

# Ortokeratologia – przegląd i podsumowanie badań klinicznych, tendencje rozwoju

## Orthokeratology – Review and Summary of Clinical Studies and Tendencies in its Development

Katarzyna Szymanek<sup>1,2</sup>, Piotr Szymanek<sup>2</sup>, Anna M. Ambroziak<sup>1,3</sup>, Ewa Langwińska-Wośko<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Katedra i Klinika Okulistyki II Wydziału Lekarskiego Warszawskiego Uniwersytetu Medycznego  
Samodzielny Publiczny Kliniczny Szpital Okulistyczny w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. n. med. Jerzy Szaflik

<sup>2</sup> ACL-VISION Specjalistyczne Ambulatorium Okulistyczne, NZOZ w Warszawie  
Dyrektor: lek. Piotr Szymanek

<sup>3</sup> Zakład Optyki Informacyjnej Instytutu Geofizyki Wydziału Fizyki Uniwersytetu Warszawskiego  
Kierownik: dr hab. Rafał Kotyński

### Summary:

The aim of the paper is to present the current knowledge on orthokeratology procedures, especially their role in myopia control. Orthokeratology is a non-invasive, reversible method using „reverse geometry” rigid contact lenses with high gas permeability worn at night in order to obtain myopia correction. The lens compresses the cornea and remodels its surface by epithelial cells redistribution and flattening its central aspect. This, in turn, reduces corneal optic power and results in myopia correction. This paper discusses the results of the recent studies evaluating the efficacy of orthokeratology procedures aimed at slowing down myopia progression. All presented studies, including the most recent randomized ones, confirm the efficacy of orthokeratology procedures in slowing down axial elongation and myopia progression. The results also confirm that orthokeratology is a safe method associated with high patient satisfaction.

### Key words:

orthokeratology, rigid gas permeable contact lenses, RGP, myopia, myopia control.

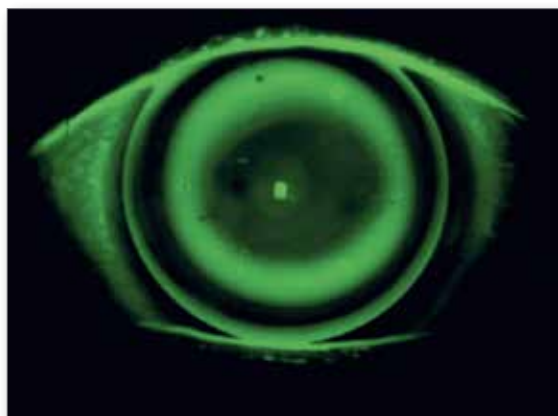
### Słowa kluczowe:

ortokeratologia, sztywne gazoprzepuszczalne soczewki kontaktowe, RGP, krótkowzroczność, kontrola krótkowzroczności.

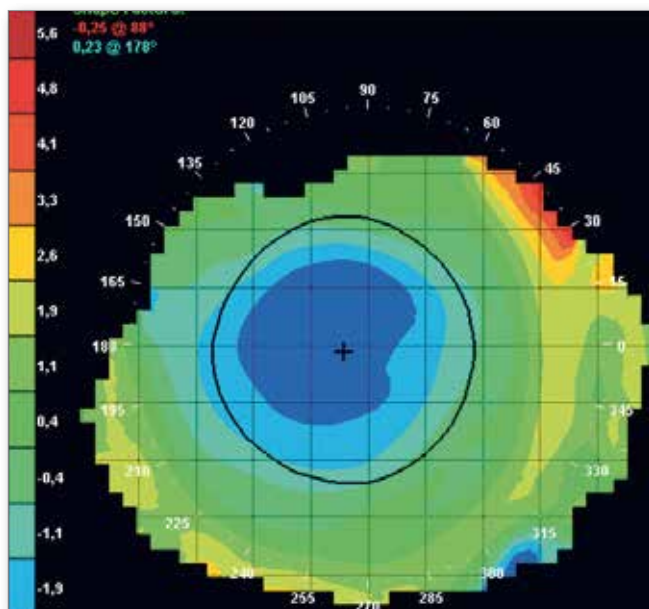
## Wprowadzenie

Ortokeratologia jest to niechirurgiczna, odwracalna metoda korekcji krótkowzroczności lub krótkowzroczności połączonej z astygmatyzmem rogówkowym sztywnymi soczewkami wysokogazoprzepuszczalnymi o odwróconej geometrii, zakładanymi na noc. Polega na modelowaniu kształtu rogówki, aby zapewnić dobre widzenie w ciągu dnia bez użycia korekcji. Początki ortokorekcji to przełom lat 50. i 60. XX w., kiedy zauważono, że dopasowanie soczewek twardych bardziej płasko niż najbardziej płaski promień krzywizny rogówki prowadzi do redukcji krótkowzroczności. Pojawienie się w latach 70. XX w. gazoprzepuszczalnych materiałów pozwoliło na zastosowanie soczewek o dużej średnicy, polepszało to centrację, a przez to dawało lepsze efekty. Wtedy też po raz pierwszy zastosowano soczewki o odwrotnej geometrii (1–3). Stosowane dzisiaj soczewki do ortokorekcji mają specyficzną, wielokrzywiznową, tzw. odwróconą, geometrię: centralną krzywiznę bazową, odpowiedzialną za spłaszczanie, krzywiznę odwróconą na średnim obwodzie, o bardziej stromym promieniu, która stanowi strefę rezerwuarową, oraz kolejne, obwodowe krzywizny dopasowania

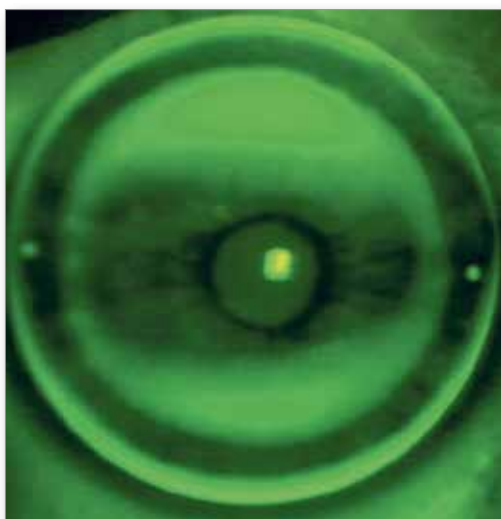
(ryc. 1.). Zmiana kształtu rogówki polega na spłaszczeniu i ścięczeniu części centralnej i, co z tego wynika, doprowadzeniu do spadku mocy optycznej oraz pogrubieniu części peryferyjnej; zachodzi poprzez redystrybucję komórek nabłonka pod wpływem sił hydrostatycznych filmu łzowego, które działają pod soczewką (ryc. 2.) Za pomocą soczewek ortokeratologicznych można korygować krótkowzroczność do ok. -4,00–4,50 D oraz astygmatyzm prosty do -2,50 D i astygmatyzm odwrotny do -1,50 D (uwzględniając zastosowanie torycznych soczewek ortokeratologicznych – ryc. 3.). Wskazania obejmują sytuacje, w których pacjent chce widzieć dobrze w ciągu dnia bez konieczności używania soczewek okularowych lub kontaktowych, a więc nietolerancję soczewek miękkich bądź gazoprzepuszczalnych, przebywanie w zapyłonej przestrzeni, wykonywanie pracy wymagającej dobrej ostrości wzroku bez korekcji (np. piloci), uprawianie sportu, a także sytuacje, kiedy przeciwwskazana jest chirurgia refrakcyjna rogówki, ponadto – budzącą ostatnio najwięcej emocji – kontrolę progresji krótkowzroczności. Warto nadmienić, że o ile obecnie w Europie zasadniczym względem decydującym o wyborze ortokorekcji jest styl ży-



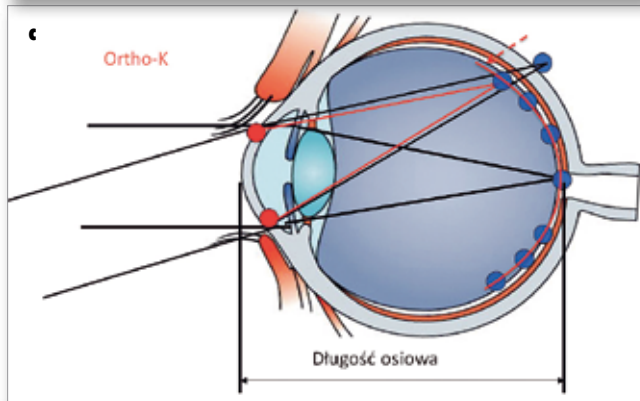
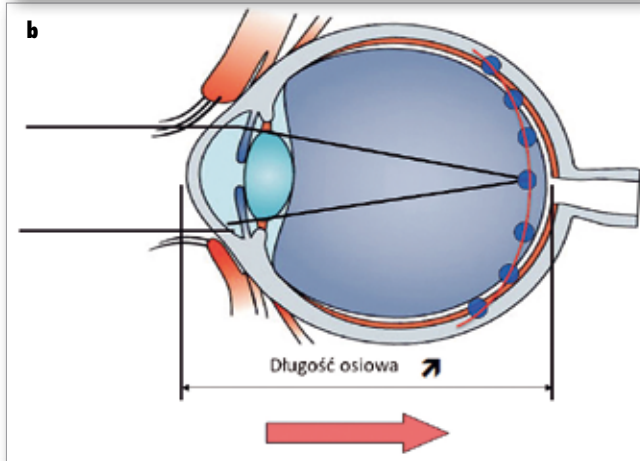
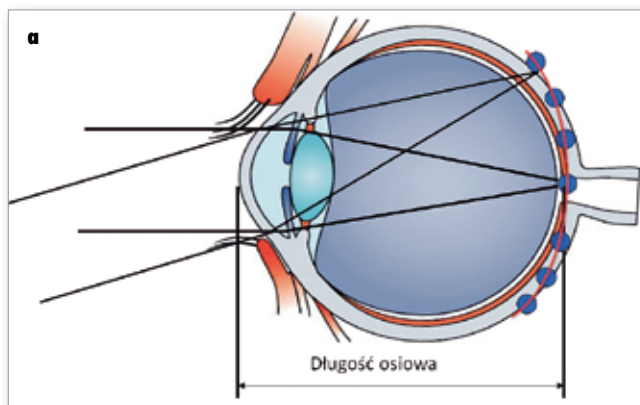
**Ryc. 1.** Soczewka ortokeratologiczna – wzór fluoresceinowy. Dzięki uprzejmości Menicon Co.  
**Fig. 1.** Orthokeratology lens – fluorescein pattern. Courtesy of Menicon Co.



**Ryc. 2.** Pożądaný obraz topograficzny – spłaszczenie części centralnej, obraz tarczy strzeleckiej. Dzięki uprzejmości Menicon Co.  
**Fig. 2.** Desirable topography – flattening in the central area, bull's eye pattern. Courtesy of Menicon Co.



**Ryc. 3.** Toryczna soczewka ortokeratologiczna – wzór fluoresceinowy. Dzięki uprzejmości Menicon Co.  
**Fig. 3.** A toric orthokeratology lens – fluorescein pattern. Courtesy of Menicon Co.



**Ryc. 4.** Wpływ nadwzrocznego rozogniskowania siatkówkowego (a) na wydłużenie gałki ocznej (b). Niwelowanie rozogniskowania przez soczewkę ortokeratologiczną (c). Dzięki uprzejmości Menicon Co.  
**Fig. 4.** The impact of retinal defocus (a) on axial elongation (b). Defocus compensated by orthokeratology lens (c). Courtesy of Menicon Co.

cia, a główną grupą docelową osoby powyżej 18. roku życia, to w Azji, gdzie występowanie krótkowzroczności w niektórych regionach szacuje się na 60–80%, główną grupą docelową są dzieci, a głównym wskazaniem do aplikacji soczewek ortokeratologicznych jest spowolnienie progresji miopii (4).

Podstawą teoretyczną do zastosowania ortokeratologii w celu kontroli miopii jest sugerowana rola rozogniskowania siatkówkowego w procesie progresji krótkowzroczności. Wielu badaczy potwierdza, że nieprawidłowa refrakcja ma wpływ na wzrost długości gałki ocznej u zwierząt (5–16), a także dowodzi, że upośledzone widzenie w trakcie rozwoju gałki ocznej ma wpływ na powstawanie miopii u ludzi (17–20). W najnowszych badaniach coraz silniej kładzie się

nacisk na znaczenie siatkówki obwodowej w rozwoju krótkowzroczności. Wykazano silny związek między względną nadwzrocznością na peryferyjnej siatkówce a wzrostem osiowej długości gałki ocznej (21–25). Konwencjonalna korekcja soczewkami okularowymi bądź kontaktowymi ogniskuje obraz na siatkówce tylko w obrębie części centralnej siatkówki, a obwodowo obraz pozostaje za siatkówką, zgodnie z powyższymi założeniami może to dalej stanowić impuls do wzrostu długości osiowej gałki. Działanie soczewek ortokeratologicznych prowadzi do pogrubienia rogówki na średnim obwodzie, co powoduje względny wzrost mocy optycznej w tym obszarze i niweluje nadwzroczne rozogniskowanie. Obraz ogniskowany jest na siatkówce zarówno w jej centrum, jak i na obwodzie (ryc. 4.).

Badano wiele metod, których celem było spowolnienie rozwoju krótkowzroczności, m.in.: stosowanie miejscowe atropiny (26–29), pirenzepiny (30), użycie różnego typu korekcji okularowymi soczewkami – dwuogniskowymi (31–32), progresywnymi (33), multifokalnymi miękkimi soczewkami kontaktowymi, sztywnymi soczewkami kontaktowymi (34, 35), niepełną korekcją wady (36), a także ortokorekcję. Spośród wymienionych metod najwyższą skuteczność w spowolnieniu rozwoju miopii miała metoda polegająca na stosowaniu atropiny, jednak ze względu na działania niepożądane (cykloplegię, światłowstręt, problemy z widzeniem z bliska, nadmierną ekspozycję na UVA wewnętrznych struktur oka, mogącą prowadzić do zaćmy i zmian w siatkówce) nie nadaje się ona do rutynowego stosowania. Ponadto efekt kliniczny jest ograniczony do pierwszego roku stosowania. Obiecujące też, choć w mniejszym stopniu, wydawało się zastosowanie pirenzepiny, jednak prace badawcze nad jej zastosowaniem zostały przerwane. Za wyjątkiem ortokorekcji pozostałe metody nie przyniosły zadowalających efektów (37).

### Skuteczność ortokeratologii

Obecnie wyniki coraz większej liczby badań potwierdzają skuteczność ortokeratologii w spowolnieniu progresji krótkowzroczności, wobec wysokiego profilu bezpieczeństwa metoda ta jest opcją terapeutyczną, którą warto rozważyć. Jednym z pierwszych badań, które poświęcono temu zagadnieniu, jest badanie LORIC z 2005 r. (38), Cho i wsp. porównali w nim efekt ortokeratologii u dzieci stosujących ją przez 2 lata z efektem, jaki uzyskano za pomocą okularowych soczewek jednoogniskowych u badanych z retrospektywnej grupy kontrolnej. Wykazano statystycznie istotnie mniejszy przyrost długości osiowej gałek ocznych u dzieci stosujących ortokorekcję niż u badanych z grupy kontrolnej (odpowiednio: 0,29 mm i 0,54 mm w ciągu 2 lat), a efekt kontroli miopii oceniono na 46%. Podobne rezultaty, a nawet lepsze, uzyskano, porównując zastosowanie ortokorekcji z zastosowaniem miękkich soczewek kontaktowych (retrospektywna grupa kontrolna), tu efekt kontroli miopii dla ortho-k wyniósł 55% (39). Kolejne badania (40–42) potwierdziły dotychczas przeprowadzone obserwacje (kontrola krótkowzroczności na poziomie 32–37%, znamienne spowolnienie przyrostu gałek ocznych w grupie badanych stosujących ortokorekcję). W tych badaniach grupę kontrolną stanowiły dzieci dobrane pod względem płci, wieku, wyjściowej wielkości wady wzroku i długości gałek ocznych

– stosowano u nich korekcję okularowymi soczewkami jednoogniskowymi. Wszystkie obserwacje, z wyjątkiem projektu Hiraoka, prowadzone były przez 2 lata. Leczenie było dobrze tolerowane przez dzieci (zarówno według ich opinii, jak i według opinii rodziców), nie zaobserwowano znaczących działań ubocznych.

W 2012 r. opublikowano też wyniki badania ROMIO (43), pierwszego randomizowanego badania, w którym oceniano wpływ ortokorekcji na spowolnienie progresji miopii. Ocenie poddano 78 dzieci w wieku od 6 do 10 lat, losowo przypisanych do dwóch grup: stosujących soczewki ortokeratologiczne i stosujących korekcję okularowymi soczewkami jednoogniskowymi. Średnia wyjściowa wada wzroku wynosiła odpowiednio -2,16 D i -2,36 D (czyli podobnie jak w badaniach innych autorów). Badanie było pojedynczo zaślepione, tzn. badacze dokonujący wstępnych pomiarów, np. długości gałki ocznej, nie wiedzieli, do której grupy należy dany pacjent. Podwójne zaślepienie nie było możliwe ze względu na charakter testowanej metody. W dwuletnim okresie obserwacji otrzymano wyniki, które potwierdziły istotny wpływ ortokorekcji na spowolnienie postępu krótkowzroczności. Przyrost długości gałki ocznej u dzieci z grupy ortho-k wyniósł 0,36 mm i był o 43% mniejszy niż u dzieci z grupy kontrolnej (w tym przypadku wyniósł 0,63 mm). U dzieci z grupy ortho-k odsetek dotkniętych szybką progresją był też znacznie mniejszy (za szybką progresję uznano >1,00 D/rok). Należy przy tym zaznaczyć, że zaobserwowano korelację między tempem progresji wady a wiekiem dzieci (ale brak korelacji między tempem progresji a wyjściową wadą wzroku). W odniesieniu do dzieci młodszych (7–8 lat): do szybkiej progresji doszło u 20% dzieci z grupy ortokeratologicznej oraz u 65% dzieci z grupy noszącej soczewki okularowe, w odniesieniu do dzieci starszych (9–10 lat) zaś: do szybkiej progresji doszło odpowiednio u 9% i 13% dzieci z grup ortho-k i kontrolnej. Autorzy podkreślają, że proces elongacji gałki ocznej w sposób naturalny ulega spowolnieniu wraz z wiekiem (44–49), dlatego też szczególnie duże korzyści może przynieść wczesne zastosowanie ortokeratologii, kiedy proces ten jest najbardziej gwałtowny. Dowodzą tego przedstawione wyniki (65% szybkiej progresji w grupie kontrolnej vs 20% w grupie ortho-k u dzieci w wieku od 7 do 8 lat). Warto przytoczyć tu także wyniki jedyne badania nad zastosowaniem ortho-k w procesie kontroli krótkowzroczności w 5-letnim okresie obserwacji (41), w którym stwierdzono ograniczenie efektu terapeutycznego ortokorekcji po trzecim roku leczenia. Jak sugerują autorzy pracy ROMIO, brak istotnej przewagi metody polegającej na zastosowaniu ortosoczewek w czwartym i piątym roku obserwacji jest raczej efektem naturalnego, stopniowego spowolnienia szybkości progresji wady w miarę wzrastania wieku u dzieci z grupy kontrolnej, zmniejsza to różnice między badanymi grupami i może powodować wrażenie malejącej z czasem skuteczności ortokorekcji.

Autorzy dotychczas przedstawianych prac skupiali się na ocenie wpływu ortokeratologii na zahamowanie postępu miopii w przypadkach niskich i średnich krótkowzroczności (kryterium włączenia do badań była możliwość pełnej korekcji wady za pomocą ortokeratologii, to zazwyczaj wyklucza wysokiego stopnia krótkowzroczność). Charm i Cho (50) natomiast w swojej najnowszej pracy ocenili me-



tość zastosowania soczewek ortokeratologicznych w celu kontroli miopii u 8–11-letnich dzieci dotkniętych wysoką krótkowzrocznością (kryterium włączenia:  $>-5,00$  D lub  $SE >-5,75$  D). Wadę resztkową korygowano okularowymi soczewkami jednoogniskowymi. Badanie było randomizowane, pojedynczo zaslepione. Po dwóch latach przyrost resztkowej wady u dzieci z grupy leczonej ortho-k wyniósł  $0,13$  D, a u dzieci z grupy kontrolnej –  $1,00$  D. Zwiększenie długości osiowej gałki ocznej u dzieci z grupy stosującej ortokorekcję wyniosło  $0,19$  mm i było o 63% mniejsze niż u dzieci z grupy kontrolnej ( $0,51$  mm). Wyniki tego badania pozwalają wysnuć wniosek, że w celu spowolnienia postępu miopii ortokeratologię warto zastosować także u dzieci dotkniętych wysoką krótkowzrocznością, nawet jeśli oznacza to, że w czasie terapii konieczne będzie zastosowanie dodatkowej korekcji resztkowej wady.

### Bezpieczeństwo ortokeratologii

W czasie, kiedy prowadzono badania, nie zanotowano znaczących działań niepożądanych związanych ze stosowaniem ortokeratologicznych soczewek kontaktowych (38–43, 50). U dzieci stosujących ortokorekcję najczęściej obserwowano niewielkie punktowate barwienie rogówki lub powierzchowne keratoepiteliopatie, dolegliwości te szybko ustępowały po zakończonym leczeniu i nie powodowały trwałych następstw. Obecnie ortokeratologia zaliczana jest do bezpiecznych metod korekcji. Wcześniejsze doniesienia o zakażeniach rogówki związanych z ortokeratologią, najczęściej o etiologii *Pseudomonas*, w ogromnej większości dotyczą przypadków odnotowanych w 2001 r. w Chinach, tam wówczas ortokeratologię stosowano powszechnie ze względu na epidemię krótkowzroczności (51, 52). Soczewki były łatwo dostępne i stosowano je bez odpowiedniego nadzoru, ponieważ często były dobierane przez niewykwalifikowany personel, u ich użytkowników licznie występowały infekcyjne powikłania oraz inne uszkodzenia rogówki (53). Z tego powodu wprowadzono w Chinach ograniczenie wiekowe i ortokeratologia mogła być stosowana jedynie u osób powyżej 18. roku życia, eliminowało to możliwość jej użycia w celu kontroli miopii. Wyniki licznych badań, które dowiodły, że metoda ta jest bezpieczna, kiedy są przestrzegane podstawowe zasady doboru i pielęgnacji, przyczyniły się do zniesienia owych ograniczeń w 2011 r. Obecnie spośród dostępnych na rynku materiałów używanych do produkcji soczewek te, z których są produkowane soczewki ortokeratologiczne, mają najlepszą gazoprzepuszczalność; ma to istotne znaczenie dla bezpieczeństwa (54). Do czynników ryzyka powikłań należą: uchybienia w pielęgnacji soczewek (niestosowanie się do zaleceń pielęgnacji, kontakt z wodą z kranu), nieprzestrzeganie schematu noszenia (niezdejmowanie soczewek w ciągu dnia) oraz niewłaściwe dopasowanie (decentracja, brak ruchomości) (53). Dlatego bardzo ważne są odpowiednia kwalifikacja pacjenta, profesjonalny dobór soczewek oraz kontrolę. Istotne jest przestrzeganie zaleceń szczególnie w zakresie pielęgnacji.

### Satysfakcja płynąca z korzystania z ortokorekcji

W badaniu Santodomingo-Rubido MCOS (42) oprócz oceny skuteczności kontroli miopii porównano także sto-

pień zadowolenia pacjentów ze stosowania ortokorekcji, korekcji soczewkami okularowymi i korekcji miękkimi soczewkami kontaktowymi. Poproszono dzieci, aby oceniły: jak metoda korekcji wpływa m.in. na jakość widzenia (ogółem, do bliży, do dali), satysfakcję i aktywność, czy aplikacja soczewek jest łatwa, jak postrzegają swój wygląd sami, a jak ich rówieśnicy, oraz ogólnie – czy są zadowoleni z wybranej metody. O opinię poproszono także ich rodziców. We wszystkich kategoriach ortokorekcję i miękkie soczewki kontaktowe oceniono znacznie lepiej niż soczewki okularowe – z wyjątkiem kategorii „widzenie do bliży”, tu ortokorekcja uzyskała nieco gorszą ocenę. Preferowano ortokorekcję, chociaż w porównaniu z soczewkami miękkimi tylko nieznacznie. Wyniki wielu badań potwierdziły, że metoda ta w dużym stopniu satysfakcjonuje także dorosłych pacjentów (55–58). Rah i wsp. oceniali jakość życia (quality-of-life – QOL) użytkowników ortho-k i pacjentów poddanych wcześniej zabiegowi LASIK, różnic nie stwierdzili (55). Ritchey, Barr i Mitchell natomiast poddali ocenie jakość życia użytkowników miękkich soczewek silikonowo-hydrożelowych noszonych w trybie ciągłym i jakość życia pacjentów stosujących ortokorekcję, oni także nie stwierdzili różnic (56). Także Lipson, Sugar i Musch przeprowadzili badanie, w którym porównywali, jakie metody korekcji krótkowzroczności pacjenci wybierają najczęściej – ortokeratologię czy miękkie soczewki kontaktowe, dowiedli, że z powodu większej niezależności od korekcji optycznej i mniejszego ograniczenia dziennej aktywności, a także uniknięcia dolegliwości związanych z noszeniem soczewek kontaktowych preferowano ortokeratologię (57).

### Tendencje w ortokorekcji

Nie każda rogówka odpowiada w ten sam sposób na zastosowanie ortokeratologii. Najbardziej na nią podatne są rogówki w kształcie wydłużonej elipsy o umiarkowanie stromej krzywiznie. Zmiana refrakcji, zgodnie ze wzorem Munnerlyna, zależy od ilości uciśniętego nabłonka (strefa ta w przypadku ortokeratologii jest stała i wynosi ok.  $20\text{--}25\ \mu\text{m}$ ) oraz średnicy strefy oddziaływania. Średnica strefy oddziaływania, czyli strefa optyczna, zmniejsza się wraz ze wzrostem zmiany refrakcji, jest to jeden z czynników, który ogranicza korekcję wysokiej krótkowzroczności. Do tej pory soczewki ortokeratologiczne były projektowane w konkretnym celu – korekcji krótkowzroczności, a kontrola miopii była w pewnym sensie wartością dodaną tej metody. Ze względu na skuteczne działanie ortokorekcji spowolnienie progresji krótkowzroczności często staje się głównym wskazaniem do zastosowania tej metody. Nie ustają badania nad mechanizmami oddziaływania ortosoczewek na rogówkę. Warte uwagi są badania prowadzone nad skonstruowaniem soczewki ortokeratologicznej, która byłaby przeznaczona do kontrolowania miopii, wówczas efekty tej metody byłyby jeszcze lepsze.

### Podsumowanie

Ortokeratologia jest metodą korekcji niskiej i średniej krótkowzroczności lub krótkowzroczności połączonej z astygmatyzmem rogówkowym – niezależnia pacjenta od stosowania korekcji optycznej w ciągu dnia, a ponadto spowalnia rozwój miopii, wg obserwacji prowadzonych od dawna i po-

twierdzonych w najnowszych randomizowanych badaniach klinicznych. Z analizy tych doniesień wnika, że ortokeratologia przyniesie największe korzyści wtedy, kiedy zostanie zastosowana wcześniej, u dzieci w młodszym wieku, kiedy tempo progresji miopii jest najszybsze. Wykazano także, że jest efektywna w procesie kontroli miopii u dzieci nawet z wysoką krótkowzrocznością, u których w ciągu dnia stosowano korekcję wady resztkowej soczewkami okularowymi. Metoda ta jest bezpieczna, jeśli zostaną spełnione warunki takie jak: profesjonalny dobór, prawidłowy nadzór w trakcie leczenia, a także przestrzeganie zasad użytkowania (dlatego bardzo ważna jest staranna kwalifikacja pacjenta). Stosowanie ortokeratologii zapewnia wysoki poziom satysfakcji.

#### Piśmiennictwo:

- Mountford J.: *Orthokeratology – Principles and Practice*. London: Butterworth-Heinemann, 2004.
- Ruston D., Dave T.: *Accelerated orthokeratology – an introduction*. *Optom. Today* 1997; 37(20): 28–34.
- Caroline P.J.: *Contemporary orthokeratology*. *Cont. Lens Anterior Eye* 2001; 24: 41–46.
- Lam C.S., Goldschmidt E., Edwards M.H.: *Prevalence of myopia in local and international schools in Hong Kong*. *Optom. Vis. Sci.* 2004; 81: 317–322.
- Irving E.L., Callender M.G., Sivak J.G.: *Inducing myopia, hyperopia, and astigmatism in chicks*. *Optom. Vis. Sci.* 1991; 68: 364–368.
- Irving E.L., Sivak J.G., Callender M.G.: *Refractive plasticity of the developing chick eye*. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 1992; 12: 448–456.
- Schaeffel F., Howland H.: *Properties of the feedback loops controlling eye growth and refractive state in the chicken*. *Vision Res.* 1991; 31: 717–734.
- Schaeffel F., Glasser A., Howland H.C.: *Accommodation, refractive error and eye growth in chickens*. *Vision Res.* 1988; 28: 639–657.
- Wildsoet C., Wallman J.: *Choroidal and scleral mechanisms of compensation for spectacle lenses in chicks*. *Vision Res.* 1995; 35: 1175–1194.
- Shaikh A.W., Siegwart J.T., Norton T.T.: *Effect of interrupted lens wear on compensation for a minus lens in tree shrews*. *Optom. Vis. Sci.* 1999; 76: 308–315.
- Siewgart J.T., Norton T.T.: *Regulation of the mechanical properties of tree shrew sclera by the visual environment*. *Vision Res.* 1999; 39: 387–407.
- Graham B., Judge S.J.: *The effects of spectacle wear in infancy on eye growth and refractive error in the marmoset (*Callithrix jacchus*)*. *Vision Res.* 1999; 39: 189–206.
- Smith E.L. III, Hung L.-F.: *The role of optical defocus in regulating refractive development in infant monkeys*. *Vision Res.* 1999; 39: 1415–1435.
- Hung L.-F., Crawford M.L.J., Smith E.L. III.: *Spectacle lenses alter eye growth and the refractive status of young monkeys*. *Nat. Med.* 1995; 1: 761–765.
- Bradley D.V., Fernandes A., Lynn M., Tigges M., Boothe R.G.: *Emmetropization in the rhesus monkey (*Maca mulatta*): birth to young adulthood*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1999; 40: 214–229.
- Kiely P.M., Crewther S.G., Nathan J., Brennan N.A., Efron N., Madigan M.: *A comparison of ocular development of the cynomolgus monkey and man*. *Clin. Vis. Sci.* 1987; 1: 269–280.
- Rabin J., van Sluyters R.C., Malach R.: *Emmetropization: a visiondependent phenomenon*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 1981; 20: 561–564.
- Robb R.M.: *Refractive errors associated with hemangiomas of the eyelids and orbit in infancy*. *Am. J. Ophthalmol.* 1977; 83: 52–58.
- O’Leary D.J., Millodot M.: *Eyelid closure causes myopia in humans*. *Experientia* 1979; 35: 1478–1479.
- Nathan J., Kiely P.M., Crewther S.G., Crewther D.P.: *Disease-associated image degradation and spherical refractive errors in children*. *Am. J. Optom. Physiol. Opt.* 1985; 62: 680–688.
- Smith E.L. III, Kee C.S., Ramamirtham R., Qiao-Grider Y., Hung L.F.: *Peripheral vision can influence eye growth and refractive development in infant monkeys*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2005; 46: 3965–3972.
- Smith E.L. III, Ramamirtham R., Qiao-Grider Y., Hung L.F., Huang J., Kee C.S.: *Effects of foveal ablation on emmetropization and form-deprivation myopia*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007; 48: 3914–3922.
- Smith E.L. III, Hung L.F., Huang J.: *Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys*. *Vision Res.* 2009; 49: 2386–2392.
- Mutti D.O., Hayes J.R., Mitchell G.L., Jones L.A., Moeschberger M.L., Cotter S.A. i wsp.: *Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007; 48: 2510–2519.
- Charman W.N., Radhakrishnan H.: *Peripheeral refraction and the development of refractive error: A review*. *Ophthalm. Physiol. Opt.* 2010; 30: 321–338.
- Yen M.Y., Liu J.H., Kao S.C., Shiao C.H.: *Comparison of the effect of atropine and cyclopentolate on myopia*. *Ann. Ophthalmol.* 1989; 21: 180–182, 187.
- Shih Y.F., Chen C.H., Chou A.C., Ho T.C., Lin L.L., Hung P.T.: *Effects of different concentrations of atropine on controlling myopia in myopic children*. *J. Ocul. Pharmacol. Ther.* 1999; 15: 85–90.
- Shih Y.F., Hsiao C.K., Chen C.J., Chang C.W., Hung P.T., Lin L.L.: *An intervention trial on efficacy of atropine and multi-focal glasses in controlling myopic progression*. *Acta Ophthalmol. Scand.* 2001; 79: 233–236.
- Chua W.H., Balakrishnan V., Chan Y.H., Tong L., Ling Y., Quah B.L. i wsp.: *Atropine for the treatment of childhood myopia*. *Ophthalmology* 2006; 113: 2285–2291.
- Cotter S.A., Crockett R.S., Miller J.M., Novack G.D., Zadnik K.: *U.S. Pirenzepine Study Group. Two-year multicenter, randomized, double-masked, placebo-controlled, parallel safety and efficacy study of 2% pirenzepine ophthalmic gel in children with myopia*. *J. AAPOS* 2008; 12: 332–339.
- Jensen H.: *Myopiaprogression in young school children: A prospective study of myopia progression and the effect of atrial with bifocal lenses and beta blocker eye drops*. *Acta Ophthalmol. Suppl.* 1991; 200: 1–79.

32. Fulk G.W., Cyert L.A., Parker D.E.: *A randomized trial of the effect of single-vision vs. bifocal lenses on myopia progression in children with esophoria*. *Optom. Vis. Sci.* 2000; 77: 395–401.
33. Gwiazda J., Hyman L., Hussein M., Everett D., Norton T.T., Kurtz D. i wsp.: *A randomized clinical trial of progressive addition lenses versus single vision lenses on the progression of myopia in children*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2003; 44: 1492–1500.
34. Katz J., Schein O.D., Levy B., Cruiscullo T., Saw S.M., Rajan U. i wsp.: *A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia*. *Am. J. Ophthalmol.* 2003; 136: 82–90.
35. Walline J.J., Jones L.A., Mutti D.O., Zadnik K.: *A randomized trial of the effects of rigid contact lenses on myopia progression*. *Arch. Ophthalmol.* 2004; 122: 1760–1766.
36. Chung K., Mohidin N., O'Leary D.J.: *Undercorrection of myopia enhances rather than inhibits myopia progression*. *Vision Res.* 2002; 42: 2555–2559.
37. Gwiazda J.: *Treatment options for myopia*. *Optom. Vis. Sci.* 2009; 86: 624–628.
38. Cho P., Cheung S.W., Edwards M.: *The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control*. *Curr. Eye Res.* 2005 Jan; 30(1): 71–80.
39. Walline J.J., Jones L.A., Sinnott L.T.: *Corneal reshaping and myopia progression*. *Br. J. Ophthalmol.* 2009 Sep; 93(9): 1181–1185. doi: 10.1136/bjo.2008.151365. Epub 2009 May 4.
40. Kakita T., Hiraoka T., Oshika T.: *Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2011; 52: 2170–2174.
41. Hiraoka T., Kakita T., Okamoto F., Takahashi H., Oshika T.: *Longterm effect of overnight orthokeratology on axial length elongation in childhood myopia: a 5-year follow-up study*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012; 53: 3913–3919.
42. Santodomingo-Rubido J., Villa-Collar C., Gilmartin B., Gutierrez-Ortega R.: *Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain (MCOS): refractive and biometric changes*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012; 53: 5060–5065.
43. Cho P., Cheung S.-W.: *Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: A 2-Year Randomized Clinical Trial*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2012 Oct, Vol. 53, No. 11.
44. Edwards M.H.: *The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study*. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 1999; 19: 286–294.
45. Donovan L., Sankaridurg P., Ho A., Naduvilath T., Smith E.L. III, Holden B.A.: *Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles*. *Optom. Vis. Sci.* 2012; 89: 27–32.
46. Jones L.A., Mitchell G.L., Mutti D.O., Hayes J.R., Moeschberger M.L., Zadnik K.: *Comparison of ocular component growth curves among refractive error groups in children*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2005; 46: 2317–2327.
47. Hyman L., Gwiazda J., Hussein M., Norton T.T., Wang Y., Marsh-Tootle W. i wsp.: *Relationship of age, sex, ethnicity with myopia progression and axial elongation in the correction of myopia evaluation trial*. *Arch. Ophthalmol.* 2005; 123: 977–987.
48. Goss D.A., Winkler R.L.: *Progression of myopia in youth: age of cessation*. *Am. J. Optom. Vis. Sci.* 1983; 83: 651–658.
49. Saw S.M., Nieto F.J., Katz J., Schein O.D., Levy B., Chew S.J.: *Factors related to the progression of myopia in Singaporean children*. *Optom. Vis. Sci.* 2000; 77: 549–554.
50. Charm J., Cho P.: *High myopia-partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study*. *Optom. Vis. Sci.* 2013 Jun; 90(6): 530–539. doi: 10.1097/OPX.0b013e318293657d.
51. Lin L.L., Shih Y.F., Tsai C.B., Chen C.J., Lee L.A., Hung P.T. i wsp.: *Epidemiological study of ocular refraction among schoolchildren in Taiwan in 1995*. *Optom. Vis. Sci.* 1999; 76: 275–281.
52. Edwards M.H.: *The development of myopia in Hong Kong children between the ages of 7 and 12 years: a five-year longitudinal study*. *Ophthalmic. Physiol. Opt.* 1999; 19: 286–294.
53. Watt K., Swarbrick H.A.: *Microbial keratitis in overnight orthokeratology: review of the first 50 cases*. *Eye Contact Lens* 2005; 31: 201–208.
54. MacKeen D.L., Sachdev M., Ballou V., Cavanagh H.D.: *A prospective multicenter clinical trial to assess safety and efficacy of Menicon SF-P RGP lenses for extended wear*. *CLAO J.* 1992; 18: 183–186.
55. Rah M.J., Bailey M.D., Hayes J., Kwok A., Zadnik K.: *Comparison of NEI RQL-42 scores in LASIK vs. CRT patients*. *ARVO abstract*. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2004; 45: E-Abstract 1578.
56. Ritchey E.R., Barr J.T., Mitchell G.L.: *The Comparison of Overnight Lens Modalities (COLM) study*. *Eye Contact Lens* 2005; 31: 70–75.
57. Lipson M.J., Sugar A., Musch D.C.: *Overnight corneal reshaping versus soft disposable contact lenses: vision-related quality-of-life differences from a randomized clinical trial*. *Optom. Vis. Sci.* 2005; 82: 886–891.
58. Murugappa S., Swarbrick H.: *Quality of life in orthokeratology patients*. Paper presented at the Global Orthokeratology Symposium, Toronto, 2004 July.

Adres do korespondencji (Reprint requests to):

lek. Katarzyna Szymanek  
 SPKSO w Warszawie  
 ul. Sierakowskiego 13, 03-709 Warszawa  
 e-mail: szymanek.k@gmail.com