

(14)

# Zastosowanie segmentów śródrogówkowych w leczeniu krótkowzroczności i stożka rogówki

## *The use of intrastromal corneal ring segments in patients with myopia and keratoconus*

**Łukasz Drzyzga, Dorota Wyględowska-Promieńska, Anna Piotrowska-Gwóźdź, Piotr Gościńiewicz, Ewa Mrukwa-Kominek**

Klinika Okulistyki Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego im. prof. Kornela Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu Medycznego w Katowicach

Kierownik: prof. dr. hab. n. med. Ewa Mrukwa-Kominek

<b>Streszczenie:</b>	Pierścienie lub segmenty śródrogówkowe zostały pierwotnie stworzone w celu zmniejszenia krótkowzroczności w zakresie od -0,5 do -3,0 dioptrii bądź jej zniesienia. W ostatnim czasie podkreśla się ich znaczenie w korygowaniu astygmatyzmu towarzyszącego stożkowi rogówki – według tego wskazania w skali światowej są obecnie wszczepiane najczęściej. Praca ma charakter poglądowy, autorzy omawiają w niej zastosowanie pierścieni śródrogówkowych w korekcji wad takich jak krótkowzroczność i astygmatyzm, które towarzyszą stożkowi rogówki. Przedstawiono dostępne na rynku modele pierścieni oraz wskazania i przeciwwskazania do ich stosowania. Ponadto opisano technikę ich wszczepiania. Na podstawie przeglądu piśmiennictwa oceniono także, czy wszczepienie pierścieni śródrogówkowych jest skuteczne w przypadku schorzeń wykraczających poza stożek rogówki – takich jak ektazja powstała wskutek zabiegów refrakcyjnych i przeszczepu rogówki. Ponadto omówiono najnowsze tendencje w łączeniu zabiegu wszczepienia pierścieni śródrogówkowych z zabiegiem sieciowania włókien kolagenowych.
<b>Słowa kluczowe:</b>	segmenty, pierścienie śródrogówkowe, stożek rogówki, krótkowzroczność, leczenie, INTACS.
<b>Summary:</b>	Intrastromal corneal ring segments were primary used for correcting myopia ranging from -0.5 to -3.0 diopters. Nowadays, the most common indication of PMMA insertion in the world is keratoconus-associated astigmatism. The aim of this paper is to provide an overview of using of intracorneal ring segments in myopia and keratoconus. The addressed issues include commercially available ring models, indications and contraindications for ring implantation as well as the recommended surgical techniques. The efficacy of ring implantation in other conditions, such as post-LASIK ectasia and corneal transplantation is also discussed based on literature review. Additionally, the combined procedure of intracorneal ring segment implantation and corneal collagen cross-linking is mentioned as one of the latest trends.
<b>Key words:</b>	intracorneal ring segments, keratoconus, myopia, treatment, INTACS.

### Wprowadzenie

W ostatnich latach dokonał się znaczny postęp w leczeniu stożka rogówki. Jeszcze w latach 90. minionego stulecia standardem w leczeniu zachowawczym były soczewki stabilnokształtne, a w leczeniu chirurgicznym – keratoplastyka. Wprowadzona w 1998 roku przez zespół profesora Seilera technika sieciowania włókien kolagenowych („cross-linking”) stała się obecnie złotym standardem w leczeniu postępującego stożka rogówki w stopniach łagodnym i średnio zaawansowanym, dzięki niej można zahamować postęp choroby i uniknąć przeszczepu rogówki (1). Jeśli postęp choroby zostanie zahamowany, wadę refrakcji można skorygować soczewkami kontaktowymi twardymi lub tzw. hybrydowymi. U pacjentów, którzy nie tolerują soczewek kontaktowych lub nie mogą ich nosić z innych powodów, procedurą umożliwiającą zmniejszenie wady jest wszczepienie do rogówki specjalnych implantów wykonanych z polimetakrylanu (PMMA).

### Historia pierścieni śródrogówkowych

Badania nad zastosowaniem implantów śródrogówkowych rozpoczęły w latach 50. XX wieku Barraquer (2). W latach 60. mi-

nionego stulecia kontynuowali je m.in. Blavatskaia (3) i Maurice. W 1995 roku dr Paulo Ferrara wszczepił po raz pierwszy pierścień śródrogówkowy pacjentowi zakwalifikowanemu do zabiegu keratoplastyki. Wyniki okazały się satysfakcjonujące – uzyskano korekcję ametropii i dobrą tolerancję pierścienia w rogówce.

### Jak działają pierścienie śródrogówkowe?

Blavatskaia w serii eksperymentów na zwierzęcych rogówkach pokazał, że korekcja osiągnięta za pomocą implantacji pierścienia jest wprost proporcjonalna do jego grubości i odwrotnie proporcjonalna do jego średnicy (3). Im zatem mniejszy i grubszy w przekroju pierścień, tym większy efekt spłaszczenia rogówki. Pierścienie wszczepiane do obwodowej części rogówki powodują zwiększenie objętości tkanki w tym miejscu i podniesienie krzywizny przedniej części rogówki nad pierścieniem. Wskutek tego centralna część rogówki ulega spłaszczeniu w kierunku uniesionego przez pierścień obszaru. Pierścień o większej długości wywołuje więc bardziej uogólnione spłaszczenie rogówki, zmniejszając krótkowzroczność, a mniejsze (krótsze) pierścienie o różnej grubości są przeznaczone do korekcji astygmatyzmu.

## Technika chirurgiczna

Zabieg wszczepienia pierścieni śródrogówkowych przeprowadza się w znieczuleniu miejscowym. Bardzo istotnym elementem operacji jest właściwe zaznaczenie osi optycznej na podstawie odbicia światła mikroskopu operacyjnego, niezależnie od położenia środka źrenicy. Należy pamiętać, że w stożku rogówki szczyt stożka jest bardzo często przesunięty ku dołowi rogówki, a pierścien powinien być umiejscowiony przy podstawie stożka. Następnie na rogówce są zaznaczane miejsca, w których należy wykonać cięcia służące wprowadzeniu pierścieni, oraz linie, wzdłuż których pierścienie powinny być włożone. Za pomocą specjalnego noża diamentowego z kalibratorem wykonuje się nacięcia rogówki na głębokość około 70% jej grubości w miejscu, w którym mają zostać wsunięte pierścienie. Głębokość nacięcia ustala się na podstawie pomiaru wykonanego ręcznym pachymetrem ultrasonograficznym w miejscu cięcia. Za pomocą dodatkowych narzędzi formuje się początek kanału, który zostaje przedłużony w tunel śródrogówkowy specjalnymi narzędziami umożliwiającymi rotację w kierunku zgodnym z ruchem wskazówek zegara i w kierunku przeciwnym (w przypadku pierścieni INTACS na tym etapie używa się specjalnego systemu próżniowego). Następnie do tunelu wsuwa się pierścienie. Na koniec zabiegu, po właściwym ustawieniu pierścieni, na miejsce cięcia zakłada się szew w celu uniknięcia wrastania nabłonka do tunelu śródrogówkowego. W przypadku większych ubytków nabłonka powstałych w czasie zabiegu można założyć soczewkę opatrunkową. Pacjent powinien być pouczony, że po zabiegu nie należy pocierać oczu, ponieważ może to spowodować przesunięcie pierścieni skutkujące nieprawidłowym ustawieniem lub nawet ich wysunięciem z rogówki. Przez 3 do 4 tygodni pacjent powinien zakładać na noc osłonkę na oko w celu uniknięcia przypadkowego potarcia oka.

W ostatnich latach technikę manualną wytworzenia tunelu śródrogówkowego zastąpił w wielu ośrodkach laser femtosekundowy. W porównaniu z techniką manualną umożliwia on bardziej precyzyjne oraz przewidywalne wytworzenie tunelu. Z tego względu w ośrodkach dysponujących laserem femtosekundowym technika laserowa całkowicie wyparła manualną. W niektórych przypadkach wsunięcie pierścienia do tunelu wytworzonego przez laser może być trudniejsze i powikłane wytworzeniem fałszywego tunelu. Badania porównujące zastosowanie lasera femtosekundowego i techniki manualnej do wszczepienia pierścieni śródrogówkowych nie dały dotychczas przekonujących wyników na korzyść technik laserowych (4–6).

## Rodzaje pierścieni śródrogówkowych

### Pierścienie Ferrara (Ferrara Ring)

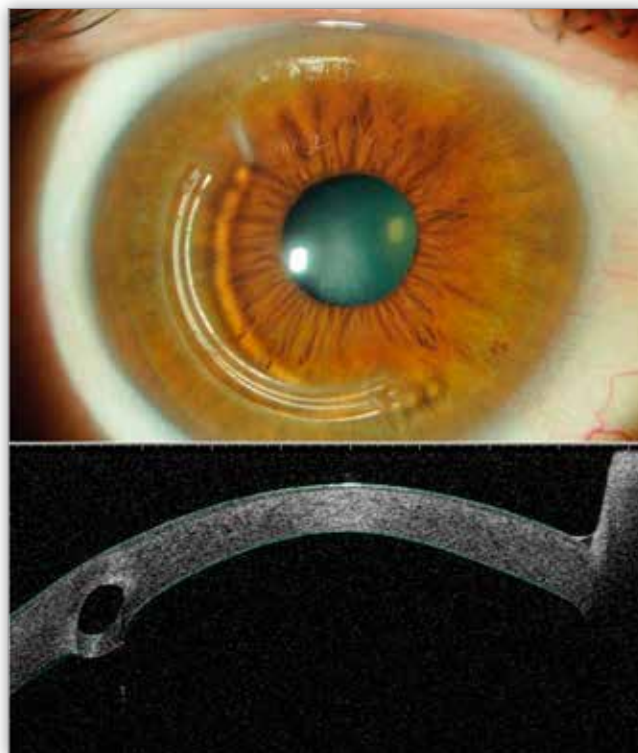
Pierścienie Ferrara są wykonane z żółtego PMMA. Żółty filtr zastosowany w materiale akrylowym hamuje wpadanie promieni UV do gałki ocznej i w konsekwencji redukuje występowanie zjawiska „halo” i odbicia światła w nocy. Pierścienie na przekroju są trójkątne – to generuje efekt pryzmatyczny, dzięki któremu światło przechodzące przez implant jest odbijane, a to z kolei zmniejsza odsetek zjawiska „halo” i „glare”. Dostępne są dwa rodzaje pierścieni Ferrara: różni je średnica – 5 mm albo 6 mm, i długość – między 90 a 210°. Grubość pierścieni waha się od 150 do 300  $\mu\text{m}$ .

### Keraring (Mediphacos)

Pierścienie Keraring są produkowane w dwóch typach: SI-5 (5-milimetrowa strefa optyczna) i SI-6 (5,5- lub 6-milimetrowa strefa optyczna). Dodatkowo każdy typ pierścieni może mieć różne długości (90°, 120°, 160°, 210°) oraz grubości (od 150 do 350  $\mu\text{m}$ ). W przekroju są trójkątne – to generuje efekt pryzmatyczny podobnie jak w przypadku pierścieni Ferrara.

### INTACS (Addition Technology)

Każdy z pierścieni INTACS ma długość 150° i heksagonalny przekrój. Wewnętrzna średnica pierścieni wynosi 6,8 mm i jest większa niż średnice Ferrara Ring i Keraring. Pierwotnie miały być przeznaczone do korekcji krótkowzroczności. W Stanach Zjednoczonych uzyskały rejestrację do korekcji krótkowzroczności łagodnej (ekwiwalent sferyczny -1,0 do -3,0 dioptrii, astygmatyzm do 1,0 dioptrii). W 2008 roku wprowadzono model INTACS-SK (ryc. 1.) o mniejszej średnicy i eliptycznym przekroju, jest on przeznaczony do korygowania krótkowzroczności i astygmatyzmu w przebiegu bardziej zaawansowanych postaci stożka rogówki. FDA zezwala na ich stosowanie w Stanach Zjednoczonych w terapii stożka rogówki – poprzez tzw. prawo federalne dla urządzeń stosowanych w celach humanitarnych (z ang. Humanitarian Use Device). Z tych względów w Stanach Zjednoczonych stosuje się tylko pierścienie INTACS.



Ryc. 1. Wszczepiony segment INTACS-SK – fotografia rogówki oraz obraz badania AS-OCT uwidaczniający przekrój przez rogówkę.

Fig. 1. Implanted INTACS-SK – corneal photograph and corneal cross-section imaged with AS-OCT.

### KERATACx (Imperial Medical Technologies)

Pierścienie KERATACx są dostępne w kilku modyfikacjach i w zależności od wielkości wymaganej korekcji różnią się średnicą i długością. Standardowy pierścień KERATACx ma najmniejszą strefę optyczną – 4,8 mm, dlatego umożliwia korygo-

wanie wyższych wad niż pierścienie INTACS. Jedną z odmian jest model KERATACx V, który ma największą strefę optyczną i jest wskazany w sytuacjach, kiedy jest wymagane wszczępienie 4 pierścieni. Są dostępne różne długości pierścieni: 45°, 90°, 120°, 160°, 210° i 320°.

#### **MyoRing (Dioptex)**

MyoRing jest tak na prawdę pierścieniem w pełnym tego słowa znaczeniu (wszystkie poprzednie powinno się raczej nazywać segmentami). Jest wszczepiany do kieszonki śródrogówkowej utworzonej za pomocą lasera femtosekundowego lub specjalnego ultrakeratomu. Wskazaniami do wszczępienia MyoRing mogą być krótkowzroczność do -20 dioptrii, stożek rogówki, zwyrodnienie brzeżne przezroczyste i ektażja po zabiegu LASIK, jeśli grubość rogówki przekracza 350 μm.

#### **Wskazania do wszczępienia pierścieni śródrogówkowych**

Wszystkie pierścienie śródrogówkowe są przeznaczone do zmniejszania krótkowzroczności i astygmatyzmu u chorych na stożek rogówki, którzy nie widzą dobrze, używając soczewek okularowych lub kontaktowych, albo do całkowitej korekcji tych wad. Dzięki procedurze funkcjonalne widzenie pacjentów może zostać przywrócone. Ponadto zabieg może potencjalnie odsunąć konieczność wykonania przeszczepu rogówki.

#### **Idealny kandydat do wszczępienia pierścieni śródrogówkowych**

Najlepszym kandydatem do wszczępienia pierścieni śródrogówkowych jest chory na stożek rogówki, nietolerujący soczewek kontaktowych twardych, z ostrością wzroku poniżej 0,7 i keratometrią poniżej 60 dioptrii oraz przejrzystą rogówką w centrum.

#### **Przeciwwskazania do wszczępienia pierścieni śródrogówkowych**

Wszczepianie pierścieni śródrogówkowych jest przeciwwskazane, jeśli stożek rogówki jest bardzo zaawansowany z keratometrią powyżej 75 dioptrii, znaczącym centralnym przymgleniem i grubością rogówki w miejscu cięcia poniżej 400 μm (dla INTACS poniżej 450 μm). Ponadto przeciwwskazaniami są stany takie jak: wodniak rogówki (hydrops), zdecentrowany przeszczep rogówki, silna choroba atopowa, infekcje – miejscowa lub ogólna, ciąża i okres karmienia piersią oraz nawrotowe erozje i dystrofie rogówki (mogą predysponować do powikłań), a także stosowanie niektórych leków (izotretinoiny, amiodaronu i sumatryptanu). Nie zaleca się także wszczępienia pierścieni u chorych na cukrzycę insulinozależną i inne choroby ogólnoustrojowe, które mogą opóźnić gojenie się ran. Dodatni wywiad w kierunku ocznych infekcji wywołanych przez *Herpes simplex* lub *Herpes zoster* również jest przeciwwskazaniem.

#### **Wyniki wszczępienia pierścieni śródrogówkowych**

##### **Krótkowzroczność**

Schanzlin i wsp. (7) w 2001 roku opublikowali wyniki 2-letniej obserwacji pacjentów z krótkowzrocznością od -1 do -3,5 dioptrii, którym wszczępieno pierścienie INTACS. Wskazały one, że: 55% badanych uzyskało ostrość wzroku bez ko-

rekcji 20/16 lub lepszą, 76% badanych – 20/20 lub lepszą, a 97% badanych – 20/40 lub lepszą. W innym badaniu porównanie wyników korekcji krótkowzroczności w zakresie od -1,0 do -3,5 dioptrii za pomocą LASIK i pierścieni dało podobne rezultaty (8). Pomimo tych stosunkowo dobrych wyników brytyjski National Institute for Health and Clinical Excellence (NICE) w swoich wytycznych podaje, że najnowsze dowody wskazują na ograniczoną i nieprzewidywalną korzyść płynącą z użycia pierścieni w celu korekcji krótkowzroczności (9). Ponadto istnieją obawy w odniesieniu do bezpieczeństwa tej procedury u pacjentów z wadą wzroku, która może być skorygowana za pomocą lepiej sprawdzonych metod takich jak soczewki okularowe i kontaktowe lub laserowa chirurgia refrakcyjna. Z tego względu NICE zastrzega, że implanty śródrogówkowe nie powinny być używane do korekcji wady w sytuacji, jeśli nie współistnieją inne patologie oczne takie jak np. stożek rogówki. Amerykańska Akademia Okulistyczna potwierdza, że w Stanach Zjednoczonych, w których pierścienie INTACS są dopuszczone przez FDA do korekcji krótkowzroczności od -1,0 do -3,0 dioptrii, są one obecnie rzadko stosowane w tym celu (10).

##### **Stożek rogówki**

Colin i Malet przeprowadzili 2-letnią obserwację 100 oczu ze stożkiem rogówki, w których wszczępieno pierścienie INTACS (11, 12). Nieskorygowana i najlepiej skorygowana ostrość wzroku poprawiły się odpowiednio w 80,5% i 68,3% oczu. Odsetek oczu z najlepiej skorygowaną ostrością wzroku równą 0,5 lub większą od 0,5 wzrósł z 22% przed operacją do 53,7% po 2 latach od operacji.

Guel i wsp. opublikowali wyniki 4-letniej obserwacji pacjentów z krótkowzrocznością, u których wszczępieno pierścienie INTACS z powodu nieprawidłowej topografii rogówki (w tym „forme fruste keratoconus”) wykluczającej laserową korekcję wzroku (13). W grupie 39 pacjentów 82% oczu osiągnęło refrakcję w zakresie ±1,0 dioptrii, a 46% – w zakresie ±0,5 dioptrii. Nieskorygowana ostrość wzroku wynosiła 20/40 lub lepiej we wszystkich oczach i 20/20 lub lepiej w 38% oczu. W 18% oczu wymieniono pierścienie na grubsze z powodu niedokorekcji.

Oceny skuteczności pierścieni INTACS w zmniejszaniu astygmatyzmu u chorych na stożek rogówki dokonali także Helstedt i wsp. (14). Według nich średnia redukcja astygmatyzmu wynosiła 2,9 dioptrii w 6. miesiącu od zabiegu. Przeprowadzili 50 operacji, 46 spośród nich (92%) było skutecznych, w 4 (8%) natomiast dokonano eksplantacji pierścieni. W badaniu prospektywnym 33 oczu ze stożkiem rogówki wykazano, że pierścienie INTACS poprawiły nieskorygowaną ostrość wzroku z 0,13 do 0,39 (15). Dwoje oczu z tej grupy utraciło 1 linię nieskorygowanej ostrości wzroku, a w 3 oczach utrzymała się przedoperacyjna ostrość wzroku. W pozostałych przypadkach nastąpiła poprawa o 1 do 10 linii. Poprawę zaobserwowano także w zakresie najlepiej skorygowanej ostrości wzroku – z 0,47 do 0,64. W innym badaniu z udziałem 24 pacjentów zaobserwowano poprawę nieskorygowanej ostrości wzroku (z 20/340 do 20/70), zmniejszenie wady refrakcji (z -9,6 do -3,0) i keratometrii (z 52 do 47 dioptrii) po 6 miesiącach od wszczępienia pierścieni INTACS-SK (16). Wyniki dwóch badań z udziałem chorych na stożek rogówki, w których porównano efekty wszczępienia pojedynczego pierścienia INTACS i pierścienia INTACS-SK, wska-

zywały, że ostrość wzroku po wszczępieniu obu pierścieni była porównywalna (17, 18).

Dobre wyniki implantacji pierścieni Ferrary uzyskali także Alfonso i wsp. (19). Spośród 56 przebadanych oczu 5 oczu utraciło 1 linię najlepiej skorygowanej ostrości wzroku, w 17 oczach ostrość wzroku nie zmieniła się, 15 oczu zyskało 1 linię, 9 oczu zyskało 2 linie, 7 oczu zyskało 3 linie i 3 oczu zyskało 4 linie najlepiej skorygowanej ostrości wzroku. Podobne badanie przeprowadzili Kwitko i Severo, którzy obserwacji poddali 51 oczu (20). Poprawę najlepiej skorygowanej ostrości wzroku zaobserwowano w 86,4% oczu, w 11,7% oczu natomiast odnotowano pogorszenie. Ekwiwalent sferyczny zmniejszył się z -6,08 do -4,55 dioptrii, astygmatyzm refrakcyjny z -3,82 do -2,16 dioptrii, a krzywizna rogówki z 48,76 do 43,17 dioptrii.

Wyniki jednego z badań wskazały, że wszczępienie pierścieni Keraring dało dobre efekty, podobnie jak wszczępienie pozostałych pierścieni (21). Dzięki wszczępieniu ww. implantów nieskorygowana i najlepiej skorygowana ostrość wzroku zwiększyły się odpowiednio z 0,10 do 0,32 i z 0,36 do 0,54. Wartość keratometrii średniej zmniejszyła się z 51,83 do 47,27 dioptrii.

Skuteczność jednoczasowego wszczępienia pierścieni śródrogówkowych i zabiegu „cross-linking” została dowiedziona przez Saelensa i wsp. (22). Przedoperacyjna nieskorygowana ostrość wzroku oraz najlepiej skorygowana ostrość wzroku wynosiły 0,1 i 0,56, po roku od operacji natomiast ich wartości wzrosły odpowiednio do 0,6 i 0,82. Dodatkowo średnia keratometria zmniejszyła się z 46,81 dioptrii do 43,97. W innym badaniu nie stwierdzono, aby ostrość wzroku u pacjentów poddanych jednoczasowo zabiegowi implantacji pierścieni i zabiegowi „cross-linking” różniła się od ostrości wzroku u pacjentów, u których oba zabiegi wykonano w różnym czasie (23). Wykazano jedynie, że redukcja wartości keratometrii u leczonych jednoczasowo zabiegami wszczępienia pierścieni i „cross-linkingu” była większa.

Haddad i wsp. w badaniu własnym porównywali efekty zabiegów z zastosowaniem pierścieni INTACS-SK (I grupa) i Keraring SI6 (II grupa). U pacjentów z obu grup nie stwierdzono znamienych różnic w parametrach pooperacyjnej ostrości wzroku i keratometrii. Wszystkie pierścienie były dobrze tolerowane i polepszały funkcjonowanie narządu wzroku u chorych na stożek rogówki (24).

Procedura wszczępienia pierścieni jest odwracalna. Jeśli efekt zabiegu nie spełnia oczekiwań, wszczępienie pierścienia można wymienić na inny model. Alio i wsp. dowiedli, że implantacja nowych pierścieni przyniosła pacjentom korzyść w zakresie polepszenia nieskorygowanej ostrości wzroku i manifestowanej refrakcji (25). Zbadali także wartości keratometrii, topografii rogówki i refrakcji po eksplantacji pierścieni, okazało się wówczas, że są one niemal takie same jak wartości obserwowane przed zabiegiem (26).

Kilkuletnie obserwacje pacjentów dowiodły, że efekt wszczępienia pierścieni utrzymywał się przez cały czas obserwacji. Wyniki prowadzonego przez 5 lat badania Kymionisa i wsp. dowiodły zmniejszenia ekwiwalentu sferycznego z -5,5 do -3,0 dioptrii i poprawy najlepiej skorygowanej ostrości wzroku w 10 oczach (59%), w 6 oczach (35%) natomiast nie stwierdzono zmiany ostrości wzroku, a w 1 oku (6%) odnotowano pogorszenie (27). W innym badaniu własnym Alio i wsp. odno-

towali zwiększenie wartości średniej keratometrii po 48 miesiącach od wszczępienia pierścieni, taki wynik przemawia za tym, że pierścienie nie zapobiegają progresji stożka rogówki (28).

Brakuje jednoznacznych dowodów na to, że rezultaty implantacji pierścieni z użyciem lasera femtosekundowego są lepsze od tych, które uzyskano za pomocą technik manualnych (29). Carrasquillo i wsp. porównali rezultaty uzyskane za pomocą tych obu technik i nie stwierdzili istotnych różnic (6).

Pierścienie śródrogówkowe stosuje się nie tylko do leczenia stożka rogówki, lecz także do leczenia astygmatyzmu w przebiegu zwyrodnienia brzeźnego przezroczystego (Pellucid Marginal Degeneration – PMD) (30, 31). Pinero i Alio przebadali 21 takich oczu: poprawę najlepiej skorygowanej ostrości wzroku z 0,54 do 0,75 odnotowali u 56% badanych, a o 2 lub więcej linii – u 44% badanych. Istotnie zmniejszyły się także wartości: sfery, cylindra, ekwiwalentu sferycznego oraz keratometrii (31). Dobre wyniki badań własnych opublikowali także Mularoni i wsp., poprawę nieskorygowanej ostrości wzroku odnotowali we wszystkich badanych oczach (32).

### Ekstazja po LASIK

Tunc i wsp. przeprowadzili badanie z udziałem 10 pacjentów z ekstazją po zabiegu LASIK, u których wszczępieli pierścienie Keraring. Wyniki badania wskazywały na średnią poprawę nieskorygowanej ostrości wzroku z 1,28 logMAR przed operacją do 0,36 logMAR po implantacji pierścieni. Najlepiej skorygowana ostrość wzroku wzrosła z 0,58 logMAR przed operacją do 0,15 logMAR po operacji (33). Ciekawe były wyniki obserwacji pacjentów z ekstazją po zabiegu LASIK, którą przeprowadzili Brenner i wsp. (34). Według nich z tej grupy badanych najlepszymi kandydatami do wszczępienia pierścieni śródrogówkowych byli pacjenci, którzy z powodu ekstazji utracili co najmniej 2 linie najlepiej skorygowanej ostrości wzroku. Ci pacjenci natomiast, u których ekstazja była łagodna i nie doszło do zmiany ostrości wzroku lub doszło do niewielkiego jej obniżenia, po wszczępieniu pierścieni utracili średnio 2 linie najlepiej skorygowanej ostrości wzroku i z tego względu nie powinni być kwalifikowani do tego typu zabiegu. Pinero i wsp. przebadali 34 oczu z ekstazją po zabiegu LASIK i nie stwierdzili poprawy nieskorygowanej ostrości wzroku, odnotowali jedynie poprawę najlepiej skorygowanej ostrości wzroku, w tym u 39% pacjentów o 2 linie lub więcej w ciągu roku od wszczępienia pierścieni INTACS lub KeraRing (35). W innym badaniu do skorygowania rezydualnej wady po zabiegu LASIK użyto pierścieni śródrogówkowych INTACS. Średni ekwiwalent sferyczny zmienił się po implantacji pierścieni z -3,25 do +0,75, a nieskorygowana ostrość wzroku poprawiła się z 0,2 do 0,6 (36). Skuteczność tego typu postępowania została także potwierdzona przez innych badaczy (37–39).

### Astygmatyzm po przeszczepie

Pierścienie śródrogówkowe wykorzystano także do korekcji astygmatyzmu po przeszczepie rogówki – rezultaty były dobre (40). W jednym z badań, któremu poddano 59 oczu, uzyskano poprawę skorygowanej ostrości wzroku z 0,45 do 0,30 w skali logMAR (41). Ponadto astygmatyzm rogówkowy został zredukowany z 3,37 dioptrii do 1,69 dioptrii. Wartość keratometrii południka stromego zmniejszyła się z 48,09 do 44,17, a południka płaskiego – z 44,90 do 42,46 dioptrii. Dobre wyniki

leczenia astygmatyzmu po przeszczepie uzyskali Arriola-Villalobos i wsp. (42). Wskutek wszczepienia pierścieni KeraRings skorygowana ostrość wzroku poprawiła się z 0,98 do 0,23 w skali logMAR. Średnio astygmatyzm refrakcyjny zmniejszył się z 6,17 dioptrii do 4,04 dioptrii, a ekwiwalent sferyczny z -3,17 do -0,12 dioptrii. Redukcji uległy również: krzywizna centralna rogówki – z 46,28 do 42,09 dioptrii, i astygmatyzm topograficzny z 7,07 dioptrii do 4,48 dioptrii. W żadnym z oczu nie doszło do utraty ani jednej linii najlepiej skorygowanej ostrości wzroku, w jednym przypadku doszło do rozwoju neowaskularyzacji rogówki, która ustąpiła po eksplantacji pierścienia.

### Podsumowanie

Wszczepianie pierścieni śródrogówkowych jest bardzo dobrym rozwiązaniem terapeutycznym w przypadku nieregularnych astygmatyzmów towarzyszących ektazjom rogówki, które nie mogą być korygowane za pomocą soczewek okularowych i kontaktowych lub metodami laserowymi. Największe zastosowanie znalazły one u chorych na stożek rogówki. W wielu sytuacjach połączenie procedury wszczepienia pierścieni śródrogówkowych z zabiegami „cross-linking” umożliwia zatrzymanie progresji choroby i przywrócenie bardziej regularnego kształtu rogówki, a w konsekwencji poprawę funkcjonalnego widzenia. Szacuje się, że dzięki takiemu postępowaniu leczniczemu wielu chorych na stożek rogówki będzie mogło uniknąć przeszczepu rogówki.

### Piśmiennictwo

- Spoerl E, Huhle M, Seiler T: *Induction of cross-links in corneal tissue*. Exp Eye Res. 1998; 66: 97–103.
- Barraquer JI: *Modification of refraction by means of intracorneal inclusions*. Int Ophthalmol Clin. 1966; 6: 53–78.
- Blavatskaia ED, Viazovskii IA, Barsegian LG: *Change in corneal curvature in intralaminar homotransplantation of discs of various diameter and thickness*. Oftalmol Zh. 1967; 22: 123–128.
- Rabinowitz YS, Li X, Ignacio TS, Maguen E: *INTACS inserts using the femtosecond laser compared to the mechanical spreader in the treatment of keratoconus*. J Refract Surg. 2006; 22: 764–771.
- Kouassi FX, Buestel C, Raman B, Melinte D, Touboul D, Gallois A, et al.: *Comparison of the depth predictability of intra corneal ring segment implantation by mechanical versus femtosecond laser-assisted techniques using optical coherence tomography (OCT Visante(R))*. J Fr Ophtalmol. 2012; 35: 94–99.
- Carrasquillo KG, Rand J, Talamo JH: *Intacs for keratoconus and post-LASIK ectasia: mechanical versus femtosecond laser-assisted channel creation*. Cornea. 2007; 26: 956–962.
- Schanzlin DJ, Abbott RL, Asbell PA, Assil KK, Burris TE, Durrie DS, et al.: *Two-year outcomes of intrastromal corneal ring segments for the correction of myopia*. Ophthalmology. 2001; 108: 1688–1694.
- Suiter BG, Twa MD, Ruckhofer J, Schanzlin DJ: *A comparison of visual acuity, predictability, and visual function outcomes after intracorneal ring segments and laser in situ keratomileusis*. Trans Am Ophthalmol Soc. 2000; 98: 51–55; discussion 5–7.
- Excellence NifHaC. *Corneal implants for the correction of refractive error*. In: Interventional procedure guidance 225 ed; 2007.
- Refractive Management/ Intervention Panel. Preferred Practice Pattern® Guidelines. Refractive Errors & Refractive Surgery. In: San Francisco, CA: American Academy of Ophthalmology; 2012.
- Colin J, Malet FJ: *Intacs for the correction of keratoconus: two-year follow-up*. J Cataract Refract Surg. 2007; 33: 69–74.
- Colin J, Cochener B, Savary G, Malet F: *Correcting keratoconus with intracorneal rings*. J Cataract Refract Surg. 2000; 26: 1117–1122.
- Guell JL, Morral M, Salinas C, Elies D, Gris O, Manero F: *Intrastromal corneal ring segments to correct low myopia in eyes with irregular or abnormal topography including forme fruste keratoconus: 4-year follow-up*. J Cataract Refract Surg. 2010; 36: 1149–1155.
- Hellstedt T, Makela J, Uusitalo R, Emre S: *Treating keratoconus with intacs corneal ring segments*. J Refract Surg. 2005; 21: 236–246.
- Siganos CS, Kymionis GD, Kartakis N, Theodorakis MA, Astyrakakis N, Pallikaris IG: *Management of keratoconus with Intacs*. Am J Ophthalmol. 2003; 135: 64–70.
- Fahd DC, Jabbur NS, Awwad ST: *Intrastromal corneal ring segment SK for moderate to severe keratoconus: a case series*. J Refract Surg. 2012; 28: 701–705.
- Hashemian MN, Zare MA, Mohammadpour M, Rahimi F, Fallah MR, Panah FK: *Outcomes of Single Segment Implantation of Conventional Intacs versus Intacs SK for Keratoconus*. J Ophthalmic Vis Res. 2014; 9: 305–309.
- Al Muammer A: *Comparison of visual, refractive and topographic keratometry outcomes of Intacs and Intacs SK in mild to moderate keratoconus eyes*. Middle East Afr J Ophthalmol. 2015; 22: 74–79.
- Alfonso JF, Lisa C, Merayo-Llodes J, Fernandez-Vega Cueto L, Montes-Mico R: *Intrastromal corneal ring segment implantation in paracentral keratoconus with coincident topographic and coma axis*. J Cataract Refract Surg. 2012; 38: 1576–1582.
- Kwitko S, Severo NS: *Ferrara intracorneal ring segments for keratoconus*. J Cataract Refract Surg. 2004; 30: 812–820.
- Gharaibeh AM, Muhsen SM, AbuKhader IB, Ababneh OH, Abu-Ameerh MA, Albdour MD: *KeraRing intrastromal corneal ring segments for correction of keratoconus*. Cornea. 2012; 31: 115–120.
- Saelens IE, Bartels MC, Bleyen I, Van Rij G: *Refractive, topographic, and visual outcomes of same-day corneal cross-linking with Ferrara intracorneal ring segments in patients with progressive keratoconus*. Cornea. 2011; 30: 1406–1408.
- El-Raggal TM: *Sequential versus concurrent KERARINGS insertion and corneal collagen cross-linking for keratoconus*. Br J Ophthalmol. 2011; 95: 37–41.
- Haddad W, Fadlallah A, Dirani A, El Rami H, Fahd D, Khanafar D, et al.: *Comparison of 2 types of intrastromal corneal ring segments for keratoconus*. J Cataract Refract Surg. 2012; 38: 1214–1221.
- Alio JL, Pinero DP, Sogutlu E, Kubaloglu A: *Implantation of new intracorneal ring segments after segment explantation for unsuccessful outcomes in eyes with keratoconus*. J Cataract Refract Surg. 2010; 36: 1303–1310.
- Alio JL, Artola A, Ruiz-Moreno JM, Hassanein A, Galal A, Awadalla MA: *Changes in keratoconic corneas after intracorneal ring segment explantation and reimplantation*. Ophthalmology. 2004; 111: 747–751.

27. Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, Anastasakis A, Yoo SH, Pallikaris AI, et al.: *Long-term follow-up of Intacs in keratoconus*. *Am J Ophthalmol*. 2007; 143: 236–244.
28. Alio JL, Shabayek MH, Artola A: *Intracorneal ring segments for keratoconus correction: long-term follow-up*. *J Cataract Refract Surg*. 2006; 32: 978–985.
29. Pinero DP, Alio JL, El Kady B, Coskunseven E, Morbelli H, Uceda-Montanes A, et al.: *Refractive and aberrometric outcomes of intracorneal ring segments for keratoconus: mechanical versus femtosecond-assisted procedures*. *Ophthalmology*. 2009; 116: 1675–1687.
30. Barbara A, Shehadeh-Masha'our R, Zvi F, Garzozzi HJ: *Management of pellucid marginal degeneration with intracorneal ring segments*. *J Refract Surg*. 2005; 21: 296–298.
31. Pinero DP, Alio JL, Morbelli H, Uceda-Montanes A, El Kady B, Coskunseven E, et al.: *Refractive and corneal aberrometric changes after intracorneal ring implantation in corneas with pellucid marginal degeneration*. *Ophthalmology*. 2009; 116: 1656–1664.
32. Mularoni A, Torreggiani A, di Biase A, Laffi GL, Tassinari G: *Conservative treatment of early and moderate pellucid marginal degeneration: a new refractive approach with intracorneal rings*. *Ophthalmology*. 2005; 112: 660–666.
33. Tunc Z, Helvacioğlu F, Sencan S: *Evaluation of intrastromal corneal ring segments for treatment of post-LASIK ectasia patients with a mechanical implantation technique*. *Indian J Ophthalmol*. 2011; 59: 437–443.
34. Brenner LF, Alio JL, Vega-Estrada A, Baviera J, Beltran J, Cobos-Soriano R: *Indications for intrastromal corneal ring segments in ectasia after laser in situ keratomileusis*. *J Cataract Refract Surg*. 2012 Dec; 38(12): 2117–2124.
35. Pinero DP, Alio JL, Uceda-Montanes A, El Kady B, Pascual I: *Intracorneal ring segment implantation in corneas with post-laser in situ keratomileusis keratectasia*. *Ophthalmology*. 2009; 116: 1665–1674.
36. Guell JL, Velasco F, Sanchez SI, Gris O, Garcia-Rojas M: *Intracorneal ring segments after laser in situ keratomileusis*. *J Refract Surg*. 2004; 20: 349–355.
37. Kymionis GD, Siganos CS, Kounis G, Astyrakakis N, Kalyvianaki MI, Pallikaris IG: *Management of post-LASIK corneal ectasia with Intacs inserts: one-year results*. *Arch Ophthalmol*. 2003; 121: 322–326.
38. Lovisolo CF, Fleming JF: *Intracorneal ring segments for iatrogenic keratectasia after laser in situ keratomileusis or photorefractive keratectomy*. *J Refract Surg*. 2002; 18: 535–541.
39. Alio J, Salem T, Artola A, Osman A: *Intracorneal rings to correct corneal ectasia after laser in situ keratomileusis*. *J Cataract Refract Surg*. 2002; 28: 1568–1574.
40. Prazeres TM, Souza AC, Pereira NC, Ursulino F, Grupenmacher L, de Souza LB: *Intrastromal corneal ring segment implantation by femtosecond laser for the correction of residual astigmatism after penetrating keratoplasty*. *Cornea*. 2011; 30: 1293–1297.
41. Coscarelli S, Ferrara G, Alfonso JF, Ferrara P, Merayo-Llodes J, Araujo LP, et al.: *Intrastromal corneal ring segment implantation to correct astigmatism after penetrating keratoplasty*. *J Cataract Refract Surg*. 2012; 38: 1006–1013.
42. Arriola-Villalobos P, Diaz-Valle D, Guell JL, Iradier-Urrutia MT, Jimenez-Alfaro I, Cuina-Sardina R, et al.: *Intrastromal corneal ring segment implantation for high astigmatism after penetrating keratoplasty*. *J Cataract Refract Surg*. 2009; 35: 1878–1884.

Praca wpłynęła do Redakcji 24.02.2014 r. (890587)  
Zakwalifikowano do druku 16.02.2016 r.

**Adres do korespondencji (Reprint requests to):**  
dr n. med. Łukasz Drzyżga  
Klinika Okulistyki Uniwersyteckiego Centrum Klinicznego  
im. prof. Kornela Gibińskiego Śląskiego Uniwersytetu  
Medycznego w Katowicach  
ul. Ceglana 35  
40-952 Katowice  
e-mail: ldrzyzga@interia.pl