

Ortokorekcja u dzieci i młodzieży, czy to działa? Prezentacja wybranych przypadków

Orthokeratology in Pediatric Patients – Does it Work? Presentation of Patients

Katarzyna Szymanek^{1,2}, Piotr Szymanek¹

¹ ACL-VISION Specjalistyczne Ambulatorium Okulistyczne, Niepubliczny Zakład Opieki Zdrowotnej

² Samodzielny Publiczny Kliniczny Szpital Okulistyczny w Warszawie

Abstract:

Purpose: The purpose of this presentation is to describe orthokeratology procedures as well as to evaluate the efficacy of ortho-K as vision correction method in pediatric patients and as a method for myopia control in clinical practice.

Material and Methods: Several cases of correction in pediatric patients with different degrees of myopia using overnight orthokeratology with R-R Ortho-K lenses were analyzed. The evaluated parameters included topography maps (before and after orthokeratology), visual acuity and myopia control based on the maintenance of constant ortho-K lens parameters. The follow-up period was from one to four years.

Results: All subjects have achieved VA level of 1.0 with baseline refractive errors ranging from -3.00 to -8.25. The error has stabilized which was confirmed by the use of the same ortho-K lens parameters with no need to adjust them throughout the follow-up period, which suggests that myopia did not progress. No complications were observed as a result of ortho-K application.

Conclusions: Orthokeratology is safe and effective method of myopia correction with refractive errors up to -4.50 Dsph and -2.50 Dcyl. In certain cases even higher myopia may be effectively corrected. Orthokeratology is also an effective tool for myopia control. During the follow-up period it was not necessary to adjust the ortho-K lens parameters which suggests that the error has stabilized. The authors' observations are consistent with the available publications which confirm the efficacy of orthokeratology in myopia control based on the results of randomized clinical trials.

Key words:

Słowa kluczowe:

Overnight orthokeratology, ortho-K, myopia, myopia control, rigid contact lenses, Rigid Gas Permeable – RGP.

ortokeratologia nocna, ortokorekcja, ortho-K, krótkowzroczność, kontrola krótkowzroczności, sztywne gazoprzepuszczalne soczewki kontaktowe – RGP.

Wprowadzenie

Ortokertologia jest niechirurgiczną i odwracalną metodą korekcji krótkowzroczności lub krótkowzroczności połączonej z astygmatyzmem rogówkowym za pomocą sztywnych gazoprzepuszczalnych soczewek kontaktowych (Rigid Gas Permeable – RGP) zakładanych na noc. Polega na modelowaniu kształtu rogówki poprzez redystrybucję komórek nabłonka rogówki pod wpływem sił hydrostatycznych filmu łzowego, aby zapewnić dobre widzenie w ciągu dnia bez użycia korekcji. W części centralnej dochodzi do spłaszczenia i ścięczenia, a więc spadku mocy optycznej, a w części peryferyjnej do pogrubienia i względnego wzrostu mocy optycznej. Jest to możliwe dzięki sztywnym soczewkom kontaktowym o odwróconej geometrii, w których centralna krzywizna bazowa odpowiada za spłaszczanie, odwrócona krzywizna na średnim obwodzie, o bardziej stromym promieniu, stanowi strefę rezerwurową, a kolejne obwodowe krzywizny odpowiadają za dopasowanie. Za pomocą ortokorekcji można korygować krótkowzroczność do -4,50 Dsph, a uwzględniając konstrukcje toryczne, także rogówkowy astygmatyzm prosty do -2,50 Dcyl i odwrotny do -1,50 Dcyl.

Obecnie skuteczność ortokeratologii w kontroli progresji miopii została wykazana w wielu badaniach, w tym badaniach randomizowanych, i nie budzi już wątpliwości (1–7). Wyniki badań nad spowolnieniem narastania krótkowzroczności, przeprowadzonych z udziałem dzieci, wskazały 32–63-procentową skuteczność ortokeratologii w porównaniu do standardowych metod. W opublikowanej w kwietniu 2015 roku metaanalizie dotychczas prowadzonych badań stwierdzono spowolnienie elongacji gałki ocznej o 0,14 mm/rok u dzieci stosujących ortokeratologię w porównaniu z wynikami u dzieci z grupy kontrolnej, to przekłada się na 45-procentowe spowolnienie progresji miopii (8). Efekt udowodniono

zarówno u dzieci, u których wadę wzroku korygowano w pełni, jak i u dzieci z wysoką krótkowzrocznością, u których uzyskiwano częściową korekcję za pomocą soczewek ortokeratologicznych, a wadę resztkową korygowano soczewkami okularowymi (7). Podstawą teoretyczną do zastosowania ortokeratologii w celu kontroli miopii jest sugerowana rola rozogniskowania siatkówkowego w procesie progresji krótkowzroczności. Nieprawidłowa refrakcja i upośledzone widzenie centralne w trakcie rozwoju gałki wpływają na wydłużanie się gałki ocznej i powstawanie miopii, to wykazano i u zwierząt, i u ludzi (9–24). Pełna korekcja wady wzroku ogranicza zatem impulsy przyspieszające progresję krótkowzroczności i powinna być podstawowym postępowaniem. W najnowszych badaniach coraz silniej kładzie się nacisk na znaczenie siatkówki obwodowej w rozwoju krótkowzroczności. Wykazano silny związek między względną nadwzrocznością peryferyjnej siatkówki a wzrostem osiowej długości gałki ocznej (25–29). Konwencjonalna korekcja soczewkami okularowymi bądź kontaktowymi ogniskuje obraz na siatkówce jedynie w centralnej części siatkówki, a obwodowo obraz pozostaje za siatkówką. Zgodnie z ww. założeniami może to dalej stanowić impuls do wzrostu długości osiowej gałki. Działanie soczewek ortokeratologicznych prowadzi do pogrubienia rogówki na średnim obwodzie, które powoduje względny wzrost mocy optycznej w tym obszarze i niweluje nadwzroczne rozogniskowanie. Obraz jest ogniskowany na siatkówce zarówno w jej centrum, jak i na obwodzie. Dzięki temu ortokeratologia pozwala spowolnić narastanie miopii. Poza ortokeratologią badano wiele metod, których celem było spowolnienie rozwoju krótkowzroczności, m.in.: miejscowe podawanie atropiny i pirenzepiny (30–34) oraz użycie różnego typu soczewek okularowych – dwuogniskowych (35–36), progresywnych (37) oraz soczewek kontaktowych – miękkich multifokalnych i sztywnych gazoprzepuszczalnych.

Najbardziej skuteczne okazało się miejscowe zastosowanie 1-procentowej atropiny, lecz z powodu działań niepożądanych nie nadaje się ona do rutynowego stosowania. Obecnie są prowadzone badania nad zastosowaniem atropiny w niższych stężeniach. Pozostałe metody nie przyniosły zadowalających efektów (40).

Cel

W niniejszym artykule prezentujemy pięć wybranych przypadków zastosowania ortokeratologii u dzieci z narastającą krótkowzrocznością. Oceniliśmy skuteczność ortokorekcji u naszych pacjentów na poziomie korekcyjnym oraz na poziomie kontroli progresji miopii. Stabilizację wady ocenialiśmy na podstawie utrzymania stałych parametrów soczewek ortokeratologicznych. Należy podkreślić, że podstawowym i najbardziej wiarygodnym parametrem ocenianym w piśmiennictwie w badaniach nad skutecznością kontroli krótkowzroczności jest przyrost długości osiowej gałki ocznej (41). Naszym celem nie jest jednak przeprowadzenie badania naukowego, a przedstawienie praktycznej strony zagadnienia, dlatego skupiliśmy się na analizie danych uzyskiwanych podczas standardowej wizyty w sposób niewiążący się z dodatkową uciążliwością dla pacjenta. Wszyscy prezentowani pacjenci zostali skierowani do naszego ambulatorium z rozpoznaną postępującą krótkowzrocznością w celu doboru specjalistycznych soczewek do ortokeratologii. Byli oni wszechstronnie przebadani na wcześniejszym etapie, nie powtarzano więc badania po porażeniu akomodacji, ponieważ wiązałoby się to z dodatkową wizytą.

Opis przypadków

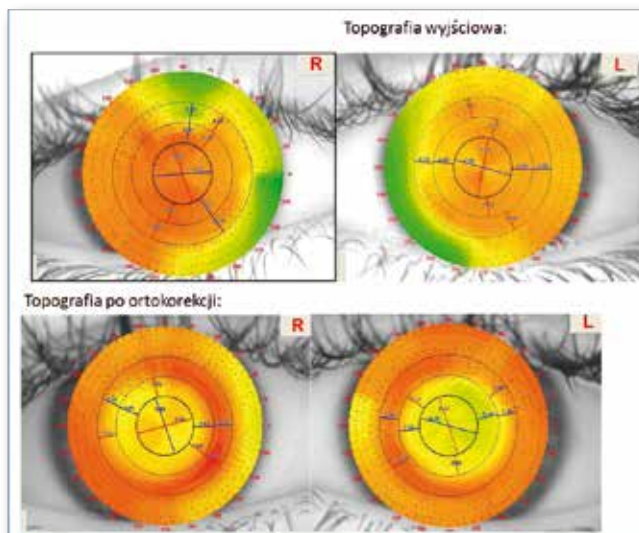
Pacjent 1.

Do naszego ambulatorium został skierowany 14-letni chłopiec z rozpoznaniem postępującej krótkowzroczności w celu aplikacji soczewek kontaktowych do ortokorekcji nocnej. Na pierwszej wizycie stwierdzono miopię około -3,00 Dsph w obojgu oczach i pełną ostrość wzroku w najlepszej korekcji (Best Corrected Visual Acuity – BCVA). Wartości kertometrii były typowe, średnia keratometria dla oka prawego (OP) wynosiła 7,8 mm (43,25 D), a dla oka lewego (OL) 7,7 mm (43,75 D), niewielki centralny astygmatyzm rogówkowy około -0,75 Dcyl w obojgu oczach (tab. I). Zamówiono soczewki ortokeratologiczne Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K o parametrach: do OP AC 7,85, DIA 10,60, korekcja okularowa -3,00 Dsph,

Pacjent 1.0 14-letni chłopiec obserwacja 4 lata/ Patient 1. 14 year old boy 4 year follow-up	OP/ RE	OL/ LE
VA BCVA	0,4 korekcja własna 1,0 cc -2,75/-0,50/115°	0,5 korekcja własna 1,0 cc -2,75/-0,50/90°
Autorefraktometr/ Automated refraction	-3,00/-0,75/117°	-3,00/-0,50/68°
Keratometria/ Keratometry	K1 7,73 mm (43,75 D) K2 7,58 mm (44,50 D) CYL -0,75/4°	K1 7,90 mm (42,75 D) K2 7,75 mm (43,50 D) CYL -0,75/165°
Soczewka Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K/ Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K Lens	korekcja okularowa/ spectacle correction -3,00 Dsph AC 7,85 DIA 10,60	korekcja okularowa/ spectacle correction -3,00 Dsph AC 7,94 DIA 10,60

Tab. I. Pacjent 1. Wyniki badań.

Tab. I. Patient 1. Examination results.



Ryc. 1. Pacjent 1. – topografia rogówki przed zastosowaniem ortho-K i po jej zastosowaniu.
Fig. 1. Patient 1 – corneal topography before and after ortho-K application.

do OL: AC 7,94, DIA 10,60, korekcja okularowa -3,00 Dsph. Na kontrolnych wizytach w badaniu topografii rogówki stwierdzono typowe centralne spłaszczenie z promieniami centralnymi powyżej 8,0 mm (poniżej 42,25 D) oraz obwodowe pogrubienie (ryc. 1.) Uzyskano pełną ostrość wzroku bez korekcji (po zdjęciu soczewek), która utrzymywała się przez cały okres obserwacji. Pacjent jest obserwowany w naszym ambulatorium przez cztery lata, w ciągu których planowo wymieniono dwie pary soczewek. To, że parametry nowych soczewek pozostały bez zmian, przemawia za stabilizacją wady wzroku. Obecnie pacjent ma skończone 18 lat i nadal stosuje ortokeratologię.

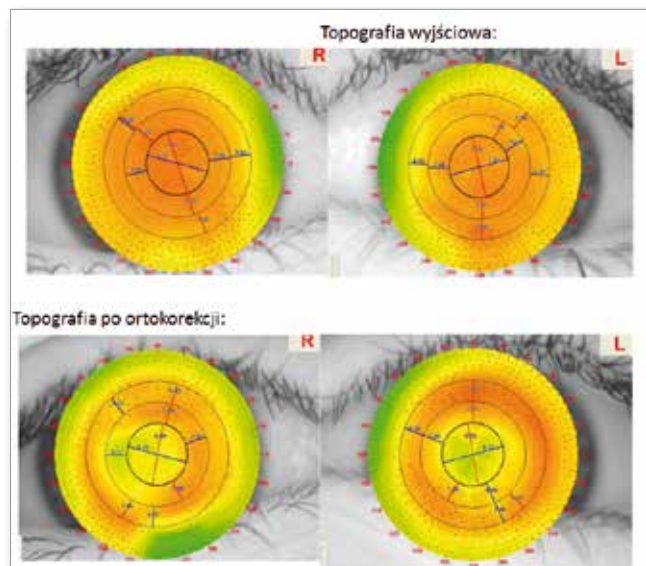
Pacjent 2.

Dziewczynka (lat 9) została skierowana do naszego ambulatorium w celu doboru soczewek ortokeratologicznych z powodu narastającej krótkowzroczności. Na pierwszej wizycie, w sierpniu 2011 roku, stwierdzono miopię około -3,0, wartości keratometrii były typowe, centralny astygmatyzm rogówkowy wynosił w OP -0,25 Dcyl,

Pacjent 2. 9-letnia dziewczynka obserwacja 4 lata/ Patient 2. 9 year old girl 4 year follow-up	OP/ RE	OL/ LE
BCVA	1,0 cc -2,75 Dsph	1,0 cc -2,75/-0,25/67°
Autorefraktometr (08.2011)/ Automated refraction (08.2011)	-2,75/-0,50/108° SE -3,00	-3,00/-0,25/47° SE -3,125
Keratometria/ Keratometry	K1 7,67 mm (44,03 D) K2 7,71 mm (43,76 D) Cyl -0,25/165°	K1 7,74 mm (43,61 D) K2 7,82 mm (43,15 D) Cyl -0,45/15°
Autorefraktometr 12.2014 (po 3 latach)/ Automated refraction after 3 years (12.2014)	-3,00/-0,25/160° SE -3,125	-3,00/-0,25/165° SE -3,125
Autorefraktometr 12.2014 3 x tropicamid/ Automated refraction 12.2014 after 3x tropicamide	-2,75 Dsph	-3,25 Dsph

Tab. II. Pacjent 2. Wyniki badań.

Tab. II. Patient 2. Examination results.



Ryc. 2. Pacjent 2. – topografia rogówki przed zastosowaniem ortho-K i po jej zastosowaniu.
Fig. 2. Patient 2. – corneal topography before and after ortho-K application.

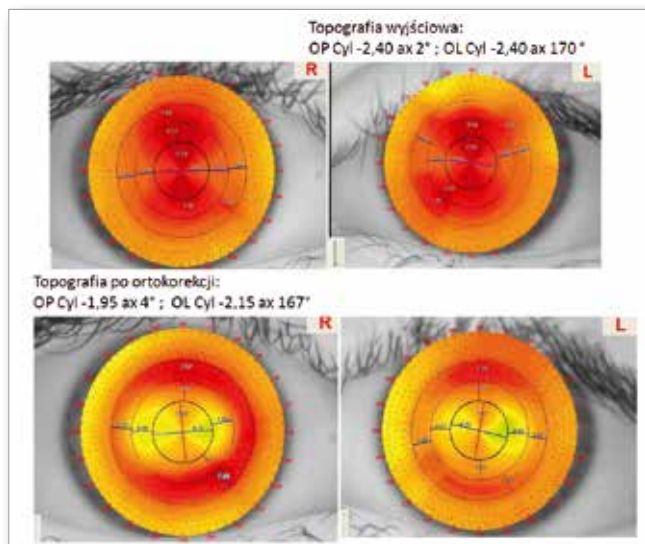
a w OL -0,45 Dcyl. Po zastosowaniu ortokorekcji uzyskano typowy obraz topograficzny (ryc. 2.) i pełną ostrość wzroku po zdjęciu soczewek. W czasie wizyt kontrolnych stan pacjentki był stabilny, nie zgłaszała ona dolegliwości. Po 3 latach stosowania ortokeratologii dziewczynka zgłosiła, że przez ostatnie 3 miesiące nie zakładała soczewek, ponieważ jedną z nich zgubiła. Dało to możliwość wykonania kontrolnych pomiarów po całkowitym wycofaniu się efektu ortokeratologicznego. Wyniki badania autorefraktometrem (tab. II) potwierdziły stabilizację wady w trzyletnim okresie obserwacji: po trzech latach ekwiwalent sferyczny w OP zwiększył się o 0,125 Dsph, a w OL pozostał taki sam. Po porażeniu akomodacji wyniki były podobne. Dziewczynka w momencie tej wizyty miała 12 lat, zalecono kontynuację stosowania ortokeratologii soczewkami o takich samych parametrach jak poprzednie.

Pacjent 3.

Dziewczynka (lat 10) została skierowana do naszego ambulatorium z powodu szybko narastającej krótkowzroczności. Wyjściowe wyniki badań przeprowadzonych u tej pacjentki przedstawiono w tabeli III. Ekwiwalent sferyczny w OP wynosił -5,00, a w OL -4,50 – są to graniczne wartości dla możliwości osiągniętych korekcją za pomocą ortokeratologii. Astygmatyzm rogówkowy wynosił -2,25 Dcyl w osi 175 i 170 (odczyty autokeratometru). Warto zauważyć, że astygmatyzm całkowity jest mniejszy od astygmatyzmu

Pacjent 3. 10-letnia dziewczynka obserwacja 2 lata/ Patient 3. 10 year old girl 2 year follow-up	OP/ RE	OL/ LE
BCVA	1,0 cc -4,00/-1,25/170°	1,0 cc -3,00/1,50/170°
Autorefraktometr/ Automated refraction	-4,25/-1,50/175° SE -5,00	-3,75/-1,50/170° SE -4,50
Keratometria/ Keratometry	R1 7,56 mm (44,50 D) R2 7,21 mm (46,75 D) CYL -2,25/175°	R1 7,58 mm (44,50 D) R2 7,21 mm (46,75 D) CYL -2,25/170°

Tab. III. Pacjent 3. Wyniki badań.
Tab. III. Patient 3. Examination results.



Ryc. 3. Pacjent 3. – topografia rogówki przed zastosowaniem ortho-K i po jej zastosowaniu.
Fig. 3. Patient 3 – corneal topography before and after ortho-K application.

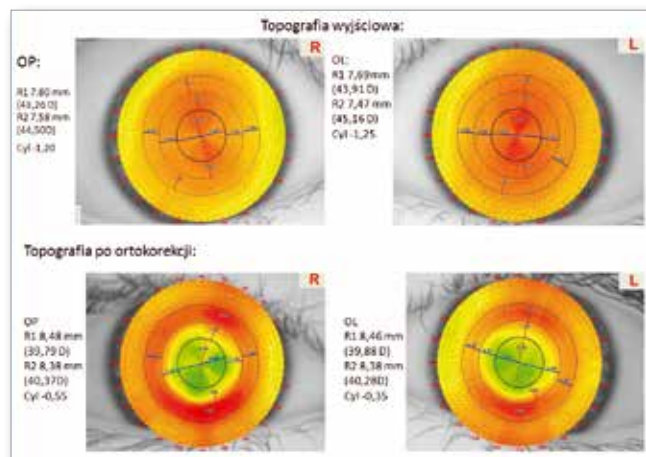
rogówkowego – to sugeruje kompensacyjny wpływ soczewki. Ponadto astygmatyzm rogówkowy u pacjentki jest astygmatyzmem prostym, jest więc lepiej tolerowany niż astygmatyzm odwrotny lub skośny. Wobec pełnej korekcji astygmatyzmu rogówkowego widzenie mógłby zaburzyć ujawniony astygmatyzm soczewkowy o mniej korzystnej osi. Z tego powodu zastosowano standardową sferyczną soczewkę ortokorekcyjną (Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K). Obraz topograficzny po zastosowaniu ortokorekcji przedstawiono na rycinie 3. Obserwujemy typowe wypłaszczenie części centralnej i nieznaczną redukcję astygmatyzmu rogówkowego. Ostrość wzroku sprawdzana po 10 godzinach od zdjęcia soczewek wynosiła 1,25, była zatem lepsza od pełnej i utrzymywała się przez dłuższy czas, jak wskazywały wyniki badań przeprowadzonych na wszystkich wizytach kontrolnych – przez dwa lata stosowania ortokeratologii nie była konieczna zmiana parametrów soczewek kolejnej zamawianej pary.

Pacjent 4.

Dziewczynka (lat 10) – zdiagnozowano postępującą miopię, -5,75 Dsph w korekcji okularowej, i ograniczony do centrum astygmatyzm rogówkowy o wartościach -1,00 Dcyl (tab. IV). Wielkość wady wykracza poza zakres mocy korygowanych przez ortokeratologię, soczewki zaaplikowano w celu kontroli miopii, biorąc pod uwagę możliwość dodatkowej korekcji wady refrakcyjnej. Podczas korygowania wyższych wartości miopii problemem może się okazać wielkość strefy optycznej, która zmniejsza się wraz ze zwiększaniem się liczby dioptrii, które korygujemy. Należy też zwrócić uwagę na szerokość źrenicy. Kiedy źrenica jest zbyt szeroka, a strefa optyczna zmniejszona, może dojść do uciążliwych aberracji. Kiedy są korygowane wyższe wartości miopii, może się też zdarzyć, że efekt ortokeratologiczny nie utrzyma się przez cały dzień. Dla pacjentki zamówiono soczewki Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K, uwzględniając korekcję okularową -5,75 Dsph. Obraz topograficzny przed zastosowaniem ortokeratologii i po jej zadziałaniu przedstawiono na rycinie 4. Udało się uzyskać pełną redukcję wady. W całym okresie obserwacji (15 miesięcy) efekt ortokeratologiczny był stabilny, utrzymywał się przez cały dzień po zdjęciu soczewek, a ostrość wzroku była pełna bez dodatkowej korekcji. Ten przykład potwierdza, że w niektórych przypadkach udaje się całkowicie skorygować miopię znacznie wykraczającą poza zakres przyjęty dla ortokeratologii. Zasadniczo ortokorekcji lepiej poddają się rogówki o strómszych promieniach, w tym przypadku jednak promienie krzywizny miały średnie wartości,

Pacjent 4. 10-letnia dziewczynka obserwacja > 1 roku/ Patient 4 10 year old girl > 1 year follow-up	OP/ RE	OL/ LE
BCVA	1,0 cc -5,75 Dsph	1,0 cc -5,75 Dsph
Autorefraktometr/ Automated refraction	-5,75/-0,25/180°	-5,25/-0,25/170°
Keratometria/ Keratometry	K1 7,68 (44,00 D) K2 7,51 (45,00 D) Cyl -1,00/5°	K1 7,74 (43,50 D) K2 7,54 (44,75 D) Cyl -1,25/165°
Soczewka Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K/ Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K lens	Korekcja okularowa/ spectacle correction -5,75 Dsph AC 7,85 DIA 10,60	Korekcja okularowa/ spectacle correction -5,75 Dsph AC 7,76 DIA 10,60

Tab. IV. Pacjent 4. Wyniki badań.
Tab. IV. Patient 4. Examination results.



Ryc. 4. Pacjent 4. – topografia rogówki przed zastosowaniem ortho-K i po jej zastosowaniu.
Fig. 4. Patient 4 – corneal topography before and after ortho-K application.

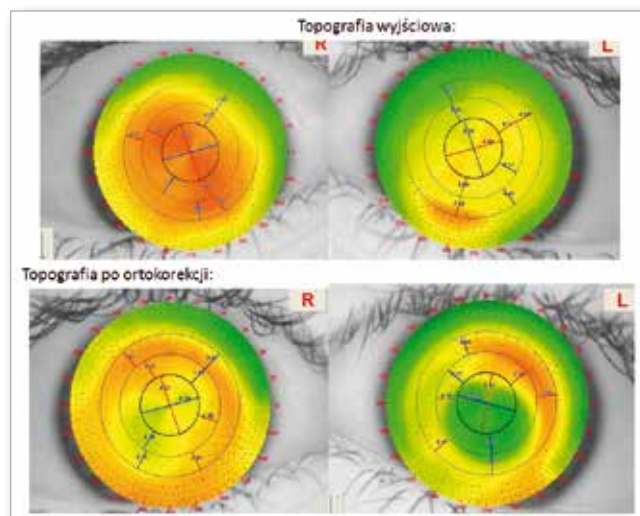
a pomimo to efekt okazał się zaskakująco dobry. Być może na ostateczny rezultat mają wpływ inne, zmienne osobniczo, właściwości takie jak np. histereza rogówki. Aby lepiej poznać wpływ tych zjawisk na działanie ortokeratologii, konieczne jest prowadzenie dalszych badań.

Pacjent 5.

Dziewczynka (lat 9) z wysoką krótkowzrocznością zwyrodnieniową postępującą, po zabiegu fotokoagulacji laserowej zmian zwyrodnieniowych obwodu siatkówki w obojgu oczach (tab. V). Ekwiwalent sferyczny wynosił -8,25 Dsph i -7,50 Dsph. Pacjentka stosowała korekcję okularową, która nie zapewniła pełnej ostrości wzroku (OP – 09 2f, OL – 0,9). W badaniu autokeratometrii stwierdzono dość płaskie rogówki, z promieniami centralnymi powyżej 8,0 mm (<42,25D) i niewielkim skośnym astygmatyzmem: w OP -1,00 Dcyl, w OL -0,75 Dcyl (tab. V). Mapy topograficzne ukazują natomiast w OP stromsze promienie krzywizny i astygmatyzm wykraczający poza centralną strefę (ryc. 5.). Zamówiono soczewki ortokeratologiczne z założeniem częściowej redukcji miopii – w parametrach soczewek uwzględniono korekcję okularową -5,50 Dsph w obojgu oczach, a więc mniej niż jest potrzebne do pełnej korekcji. Po uzyskaniu pełnego efektu ortokeratologicznego *visus* bez korekcji wynosił w OP 0,5 sc, a w OL 0,8f sc. Wadę

Pacjent 5. 9-letnia dziewczynka obserwacja 1 rok/ Patient 5 9 year old girl 1 year follow-up	OP/RE	OL/LE
UCVA (Uncorrected Visual Acuity) BCVA	0,1 sc 0,9 2f cc -7,00/-1,50/55°	0,1 sc 0,9 cc -7,00/-1,00/100°
Autorefraktometr/ Automated refraction	-7,50/-1,25/50° SE -8,25	-7,25/-0,50/110° SE -7,50
Keratometria/ Keratometry	K1 8,23 (41,00 D) K2 8,05 (42,00 D) Cyl -1,00/45°	K1 8,24 (41,00 D) K2 8,08 (41,75 D) Cyl -0,75/130°
Soczewka Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K/ Menicon Rinehart-Reeves Ortho-K lens	korekcja -5,50 AC 8,23 DIA 10,30	korekcja -5,50 AC 8,33 DIA 10,30

Tab. V. Pacjent 5. Wyniki badań.
Tab. V. Examination results.



Ryc. 5. Pacjent 5 – topografia rogówki przed zastosowaniem ortho-K i po jej zastosowaniu.
Fig. 5. Patient 5 – corneal topography before and after ortho-K application.

resztkową skorygowano soczewkami okularowymi o mocach: dla OP -3,00 Dsph/ -1,25 Dcyl ax 30°, dla OL -0,50 Dsph, w obojgu oczach uzyskano pełną ostrość wzroku. W czasie rocznej obserwacji nie była konieczna zmiana korekcji wady resztkowej, a resztkowy astygmatyzm rogówkowy pozostawał stabilny.

Wnioski

Ortokorekcja jest skutecznym narzędziem służącym korekcji i kontroli progresji krótkowzroczności. Ma ona zastosowanie w standardowych przypadkach, lecz niekiedy uzyskujemy zaskakujące efekty pełnej korekcji wady znacznie wykraczającej poza zakres metody. Warto również pamiętać o możliwości częściowej korekcji wysokiej krótkowzroczności łącznie z korekcją wady resztkowej soczewkami okularowymi. Efekt kontroli miopii zostaje w tym przypadku zachowany, to znajduje potwierdzenie w danych z piśmiennictwa. Utrzymanie stałych parametrów soczewek ortokeratologicznych wydaje się dobrym wykładnikiem stabilizacji wady w codziennej praktyce i sugeruje zrównoważony wzrost długości gałki ocznej w stosunku do zmian w obrębie pozostałych elementów układu optycznego oka. Pacjenci dobrze tolerują ortokeratologię, a możliwość nieużywania korekcji w ciągu dnia jest dodatkowym

atutem tej metody, zwłaszcza w przypadku dzieci, one bowiem przejawiają zwiększoną aktywność fizyczną i są szczególnie podatne na oddziaływanie czynników społecznych. U naszych pacjentów nie obserwowaliśmy znaczących działań niepożądanych, to koreluje z danymi z piśmiennictwa. Ortokeratologia jest zatem bezpieczną i skuteczną metodą pod warunkiem, że otoczony profesjonalną opieką pacjent będzie przestrzegał zaleceń, musimy zwrócić na to szczególną uwagę, kiedy aplikujemy soczewki dzieciom.

Piśmiennictwo:

1. Cho P, Cheung SW, 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.
2. Walline JJ, Jones LA, Sinnott LT: *Corneal reshaping and myopia progression*. *Br J Ophthalmol*. 2009 Sep; 93(9): 1181–1185. doi: 10.1136/bjo.2008.151365. Epub 2009 May 4.
3. Kakita T, Hiraoka T, Oshika T: *Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011; 52: 2170–2174.
4. 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.
5. Santodomingo-Rubido J, Villa-Collar C, Gilmartin B, Gutierrez-Ortega R: *Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain (MCOS): refractive and bio-metric changes*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012; 53: 5060–5065.
6. Cho P, Cheung S-W: *Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: A 2-Year Randomized Clinical Trial*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012 Oct; 53, No. 11, 7077–7085.
7. 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.
8. Sun Y, Xu F, Zhang T, Liu M, Wang D, Chen Y, et al.: *Orthokeratology to Control Myopia Progression: A Meta-Analysis*. *PLoS One*. 2015 Apr 9; 10(4): e0124535.
9. Irving EL, Callender MG, Sivak JG: *Inducing myopia, hyperopia, and astigmatism in chicks*. *Optom Vis Sci*. 1991; 68: 364–368.
10. Irving EL, Sivak JG, Callender MG: *Refractive plasticity of the developing chick eye*. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1992; 12: 448–456.
11. Schaeffel F, Howland H: *Properties of the feedback loops controlling eye growth and refractive state in the chicken*. *Vision Res*. 1991; 31: 717–734.
12. Schaeffel F, Glasser A, Howland HC: *Accommodation, refractive error and eye growth in chickens*. *Vision Res*. 1988; 28: 639–657.
13. Wildsoet C, Wallman J: *Choroidal and scleral mechanisms of compensation for spectacle lenses in chicks*. *Vision Res*. 1995; 35: 1175–1194.
14. Shaikh AW, Siegwart JT, Norton TT: *Effect of interrupted lens wear on compensation for a minus lens in tree shrews*. *Optom Vis Sci*. 1999; 76: 308–315.
15. Siegwart JT, Norton TT: *Regulation of the mechanical properties of tree shrew sclera by the visual environment*. *Vision Res*. 1999; 39: 387–407.
16. Graham B, Judge SJ: *The effects of spectacle wear in infancy on eye growth and refractive error in the marmoset (Callithrix jacchus)*. *Vision Res*. 1999; 39: 189–206.
17. Smith EL III, Hung L-F: *The role of optical defocus in regulating refractive development in infant monkeys*. *Vision Res*. 1999; 39: 1415–1435.
18. Hung L-F, Crawford MLJ, Smith EL III: *Spectacle lenses alter eye growth and the refractive status of young monkeys*. *Nat Med*. 1995; 1: 761–765.
19. Bradley DV, Fernandes A, Lynn M, Tigges M, Boothe RG: *Emmetropization in the rhesus monkey (Macaca mulatta): birth to young adulthood*. *Invest Ophthalmol. Vis Sci*. 1999; 40: 214–229.
20. Kiely PM, Crewther SG, Nathan J, Brennan NA, Efron N, Madigan M: *A comparison of ocular development of the cynomolgus monkey and man*. *Clin Vis Sci*. 1987; 1: 269–280.
21. Rabin J, van Sluyters RC, Malach R: *Emmetropization: a visiondependent phenomenon*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1981; 20: 561–564.
22. Robb RM: *Refractive errors associated with hemangiomas of the eyelids and orbit in infancy*. *Am J Ophthalmol*. 1977; 83: 52–58.
23. O'Leary DJ, Millodot M: *Eyelid closure causes myopia in humans*. *Experientia* 1979; 35: 1478–1479.
24. Nathan J, Kiely PM, Crewther SG, Crewther DP: *Disease-associated image degradation and spherical refractive errors in children*. *Am J Optom Physiol Opt*. 1985; 62: 680–688.
25. Smith EL III, Kee CS, Ramamirtham R, Qiao-Grider Y, Hung LF: *Peripheral vision can influence eye growth and refractive development in infant monkeys*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2005; 46: 3965–3972.
26. Smith EL III, Ramamirtham R, Qiao-Grider Y, Hung LF, Huang J, Kee CS: *Effects of foveal ablation on emmetropization and form-deprivation myopia*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007; 48: 3914–3922.
27. Smith EL III, Hung LF, Huang J: *Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys*. *Vision Res*. 2009; 49: 2386–2392.
28. Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, Jones LA, Moeschberger ML, Cotter SA, et al.: *Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2007; 48: 2510–2519.
29. Charman WN, Radhakrishnan H: *Peripheral refraction and the development of refractive error: A review*. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2010; 30: 321–338.
30. Yen MY, Liu JH, Kao SC, Shiao CH: *Comparison of the effect of atropine and cyclopentolate on myopia*. *Ann Ophthalmol*. 1989; 21: 180–182, 187.
31. Shih YF, Chen CH, Chou AC, Ho TC, Lin LL, Hung PT: *Effects of different concentrations of atropine on controlling myopia in myopic children*. *J Ocul Pharmacol Ther*. 1999; 15: 85–90.
32. Shih YF, Hsiao CK, Chen CJ, Chang CW, Hung PT, Lin LL: *An intervention trial on efficacy of atropine and multifocal glasses in controlling myopic progression*. *Acta Ophthalmol Scand*. 2001; 79: 233–236.
33. Chua WH, Balakrishnan V, Chan YH, Tong L, Ling Y, Quah BL, et al.: *Atropine for the treatment of childhood myopia*. *Ophthalmology* 2006; 113: 2285–2291.
34. Cotter SA, Crockett RS, Miller JM, Novack GD, 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.
35. Jensen H: *Myopiaprogression in young school children: A prospective study of myopia progression and the effect of atropine with bifocal lenses and beta blocker eye drops*. *Acta Ophthalmol. Suppl*. 1991; 200: 1–79.
36. Fulk GW, Cyert LA, Parker DE: *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.
37. Gwaizda J, Hyman L, Hussein M, Everett D, Norton TT, Kurtz D, et al.: *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.
38. Katz J, Schein OD, Levy B, Cruiscullo T, Saw SM, Rajan U, et al.: *A randomized trial of rigid gas permeable contact lenses to reduce progression of children's myopia*. *Am J Ophthalmol*. 2003; 136: 82–90.
39. Walline JJ, Jones LA, Mutti DO, Zadnik K: *A randomized trial of the effects of rigid contact lenses on myopia progression*. *Arch Ophthalmol*. 2004; 122: 1760–1766.
40. Gwaizda J: *Treatment options for myopia*. *Optom Vis Sci*. 2009; 86: 624–628.
41. Cheung SW, Cho P: *Validity of axial length measurements for monitoring myopic progression in orthokeratology*. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013 Mar 5; 54(3): 1613–1615.

Adres do korespondencji/ Reprint requests to:

lek. Katarzyna Szymanek (e-mail: szymanek.k@gmail.com)

ACL-Vision Specjalistyczne Ambulatorium Okulistyczne, NZOZ w Warszawie
al. Niepodległości 20, 02-653 Warszawa