszej pracy. Podobna dynamika zmian ś. d. o. g. o. i ś. d. o. k. sz. (ryc. 2,4) pozwala na stwierdzenie, że przyrost długości gałki ocznej w trakcie rozwoju osobniczego w największym stopniu wiąże się ze zwiększeniem wymiaru komory szklistej. Kształt krzywych ś. d. o. k. sz. w normowzroczności, krótkowzroczności i nadwzroczności jest prawie identyczny z krzywymi dla ś. d. o. g. o.

Zmiana średniej głębokości osiowej komory przedniej

W swoich badaniach Larsen odnotował wzrost ś. g. o. k. p. z 3,53 mm u chłopców i 3,37 mm u dziewczynek w wieku 4-5 lat do 3,70 mm i 3,62 mm odpowiednio w 13. -14. roku życia (11). Nasze wyniki ponownie są zbliżone. Według Larsena wzrost ś. g. o. k. p. między 4. a 14. rokiem życia ma charakter liniowy. W naszych badaniach zaobserwowaliśmy szybki przyrost między 4. a 12. rokiem życia, a następnie stabilizację. Jednak po dokładniejszej analizie stwierdziliśmy istotne statystycznie różnice między oczami normowzrocznymi, krótkowzrocznymi i nadwzrocznymi (ryc. 6). Kształt krzywych wzrostu ś. g. o. k. p. ponownie odpowiada krzy-

wym dla ś. o. d. g. o., a przyrost ś. g. o. k. p. jest większy niż zmniejszenie ś. g. o. s. Nasuwa to wniosek, że wzrost długości gałki ocznej jest również w pewnej części spowodowany wzrostem głębokości komory przedniej, a nie tylko zwiększeniem osiowego wymiaru komory szklistej.

Zmiana średniej grubości osiowej soczewki

Soczewka w czasie wzrostu gałki ocznej zwiększa swoją średnicę, co powoduje zmianę kształtu z kulistego na bardziej spłaszczone, ale wymiar w osi przednio-tylnej nie ulega większym zmianom (13). Larsen stwierdził, że ś. g. o. s. zmniejsza się z 3,61 mm u chłopców i 3,58 mm u dziewczynek w wieku 4-5 lat do 3,36 mm i 3,45 odpowiednio w 13. -14. roku życia (9). W naszych badaniach zmiana grubości soczewki była nieco mniejsza. Mimo że Larsen do porażenia akomodacji zastosował cyklopentolat, a my tropikamid, ś. g. o. s. w wieku 4-5 lat w naszych badaniach była mniejsza, a w 13. -14. roku życia – zbliżona. We wszystkich grupach wiekowych zaobserwowaliśmy, że ś. g. o. s. u dzieci nadwzrocznych jest w sposób istotny większa niż u normowzrocznych czy krótkowzrocznych. Ponadto jedynie wśród dzieci normowzrocznych i nadwzrocznych między 4. a 11. rokiem życia odnotowaliśmy zmniejszanie się ś. g. o. s., a w krótkowzroczności zaobserwowaliśmy brak istotnej zmiany. Po 11. roku życia stwierdziliśmy stabilizację ś. g. o. s. we wszystkich podgrupach. Analizując te dane, należy mieć na uwadze to, że u dzieci z nadwzrocznością i u części normowzrocznych występuje skurcz akomodacji kompensujący wadę wzroku. Porażenie akomodacji tropikamidem nie jest pełne i akomodacja resztkowa może powodować zwiększenie grubości soczewki. Wobec powyższego nie jest możliwa odpowiedź na pytanie, czy większa ś. g. o. s. u młodszych dzieci nadwzrocznych i normowzrocznych ma podłoże anatomiczne, czy czynnościowe. Brak istotnej zmiany w grupie krótkowzrocznych może przemawiać za przyczyną czynnościową. Dokładniejsze informacje przyniosłyby badania przeprowadzone po porażeniu akomodacji atropiną. Inni autorzy w kwestii zmian ś. g. o. s. w czasie rozwoju osobniczego nie są zgodni. Większość autorów uważa, że ten wymiar nie zmienia się do 20. roku życia (1,13), ale Zadnik i wsp., podobnie jak Larsen, stwierdzili zmniejszanie się grubości soczewki między 6. a 10. rokiem życia (14).

Podsumowując, należy stwierdzić, że najważniejszy wniosek płynący z powyższych badań jest następujący: wzrost długości osiowej gałki ocznej w oczach miarowych zostaje zakończony w wieku 12 lat, w oczach nadwzrocznych w wieku 11 lat, natomiast w oczach krótkowzrocznych stwierdzono proporcjonalny wzrost gałki ocznej do 14. roku życia, a następnie jego wyraźne przyspieszenie. Zaobserwowaliśmy również, że przyrost długości osiowej gałki ocznej w trakcie rozwoju osobniczego w największym stopniu wiąże się ze zwiększeniem wymiaru osiowego komory szklistej. W niewielkim stopniu wzrasta również głębokość osiowa komory przedniej. Ponadto między

4. a 19. rokiem życia średnia osiowa grubość soczewki po porażeniu akomodacji nieznacznie zmniejsza się w normowzroczności i nadwzroczności, a w krótkowzroczności nie ulega zmianie.

PIŚMIENNICTWO:

1. Brown N. P., Bron A. J.: *Lens disorders: a clinical manual of cataract diagnosis*. Butterworth-Heinemann, Oxford, 1996, 5-41.
2. Brown N. P., Koretz J. F., Bron A. J.: *The development and maintenance of emmetropia*. Eye, 1999, 13, 83-92.
3. Curtin B. J.: *Adult myopia*. Acta Ophthal., 1988, 185, 78-79.
4. 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 Ophthalmica, 1982, 60, 403-411.
5. Gordon R. A., Paul B., Donzis P. B.: *Refractive development of the human eye*. Arch. Ophthalmol., 1985, 103, 785-789.
6. Grałek M., Bogorodzki B., Czajkowski J., Stefańczyk L., Budzińska-Mikurenda M.: *Dynamika refrakcji w wieku rozwojowym*. Nowa Medycyna, 1996, 13, 14-16.
7. Koraszewska-Matuszewska B., Pieczara E., Samochowiec-Donocik E.: *Zmienność osi gałki ocznej w krótkowzroczności u dzieci*. Klin. Oczna, 1995, 97, 187-191.
8. Larsen J. S.: *Ultrasonic measurement of the axial diameter of the lens and anterior segment from birth to puberty*. Acta Ophthal., 1971, 49, 427-440.
9. Larsen J. S.: *Ultrasonic measurement of the axial length of the eye from birth to puberty*. Acta Ophthal., 1971, 49, 873-886.
10. Larsen J. S.: *Ultrasonic measurement of the depth of the anterior chamber from birth to puberty*. Acta Ophthal., 1971, 49, 439-461.
11. Larsen J. S.: *Ultrasonic measurement of the posterior segment (axial length of the vitreous) from birth to puberty*. Acta Ophthal., 1971, 49, 441-453.
12. Prost M. E., Kocyla-Karczmarewicz B., Chipczyńska B., Kaniłowska K., Klimczak-Ślęczka D., Juszek J., Hautz W., Szreter M., Sarti G.: *Rozwój gałki ocznej u dziecka*. Chris-Comp, Warszawa, 2000.
13. Weale R. A.: *A biography of the eye*. HK Lewis, London 1982, 108-15.
14. 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.

Praca wpłynęła do Redakcji 20.04.2004 r. (575).

Zakwalifikowano do druku 19.01.2005 r.

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