

Grubość naczyniówki w oczach krótkowzrocznych – znaczenie kliniczne oraz korelacja ze stanem refrakcji, stopniem krótkowzroczności i długością osiową gałki ocznej



Foto: archiwum Autorki



Foto: archiwum Autorki

Mgr OLIWIA ŁYSIK^{1,3}, dr n. med. ANNA MARIA AMBROZIAK^{2,3}

¹Absolwentka studiów magisterskich na kierunku Optometria

²Centrum Okulistyczne Świat Oka

³Wydział Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego

Streszczenie

Niniejsza praca dotyczy związku pomiędzy miopią a grubością naczyniówki (ChT, z ang. *choroidal thickness*). Tej dynamicznej strukturze, znajdującej się między twardówką a błoną Brucha, przypisuje się rolę w procesie emmetropizacji i coraz częściej uznaje się za kolejny, obok długości osiowej gałki ocznej (AXL, z ang. *axial length*), biomarker progresji krótkowzroczności. Praca miała na celu ocenę różnic w grubości naczyniówki w zależności od stanu refrakcji i stopnia miopii oraz sprawdzenie korelacji między grubością naczyniówki a długością osiową gałki. W tym celu wykorzystano optyczną tomografię koherencyjną (OCT, z ang. *optical coherence tomography*).

Wstęp

Krótkowzroczność jest obecnie uważana za istotną kwestię zdrowia publicznego w związku z możliwością trwałego obniżenia ostrości widzenia oraz zwiększonym ryzykiem licznych chorób narządu wzroku. Uzasadnia to konieczność monitorowania i kontrolowania jej progresji. Zmiany w oczach dotkniętych krótkowzrocznością dotyczą m.in. naczyniówki. Ścieńczenie tej struktury obserwuje się nie tylko u osób miopijnych, ale także u emmetropowych dzieci, u których krótkowzroczność dopiero się rozwija [1]. Do technik, które umożliwiają obrazowanie naczyniówki, należą: USG, biometria optyczna oraz charakteryzująca się największą dokładnością optyczna tomografia koherencyjna. Grubość naczyniówki definiuje się jako odległość pomiędzy zewnętrzną krawędzią nabłonka barwnikowego siatkówki (ang. *retinal pigment epithelium*, RPE) a granicą naczyniówkowo-twardówkową (ang. *suprachoroidal layer*, SCL), która jest widoczna jako hiperrefleksyjna struktura poniżej dużych naczyń naczyniówki. ChT u zdrowych dorosłych mieści się w zakresie od 272 do 448 μm w regionie poddołkowym [2].

Abstract

This study pertains to the relationship between myopia and choroidal thickness (ChT). The choroid, a dynamic structure located between the sclera and Bruch's membrane, is believed to play a role in emmetropization and is increasingly regarded as a biomarker of myopia progression, alongside axial length (AXL). The aim of this study was to assess differences in choroidal thickness depending on refractive status and degree of myopia, as well as to examine the correlation between choroidal thickness and axial length. For this purpose, optical coherence tomography (OCT) was used.

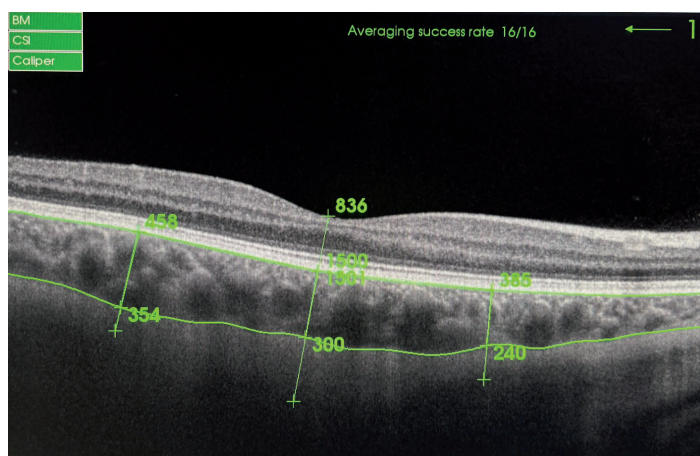
Cel

Głównym celem była ocena różnic w grubości naczyniówki w zależności od stanu refrakcji (krótkowzroczność, miarowość) i stopnia krótkowzroczności określonego na podstawie ekwiwalentu sferycznego (niska (-0,50; -3,00), średnia (-3,00; -6,00), wysoka (-6,00 dioptrii i więcej)) oraz sprawdzenie korelacji między grubością naczyniówki a długością osiową gałki ocznej.

Materiał i metody

Dane zebrano dzięki uprzejmości Centrum Okulistycznego Świat Oka. W badaniu wzięło udział 79 osób (46 kobiet i 33 mężczyzn, stanowiących kolejno 58% i 42% grupy). Uczestnicy mieli od 18 do 39 lat, a średni wiek wynosił 31 lat. Wśród kryteriów wykluczających znalazły się: schorzenia siatkówkowo-naczyniowe, przebyte w ostatnim czasie zabiegi okulistyczne, aktywne infekcje gałki ocznej, urazy narządu wzroku, choroby systemowe układu naczyniowego (np. nadciśnienie, cukrzyca), wiek > 40 lat oraz brak możliwości wizualizacji naczyniówki

(np. z powodu zmniejszonej przezierności ośrodków optycznych). Do pomiaru ChT wykorzystano OCT w technologii Swept Source z wbudowaną funduskamerą Triton marki Topcon. Pomiary wykonywano na skanie przechodzącym przez dołeczek w orientacji horyzontalnej. Grubość naczyniówki wyznaczano prostopadłe do warstwy RPE, w zakresie 1500 μm nosowo i 1500 μm skroniowo od dołka w trzech miejscach: pod dołkiem (punkt O) oraz w najgrubszym (punkt NG) i najcieńszym (punkt NC) obszarze naczyniówki metodą manualną (ryc. 1). Pomiar długości osiowej gałki ocznej wykonano na biometrze optycznym LENSTAR LS 900 firmy Haag-Streit. Analiza danych została przeprowadzona w programie Statsoft Statistica 13.3. Przyjęty poziom istotności to $\alpha = 0,05$. W związku z wysoką korelacją między okiem prawym a lewym, do analizy wybrano jedno z oczu. Dobór testów statystycznych oparto na wcześniejszej ocenie zgodności danych z rozkładem normalnym.



Ryc. 1. Manualny pomiar grubości naczyniówki prostopadłe do warstwy RPE wykonany w trzech punktach: pod dołkiem oraz w najgrubszym i najcieńszym obszarze naczyniówki. Triton Topcon. Materiał własny

Wyniki

Zależność między stanem refrakcji a grubością naczyniówki

W pierwszej kolejności dokonano podziału uczestników badania pod względem stanu refrakcji. Pod uwagę wzięto 52 pacjentów krótkowzrocznych oraz 27 miarowych. Wyniki analizy istotności statystycznej przedstawia tabela nr 1.

Obszar pomiaru ChT (średnia \pm SD) μm	Stan refrakcji		
	Osoby miarowe (n = 27)	Osoby miopijne (n = 52)	p
NC	258,41 \pm 67,70	195,23 \pm 67,35	0,000
O	320,52 \pm 72,81	257,81 \pm 81,94	0,001
NG	341,74 \pm 70,60	302,56 \pm 76,98	0,030

Tab. 1. Porównanie grubości naczyniówki u pacjentów miarowych oraz krótkowzrocznych dla trzech obszarów pomiaru. (SD – odchylenie standardowe)

Średnia wartość mierzonych parametru dla osób miarowych mieści się, a dla osób miopijnych znajduje się poniżej przyjętego prawidłowego zakresu ChT w regionie poddołkowego dla zdrowych dorosłych pacjentów. Dodatkowo wartości współczynnika p wskazują, że dla wszystkich obszarów pomiaru naczyniówka ma istotnie mniejszą grubość u osób krótkowzrocznych w porównaniu do osób miarowych.

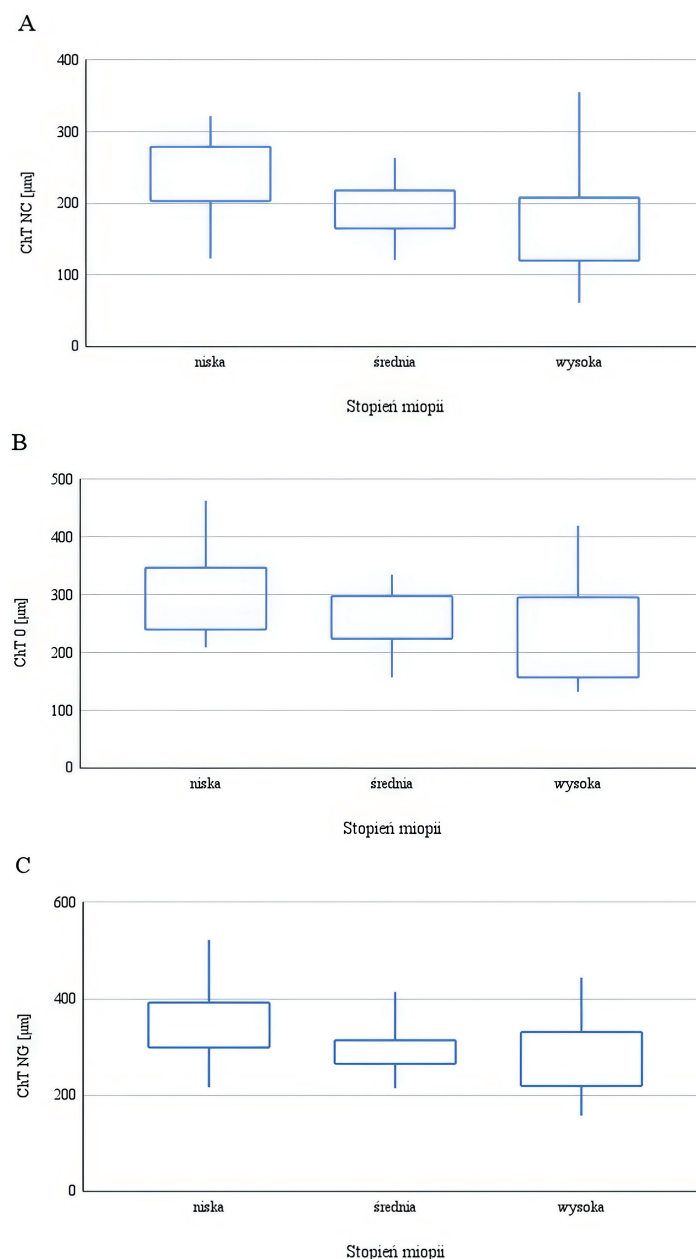
Zależność między stopniem krótkowzroczności a grubością naczyniówki

W grupie osób miopijnych wydzielono 17 osób z krótkowzrocznością niską (33% grupy), 13 z średnią (25% grupy) oraz 22 z wysoką (42% grupy). Średnia wartość ekwiwalentu sferycznego wynosiła $-5,47 \pm 3,37$ dioptrii (minimalna wartość $-1,00$ dioptrii, a maksymalna $-14,00$ dioptrii). Wyniki analizy przedstawia tabela nr 2.

Obszar pomiaru ChT (mediana (Q1-Q3; min-max)) μm	Stopień krótkowzroczności			
	niska (n = 17)	średnia (n = 13)	wysoka (n = 22)	p
NC	246 (203-279; min-max: 123-322)	196 (165-218; min-max: 121-263)	141 (120-208; min-max: 61-355)	0,001
O	304 (240-347; min-max: 209-463)	263 (224-298; min-max: 157-335)	185 (157-296; min-max: 132-420)	0,006
NG	347 (299-392; min-max: 216-522)	305 (265-314; min-max: 214-414)	233 (219-331; min-max: 157-444)	0,019

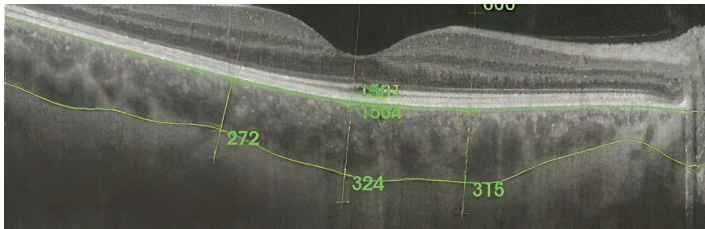
Tab. 2. Porównanie grubości naczyniówki dla trzech obszarów pomiaru w zależności od stopnia krótkowzroczności. (Q1-Q3 – zakres międzykwartylowy; min-max – zakres od minimalnej wartości wykonanego pomiaru do maksymalnej)

Wyznaczona wartość dla regionu poddołkowego mieści się w zakresie przyjętego prawidłowego zakresu ChT tylko dla pacjentów z krótkowzrocznością niską. Ponownie dla wszystkich trzech obszarów pomiaru stwierdzono istotność statystyczną między zmiennymi. Patrząc na wartość mediany, można stwierdzić, że im wyższy stopień krótkowzroczności tym naczyniówka jest cieńsza. Wykazaną różnicę obrazowo przedstawiają wykresy ramka-wąsy (ryc. 2A, 2B, 2C) oraz B-skany z zaznaczonymi trzema obszarami pomiaru (ryc. 3, 4, 5).

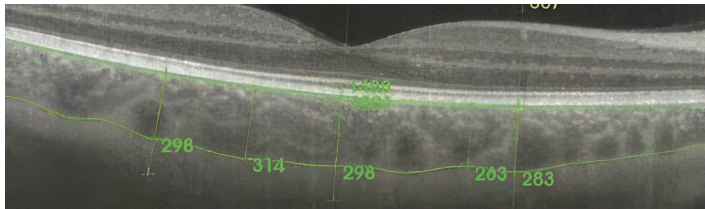


Ryc. 2. Wykresy ramka-wąsy przedstawiające rozkład grubości naczyniówki w zależności od stopnia miopii dla trzech obszarów pomiaru. (A) dla najcieńszego obszaru naczyniówki, (B) dla obszaru poddołkowego, (C) dla obszaru najgrubszego

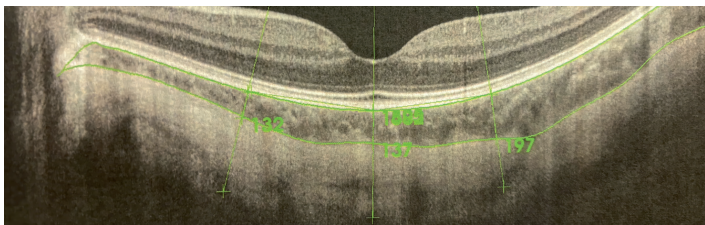
W przypadku miopii wysokiej uwagę zwracają rozpiętość pudełek (reprezentująca rozstęp międzykwartyłowy) oraz asymetria rozkładu w kierunku wyższych wartości dla wszystkich trzech obszarów pomiaru. Świadczy to o dużej zmienności danych oraz wskazuje, że wśród pacjentów z krótkowzrocznością równą $-6,00$ dioptrii bądź większą, znalazły się osoby, u których nie doszło do znacznego ścięczenia naczyniówki.



Ryc. 3. Przykładowy pomiar grubości naczyniówki lewego oka pacjenta z krótkowzrocznością niską. Triton Topcon. Materiał własny



Ryc. 4. Przykładowy pomiar grubości naczyniówki lewego oka pacjenta z krótkowzrocznością średnią. Triton Topcon. Materiał własny



Ryc. 5. Przykładowy pomiar grubości naczyniówki lewego oka pacjenta z krótkowzrocznością wysoką. Triton Topcon. Materiał własny

W następnym kroku wykorzystano test U-Manna Whitneya oraz obniżono próg istotności ($p < 0,0167$), aby dokonać porównania parami. Porównanie krótkowzroczności średniej oraz wysokiej nie wykazało istotnych statystycznie różnic.

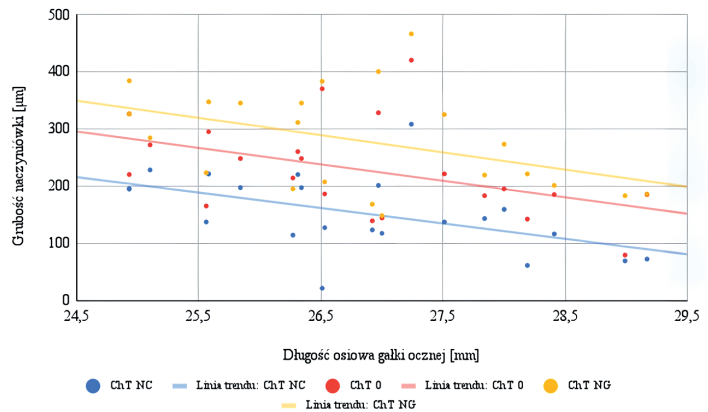
Korelacja między długością osiową gałki ocznej a grubością naczyniówki

Pacjentom z krótkowzrocznością wysoką wykonano dodatkowo pomiar długości osiowej gałki ocznej. Średnia wartość AXL w badanej grupie wynosiła $26,87 \pm 1,22$ mm (min-max: 24,93–29,17 mm). Korelację między długością osiową gałki ocznej a grubością naczyniówki w badanej grupie przedstawiają tabela nr 3 oraz wykres (ryc. 6).

Obszar pomiaru ChT [μm]	Długość osiowa gałki ocznej [mm]	
	R Spearmana	p
NC	-0,586	0,004
O	-0,550	0,008
NG	-0,476	0,025

Tab. 3. Korelacja pomiędzy długością osiową gałki ocznej a grubością naczyniówki w trzech obszarach pomiaru w grupie osób z krótkowzrocznością wysoką

Analiza wykazała, że istnieje ujemna korelacja między długością osiową gałki ocznej a grubością naczyniówki, co oznacza, że wraz ze wzrostem długości gałki ocznej maleje grubość naczyniówki. Najsilniejsza korelacja oraz najmniejszy rozrzut wartości badanego parametru charakteryzuje najcieńszy obszar naczyniówki. Natomiast dla pozostałych obszarów punkty są mniej skupione wokół linii trendu, szczególnie dla mniejszych długości osiowych gałki ocznej. Przy większych wartościach AXL (>27 mm) grubość naczyniówki wykazuje mniejszą zmienność.



Ryc. 6. Korelacja pomiędzy długością osiową gałki ocznej a grubością naczyniówki w trzech obszarach pomiaru w grupie osób z krótkowzrocznością wysoką

Dyskusja

ChT w regionie poddołkowym jest najczęściej wyznaczaną wartością przy okazji podobnych badań, co pozwala na porównanie i weryfikację otrzymanych wyników. Tabela nr 4 przedstawia wybrane prace, w których pomiary przeprowadzono na zbliżonej liczbie osób w podobnym przedziale wiekowym.

Grupa	Jiang et al. (2023)		Muhiddin et al. (2022)		Wyniki badań własnych	
	n	ChT (średnia \pm SD) μm	n	ChT (średnia \pm SD) μm	n	ChT (średnia \pm SD) μm
Emmetropia	14	304,18 \pm 17,04	20	296,70 \pm 69,62	27	320,52 \pm 72,81
Miopia niska	15	295,39 \pm 14,48	50	307,52 \pm 79,30	17	304,90 \pm 73,80
Miopia średnia	18	235,43 \pm 15,86	31	253,39 \pm 64,84	13	257,30 \pm 51,87
Miopia wysoka	13	165,01 \pm 16,42	15	267,33 \pm 104,01	22	221,70 \pm 81,38

Tab. 4. Porównanie wyników pomiaru grubości naczyniówki w regionie poddołkowym badań własnych z wynikami podobnych dostępnych badań

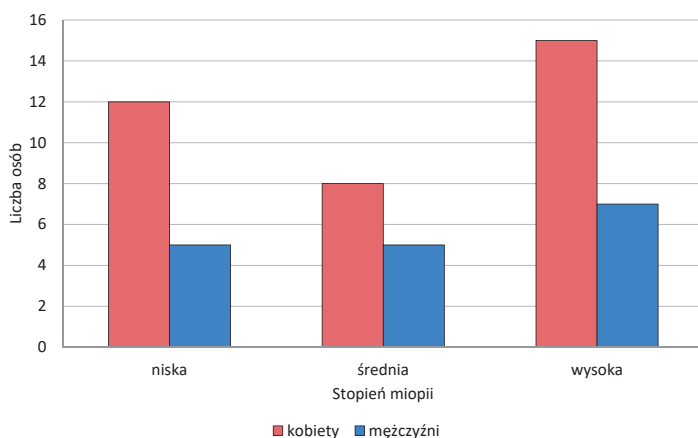
Przyjmując wartości od 272 do 448 μm jako normę grubości naczyniówki w regionie poddołkowym, we wszystkich przedstawionych powyżej badaniach zaobserwowano ścięczenie naczyniówki u osób z krótkowzrocznością średnią oraz wysoką w porównaniu z pozostałymi grupami pacjentów [3,4]. Bardziej szczegółowa analiza wpływu miopii na grubość naczyniówki była możliwa dzięki wyznaczeniu ChT w dwóch dodatkowych obszarach: najgrubszym oraz najcieńszym. Pozwoliło to na uniknięcie przypadkowości lokalizacji pomiaru oraz na uchwycenie pełnego zakresu możliwych zmian, które dotyczą grubości naczyniówki. Porównanie najcieńszych obszarów pozwoliło na zaobserwowanie jak duże ścięczenie może powodować miopia. Najniższa zmierzona wartość ChT wynosiła zaledwie 61 μm .

Analiza potwierdziła, że grubość naczyniówki ulega redukcji wraz ze wzrostem stopnia miopii. Istnieją badania, w których uwzględniono także grupę osób z krótkowzrocznością patologiczną (określaną na podstawie ekwiwalentu sferycznego większego niż $-6,00$ dioptrii lub $-5,00$ (lub $-4,00$ dioptrii w przypadku dzieci), długości osiowej gałki ocznej przekraczającej wartość 26,5 mm lub 25,5 mm i/lub zmian na dnie oka). U tych pacjentów stwierdzono istotną redukcję grubości naczyniówki w porównaniu z pozostałymi (emmetropowymi, z miopią niską bądź średnią oraz z miopią wysoką) [5]. W przypadku tego badania pomiary grubości naczyniówki w grupie osób z miopią wysoką charakteryzowały się mniejszą zmiennością dla pacjentów, u których wartości AXL były większe niż 27 mm, co mogłoby potwierdzać, że znaczne ścięczenie naczyniówki obserwuje się przede wszystkim w przypadku krótkowzroczności patologicznej.

ChT nie jest jednak jedynym parametrem związanym z naczyniówką, w którą wpływ może mieć elongacja gałki ocznej. O stanie naczyniówki świadczy również wskaźnik jej unaczynienia, czyli CVI (ang. *choroidal vascularity index*), który utrzymuje się na stałym poziomie dla AXL < 27,26 mm, po czym następuje nagły spadek jego wartości. Dodatkowo stwierdzono, że CVI oraz najlepiej skorygowana ostrość wzroku (BCVA, z ang. *best corrected visual acuity*) są ze sobą ujemnie skorelowane. Wówczas parametr ten może być biomarkerem progresji miopii patologicznej [6].

W literaturze zamiennie pojawiają się dwie teorie związane z zależnością pomiędzy długością osiową a grubością naczyniówki. Nie jest jednoznaczne czy ścieńczenie naczyniówki jest zjawiskiem pierwotnym, przyczyniającym się do elongacji gałki ocznej, czy też wtórnym wobec przyrostu osiowego. Wspólnym mianownikiem obu hipotez jest twardówka. Biorąc pod uwagę, że cechuje się ona brakiem unerwienia, neurony obecne w naczyniówce miałyby kontrolować jej przyrost za pomocą neurotransmiterów: acetylocholino, dopaminy oraz tlenu azotu [7]. Bez względu na przyjętą hipotezę, liczne badania potwierdzają ujemną korelację pomiędzy grubością naczyniówki a długością osiową gałki ocznej [4,8].

W przypadku wszystkich trzech części analizy sprawdzono także wpływ płci na mierzoną zmienną. Istotną statystycznie zależność stwierdzono jedynie dla pomiaru w obszarze NC dla grupy pacjentów z krótkowzrocznością wysoką. Wyniki podobnych badań nie wskazują na brak wpływu płci na grubość naczyniówki [6,9]. W przypadku niniejszej pracy warto zwrócić uwagę na fakt, że w grupie pacjentów z krótkowzrocznością było więcej kobiet niż mężczyzn (ryc. 7). W celu wykluczenia wpływu wieku na wyniki analizy zdecydowano się przyjąć wiek > 40 lat jako kryterium wykluczające. W ogólności wraz ze wzrostem tej zmiennej dochodzi do redukcji ChT. Pierwsze zmiany obserwuje się właśnie po czterdziestym roku życia głównie w regionie okołodołkowym. Do znacznego ścieńczenia naczyniówki w regionie dołkowym dochodzi natomiast po 50 roku życia i postępuje ono do około 70 roku życia [10].



Ryc. 7. Rozkład stopni krótkowzroczności ze względu na płeć

Podsumowanie

Krótkowzroczności nie wiąże się już wyłącznie z koniecznością korekcji okularowej bądź soczewkowej, ale z kompleksowym podejściem, które ma na celu zapobieganie jej progresji oraz niepożądanym zmianom anatomicznym i funkcjonalnym narządu wzroku. Obecnie uwagę zwraca się na biomarkery pojawienia się lub rozwoju tej wady refrakcji, aby móc jak najlepiej tworzyć schematy postępowania z pacjentami z miopią lub pre-miopią. Jednym z nich jest właśnie grubość naczyniówki. Strukturze tej przypisuje się rolę w procesie emmetro-

pizacji, stąd warto monitorować ją już u dzieci. Badanie OCT powinno być także wykonywane u dorosłych osób z miopią, szczególnie średnią oraz wysoką, gdzie niewielka grubość naczyniówki zaburza prawidłowe funkcjonowanie fotoreceptorów, prowadząc do spadku ostrości widzenia [6]. Niewielkie wartości tego parametru wiążą się także z ryzykiem makulopatii w przebiegu krótkowzroczności, krótkowzrocznej makulopatii trakcyjnej czy też krótkowzrocznej neowaskularyzacji naczyniówkowej, które stanowią ryzyko utraty wzroku.

Ilustracje: archiwum Autorek

Piśmiennictwo

1. Y. Liu, L. Wang, Y. Xu, Z. Pang, G. Mu. The influence of the choroid on the onset and development of myopia: from perspectives of choroidal thickness and blood flow, *Acta Ophthalmologica* 2021; 730-738
2. M. Entezari, S. Karimi, A. Ramezani, H. Nikkhal, Y. Fekri, B. Kheiri. Choroidal thickness in healthy subjects. *Journal of Ophthalmic and Vision Research* 2018; 39-43
3. X. Jiang, P. Xiao, Q. Tan, Y. Zhu. Variation of choroidal thickness during the waking period over three consecutive days in different degrees of myopia and emmetropia using optical coherence tomography, *PeerJ* 2023
4. H. S. Muhiddin, A. R. Mayasari, B. T. Umar, J. Sirajuddin, I. Patellongi, I. C. Islam, A. M. Ihsan. Choroidal thickness in correlation with axial length and myopia degree, *Vision (Basel)* 2022
5. R. Liang, R. Yang, B. Ai, T. Li, L. Wang, X. Zhou. Structural changes in the retina and choroid in patients with different degrees of myopia, *Scientific Reports* 2024; 14
6. Y. Wang, S. Chen, J. Lin, W. Chen, H. Huang, X. Fan, X. Cao, M. Shen, J. Ye, S. Zhu, A. Xue, F. Lu, Y. Shao. Vascular changes of the choroid and their correlations with visual acuity in pathological myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2022; September 63
7. J. Brinks, E. H. C. van Dijk, I. Klaassen, R. O. Schlingemann, S. M. Kielbasa, E. Emri, P. H. A. Quax, A. A. Bergenf, O. C. Meijeri, C. J. F. Boona. Exploring the choroidal vascular labyrinth and its molecular and structural roles in health and disease. *Progress in Retinal and Eye Research* 2022
8. M. Gioia, M. De Bernardo, F. Cione, M. De Luca, N. Rosa. Corrected axial length and choroidal thickness: A correlation analysis for scientific purposes. *Journal of Personalized Medicine* 2025
9. M. Midorikawa, K. Mori, H. Torii, Y. Tomita, Y. Zhang, K. Tsubota, T. Kurihara, K. Negishi. Choroidal thinning in myopia is associated with axial elongation and severity of myopic maculopathy. *Scientific Reports* 2024
10. J. Xie, L. Ye, Q. Chen, Y. Shi, G. Hu, Y. Yin, H. Zou, J. Zhu, Y. Fan, J. He, X. Xu. Choroidal thickness and its association with age, axial length, and refractive error in chinese adults, *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 2022; 63(2): 34