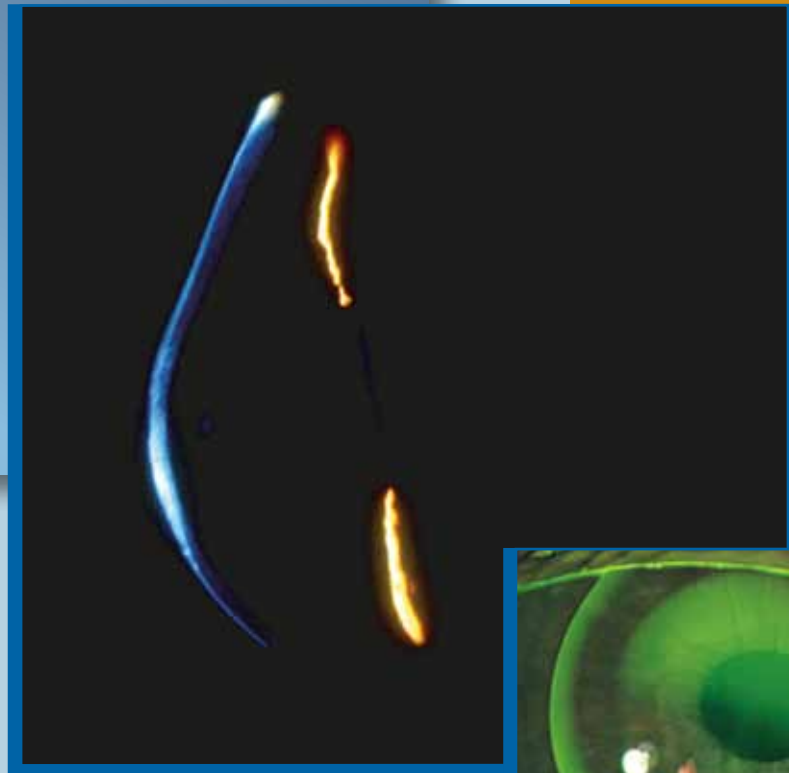
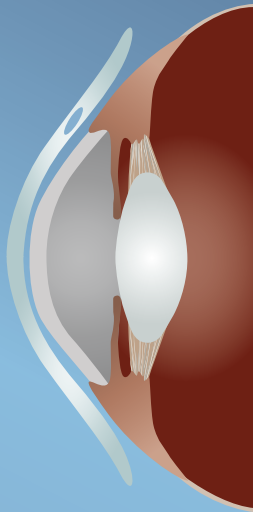


Korekcja stożka rogówki za pomocą stabilnokształtnych (twardych) soczewek kontaktowych



Centre for Contact Lens Research
School of Optometry
University of Waterloo, Canada

Wstęp

O książce

Stożek rogówki można bezpiecznie i skutecznie korygować za pomocą stabilnokształtnych soczewek kontaktowych.

Badanie oraz klasyfikacja, w zależności od kształtu rogówki, poszczególnych typów stożka jest ułatwiona poprzez zastosowanie topografii lub optycznej tomografii koherencyjnej. W oparciu o wyżej wymienione badania wybór odpowiedniej geometrii soczewki kontaktowej jest dużo prostszy. Obecnie, dzięki postępowi w produkcji i rozwoju nowych geometrii, specjalista posiada szeroki wybór parametrów soczewek.

Niniejsza publikacja ma na celu ułatwienie specjalście wyboru odpowiedniej soczewki kontaktowej poprzez wykorzystanie nowoczesnych metod pomiaru krzywizny rogówki oraz zastosowanie różnych geometrii soczewek, w zależności od potrzeb pacjenta.

Center for Contact Lens Research

Center for Contact Lens Research na School for Optometry in Waterloo w Kanadzie został założony w 1988 roku. Nasze działania skupiają się głównie na soczewkach kontaktowych, a przede wszystkim skutkach ich aplikacji. Badania kliniczne prowadzone przez CCLR są wynikiem intensywnej współpracy lekarzy, optometrystów oraz firm produkujących soczewki kontaktowe.

Wiele naszych przedsięwzięć jest kierowanych bezpośrednio do praktykujących specjalistów w celu pomocy oraz rozwoju wiedzy optometrycznej. Zainteresowanych prosimy o odwiedzenie naszej strony internetowej <http://cclr.uwaterloo.ca>.

Podziękowania

WYDAWCA

Desmond Fonn, MOptom, FAAO
Director, Centre for Contact Lens Research
Professor, School of Optometry
University of Waterloo

MENADŻER PROJEKTU

Bonnie Boshart, BBA
Business Development Coordinator
Centre for Contact Lens Research

AUTORZY

Luigina Sorbara, OD, MSc, FAAO
Clinical Scientist, Centre for Contact Lens Research
Associate Professor, School of Optometry
University of Waterloo

REDAKTOR NACZELNY

Craig Woods, PhD, FAAO
Research Manager, Centre for Contact Lens Research
Adjunct Associate Professor, School of Optometry
University of Waterloo

Alisa Sivak, MA
Communications Coordinator
Centre for Contact Lens Research

WSPÓŁAUTORZY

Katrin Müller
Aalen diploma student, School of Optometry
University of Waterloo

Kristine Dalton
Contact Lens Resident and MSc student
School of Optometry, University of Waterloo

Jalaiah Varikooty
Clinical Scientist, Centre for Contact Lens Research
University of Waterloo

Jyotsna Maram
PhD student, School of Optometry
University of Waterloo

Adam Keech
MSc student, School of Optometry
University of Waterloo

Wyrażamy podziękowania International Association of Contact Lens Educators (IACLE) za udostępnienie zdjęć Pana Dr. Davida Millera (Ryc. 1, 11 i 65) oraz Pana Hilmara Bussacker (Ryc. 29).

KONSULTANCI

Hans Bleshøy, BSc, PhD, MCOptom, FAAO
Danish Contact Lens Consultants
Skive, Denmark

Timothy B. Edrington, OD, MS
Professor, Southern California College of Optometry
Fullerton, CA, USA

Sergi Herrero
Diploma in Optics and Optometry
Barcelona, Spain

Craig W. Norman, FCLSA
South Bend Clinic
South Bend, Indiana, USA

Philippe Seira, Dipl. Augenoptiker
Lecturer at the University of Applied Sciences
Northwestern Switzerland
Olten, Switzerland

José L. Garrido Tundidor
Master of Optometry and Vision Sciences
Diploma in Optics and Optometry
Barcelona, Spain

Richard Wu BSc, OD, PhD, FIOS, FIACLE
Taipei Professional Optometry Center
Taiwan

Osbert Chan, PhD
Hong Kong

Małgorzata Kern, Dipl. Ing. (FH) Augenoptik
Hecht Contactlinsen GmbH
Freiburg, Niemcy

dr n. med. Arleta Waszczykowska
Zakład Diagnostyki Chorób Oczu II Katedry Chorób
Oczu Uniwersytetu Medycznego w Łodzi, Polska

SZATA GRAFICZNA

Christina Englund
Senior Graphic Designer
Boston Products Group
Bausch & Lomb Incorporated

Spis treści

1. Wstęp	1
Epidemiologia stożka rogówki	1
Choroby towarzyszące	1
Metody korekcji stożka rogówki	1
Soczewki kontaktowe	1
Soczewki okularowe	2
2. Klasyfikacja stożka rogówki	3
Topografia rogówki	3
Rodzaje stożka rogówki	4
Postępowanie schorzenia (grubość rogówki)	4
3. Diagnoza i objawy	6
Wywiad, rozpoznanie oraz badania kwalifikujące do noszenia soczewek kontaktowych	6
Badanie za pomocą lampy szczelinowej	6
Oftalmoskopia i skiaskopia	7
Topografia, keratometria i pachymetria	7
Refrakcja i ostrość wzroku	8
Diagnostyka różnicowa	8
4. Korekcja za pomocą soczewek kontaktowych	9
Stabilnoksztalne (twarde) rogówkowe soczewki kontaktowe	9
Rogówkowo-twardówkowe i semitwardówkowe stabilnoksztalne (twarde) soczewki kontaktowe	10
Minitwardówkowe i twardówkowe stabilnoksztalne (twarde) soczewki kontaktowe	11
System Piggyback	11
Miękkie soczewki kontaktowe	12
5. Geometrie soczewek kontaktowych	13
Rogówkowe soczewki kontaktowe	13
Sferyczne wielokrzywiznowe soczewki kontaktowe	13
Sferyczne w centrum i na obwodzie	13
Sferyczne w centrum i asferyczne na obwodzie	14
Asferyczne soczewki kontaktowe	14
Semitwardówkowe i minitwardówkowe soczewki kontaktowe	14
System Piggyback	14
6. Aplikacja soczewek kontaktowych	15
Wybór odpowiedniej geometrii soczewki kontaktowej	15
Wskazówki ogólne	15
Wybór promienia tylnej powierzchni soczewki kontaktowej (z ang. BOZR)	15

Wartość dioptryczna soczewki kontaktowej	17
Przebieg aplikacji: wybór odpowiedniej tylnej strefy optycznej oraz średnicy soczewki	18
Aplikacja soczewek o małej średnicy (od 8,5 mm do 9,3 mm)	18
Aplikacja soczewek o średniej średnicy (od 9,4 mm do 9,9 mm)	19
Aplikacja rogówkowych soczewek kontaktowych o dużej średnicy (od 10,0 mm do 12,8 mm) oraz soczewek rogówkowo- twardówkowych (od 12,9 mm do 13,5 mm)	19
Aplikacja semitwardówkowych soczewek kontaktowych o średnicy (od 13,6 mm do 14,9 mm) oraz soczewek minitwardówkowych (od 15,0 mm do 18,0 mm).	20
Geometria obwodu soczewki kontaktowej	22
Określenie osiowego spłaszczenia brzegu (z ang. AEL)	22
Toryczny lub asymetryczny obwód soczewki kontaktowej	23
Ocena położenia soczewki kontaktowej	24
Obraz fluoresceinowy	24
Przyleganie 3-punktowe	24
Dotyknięcie szczytu stożka	24
Mostkowanie szczytu stożka	25
Idealna konstrukcja brzegów	25
Minimalne przyleganie brzegów	25
Znaczne odstawanie brzegów	26
Centrowanie i poruszanie się soczewki	26
Nadrefrakcja	26
Symulacja obrazu fluoresceinowego za pomocą topografu	26

7. Badania kontrolne 27

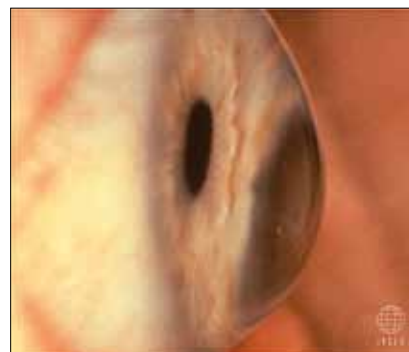
Badania kontrolne	27
Zmiana soczewek kontaktowych spowodowana występowaniem problemów	28
Zmiana geometrii soczewki kontaktowej	29
Zmiana promienia powierzchni tylnej (z ang. BOZR)	29
Zmiana średnicy tylnej strefy optycznej (z ang. BOZD)	29
Zmiana średnicy soczewki (z ang. TD)	29
Zmiana osiowego spłaszczenia brzegu (z ang. AEL)	29
Sektorowa zmiana osiowego spłaszczenia brzegu (z ang. AEL)	30
Zmiana grubości soczewki w jej centrum	30
Zmiana wartości dioptrycznej soczewki	30
Modyfikacje poprzez zmiany geometrii lub kształtu soczewki	30
Zmiana tylnej strefy optycznej (z ang. BOZD) sferycznej na asferyczną	30
Zmiana obwodu soczewki ze sferycznego na asferyczny	30
Zmiana tylnej strefy optycznej (z ang. BOZD) ze stałej na zmienną	31
Zmiana soczewki z rogówkowej na semitwardówkową	31

8. Powikłania	32
Barwienie nabłonka rogówki	32
Toksyczne uszkodzenia nabłonka rogówki	32
Uszkodzenia nabłonka rogówki na 3–9°	32
Plamiste lub linijne uszkodzenia nabłonka na skutek erozji lub pod wpływem ciała obcego	33
Uszkodzenia nabłonka na szczycie stożka rogówki	33
Zroszeniowe pęcherzyki gazu pod soczewką	33
Ostrość wzroku	33
Decentracja soczewki kontaktowej	34
Deformacja rogówki	34
9. Piśmiennictwo	35
Załącznik A: Etiologia i genetyka	40
Załącznik B: Chirurgiczna korekcja stożka rogówki	42
Keratoplastyka pełnościenna (PKP)	42
Keratoplastyka warstwowa przednia	42
Głęboka keratoplastyka warstwowa przednia (DALK)	42
Keratoplastyka warstwowa różnej grubości	42
Śródrogówkowa keratoplastyka	42
Wszczepienie pierścieni rogówkowych INTACS®	42
Cross-linking	43
Załącznik C: Rozpoznanie stożka rogówki za pomocą Orbscan II	44
Załącznik D: Aplikacja soczewek semi- i minitwardówkowych	45
Określenie głębokości łuku	45
Dopasowanie obszaru obwodowego	45
Dopasowanie strefy przylegania na twardówce	46
Załącznik E: Przykłady aplikacji	47
Przykład: centralny, okrągły szczyt stożka (początkowe stadium stożka rogówki)	47
Przykład: owalny szczyt stożka (zaawansowane stadium stożka rogówki)	51
Załącznik F:	
Tabela przeliczeniowa wyników keratometrii	55
Załącznik G: Skale pomiaru ostrości wzroku	56
Załącznik H: Spis skrótów	57

1. Wstęp

Epidemiologia stożka rogówki

Stożek rogówki jest postępującą, niezapalną ektazją rogówki (Ryc. 1). Istnieje wiele hipotez dotyczących powodu powstania choroby. W 96% przypadków stożek występuje obustronnie a jego rozwój przebiega asymetrycznie. Znamienne często rozpoznanie choroby w drugim oku pojawia się po upływie 5 lat od diagnozy pierwszego oka. Choroba typowo pojawia się w okresie dorastania, bądź w drugiej lub w trzeciej dekadzie życia, a jej postęp obserwuje się przez kolejnych 10–15 lat, aż do czwartej lub piątej dekady życia. Po okresie szybkiej progresji najczęściej następuje faza relatywnej stabilizacji lub bardzo powolnego wzrostu stożka, która może jednak zostać przerwana i ponownie powrócić do fazy szybkiego wzrostu. Przez cały okres choroby może występować jedynie niewielka, nieregularna nieźborność, którą z powodzeniem można skorygować za pomocą okularów lub soczewek kontaktowych. W innych, bardziej zaawansowanych przypadkach może dojść do znacznego zmniejszenia się grubości rogówki, jej uwypuklenia lub zbliznowacenia, wymagającego leczenia chirurgicznego. W początkowej fazie stożka rogówki najczęściej obserwuje się sferyczną wadę wzroku lub astygmatyzm regularny. W zaawansowanym stadium choroby i decentracji szczytu stożka (najczęściej ku dołowi) towarzyszy wysoka nieźborność, która jest odpowiedzialna za spadek ostrości wzroku.



Ryc. 1. Widok stożka rogówki z profilu

Częstość występowania stożka rogówki szacuje się na od 50 do 230 przypadków na 100.000, w przybliżeniu 1/2000. Wskaźnik częstości występowania stożka rogówki waha się między wysokim (0.6%) i niskim (0.05%) w zależności od populacji. Załącznik A przedstawia przegląd etiologii i czynników genetycznych stożka rogówki.

Choroby towarzyszące

Stożek rogówki występuje najczęściej w postaci izolowanej. Dane z piśmiennictwa wskazują jednak na rzadsze, wspólne występowanie stożka rogówki z innymi chorobami i zespołami takimi jak: zespół Downa¹, zespół Ehlersa-Danlosa, wrodzona łamliwość kości, zespół Marfana oraz zespół wypadania płotka zastawki dwudzielnej serca. Zaobserwowano również częstsze występowanie stożka u chorych z atopią. Stożek rogówki może pojawić się po urazie lub przesadnym pocieraniu oczu.



Ryc. 2. Soczewka kontaktowa przy stożku rogówki w świetle białym

Metody korekcji stożka rogówki

Soczewki kontaktowe

W celu optycznej korekcji stożka rogówki najczęściej stosuje się soczewki kontaktowe (Ryc. 2). Około 10–26% chorych, najczęściej z powodu blizn na szczycie stożka, wymaga zabiegów chirurgicznych. Blizny rogówki mogą być spowodowane niewłaściwie dopasowaną soczewką kontaktową, mogą również wystąpić u osób, które nigdy nie nosiły soczewek kontaktowych. Ponieważ powstawania zbliznowaceń nie

1 W trisomii 21 częstość występowania stożka rogówki rośnie z 50 do 300 na 100.000.

można przewidzieć, wizyty kontrolne konieczne są conajmniej co pół roku lub w krótszych odstępach czasu. Stożek rogówki nie prowadzi do ślepoty, może jednak znacznie ograniczać jakość życia. Z reguły pacjenci ze stożkiem rogówki, nawet w zaawansowanych stadiach choroby, mogą prowadzić samochód i czytać.

Soczewki okularowe

Wraz z progresją stożka i postępującym rozdęciem rogówki wzrasta nieregularność rogówki. Ponieważ w nieregularnym astygmatyzmie południki główne nie są ułożone pod kątem prostym nie można uzyskać dobrych wizualnych wyników stosując korekcję opartą na obiektywnej czy subiektywnej refrakcji. Zwłaszcza w zaawansowanych stadiach stożka rogówki korekcja okularowa jest niewystarczająca, niemalże zbędna, ponieważ ustalenie właściwej wartości refrakcji jest niemożliwe.

Ponadto uważa się, iż nawet jeżeli stożek występuje obuocznie, w jednym z oczu rozdęcie jest bardziej rozwinięte niż w drugim. Duża anisometropia jest źle tolerowana w korekcji okularowej. Wraz z postępującą progresją stożka rogówki i wiążącą się z nią problematyką ustalenia tolerowanej przez pacjenta korekcji okularowej stosuje się soczewki kontaktowe. Mimo to powinno się zastosować najlepszą z możliwych korekcji okularowych, którą pacjent może nosić jeżeli soczewki kontaktowe z jakiegoś powodu nie mogą zostać użyte.

Metody korekcji chirurgicznej stożka rogówki zostały opisane w załączniku B.

Badania Crewsa i wsp. z 1994 roku wykazały, iż korekcji za pomocą soczewek kontaktowych wymaga większość pacjentów ze stożkiem rogówki (53%) natomiast w początkowych stadiach stożka (u 21% chorych) nie potrzeba żadnej korekcji optycznej lub korekcja okularowa jest wystarczającą.

2. Klasyfikacja stożka rogówki

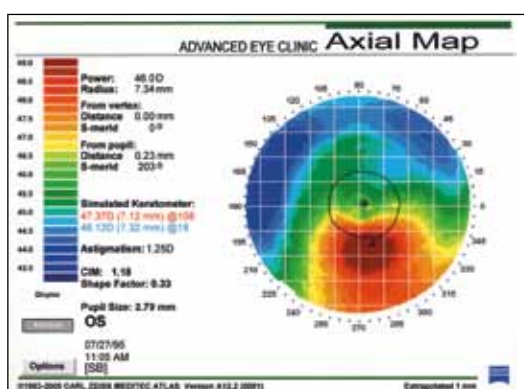
Topografia rogówki

Jednym z najbardziej pomocnych aparatów w diagnostyce stożka rogówki jest wideokeratograf. Częstym błędem podczas diagnozy stożka jest przedstawienie mapy topograficznej rogówki za pomocą promieni strzałkowych zamiast za pomocą promieni stycznych. Obraz mapy topograficznej rogówki oparty na promieniach strzałkowych jest szczególnie pomocny przy refrakcyjnej ocenie rogówki natomiast obraz mapy przedstawiony za pomocą promieni stycznych szczegółowo wizualizuje nieregularności rogówki. Ryc. 3a i 3b przedstawiają różnice między obrazem mapy topograficznej rogówki przedstawionej za pomocą promieni strzałkowych i stycznych.

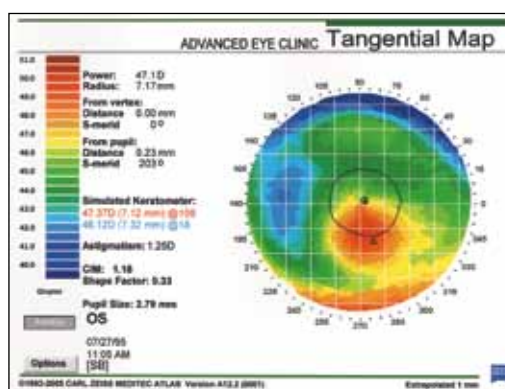
Topografia, widok promienie strzałkowe	Topografia, widok promienie styczne
Wizualizuje część optyczną. Nie przedstawia prawdziwej wielkości i kształtu rozdęcia.	Lokalizuje położenie rozdęcia.
Przedstawia średnią wartość siły załamania, obniżenie wartości na stromych obszarach, podwyższenie wartości na płaskim obwodzie.	Oblicza promienie rogówki niezależnie od osi wideokeratografu. Strome obszary wydają się bardziej strome a płaskie bardziej płaskie.

Zniekształcenia rogówki ze stożkiem są przesadnie przedstawione. Przede wszystkim obszary peryferyjne rogówki zostają przedstawiane bardziej płasko niż są w rzeczywistości. Dzięki nowym obliczeniom wartości stycznych na podstawie obszarów graniczących z osią keratometru, topografia z widokiem promieni stycznych, przedstawia prawidłowe położenie i wielkość rozdęcia. Mapa wysokości przedstawia występowanie i położenie rozdęcia rogówki bez wartości promieni rogówki, które są istotne podczas aplikacji soczewek kontaktowych.

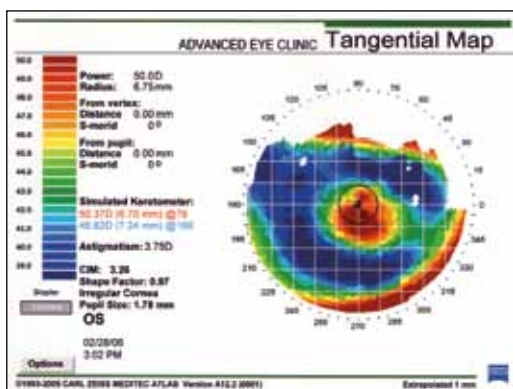
Zastosowanie Orbscan II, który demonstruje zarówno promienie jak i mapę wysokości zostanie omówione w załączniku C.



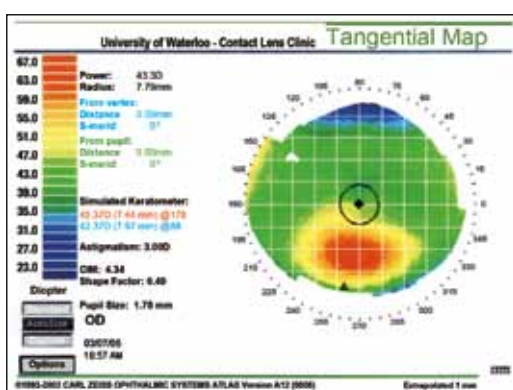
Ryc. 3a. Mapa rogówki przy użyciu promieni strzałkowych



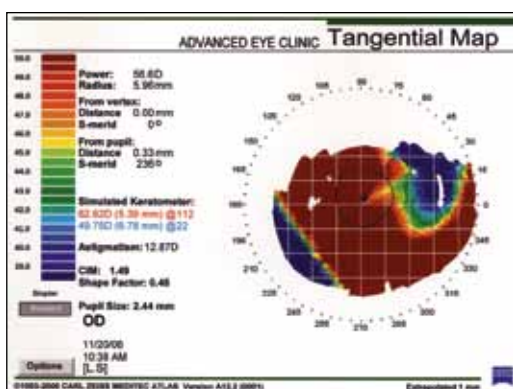
Ryc. 3b. Mapa rogówki przy użyciu promieni stycznych



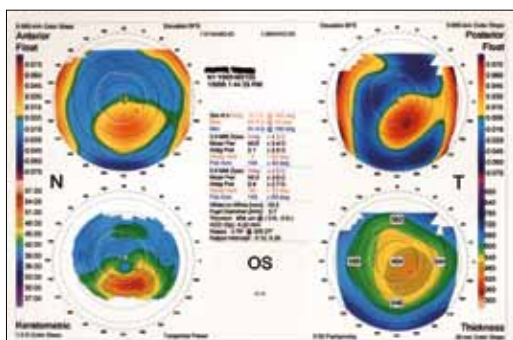
Ryc. 4a. Stożek centralny, widok ogólny



Ryc. 5b. Stożek owalny, widok ogólny



Ryc. 6c. Stożek na dużej powierzchni, widok ogólny



Ryc. 7a. Zwyródnienie brzeżne przezroczyste (ang. pellucid marginal degeneration PMD), widok ogólny (zwraca uwagę astygmatyzm odwrotny)

Rodzaje stożka rogówki

Topografia rogówki może okazać się bardzo pomocną przy ustaleniu stopnia, typu i kształtu stożka rogówki. Klasyfikacja stożka rogówki zostaje przeprowadzona na podstawie analizy średniej wartości promieni centralnych.

Ogólnie przyjęty podział to:

Średnia wartość promieni centralnych rogówki:

$D r > 6,75 \text{ mm}$ (50 dpt):

stożek rogówki w początkowym stadium

$6,75 \text{ (50 dpt)} > D r < 6,03 \text{ mm}$ (56 dpt):

stożek rogówki w zaawansowanym stadium

$D r < 6,03 \text{ (56 dpt)}$:

stożek rogówki w bardzo zaawansowanym stadium

Ponadto, w trakcie badania wideokeratografem, zostaje przeprowadzone porównanie położenia i kształtu szczytu stożka rogówki np. mały centralny szczyt stożka, owalny szczyt stożka, szczyt stożka przesunięty na dół nosowo lub skroniowo, rozdęcie na dużej powierzchni (Ryc. 4a, 5b i 6c).

Inną formą dystrofii rogówki jest zwyrodnienie brzeżne przezroczyste (z ang. PMD), gdzie najcieńsza część rogówki, podobnie jak w przypadku owalnego stożka rogówki, zlokalizowana jest bliżej rąbka (Ryc. 7a). Charakterystyczną cechą PMD jest wysoki astygmatyzm odwrotny. Typowe kształty widoczne na obrazach topograficznych zostały opisane w literaturze jako „butterfly“ czy „kissing birds“.

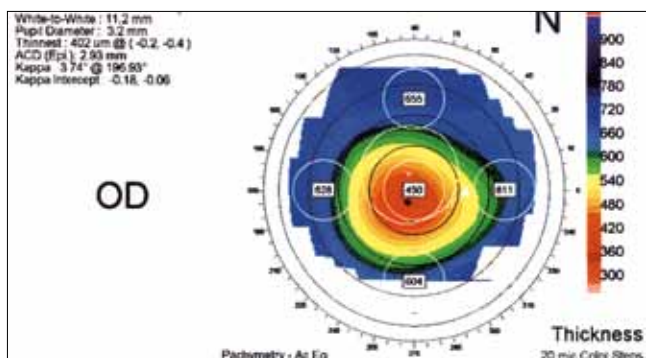
Postępowanie schorzenia (grubość rogówki)

Wraz z progresją stożka rogówki zmniejsza się centralna grubość rogówki, zwłaszcza na obszarze istoty właściwej.

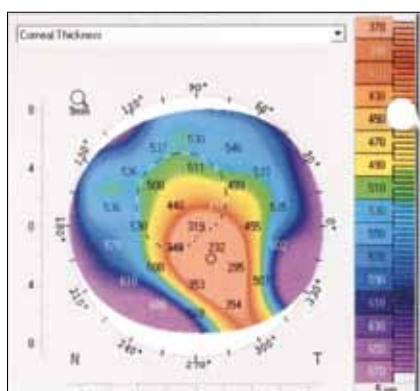
Nabłonek tworzy często kształt podobny do stożka. Metody i instrumenty do pomiaru pachymetrii i topografii:

- Systemy szczeliny skanującej, np. Orbscan II (Bausch & Lomb, NY), Ryc. 8a
- Obrotowy system Scheimpflug, np. Pentacam (Oculus, Niemcy), Ryc. 8b
- Optyczna tomografia koherentna np. Visante OCT (Zeiss Meditec, CA), Ryc. 8c
- Pachymetria ultradźwiękowa, np. Artemis instrument (UltraLink, LLC), Ryc. 8d

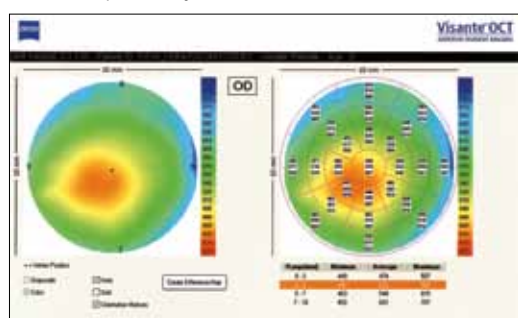
Te stosunkowo nowe instrumenty topograficzne umożliwiają odczyt grubości rogówki wzdłuż każdego przekroju, nawet



Ryc. 8a. Pachymetria, pomiar za pomocą Orbscan II



Ryc. 8b. Pachymetria, pomiar za pomocą Pentacam



Ryc. 8c. Pachymetria, pomiar za pomocą Visante OCT

Pomiary przeprowadzone za pomocą instrumentów nowej technologii, takich jak OCT, wykazują różnice w grubości rogówki między okiem zdrowym i okiem ze stożkiem od 89 do 109 μm . Jednakże pacjenci ze stożkiem mogą wykazywać na obszarze szczytu normalną grubość rogówki. Istnieją badania, które wskazują, że średnia wartość najniższej grubości rogówki w zdrowym oku wynosi $540 \pm 30 \mu\text{m}$ a w przypadku oka ze stożkiem rogówki $443 \pm 64 \mu\text{m}$.

w najcieńszym jej punkcie oraz umożliwiają dokładną kontrolę progresji stożka przez pomiar i porównanie tych samych punktów na rogówce w określonym czasie.

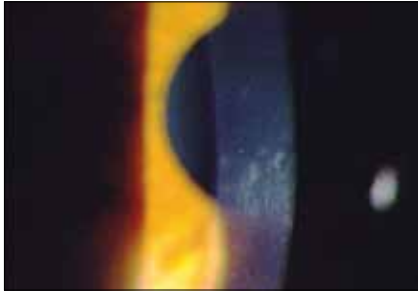
OCT o wysokiej rozdzielczości podwyższa dokładność badania przez umożliwienie precyzyjnego pomiaru grubości nabłonka i całej rogówki. Mimo braku ogólnej klasyfikacji stopnia zaawansowania stożka na podstawie grubości rogówki, widać wyraźne różnice w grubości rogówki między okiem zdrowym i okiem ze stożkiem rogówki.

Przyjmuje się, że pacjent z grubością rogówki poniżej $300 \mu\text{m}$ powinien zostać skierowany do specjalisty w celu przeprowadzenia dokładnych badań w kierunku stożka rogówki.

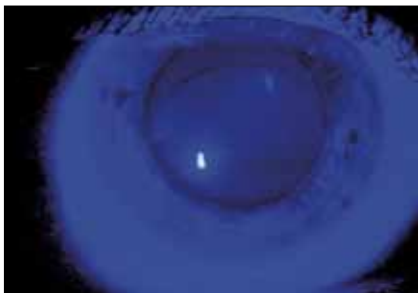


Ryc. 8d. OCT

3. Diagnoza i objawy



Ryc. 9. Linie Vogta



Ryc. 10. Pierścień złogów żelaza



Ryc. 11. Zbliznowacenia rogówki

Wywiad, rozpoznanie oraz badania kwalifikujące do noszenia soczewek kontaktowych

Pierwsza diagnoza stożka rogówki najczęściej zostaje postawiona w wieku młodzieńczym, do połowy trzeciej dekady życia. Pierwszym objawem jest najczęściej nieostre widzenie, zwłaszcza przy nieodpowiednim oświetleniu (np. podczas jazdy samochodem lub oglądaniu telewizji w ciemnych pomieszczeniach).

Objawy towarzyszące stożkowi rogówki to:

- mała lub znaczna redukcja kontrastu do blizy i do dali mimo korekcji okularowej
- zauważalne początki zmian ostrości widzenia w okresie dojrzewania. Progresja tych zmian może trwać aż do trzeciej lub czwartej dekady życia.
- jednoznaczne podwójne widzenie lub zniekształcenie obrazu
- obniżona wrażliwość na kontrast
- zdrażnienie oczu, objawy suchego oka
- pocieranie oczu
- skłonność do atopii
- choroby systemowe powiązane ze stożkiem rogówki

Badanie za pomocą lampy szczelinowej

Objawy zauważalne podczas badania lampą szczelinową:

- wyjątkowo mocno wyeksponowane połączenia nerwowe rogówki
- linie Vogta: linie położone w tylnej części istoty właściwej lub w błonie Descemeta, które znikają przy lekkim ucisku na oko (Ryc. 9)
- pierścień złogów żelaza (pierścień Fleischera) występujący na granicy między cienkim i grubym obszarem rogówki (Ryc. 10)
- podnabłonkowe zbliznowacenia na szczycie stożka (Ryc. 11)
- objaw Munsona. Wypuklenie powieki dolnej przy patrzeniu na dół (Ryc. 12)
- ostry stożek (stan zaawansowany). Pęknięcia w błonie Descemeta prowadzą do powstania obrzęku rogówki a następnie do tworzenia się zbliznowaceń (Ryc. 13)

Oftalmometria i skiaskopia

Poniższe objawy występują już w początkowym stadium stożka rogówki i są pomocne w jego diagnozowaniu:

- objaw kropli oleju (Charleaux'sa) w retinoskopii
- objaw nożycowy podczas skiaskoskopii
- zmiany osi i wartości cylindra
- krótkowzroczność i astygmatyzm nieregularny (astygmatyzm prosty lub pochyłe położenia osi)
- w przypadku PMD tendencja do nadwzroczności i astygmatyzmu odwrotnego



Ryc. 12. Objaw Munsona



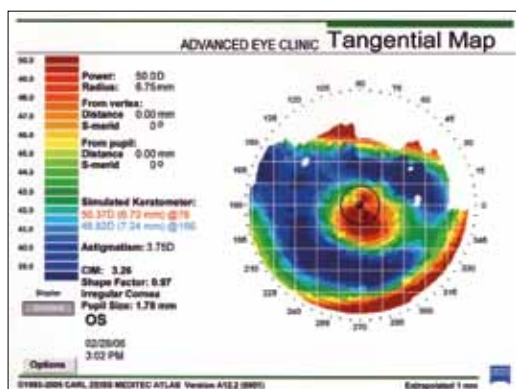
Ryc. 13. Hydrops (ostry stożek rogówki)

Topografia, keratometria i pachymetria

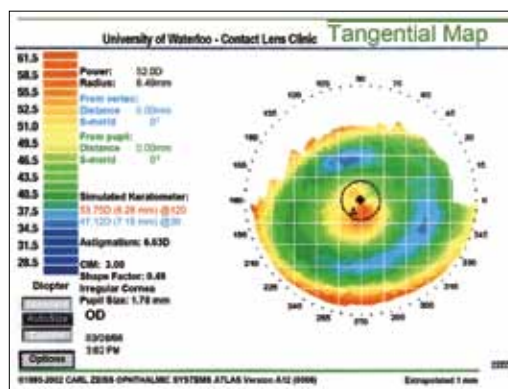
Określenie rodzaju stożka rogówki za pomocą badania wideokeratograficznego

Szczyt stożka o typie centralnym lub brodawkowym położony jest paracentralnie a jego średnica zwykle nie przekracza 5 mm. Wraz z powiększaniem się tego rodzaju stożków centralne promienie rogówki i strefa rozdęcia zmniejszają się (promienie stają się coraz bardziej strome), co jest widoczne na topografiach Ryc. 14a i 14b.

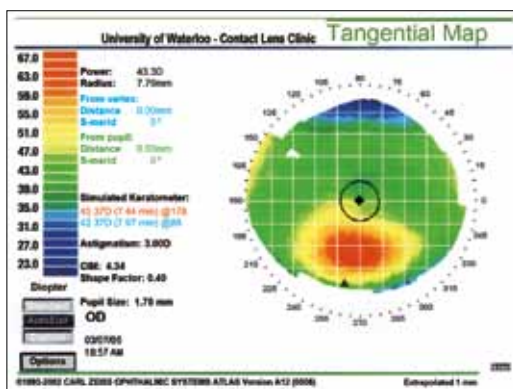
W przypadku stożka owalnego (o rozdęciu w kierunku poziomym) szczyt stożka o średniej średnicy 5–6 mm jest najczęściej przesunięty w kierunku skroniowo-dolnym od osi widzenia. Wraz z progresją szczyt stożka decentruje się dalej, jego obszar powiększa się a promienie centralne rogówki zmniejszają się (są coraz bardziej strome) (Ryc. 15a, 15b oraz 15c).



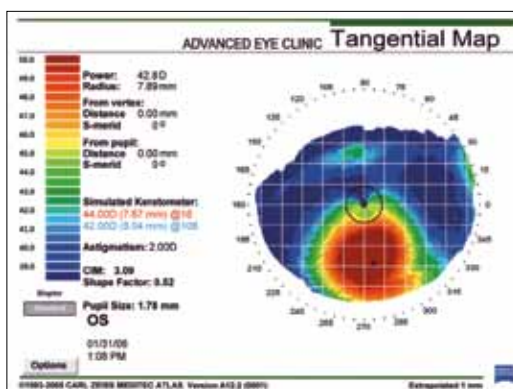
Ryc. 14a. Centralny stożek rogówki, stadium początkowe, topografia



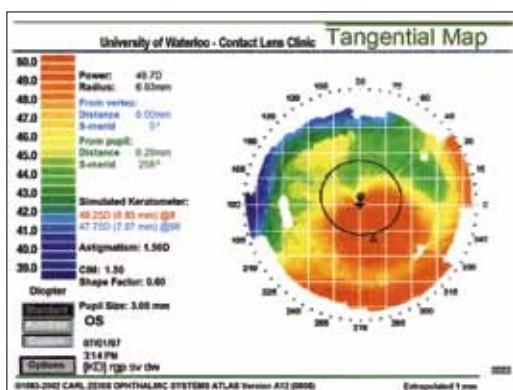
Ryc. 14b. Centralny stożek rogówki, stadium zaawansowane, topografia



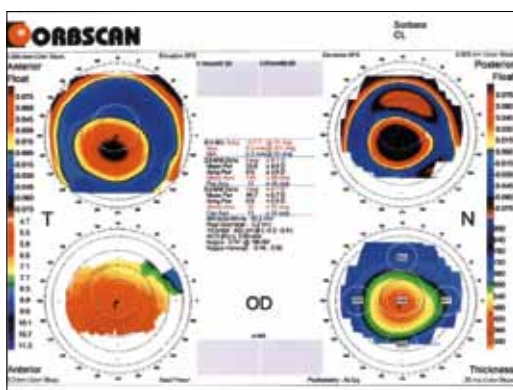
Ryc. 15a. Owalny stożek rogówki, stadium początkowe, topografia



Ryc. 15b. Centralny stożek rogówki, stadium średniozaawansowane, topografia



Ryc. 15c. Centralny stożek rogówki, stadium zaawansowane, topografia



Ryc. 16. Ogólny stożek, topografia

Stożek ogólny jest największym ze wszystkich trzech rodzajów i zajmuje obszar trzech kwadrantów rogówki (Ryc. 16).

Refrakcja i ostrość wzroku

Wraz z progresją stożka, zarówno w przypadku centralnego jak i owalnego typu stożka, krótkowzroczność i astygmatyzm postępują i osiągają wartości od $-1,00$ dpt do $-10,00$ dpt (sferycznej i cylindrycznej). Równocześnie ostrość wzroku z najlepszą korekcją okularową ulega obniżeniu. W przypadku PMD, ze skrajnie dolnym wybrzuszeniem rogówki, obserwuje się wzrost astygmatyzmu odwrotnego aż do wartości 20 dpt a w związku ze znacznym spłaszczeniem rogówki w obszarze źrenicy, u pacjenta obserwuje się dużą nadwzroczność.

W konsekwencji powiększającego się rozdęcia rogówki ostrość widzenia z najlepszą korekcją okularową spada z 20/25 do 20/80 lub niżej (zob. tabela w załączniku G).

Diagnostyka różnicowa

Rozróżnienie poszczególnych rodzajów stożka rogówki (np. centralnego od owalnego lub PMD) może okazać się istotne już podczas badania wstępnego w związku z rokowaniem rozwoju jak i możliwymi formami jego terapii (chirurgicznymi lub niechirurgicznymi). Właściwa identyfikacja danego typu stożka rogówki odgrywa również znamioną rolę przy wyborze odpowiedniej soczewki kontaktowej podczas jej aplikacji.

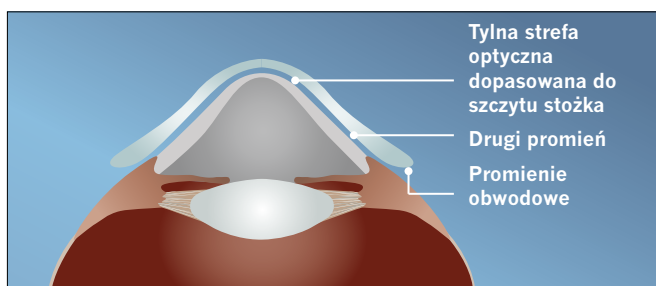
4. Korekcja za pomocą soczewek kontaktowych

Stabilnoksztatne (twarde) rogówkowe soczewki kontaktowe

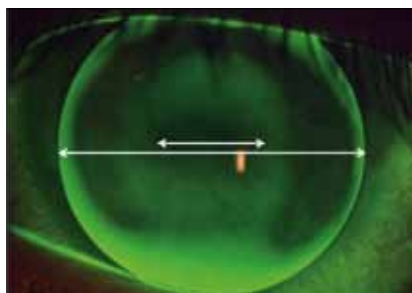
Soczewki kontaktowe o średnicy od 8,0 mm do 12,80 mm noszą nazwę rogówkowych soczewek kontaktowych. Wraz ze wzrostem średnicy stożka, w celu uzyskania łagodnego przylegania między szczytem stożka a tylną strefą optyczną soczewki kontaktowej (z ang.: back optic zone diameter, BOZD), powinno się odpowiednio zwiększyć średnicę tylnej strefy optycznej, promień tylnej powierzchni oraz średnicę soczewki. Podczas aplikacji pomocnym jest użycie siatki do pomiaru zintegrowanej z oprogramowaniem topografu, dzięki której mogą zostać zmierzone i zlokalizowane wielkość i pozycja stożka.

Dobór soczewek kontaktowych oparty jest również na fachowej komunikacji z ich producentem i znajomości poszczególnych parametrów soczewek, takich jak średnica tylnej strefy optycznej. Aplikujący musi dobrze rozumieć jaki wpływ ma zmiana promienia soczewki na średnicę tylnej strefy optycznej, czy średnica tylnej strefy optycznej zmienia się wraz ze zmianą promienia soczewki lub soczewka posiada stałą wartość tylnej strefy optycznej czy też zmienia się ona tylko przy zmianie średnicy soczewki (Ryc. 17 do 25) zob. Str. 13, tabela 1 i 2.

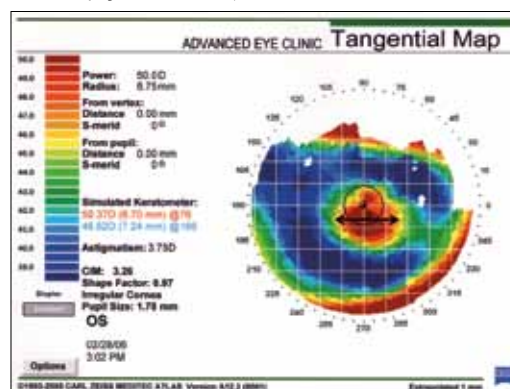
Jeżeli średnica tylnej strefy optycznej soczewki w porównaniu do średnicy rozděcia jest za duża wówczas głębokość łuku soczewki jest większa niż rogówki. Powoduje to powstawanie pęcherzyków powietrza na obszarze rozděcia, które mogą



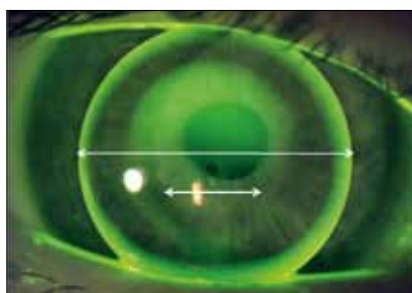
Ryc. 21. Schemat dopasowania tylnej strefy optycznej do szczytu stożka



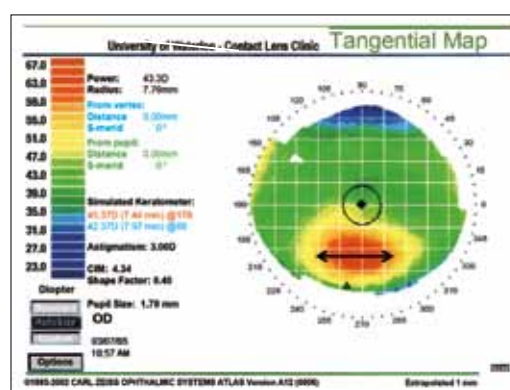
Ryc. 17. Centralny stożek rogówki (zmienna tylna strefa optyczna BOZD)



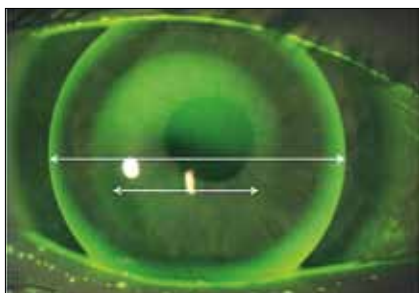
Ryc. 18. Topografia centralnego stożka rogówki



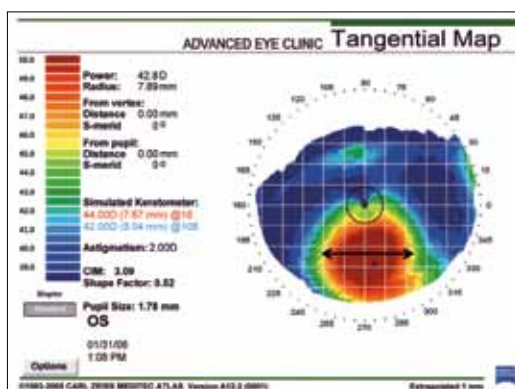
Ryc. 19. Owalny stożek rogówki, stadium początkowe (stała BOZD)



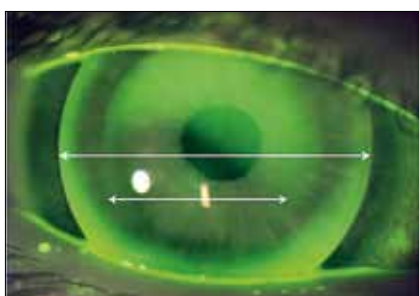
Ryc. 20. Topografia owalnego stożka rogówki, stadium początkowe



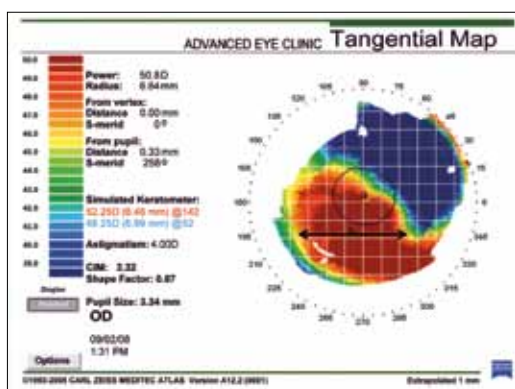
Ryc. 22. Średniozaawansowany owalny stożek rogówki (stała BOZD)



Ryc. 23. Topografia średniozaawansowanego owalnego stożka rogówki



Ryc. 24. Owalny stożek rogówki, stadium zaawansowane (stała BOZD)



Ryc. 25. Topografia zaawansowanego stożka rogówki

wpłynąć na pogorszenie ostrości widzenia. Jeżeli średnica tylnej strefy optycznej soczewki jest za mała oznacza to, że głębokość łuku soczewki jest mniejsza niż rogówki. Soczewka przyciska rogówkę na obszarze rozdęcia i nieodpowiednio stabilizuje (Ryc. 21). Przy prawidłowym wyborze wartości BOZD osiąga się trzypunktową aplikację z poprawną stabilizacją soczewki kontaktowej (zob. Tab. Str. 13).

W porównaniu do „normalnej“ soczewki kontaktowej, o średnim mimośrodku od 0,5 do 0,6 soczewka do stożka rogówki bardziej „się otwiera” (jest bardziej płaska) na jej obszarze peryferyjnym i osiąga przez to tzw. osiowe spłaszczenie brzegu. Rogówka stożkowa w stadium zaawansowanym charakteryzuje się mimośrodkiem między 0,65 a 1,0.

Rogówkowo-twardówkowe i semitwardówkowe stabilnokształtne (twarde) soczewki kontaktowe

Wraz z wprowadzeniem materiałów o wysokiej przepuszczalności tlenu wzrosła motywacja specjalistów do aplikacji soczewek kontaktowych o dużych średnicach. Soczewki rogówkowo-twardówkowe to soczewki o średnicy między 12,90 mm a 13,50 mm, natomiast soczewki kontaktowe o średnicy między 13,60 mm a 14,90 mm noszą nazwę soczewek semitwardówkowych.

Podczas aplikacji szczególnej uwadze podlegają trzy niezależne od siebie strefy:

- strefa rogówkowa (BOZD/BOZR)
- strefa środkowej peryferii na obszarze rogówkowo-twardówkowym (corneal-scleral portion; c-s)
- strefa twardówkowo-spojówkowa (scleral-conjunctival portion; s-c)

Aplikację soczewki rogówkowo-twardówkowej powinno charakteryzować centralne, lekkie mostkowanie szczytu stożka



Ryc. 26. Schemat soczewki twardówkowej

lub delikatny dotyk szczytu, ponadto mostkowanie strefy rogówkowo-twardówkowej i przyleganie w strefie twardówkowo-spojówkowej. Soczewki semitwardówkowe dopasowuje się podobnie, jednak z większym mostkowaniem w centrum, aby zagwarantować wystarczającą wymianę płynu łzowego pod soczewką.

Analiza mapy topograficznej rogówki pozwala na rozpoznawanie oraz interpretację dużych, zniekształconych stożków (keratoglobus), stożków zdecentrowanych ku dołowi (PMD) oraz rogówek o nieregularnych kształtach (np. stan po keratoplastyce drążącej). Powyższe nieprawidłowości mogą zostać skorygowane za pomocą soczewek kontaktowych o dużych tylnych strefach optycznych.

Minitwardówkowe i twardówkowe stabilnokszałtne (twarde) soczewki kontaktowe

Soczewki kontaktowe o średnicy między 15,00 mm a 18,00 mm noszą nazwę soczewek minitwardówkowych, natomiast soczewki o średnicy od 18,10 mm do 24,00 mm i wyżej- twardówkowych soczewek kontaktowych. Aplikacja tego typu soczewek wymaga wiedzy na temat profilu i kształtu obszaru rogówkowo-twardówkowego oraz topografii rogówki.

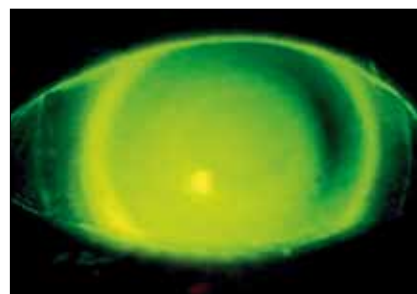
Dobór tych soczewek bez zastosowania metody odcisku rogówki jest prawdziwym wyzwaniem. Pomocnym jest zestaw soczewek próbnych oraz optyczna tomografia koherentna, która wizualizuje głębokość komory przedniej. Minitwardówkowe i twardówkowe soczewki kontaktowe zostały tak skonstruowane, że powinny przylegać do obszaru spojówki gałkowej i mostkować rogówkę bez dotykania szczytu stożka. (Ryc. 26). Aby to osiągnąć głębokość łuku soczewki kontaktowej musi być większa niż głębokość łuku rogówki. Twardówkowe soczewki kontaktowe tworzą depozyt płynu łzowego a dzięki temu odgrywają terapeutyczną rolę w przypadku zespołu suchego oka (np. Graft versus Host disease (GVHD) lub zespołu Sjögrena) a ponadto mostkują oraz wyrównują nieregularności rogówki na dużych jej obszarach.

Za pomocą tego typu soczewek można uzyskać lepszy komfort noszenia oraz lepszą ostrość wzroku dlatego soczewki te znajdują zastosowanie w przypadkach zaawansowanego

PMD, zaawansowanym keratoglobusie, keratoplastyce pełnościennej oraz dużych nieregularnościach na rogówce (np. po chirurgii refrakcyjnej). Również tutaj muszą zostać uwzględnione, różnorodnie rozpatrzone i odpowiednio dopasowane 3 strefy soczewki jak w przypadku soczewek semitwardówkowych. Wymiana płynu łzowego zostaje zagwarantowana poprzez efekt pompowania, wywołany pozytywnym naciskiem powieki górnej na centrum soczewki kontaktowej i negatywnym naciskiem na obszarach peryferyjnych soczewki (Ryc. 27 i 28).



Ryc. 27. Twardówkowa soczewka kontaktowa, światło białe

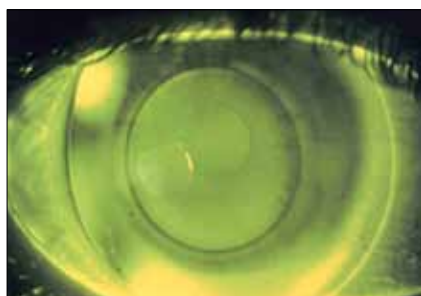


Ryc. 28. Twardówkowa soczewka kontaktowa, obraz fluoresceinowy

Średnica soczewki kontaktowej	Oznaczenie
8,0–12,8 mm	Soczewka rogówkowa
12,9–13,5 mm	Soczewka rogówkowo-twardówkowa
13,6–14,9 mm	Soczewka semitwardówkowa
15,0–18,0 mm	Soczewka minitwardówkowa
18,1–24,0 mm	Soczewka twardówkowa

System Piggyback

Tradycyjny system piggyback tworzą miękka soczewka kontaktowa z wyciętym obszarem w jej centrum o średnicy od 8,00 do 9,80 mm (np. soczewka UltraVision KeraSoft®), w który zostaje wbudowana stabilnokszałtne (twarda) soczewka kontaktowa, co gwarantuje jej optymalne i prawidłowe ułożenie. Ten



Ryc. 29. Piggyback, zastosowanie fluoresceiny wysokomolekularnej



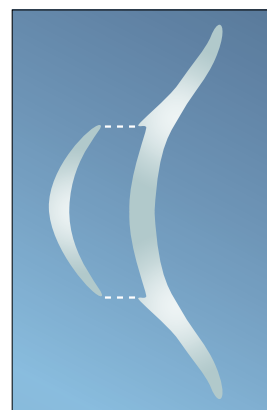
Ryc. 30a. Piggyback, światło białe

system piggyback z soczewką silikonowohydrożelową, jest ochrona mechaniczna rogówki przed uciskami spowodowanymi stabilnoksztaltną/twardą soczewką kontaktową. Może ona również spełniać rolę soczewki opatrunkowej przy chronicznych uszkodzeniach nabłonka rogówki. Właściwą centrację na oku gwarantuje zastosowanie jako soczewki noszącej wyłącznie plusowej miękkiej soczewki kontaktowej. Dzięki jej dodatniej wartości 0,50 dpt, a także związanym z tym grubszym centralnym profilem, stabilnoksztaltna soczewka kontaktowa łatwiej stabilizuje na jej powierzchni. Aby zapobiec rzekomemu stromemu dopasowaniu stabilnoksztaltniej soczewki kontaktowej, a tym samym zapobiec powstaniu wgnieceń w miękką soczewkę noszącą, stabilnoksztaltna soczewka kontaktowa musi zostać dopasowana bardziej płasko na swoich obrzeżach.

Miękkie soczewki kontaktowe

Zastosowanie miękkich soczewek kontaktowych do korekcji astygmatyzmu nieregularnego jest ograniczone. Mogą one być wykorzystane w przypadku gdy wszystkie inne próby aplikacji nie powiodły się lub jeżeli pacjent nie toleruje stabilnoksztalnych (twardych) soczewek kontaktowych. Nietolerancja soczewek o dużych średnicach, takich jak semitwardówkowe czy minitwardówkowe, należy jednak do rzadkości gdyż wykraczają one swoją wielkością poza obszary rąbka rogówki. Miękkie soczewki kontaktowe z podwyższoną grubością w centrum (0,30 do 0,50 mm) mogą wyrównywać pewne nieregularności rogówki, charakteryzują się one jednak niską przepuszczalnością tlenu i rokują niskie efekty. Alternatywą mogą być indywidualne tylnotoryczne miękkie soczewki kontaktowe stabilizujące za pomocą pryzmatu, które dzięki możliwości ich indywidualnej produkcji i zasadę stabilizacji mogą korygować wysokie wady cylindryczne i pewne nieregularności rogówki. Dodatkowo, wartość nadrefracji resztkowej może zostać skorygowana za pomocą okularów, które pacjent nosi wraz z soczewkami kontaktowymi. Inną możliwością korekcji są skonstruowane na miarę, miękkie soczewki kontaktowe, które za pomocą analizy czoła fali (wavefront), wyrównują nawet aberracje wyższego rzędu. Podstawowym warunkiem jest stabilne położenie soczewki kontaktowej na rogówce.

system znajduje zastosowanie w przypadku stożków rogówki w stadium początkowym i średniozaawansowanym. Jego zaletą jest wyższy komfort noszenia natomiast wadą jest obniżona przepuszczalność tlenu, uwarunkowana obecnością dwóch soczewek kontaktowych (zob. Ryc. 29 i 30b). Wraz z rozwojem technologicznym i produkcją soczewek silikonowohydrożelowych wzrosła popularność zastosowania tego systemu. Miękkie soczewki kontaktowe takie jak np. CIBA Night and Day™, Bausch & Lomb PureVision® czy Vistakon Oasys™ służą jako podłoże i noszą nazwę tzw. soczewek noszących. W ten sposób wzrasta przepuszczalność tlenu z 34 mm Hg (PMMA i soczewki o niskiej zawartości wody) do 95 mm Hg (stabilnoksztaltna/twarda gazoprzepuszczalna soczewka kontaktowa i soczewka silikonowohydrożelowa jako soczewka nosząca). Po przeliczeniu oznacza to wartość DK/t w wysokości 39×10^{-9} (cm/sec)(ml O₂ x mm Hg). Wartość Dk/t soczewek kontaktowych noszonych w trybie dziennym zapobiegająca powstaniu obrzęków rogówki wynosi 24×10^{-9} [cm/sec] [ml O₂ x mm Hg]. Kolejną zaletą, oprócz podwyższonego komfortu podczas noszenia



Ryc. 30b. Ilustracja systemu piggyback

5. Geometrie soczewek kontaktowych

Rogówkowe soczewki kontaktowe

Sferyczne wielokrzywiznowe soczewki kontaktowe

Sferyczne w centrum i na obwodzie: Dwukrzywiznowa konstrukcja Soperera była wczesną konstrukcją soczewki PMMA do korekcji stożka rogówki. Charakteryzowała się ona małą średnicą, stałą tylną strefą optyczną ze stromym promieniem centralnym oraz płaską drugą krzywizną na peryferii (45,00 dpt, 7,50 mm), odpowiadającą naturalnej geometrii obwodowej rogówki. Soczewka ta obecnie produkowana jest z materiałów przepuszczających tlen i zostaje aplikowana przez modyfikacje wysokości łuku aż do osiągnięcia lekkiego dotyku lub mostkowania szczytu stożka.

Kolejną, powszechnie stosowaną soczewką do korekcji stożka, była soczewka konstrukcji McGuire'a o stromym obszarze centralnym i stopniowym spłaszczeniu obwodu. Progresję spłaszczenia pozyskano przez cztery krzywizny spłaszczające się w kierunku obwodu w odstępach 3, 6, 8 i 10 dpt w stosunku do promienia centralnego. Średnica soczewki powinna zostać dopasowana odpowiednio do wielkości stożka: od 8,10 mm w przypadku stożka centralnego do 8,60 mm w przypadku stożka owalnego.

Tabela 1. Przykład zestawu próbnego soczewek wielokrzywiznowych ze stałą tylną strefą optyczną (BOZD)

Średnica soczewki (TD) = 9,4																		
BOZR	7,99	7,90	7,80	7,67	7,50	7,34	7,18	7,11	7,03	6,96	6,89	6,82	6,75	6,68	6,62	6,55	6,49	6,37
BOZD	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40
r₁	9,30	9,20	9,10	9,00	8,90	8,80	7,98	7,91	7,83	7,76	7,69	7,62	7,55	7,48	7,42	7,50	7,40	7,30
d₁	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00	8,00
r₂	10,30	10,20	10,10	10,00	9,90	9,80	8,98	8,91	8,83	8,76	8,69	8,62	8,55	8,48	8,42	8,55	8,40	8,30
d₂	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
r₃	11,30	11,20	11,10	11,00	10,90	10,80	10,18	10,11	10,03	9,96	9,89	9,82	9,75	9,68	9,62	9,65	9,55	9,35
d₃	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
PC	12,30	12,20	12,10	12,00	11,90	11,80	11,68	11,61	11,53	11,46	11,39	11,32	11,25	11,18	11,12	11,00	11,00	10,85
TD	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
AEL	0,186	0,191	0,198	0,208	0,225	0,241	0,222	0,228	0,236	0,243	0,250	0,257	0,265	0,274	0,282	0,302	0,307	0,326

Tabela 2. Przykład zestawu próbnego soczewek wielokrzywiznowych ze zmienną tylną strefą optyczną (BOZD)

Średnica soczewki (TD) = 9,4																		
BOZR	8,00	7,90	7,80	7,70	7,60	7,50	7,40	7,30	7,20	7,10	7,00	6,90	6,80	6,70	6,60	6,50	6,40	6,30
BOZD	7,00	6,50	6,50	6,50	6,50	6,50	6,00	6,00	6,00	6,00	6,00	5,50	5,50	5,50	5,50	5,50	5,00	5,00
r₁	9,00	8,90	8,80	8,70	8,60	8,50	8,40	8,30	8,20	8,10	8,00	7,90	7,80	7,70	7,60	7,50	7,40	7,30
d₁	7,60	7,10	7,10	7,10	7,10	7,10	6,60	6,60	6,60	6,60	6,60	6,20	6,20	6,20	6,20	6,20	5,80	5,80
r₂	10,00	9,90	9,80	9,70	9,60	9,50	9,40	9,30	9,20	9,10	9,00	8,90	8,80	8,70	8,60	8,50	8,40	8,30
d₂	8,20	7,70	7,70	7,70	7,70	7,70	7,40	7,40	7,40	7,40	7,40	7,20	7,20	7,20	7,20	7,20	6,90	6,90
r₃	11,00	10,90	10,80	10,70	10,60	10,50	10,40	10,30	10,20	10,10	10,00	9,90	9,80	9,70	9,60	9,50	9,40	9,30
d₃	8,60	8,55	8,55	8,55	8,55	8,55	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,30	8,30	8,30	8,30	8,30	8,00	8,00
PC	12,00	11,90	11,80	11,70	11,60	11,50	11,40	11,30	11,20	11,10	11,00	10,90	10,80	10,70	10,60	10,50	10,40	10,30
TD	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
AEL	0,213	0,262	0,270	0,279	0,288	0,298	0,350	0,362	0,375	0,389	0,403	0,455	0,473	0,492	0,513	0,535	0,606	0,633

BOZR = centralny promień soczewki kontaktowej; BOZD = średnica tylnej strefy optycznej (z ang. back optic zone diameter); r₁ = drugi promień soczewki kontaktowej; d₁ = średnica pierwszej strefy obwodowej tylnej powierzchni; r₂ = trzeci promień soczewki kontaktowej; d₂ = średnica drugiej strefy obwodowej tylnej powierzchni; r₃ = czwarty promień soczewki kontaktowej; d₃ = średnica trzeciej strefy obwodowej tylnej powierzchni; PC = ostatni promień obwodowy soczewki; TD = średnica soczewki; AEL = osiowe spłaszczenie brzegu

Obecnie, dzięki zastosowaniu odpowiednich oprogramowań komputerowych, produkuje się rogówkowe soczewki kontaktowe o różnorodnych ich średnicach, o różnorodnej średnicy tylnej strefy optycznej soczewki jak i jej promienia oraz obwodu (Tabela 1 i 2). Podstawą sukcesu aplikacji a tym samym odpowiedniej odległości soczewki od rogówki, w przypadku wysokich mimośrodków rogówki, jest wybór odpowiednio dużego spłaszczenia peryferii soczewki na jej obrzeżach (większego niż w przypadku zwykłych soczewek kontaktowych). Dostępne zestawy próbnych soczewek kontaktowych zawierają soczewki o stałej średnicy tylnej strefy optycznej, zróżnicowanych tylnych promieniach oraz płaskiej bądź stromej peryferii. Istnieją również zestawy próbnych soczewek o zróżnicowanych tylnych strefach optycznych.

Sferyczne w centrum i asferyczne na obwodzie: Wraz z rozwojem technologicznym pojawiły się i znajdują zastosowanie do dzisiaj geometrie soczewek kontaktowych o sferycznym centrum na tylnej powierzchni i asferycznej peryferii. Dzięki asferycznej peryferii soczewki te łączą w sobie zalety sferycznej strefy optycznej z ulepszoną strefą przylegania na obwodzie. Ten model soczewki kontaktowej, dzięki możliwości wyboru wysokiego spłaszczenia na obrzeżach soczewki, umożliwia korekcję nawet zaawansowanego stożka rogówki z wysokim mimośrodem. Tylna strefa optyczna i asferyczna peryferia mogą zostać do siebie dopasowane i zmodyfikowane niezależnie od siebie.

Asferyczne soczewki kontaktowe

Obecnie na rynku rozpowszechnione są soczewki o całkowicie asferycznej powierzchni tylnej, u których progresywne spłaszczenie rozpoczyna się już w centrum soczewki. Istnieją również geometrie soczewek, które poprzez dodatkową asferyczną przednią strefę korygują aberracje sferyczne. Poprzez dokładne odwzorowanie krzywizny rogówki, zwłaszcza w centrum soczewki, mogą one zostać dopasowane bardziej stromo w porównaniu do geometrii sferycznych z taką samą tylną strefą optyczną. W przypadku niektórych soczewek kontaktolog może dowolnie wybrać asfery na peryferii soczewki. Ponadto, strefy centralne i spłaszczenia na peryferii mogą zostać dopasowane niezależnie od siebie. Producenci przy zmianie średnic stref uwzględniają zmienioną głębokość łuku i kompensują wartość centralnego promienia oraz wartość dioptryczną soczewki. Niektóre geometrie posiadają stałą tylną strefę optyczną, inne zmienną. Przy wyborze bardziej stromego tylnego promienia powiększa się średnicę tylnej strefy optycznej, co ułatwia przy kolejnej aplikacji przeprowadzenie ewentualnych zmian w geometrii soczewki w przypadku progresji stożka.

Semitwardówkowe i minitwardówkowe soczewki kontaktowe

Wraz z wprowadzeniem materiałów o wysokiej przepuszczalności tlenu nastąpił szybki rozwój semi- i minitwardówkowych soczewek kontaktowych. Soczewki te przylegają na obszarze twardówki i najczęściej charakteryzują się sferyczną strefą optyczną oraz wielokrzywiznowym lub asferycznym obwodem. Mogą one być pięciokrzywiznowe, przy czym promień tylnej powierzchni soczewki jak i pierwsza krzywizna peryferyferyjna położona jest na obszarze rogówki, druga w okolicach rąbka rogówki a dwie ostatnie na obszarze twardówki oka. Dokładny opis tego typu soczewki kontaktowej został przedstawiony w załączniku D.

System Piggyback

Przy aplikacji systemu Piggyback stosuje się soczewki silikonohydrożelowe z najbardziej dostępnym stromym promieniem centralnym. Za płaska nośna soczewka kontaktowa może odstawać na peryferii a za stroma powodować powstawanie pecherzyków powietrza w okolicach rąbka rogówki. Sztyniejsza soczewka kontaktowa wydaje się być stosowniejsza do wyrównania nieregularności rogówki. Jeżeli jednak nie jest ona odpowiednia do powierzchni rogówki może dojść do pogorszenia ostrości wzroku spowodowane zniekształceniem soczewki podczas mrugania. W celu polepszenia stabilizacji stabilnokszałtnej soczewki kontaktowej na oku, miękka soczewka nośna powinna mieć niską plusową wartość dioptryczną (+0,50 dpt). Dodatkowo może okazać się konieczny wybór o 1/10 mm bardziej płaskiego promienia centralnego stabilnokszałtnej soczewki kontaktowej oraz podwyższenie jej spłaszczenia na peryferii.

6. Aplikacja soczewek kontaktowych

Wybór odpowiedniej geometrii soczewki kontaktowej

Wskazówki ogólne

Geometrie soczewek kontaktowych do korekcji stożka rogówki to:

- sferyczne (dwu- lub trzykrzywiznowe) oraz asferyczne gazoprzepuszczalne soczewki kontaktowe
- sferyczne wielokrzywiznowe gazoprzepuszczalne soczewki kontaktowe ze sferyczną lub asferyczną peryferią
- semitwardówkowe soczewki kontaktowe

Zaawansowane przypadki, np.: rogówka kulista (keratoglobus), zwyrodnienie brzeżne przezroczyste i stan po chirurgii rogówki, mogą zostać skorygowane za pomocą soczewek munitwardówkowych lub twardek.

Jeżeli najlepsza korekcja okularowa nie jest już wystarczająca i aplikacja soczewek kontaktowych jest nieunikniona, powinno się ją przeprowadzić jak najszybciej z zastosowaniem odpowiedniego systemu. Potrzeba dobrej ostrości widzenia pacjenta powinna stać na pierwszym planie.

Aplikacja powinna zawierać następujące punkty:

- wywiad
- ocena filmu łzowego
- ocena stanu powiek i ich brzegów
- keratometria
- topografia
- refrakcja
- założenie soczewki próbnej
- nadrefrakcja z założoną próbną soczewką kontaktową
- analiza obrazu fluoresceinowego

Obraz założonej próbnej soczewki kontaktowej dostarcza następujących informacji:

- stadium rozdęcia
- wielkość i lokalizacja rozdęcia

Średnia wartość promieni centralnych rogówki informuje o stadium stożka. Stożek rogówki znajduje się w stadium początkowym jeżeli średnia wartość promieni centralnych rogówki jest niższa niż 6,75 mm (50 dpt).

Jeśli średnia wartość centralnych promieni rogówki wynosi od 6,75 mm do 6,03 mm (50 do 56 dpt) mówi się o stadium zaawansowanym a jeżeli przekracza 56 dpt / 6,03 mm o wysoko rozwiniętym stadium stożka rogówki.

Wielkość i położenie rozdęcia stożka rogówki może zostać zobrazowane za pomocą wideokeratografu.

W zaawansowanym stadium rozdęcie osiąga określony kształt i może zostać sklasyfikowane jako stożek centralny (brodawkowy) o małym, centralnym rozdęciu (najczęściej położonym centralnie lub lekko zdecentrowanym nosowo), stożek owalny (przesunięcie szczytu stożka w dół lub bocznie) lub najczęściej spotykany bo w ponad 75% przypadków stożek ogólny (zdecentrowany w dół i bocznie).

Do aplikacji niezbędne są próbne soczewki kontaktowe.

Wybór promienia tylnej powierzchni soczewki kontaktowej (z ang. BOZR)

Wraz z progresją stożka rogówki zmniejszają się promienie centralne rogówki, co powinno się mieć na uwadze podczas wyboru centralnego promienia, średnicy i wielkości tylnej strefy optycznej soczewki kontaktowej.

Edrington i współ. (*Optom Vis Sci* 1996) korzystali podczas badań z tradycyjnego pomiaru promieni rogówki. Nie znaleźli oni żadnej znaczącej różnicy między średnią wartością centralnych promieni rogówki i centralnym promieniem tylnej powierzchni soczewki ($p = 0,3907$). Praca ta nie uwzględniała jednak centralnego promienia ostatecznej soczewki lecz wyłącznie promień pierwszej soczewki próbnej.

Podczas aplikacji soczewki, uwzględniając w/w parametry, należy wziąć pod uwagę, iż wraz ze zmniejszaniem się promieni centralnych rogówki zwiększa się głębokość łuku. Wybór idealnego kształtu soczewki osiąga się przez dobór bardziej płaskiego BOZR przy spłaszczających się promienach centralnych i wzrastającym astygmatyzmie rogówki.

Promień centralny pierwszej próbnej soczewki kontaktowej może zostać określony za pomocą oprogramowania komputerowego wbudowanego

w wideokeratograf. Inną pomocną metodę w ustaleniu centralnego promienia pierwszej próbnej soczewki kontaktowej przedstawia tabela 3.

Z zasady powinno unikać się aplikacji płaskiej, która mechanicznie obciąża rogówkę na obszarze rozdęcia i prowadzi do powstania punktowych uszczerbków nabłonka na szczycie stożka, powstawania blizn oraz redukcji komfortu noszenia soczewki kontaktowej. Ponadto zbyt mocne przyleganie soczewki na centrum rogówki może prowadzić do powstania obrzęku i redukcji ostrości widzenia.

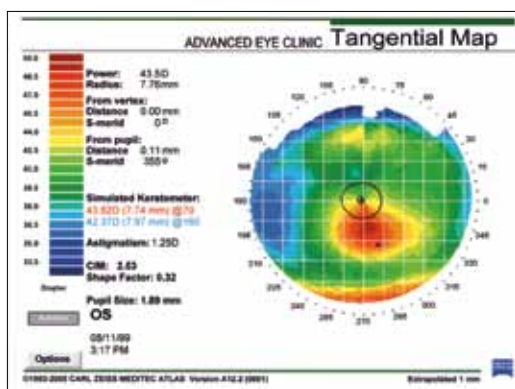
Sorbara i Luong (1999) zbadali zależność wyboru promienia tylnej powierzchni danej soczewki uwzględniając różnice centralnych promieni rogówki (ΔK). W celu ustalenia lokalizacji rozdęcia i astygmatyzmu centralnego wykorzystano topograficzny opis krzywizny rogówki za pomocą promieni stycznych. Na podstawie wyników zbadano związek między promieniem tylnej powierzchni wybranej soczewki i płaskim promieniem rogówki. Tabela 3 przedstawia wynikające z tego podstawy obliczeń centralnego promienia tylnej powierzchni soczewki w formie normogramu. Przykłady przy zastosowaniu tabeli 3:

Tabela 3. Określenie centralnego promienia soczewki o średnicy 9,40 mm z uwzględnieniem centralnego astygmatyzmu rogówki

ΔK (dpt)	BOZR (dpt) (TD 9,4)
-0,25 dpt do -3,75 dpt	K płaski rog (dpt) - 0,61 x (ΔK)
-4,00 dpt do -7,50 dpt	K płaski rog (dpt) - 0,50 x (ΔK)*
-7,75 dpt do -16,75 dpt	K płaski rog (dpt) - 0,35 x (ΔK)

* zbliżona średnia wartość promienia soczewki o tylnej strefie optycznej 7,40 mm
 ΔK = różnice centralnych promieni rogówki

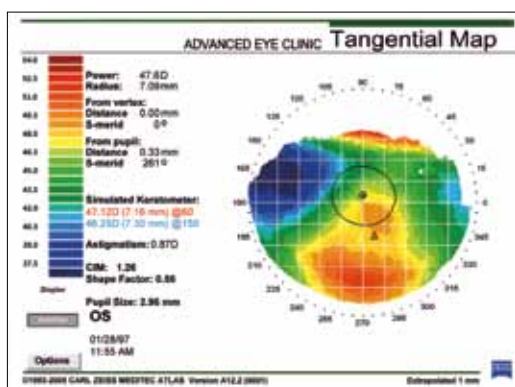
W licznych publikacjach, w celu określenia parametrów pierwszej próbnej soczewki kontaktowej coraz częściej poleca się zastosowanie wideokeratografu. Według Wassermanna i współ. (*CLAO J* 1992) podczas aplikacji asferycznych soczewek kontaktowych u 11 pacjentów promień tylnej powierzchni soczewki odpowiadał wartości płaskiego promienia rogówki na jej centralnym obszarze o średnicy 5 mm. Zgodnie ze stwierdzeniem, Donsnik i współ. (*Trans Am Ophthalmol Soc* 1996), geometria soczewki jest odpowiednia jeżeli promień jej tylnej powierzchni odpowiada średniej wartości obu najbardziej płaskich promieni rogówki na obszarze o średnicy 3 mm. Szczotka (*CLAO J* 1998) opisuje w swych pracach, iż najbardziej odpowiednim promieniem tylnej powierzchni stabilnokształtnej soczewki kontaktowej jest promień, który odpowiada stromemu strzałkowemu promieniowi rogówki (przy czym określone zostają średnie wartości południków 5, 6 i 7).



Ryc. 31. Wczesny owalny stożek rogówki, topografia



Ryc. 31a. Obraz fluoresceinowy, wczesny owalny stożek rogówki



Ryc. 32. Zaawansowany owalny stożek rogówki, topografia



Ryc. 32a. Obraz fluoresceinowy, zaawansowany owalny stożek rogówki

Pacjent 1: Płaski promień rogówki 7,03 mm (48 dpt) (zmierzony za pomocą wideokeratografu) i centralny astygmatyzm rogówkowy w wysokości $-3,00$ dpt: $BOZR = 48,00 \text{ dpt} - (0,609 \times (-3,00)) = 49,83 \text{ dpt}$ (6,77 mm)

Pacjent 2: Płaski promień rogówki 7,03 mm (48 dpt) (zmierzony za pomocą wideokeratografu) i centralny astygmatyzm rogówkowy w wysokości $-7,00$ dpt: $BOZR = 48,00 \text{ dpt} - (0,419 \times (-7,00)) = 50,93 \text{ dpt}$ (6,62 mm)

Z tabeli 3 wynika iż w przypadku średniego astygmatyzmu, o wartości od $-4,00$ dpt do $-7,50$ dpt i średnicy soczewki powyżej 9,40 mm promień centralny soczewki BOZR należy dopasować bardziej stromo o $0,5 \times \Delta K$. Wychodząc z założenia, iż tylna strefa optyczna w przypadku soczewek o większych i mniejszych średnicach jest odpowiednio mniejsza lub większa, poleca się następujący wybór centralnego promienia pierwszej soczewki próbnej: dla mniejszych soczewek kontaktowych (np. o średnicy 8,70 mm) zaleca się dobór centralnego promienia soczewki BOZR o 0,20 mm bardziej stromej niż średnia wartość centralnych promieni rogówki. Dla większych soczewek kontaktowych (np. o średnicy od 9,60 mm do 10,10 mm) zaleca się dobór centralnego promienia soczewki BOZR o 0,20 mm bardziej płaskiej niż średnia wartość centralnych promieni rogówki. Ostatecznie właściwy promień centralny soczewki powinien zostać określony na podstawie obrazu fluoresceinowego. Przesadne trzypunktowe przyleganie soczewki do rogówki może spowodować punktowe uszkodzenia nabłonka, decentrację soczewki, obniżony komfort noszenia lub deformację rogówki.

Te same reguły dotyczą soczewek białoferycznych z wyjątkiem wartości promienia centralnego pierwszej próbnej soczewki kontaktowej, który powinien być dobrany od 0,10 mm do 0,20 mm bardziej płasko niż wynika to z tabeli 3.

Wartość dioptryczna soczewki kontaktowej

Wzrost astygmatyzmu jak i zmieniające się kierunki osi są wczesnymi oznakami stożka rogówki, najczęściej przebiegającego z krótkowzrocznością i astygmatyzmem zgodnym z regułą. W przypadku PMD z powodu dużego spłaszczenia rogówki występuje wysoki astygmatyzm odwrotny w połączeniu z nadwzrocznością. W obu przypadkach jest to astygmatyzm nieregularny co utrudnia przeprowadzenie skiaskopii jak i dokładnej refracji subiektywnej. Dopiero po aplikacji stabilnoksztalnej soczewki kontaktowej i przeprowadzeniu nadrefrakcji można zauważyć

poprawę ostrości widzenia. Stabilnokształtna soczewka kontaktowa wyrównuje nieregularności rogówki za pomocą płynu łzowego. Bazując na najlepszej korekcji okularowej trudno jest przewidzieć moc ostatecznej soczewki kontaktowej dlatego empiryczna aplikacja soczewek kontaktowych w przypadku zaawansowanego stożka rogówki jest trudna do przeprowadzenia.

Przebieg aplikacji: wybór odpowiedniej tylnej strefy optycznej oraz średnicy soczewki

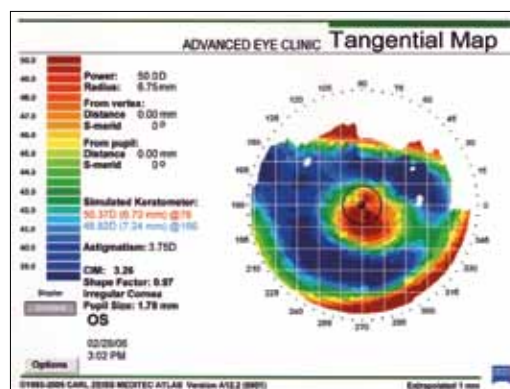
W przeszłości stosowano małe średnice soczewek i małe wewnętrzne strefy optyczne z mostkowaniem szczytu stożka (aplikacja stroma) jak również duże średnice soczewek kontaktowych z przyleganiem soczewki na szczycie stożka oraz pokryciem przez powieki (aplikacja płaska). Obecnie uważa się, iż powinno unikać się obu powyższych rodzajów aplikacji. Zaleca się aplikację trzypunktową, za pomocą której osiąga się dobrą ostrość widzenia i nie zaburza fizjologii oka.

Parametry tylnej strefy optycznej jak i średnicy soczewki mogą zostać odpowiednio dobrane za pomocą analizy topografii w centrum i na obwodzie rogówki. Topografia ilustruje kształt, wielkość i położenie stożka. Każde oprogramowanie topograficzne posiada siatkę do pomiaru wielkości i położenia rozdęcia. Przy dokładnej analizie tych wartości można dokładnie określić parametry soczewki kontaktowej, które wpływają na prawidłowe położenie i jej centrację na rogówce.

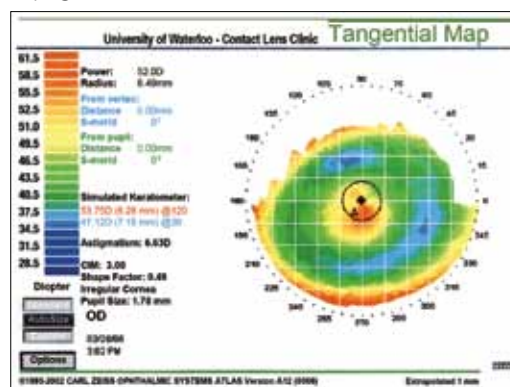
Kontakt i wymiana informacji z producentem jest niezbędna do zrozumienia geometrii i budowy danej soczewki kontaktowej oraz do jej ewentualnej modyfikacji w celu otrzymania soczewki kontaktowej o optymalnym kształcie.

Aplikacja soczewek o małej średnicy (od 8,5 mm do 9,3 mm)

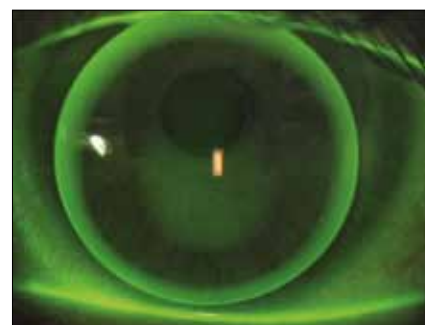
Po pomiarze i określeniu wielkości oraz lokalizacji rozdęcia można zdefiniować średnicę tylnej strefy optycznej. Małe średnice są odpowiednie do małych centralnych oraz owalnych stożków rogówki w początkowym stadium. Jeżeli stożek rogówki z małym rozdęciem powiększa się, w celu polepszenia centracji soczewki i uniknięcia powstawania pęcherzyków powietrza wokół szczytu stożka, powinna zostać zmniejszona tylna strefa optyczna. Centralny (brodawkowy) stożek zajmuje mały obszar rogówki. Obszar ten zmniejsza się wraz z progresją stożka (Ryc. 33a i 33b). W tym przypadku aby zapobiec gromadzeniu się pęcherzyków powietrza w okolicy szczytu stożka powinna zostać dobrana mniejsza średnica tylnej strefy optycznej oraz bardziej stromy promień tylnej powierzchni soczewki. Prowadzi to do lepszej centracji i równoległego rozłożenia sił przylegania soczewki na rogówce (Ryc. 34).



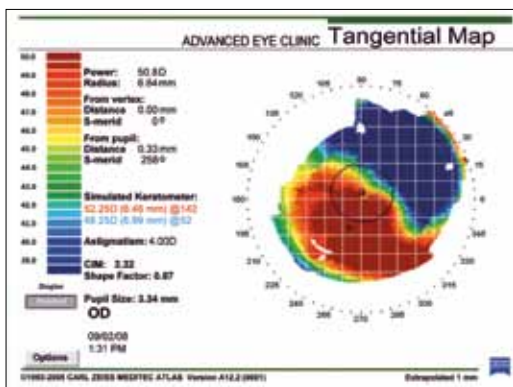
Ryc. 33a. Stożek rogówki (wczesne stadium), topografia



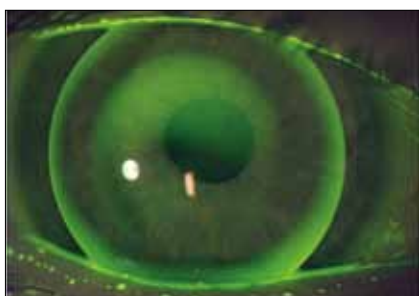
Ryc. 33b. Stożek rogówki (stadium zaawansowane), topografia



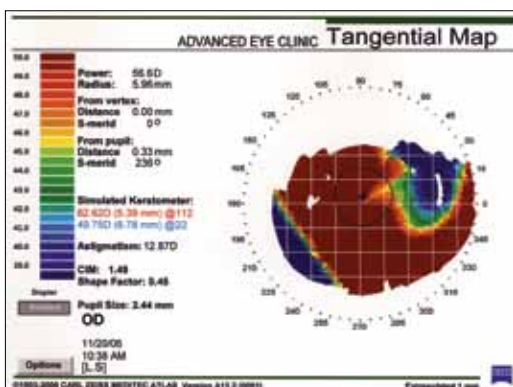
Ryc. 34. Obraz fluoresceinowy z soczewką kontaktową o małej średnicy i centralnym stożkiem rogówki



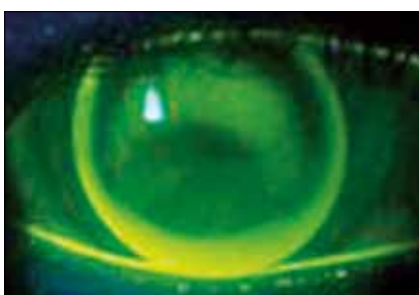
Ryc. 35. Owalny, bardzo zaawansowany stożek rogówki, topografia



Ryc. 35a. Obraz fluoresceinowy, owalny, bardzo zaawansowany stożek rogówki



Ryc. 36. Stożek ogólny, topografia



Ryc. 36a. Stożek ogólny, obraz fluoresceinowy

Aplikacja soczewek o średniej średnicy (od 9,4 mm do 9,9 mm)

W przypadku owalnych stożków zastosowanie znajdują soczewki kontaktowe, w których wraz ze zwiększaniem się średnicy soczewki zwiększa się średnica tylnej strefy optycznej. Wraz z progresją stożka powiększa się powierzchnia rozdęcia. Zwiększająca się średnica tylnej strefy optycznej zapobiega mostkowaniu szczytu stożka i powstawaniu pęcherzyków powietrza.

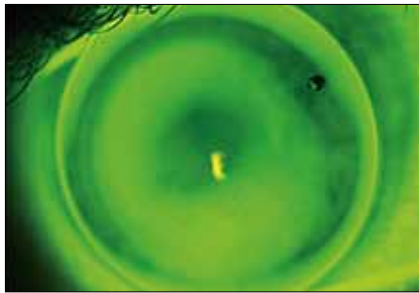
Ryciny 31, 32, 35 i 36 przedstawiają nieznaczną ekspansję rozdęcia w przypadku stożka owalnego w początkowym stadium oraz większą ekspansję w przypadku zaawansowanego stożka. Wielkość obszaru rozdęcia, średnicę tylnej strefy optycznej oraz średnicę soczewki kontaktowej najłatwiej jest określić za pomocą oprogramowania topograficznego. Należy zaznaczyć, że wraz z powiększaniem się obszaru rozdęcia powinna powiększać się średnica tylnej strefy optycznej oraz średnica soczewki a promień centralny soczewki powinien zostać dobrany bardziej stromo. W ten sposób osiągnie się aplikację trzypunktową z nie za dużym przyleganiem soczewki na szczycie stożka.

Na rycinach 31a, 32a, 35a i 36a również widać trzypunktowe przyleganie soczewki kontaktowej. Stosując ten rodzaj aplikacji, dzięki idealnemu rozłożeniu sił przylegania soczewki do rogówki, zapobiega się uszkodzeniom rogówki. Stabilnokształtne soczewki kontaktowe umożliwiają osiągnięcie bardzo dobrej ostrości wzroku ponieważ film łzowy zawarty pod soczewką wyrównuje nieregularności rogówki a przez to soczewka tworzy nową regularną powierzchnię. Próbną soczewki kontaktowe o geometrii wielokrzywiznowej skonstruowane przez McGuire™ czy Soper posiadają średnice tylnej strefy optycznej zależne od średnicy soczewki. Można porównać następujące soczewki kontaktowe:

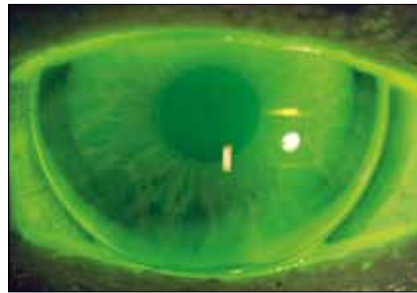
Tyłna strefa optyczna o \varnothing 5,75 / sk \varnothing 9,00 dla stożka początkowego, tyłna strefa optyczna o \varnothing 6,25 / sk \varnothing 9,60 dla stożka w średniozaawansowanym stadium lub o \varnothing 7,00 / sk \varnothing 10,10 dla stożka o stadium zaawansowanym.

Aplikacja rogówkowych soczewek kontaktowych o dużej średnicy (od 10,0 mm do 12,8 mm) oraz soczewek rogówkowo-twardówkowych (od 12,9 mm do 13,5 mm)

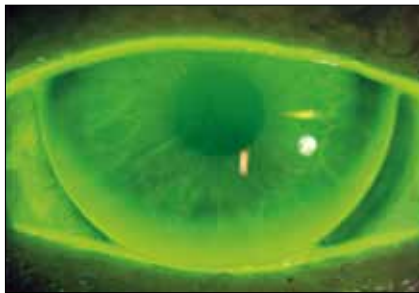
Aby zapobiec obciążeniu szczytu stożka w przypadku zaawansowanego stożka rogówki poleca się aplikację soczewek o dużej średnicy tylnej strefy optycznej. Na Ryc. 36a został przedstawiony obraz fluoresceinowy soczewki kontaktowej z dużą średnicą tylnej strefy optycznej i dużą średnicą soczewki na rogówce o dużym obszarze rozdęcia. Soczewka wykazuje prawidłowe położenie z lekkim przyleganiem trzypunktowym. Jest to



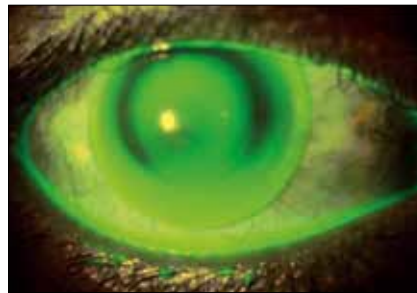
Ryc. 37. Soczewka kontaktowa o średnicy 10,40 mm



Ryc. 38. Sferyczna soczewka kontaktowa o średnicy 11,20 mm



Ryc. 39. Asferyczna soczewka kontaktowa o średnicy 11,2 mm



Ryc. 40. Soczewka kontaktowa o średnicy 13,5 mm

asferyczna soczewka kontaktowa o średnicy 10,20 mm i sferycznej tylnej strefie optycznej 9,20 mm. Możliwa byłaby również soczewka o średnicy 10,40 mm (Ryc. 37). Jeszcze większe średnice (np. 11,20 mm) znajdują zastosowanie do korekcji stożka ogólnego (zob. Ryc. 38 i 39 lub Ryc. 37, 10,40 mm, Ryc. 38, 11,20 mm, sferyczne soczewki rogówkowe o średnicy od 12,90 mm do 13,50 mm jak widać na Ryc. 40).

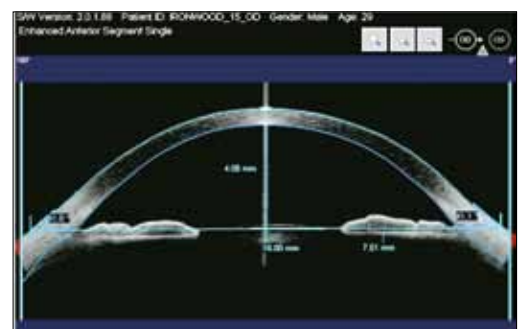
Tabela 4 podsumowuje zależność między średnicą tylnej strefy optycznej i wielkością rozdęcia.

Tabela 5 i 5b przedstawia zależność między średnicą i promieniem tylnej strefy optycznej soczewki.

Aplikacja semitwardówkowych soczewek kontaktowych o średnicy (od 13,6 mm do 14,9 mm) oraz soczewek minitwardówkowych (od 15,0 mm do 18,0 mm)

Odkąd soczewki semitwardówkowe znalazły zastosowanie w korekcji nieregularnych rogówek takich jak zaawansowany stożek rogówki, zwyrodnienie brzeżne przezroczyste (PMD), stan po skaleczeniach, keratoplastyce drążącej, PRK fotokeratektomii refrakcyjnej (z ang. photorefractive keratektomy), Lasik oraz rozdęciach po chirurgii refrakcyjnej pomocnym parametrem do wyboru odpowiednich parametrów soczewki jest znajomość głębokości łuku danej soczewki kontaktowej. Aby zachować rezerwuuar płynu łzowego pod soczewką kontaktową głębokość łuku soczewki powinna być większa niż głębokość łuku rogówki. Jeżeli jednak głębokość łuku zaaplikowanej soczewki jest za duża w porównaniu do głębokości łuku rogówki, mogą gromadzić się pęcherzyki powietrza.

Głębokość łuku każdej rogówki, niezależnie od jej średnicy, może zostać bezpośrednio zmierzona za pomocą OCT (np. Visante) (Ryc. 41). Orbscan dostarcza zbliżoną wartość głębokości łuku z całej średnicy rogówki (białe do białego), podaje głębokość komory przedniej oraz uwzględnia grubość rogówki w centrum. Inne topografy jak np. Medmont mierzą głębokość łuku bezpośrednio. Za pomocą każdego topografu, który podaje wartość mimośrodu (spłaszczenie na obwodzie rogówki), może zostać obliczona wartość głębokości łuku przy zastosowaniu reguły elipsy, która zawiera w sobie wartość mimośrodu numerycznego e , promień w płaskim południku, połowę poziomej widocznej średnicy tęczęwki (HVID) oraz wartość współczynnika kształtu p ($p = 1 - e^2$).



Ryc. 41. Głębokość łuku (zmierzona za pomocą Visante)

$$Sag = \frac{r - \sqrt{r^2 - p \left(\frac{HVID}{2} \right)^2}}{p} \quad r = \text{promień w południku płaskim, } p = \text{współczynnik kształtu (z ang. shape factor)}$$

HVID = pozioma widoczna średnica tęczęwki (z ang. horizontal visible iris diameter)

Tabela 4. Związek między średnicą rozděcia i średnicą tylnej strefy optycznej (BOZD)

Kształt rozděcia	Średnica rozděcia	Średnica BOZD	Średnica sk
Centralny:			
Początkowy	4,0 do 5,0 mm	7,40 do 8,10 mm	9,4 do 9,6 mm
Zaawansowany	2,8 do 3,9 mm	5,00 do 7,30 mm	8,8 do 9,3 mm
Bardzo zaawansowany	2,0 do 2,7 mm	3,00 do 4,90 mm	8,0 do 8,7 mm
Owalny:			
Początkowy	2,0 do 4,0 mm	5,25 do 7,50 mm	8,5 do 9,6 mm
Zaawansowany	4,2 do 5,0 mm	7,60 do 8,10 mm	9,8 do 10,1 mm
Bardzo zaawansowany	5,2 do 7,0 mm	8,20 do 9,40 mm	10,2 do 11,4 mm
Stożek ogólny	>7,0 mm	9,20 do 9,60 mm	10,2 do 11,4 mm
PMD:			
Początkowy	5,0 do 7,0 mm	8,20 do 9,40 mm	10,2 do 11,4 mm
Zaawansowany	7,2 do 9,0 mm	9,40 do 10,50 mm	11,4 do 18,2 mm

Tabela 5a. Określenie wartości promienia centralnego BOZR przy zmiennej wartości tylnej strefy optycznej (BOZD)

Zmienna średnica tylnej strefy optycznej (BOZD)	Promień centralny BOZR (mm)
3,3–4,3 mm	Średnia wartość promienia (mm) – 0,4 mm
3,9–4,6 mm	Średnia wartość promienia (mm) – 0,35 mm
5,1–6,1 mm	Średnia wartość promienia (mm) – 0,3 mm
6,2–7,2 mm	Średnia wartość promienia (mm) – 0,2 mm
7,4–8,0 mm	Średnia wartość promienia (mm)
> 8,1 BOZD	Średnia wartość promienia (mm) + 0,2 mm

Tabela 5b. Określenie wartości promienia centralnego BOZR przy stałej wartości tylnej strefy optycznej (BOZD)

Stała średnica tylnej strefy optycznej (BOZD)	Promień centralny BOZR (mm)
6,5–7,2/8,5–9,0 mm	Średnia wartość promienia (mm) – 0,2 mm
7,3–7,5/9,2–9,6 mm	Średnia wartość promienia (mm)
7,6–8,1/9,8–10,1 mm	Średnia wartość promienia (mm) + 0,15 mm
8,2–8,6/10,2–10,6 mm	Średnia wartość promienia (mm) + 0,2 do 0,3 mm
8,7–9,4/10,8–11,4 mm	Średnia wartość promienia (mm) + 0,4

Aby zapewnić mostkowanie między szczytem rogówki a soczewką semitwardówkową głębokość łuku soczewki powinna być nieznacznie większa niż głębokość łuku rogówki. Jeżeli na etykiecie soczewki kontaktowej widnieją promienie jej tylnej powierzchni głębokość łuku może zostać obliczona za pomocą następującego wzoru:

$$r = \frac{\left(\frac{HVID}{2}\right)^2 - p(sag)^2}{2(sag)}$$

HVID = pozioma widoczna średnica tęczęwki (z ang. horizontal visible iris diameter);
 p = współczynnik kształtu (z ang. shape factor); sag = głębokość łuku

Zasady aplikacji polecane przez producenta uwzględniające progresję stożka rogówki sugerują pierwszą próbną soczewkę kontaktową.

Aby zapewnić wymianę płynu łzowego na obszarze środkowego obwodu promienie peryferyjne soczewki (drugi, trzeci promień obwodowy lub strefa asferyczna) powinny:

- zostać dobrane bardziej płasko (jeżeli nie stosuje się mostkowania), lub
- zostać dobrane bardziej stromo (jeżeli stosuje się mocne mostkowanie i występują pęcherzyki powietrza)

Najbardziej obwodowa, twardówkowa strefa soczewki kontaktowej może zostać oceniona za pomocą najnowszych instrumentów pomiarowych OCT (np. RT-Vue OCT, Clarion Medical Tech; Visante OCT, Zeiss Meditec, CA) lub za pomocą badania w lampie szczelinowej. Geometria soczewki oraz obszar jej przylegania na oku mogą zostać ocenione dzięki obserwacji spojówkowych naczyń krwionośnych lub obrazu fluoresceinowego.

Zob. Ryc. 42, 42a, 42b i 43, przykłady soczewek semitwardówkowych.

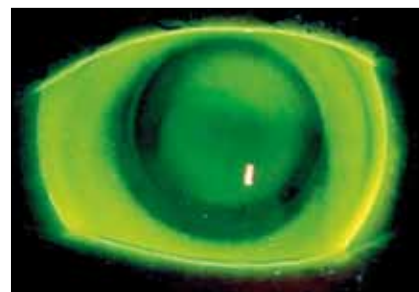
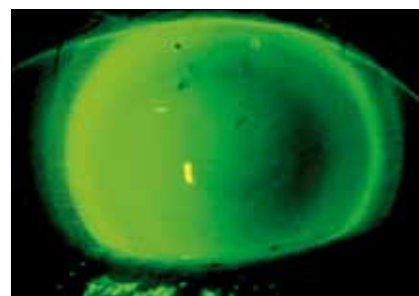
Geometria obwodu soczewki kontaktowej

Określenie osiowego spłaszczenia brzegu (z ang. AEL axial edge lift)

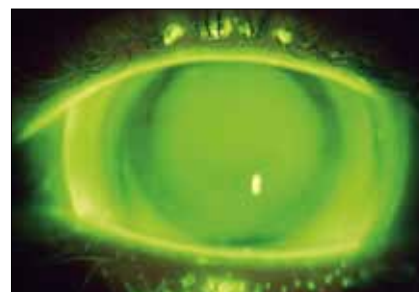
Ostatnim etapem aplikacji jest określenie kształtu brzegu soczewki, który jest odpowiedzialny za utrzymanie prawidłowej fizjologii rogówki. Kształt brzegu określają dwie wielkości: osiowe spłaszczenie brzegu (z ang. AEL; axial edge lift) oraz osiowa odległość od brzegu (z ang. AEC; axial edge clearance), która określana jest przez grubość płynu łzowego (z ang. TLT; tear layer thickness) między tylną powierzchnią soczewki kontaktowej a rogówką (Ryc. 44).

Standardowymi soczewkami kontaktowymi dla stożka w początkowym stadium są soczewki o 120 μm osiowym spłaszczeniu brzegu lub soczewki asferyczne (e.g. Boston Envision™) z lekko podwyższonym spłaszczeniem brzegu. Wartości te opierają się na średnich mimośrodkach rogówki w wysokości od 0,45 do 0,55. Wraz z progresją stożka i zwiększaniem się głębokości łuku rogówki oraz jej mimośrodu bardziej odpowiednie są wielokrzywiznowe soczewki kontaktowe o większej tylnej strefie optycznej i z wyższym osiowym spłaszczeniem brzegu (200 μm do 350 μm). W zaawansowanych przypadkach, z numerycznym mimośrodem rogówki od 0,75 do 1,00 znajdują zastosowanie soczewki z osiowym spłaszczeniem brzegu aż do 650 μm .

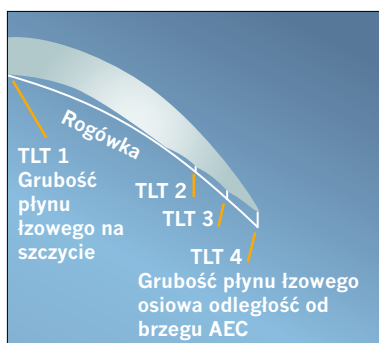
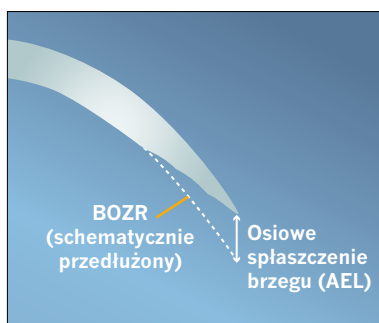
Próbne soczewki kontaktowe posiadają standardowe spłaszczenie obwodowe z określonym osiowym spłaszczeniem brzegu. Jeżeli na obrazie fluoresceinowym w centrum widoczne jest prawidłowe, lekkie przyleganie trzypunktowe a brzeg soczewki lekko odstaje wówczas powinna ulec zmianie jedynie wartość AEL. Nie ma konieczności zmiany AEL do czasu ustalenia prawidłowej geometrii soczewki w jej centrum ponieważ nieodpowiedni kształt soczewki na jej peryferii jest spowodowany stromą lub płaską aplikacją soczewki kontaktowej. Po wyborze idealnego



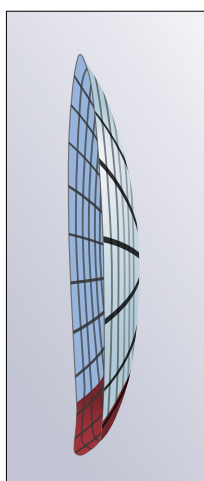
Ryc. 42, 42a i 42b. średnica 15,8 mm



Ryc. 43. średnica 18,2 mm



Ryc. 44. AEL i AEC soczewki kontaktowej



Ryc. 45. Geometria kwadrantowzróznicowana



Ryc. 46. Żółty filtr firmy Boston

centralnego promienia tylnej powierzchni soczewki BOZR można dowolnie zmieniać i modyfikować promienie peryferyjne soczewki.

Jeżeli dokonuje się modyfikacji promieni peryferyjnych soczewki kontaktowej o małej tylnej strefie optycznej (BOZD 3,7 mm do 5,1 mm) ma to także wpływ na położenie soczewki w jej części centralnej. Z powodu większej głębokości łuku spowodowanej stromą peryferią również centrum soczewki sprawia wrażenie stromego. Producenci soczewek kontaktowych wyrównują tę różnicę dopasowując wartość tylnego promienia soczewki BOZR o 0,05 mm oraz jej wartość dioptryczną o 0,25 dpt. Z bardziej płasko dobraną peryferią w porównaniu do standardu wynika mniejsza głębokość łuku oraz większe przyleganie soczewki kontaktowej w jej części centralnej. Również tą różnicę wyrównuje producent dopasowując bardziej stromo tylny promień centralny i odpowiednio zmieniając wartość dioptryczną soczewki. Przy ponownym zamówieniu należy zaznaczyć, iż jest to kolejne zamówienie z już uzględnionymi różnicami i wartości soczewki kontaktowej nie muszą być ponownie przeliczane.

W przypadku soczewek o dużej tylnej strefie optycznej (>6,25 mm) kompensacja ww wartości nie jest konieczna ponieważ w przypadku tych soczewek zmiana głębokości łuku po dopasowaniu promieni peryferyjnych zarówno w ocenie biomikroskopowej w świetle białym jak i w obrazie fluoresceinowym jest niezauważalna. Soczewki te mogą zostać zamówione z bardziej stromą lub bardziej płaską peryferią i osiową odległością od brzegu bez zmiany tylnego promienia soczewki kontaktowej. Jeżeli soczewka kontaktowa jest soczewką próbną wówczas ocenę konieczności zmiany poszczególnych parametrów dokonuje się na podstawie obrazu fluoresceinowego.

Toryczny lub asymetryczny obwód soczewki kontaktowej

Nowoczesne geometrie soczewek kontaktowych opierają się na danych topograficznych i wyrównują nieregularności rogówki na całym jej obszarze. Konstrukcja tych soczewek może opierać się na ich torycznym obwodzie bądź obwodzie podzielonym na strefy (tzw. kwadrantowzróznicowana soczewka), w obrębie których można wydzielić obszar z najniższym AEL w stosunku do pozostałych stref. Podczas zmiany tylnego promienia soczewki (BOZR) na bardziej stromy o 1/10 mm następuje kompensacja mocy sferycznej o -0,50 dpt.

Soczewki te wykorzystuje się również do korekcji zwyrodnienia brzeźnego przezroczystego (PMD), w którym najcieńszy i najbardziej stromy obszar rogówki zlokalizowany jest dużo niżej w porównaniu do stożka rogówki (Ryc. 45).

Ocena położenia soczewki kontaktowej

Obraz fluoresceinowy

Ocenę obrazu fluoresceinowego powinno przeprowadzać się za pomocą filtra kobaltowego wbudowanego w system oświetlający oraz żółtego filtra wkomponowanego w system obserwacyjny (Ryc. 46). Aby dostarczyć możliwie jak najmniej fluoresceiny na przednią powierzchnię soczewki kontaktowej wilgotny pasek fluoresceinowy powinien zostać naniesiony na spojówkę gałki ocznej. Większość próbnych soczewek kontaktowych posiada standardowe spłaszczenie brzegu, jednak w przypadku zaawansowanych stożków z wysokim mimośrodem rogówki konieczne jest zastosowanie soczewek o wyższym spłaszczeniu na obwodzie. Ocena obrazu fluoresceinowego zalecana jest po upływie 5–20 minut od założenia soczewki na oko ponieważ soczewki kontaktowe, zwłaszcza te, które przylegają do twardówki mogą zmienić swoje położenie i zachowanie (przylegać bardziej i ciaśniej do powierzchni oka) po upływie pewnego okresu czasu.

Przyleganie trypunktowe

Podczas aplikacji zaleca się się trypunktowe przyleganie soczewki do rogówki: delikatne przyleganie w centrum i na środkowym obwodzie. Miejsce dotyku soczewki w centrum zależy od położenia szczytu stożka. W przypadku małego, centralnego stożka rogówki miejsce przylegania położone będzie w centrum natomiast w przypadku stożka owalnego miejsce dotyku będzie zdecentrowane w bok i do dołu. Pozostałe obszary przylegania położone są wzdłuż płaskiego południka rogówki, często poziomo w przypadku stożka rogówki i pionowo w przypadku PMD. Płaskie dopasowanie obwodu soczewki na obszarze od 0,50 mm do 0,70 mm może zostać osiągnięte przez zwiększone płaskie dopasowanie na peryferii (Ryc. 47).

Dotykanie szczytu stożka

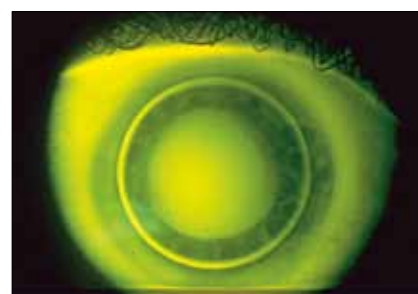
Wybór zbyt płaskiego promienia centralnego soczewki i związane z tym zbyt mocne przyleganie soczewki na szczycie stożka może doprowadzić do powstania punktowych uszczerbków nabłonka i blizn. Wbrew wcześniejszym poglądom soczewki kontaktowe o dużej średnicy, częściowo pokryte powieką górną nie powinny być aplikowane bardziej płasko. W przypadku stożków o dużym rozděciu podwyższona głębokość łuku może zapobiec uciskowi na obszary szczytu. Ryc. 48 przedstawia punktowe uszczerbki nabłonka spowodowane zbyt dużym uciskiem za płasko dopasowanej soczewki kontaktowej. Takiej aplikacji powinno się unikać.



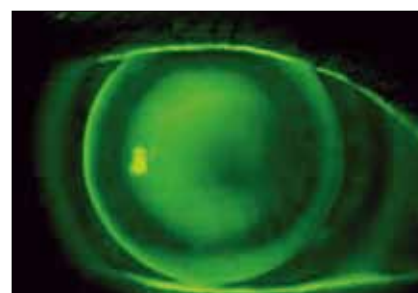
Ryc. 47. Obraz fluoresceinowy aplikacji trypunktowej, rozmieszczenie powierzchni przylegania



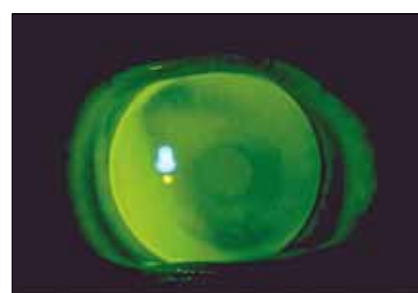
Ryc. 48. Obraz fluoresceinowy aplikacji płaskiej (ucisk na centrum rogówki)



Ryc. 49. Obraz fluoresceinowy aplikacji stromej (mostkowanie szczytu stożka)



Ryc. 50. Idealne przyleganie na obwodzie (sferyczna soczewka kontaktowa)



Ryc. 51. Idealne przyleganie na obwodzie (asferyczna soczewka kontaktowa)

Dzięki ocenie topografii rogówki stożkowej, którą charakteryzują podwyższone wartości mimośrodków, można zrozumieć dlaczego w celu uzyskania idealnego położenia i przylegania soczewki do rogówki konieczne są odpowiednie zmiany obwodu soczewki (na bardziej strome lub bardziej płaskie).

Mostkowanie szczytu stożka

Przesadnego mostkowania szczytu stożka powinno się unikać. Zamknięte pod powierzchnią soczewki pęcherzyki powietrza mogą obniżać komfort noszenia soczewki oraz niekorzystnie wpływać na ostrość wzroku. Powodem obniżenia ostrości wzroku może być również zniekształcenie soczewki kontaktowej (Ryc. 49). Za stroma aplikacja, szczególnie w przypadkach z dużą niezbornością rogówkową, może doprowadzić do wystromienia centralnych promieni rogówki co z kolei może spowodować indukcję krótkowzroczności.

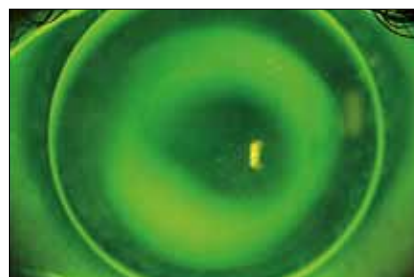
Idealna konstrukcja brzegów

Po osiągnięciu idealnego przylegania soczewki w centrum można dowolnie modyfikować jej obwodowe parametry. Spłaszczenie i kształt środkowego obwodu tylnej powierzchni soczewki kontaktowej powinno przebiegać równoległe do spłaszczenia rogówki na tym obszarze (Ryc. 50). Dzięki zastosowaniu asferycznych krzywizn osiąga się bardziej jednolitą powierzchnię przylegania na obwodzie soczewki (Ryc. 51). Odległość soczewki od rogówki na obszarze peryferyjnym powinna wynosić od 100 do 120 μm . Soczewki kontaktowe o większej średnicy i zarazem wyższym spłaszczeniu na obwodzie (np. przez podwyższone spłaszczenie osiowe) odstają bardziej niż porównywalne soczewki kontaktowe o mniejszej średnicy. Taka konstrukcja brzegu soczewki jest nieodzowna dla prawidłowego poruszania się soczewki na rogówce, odpowiednią jej centrację, wymianę płynu łzowego oraz wypłukiwanie ciał obcych spod soczewki kontaktowej.

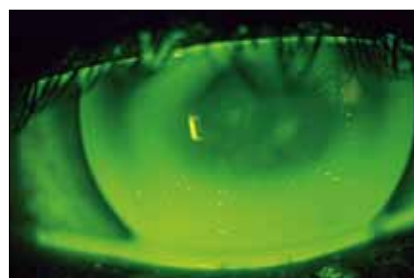
Szerokość brzegu soczewki o wartości 0,7 mm uznaje się za idealną. W przypadku rozległych i niskopolożonych rozdęć, zarówno tylna strefa optyczna jak i średnica soczewki powinna zostać tak dobrana, aby powieka dolna lekko pokrywała dolny brzeg soczewki i zarazem przy mrugnięciu umożliwiała równomierną wymianę płynu łzowego. Aby to osiągnąć może okazać się konieczne spłaszczenie lub wystromienie brzegu soczewki wyłącznie w jednym jej kwadrancie.

Minimalne przyleganie brzegów

Zbyt małe odstawanie brzegu soczewki lub brak odstawania bez względu na wielkość średnicy soczewki jest niedopuszczalne gdyż może skutkować uciskiem obwodu rogówki i doprowadzić do zniekształcenia rogówki, punktowych uszczerbków nabłonka, zmniejszonego poruszania się soczewki, redukcji wymiany płynu łzowego, powstania obrzęku lub stanów zapalnych rogówki. Soczewki kontaktowe o wąskim brzegu uniemożliwiającym wymianę płynu łzowego mają tendencję do centracji wokół szczytu stożka rogówki, który może być przesunięty w kierunku skroni, nosowo lub w dół (Ryc. 52).



Ryc. 52. Minimalne odstawanie brzegu



Ryc. 53. Przesadne odstawanie brzegu soczewki kontaktowej (soczewka opiera się na brzegu powieki dolnej)



Ryc. 54. Centralne położenie soczewki

Znaczne odstawianie brzegów

Przesadne odstawianie brzegu soczewki powoduje drażnienie i uczucie ciała obcego. Jeżeli brzeg soczewki kontaktowej zbyt mocno odstaje opierając się na powiece dolnej taka soczewka może łatwo wypaść z oka (Ryc. 53). Zbyt mocno odstający brzeg soczewki może naciskać pod górną powieką na gałkę oczną i doprowadzić do spłaszczenia szczytu stożka.

Centrowanie i poruszanie się soczewki

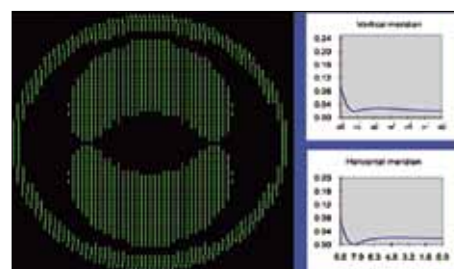
Dobrze dopasowana soczewka kontaktowa powinna znajdować się centralnie na rogówce (Ryc. 54). Prawidłowa centracja może zostać osiągnięta poprzez idealne położenie i przyleganie soczewki do rogówki i zależy od poprawnie dobranej średnicy soczewki w stosunku do średnicy stożka (w przypadku rozległych form stożka są to większe średnice soczewek). Swobodne poruszanie się soczewki na oku jest nieodzowne dla zachowania prawidłowej fizjologii rogówki. Ruchomość soczewek mieści się w zakresie od 2 mm dla soczewek o małej średnicy oraz do 0,5 mm dla soczewek o dużej średnicy. Twardówkowe i semitwardówkowe soczewki charakteryzują się małą dynamiką a ich poruszanie się zależy od sił powiek, które wywołują ucisk na przednią powierzchnię soczewki podczas mrugania wywołując mechanizm pompy. Poprzez test push-up należy upewnić się, iż soczewka wystarczająco się porusza i nie uciska na twardówkę.

Nadrefrakcja

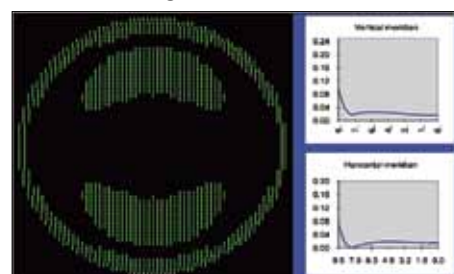
Po aplikacji soczewki próbnej i przeprowadzeniu nadrefrakcji można określić moc soczewki ostatecznej. W przypadku stożka rogówki badanie za pomocą skioskopii jest utrudnione przez efekt nożycowy dlatego do ustalenia nadrefrakcji pomocnym jest pomiar autorefraktometrem. Należy zacząć od określenia najlepszej nadrefrakcji sferycznej a następnie, jeżeli ostrość wzroku nadal jest niezadowalająca, można sprawdzić czy obecny jest cylinder resztkowy. Jeżeli wpływa on znacznie na poprawę ostrości wzroku może zostać skorygowany, zwłaszcza w przypadku starczowzroczności, przez dodatkowe okulary, które pacjent nosi wraz z soczewkami kontaktowymi.

Symulacja obrazu fluoresceinowego za pomocą topografu

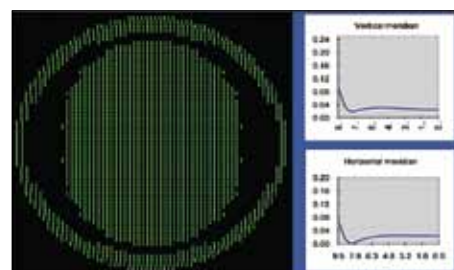
Zastosowanie topografu do pomiaru i analizy kształtu rogówki oraz do określenia promienia tylnej powierzchni, wielkości tylnej strefy optycznej oraz średnicy pierwszej próbnej soczewki kontaktowej jest wielką pomocą dla specjalisty. Oprogramowanie topograficzne umożliwia zapisanie w pamięci symulowanej soczewki kontaktowej. Po zdobyciu własnych doświadczeń można konstruować własne propozycje geometrii soczewek wielokrzywiznowych. Możliwość obliczenia soczewek próbnych lub ostatecznych za pomocą oprogramowania topografu jest dla specjalisty praktyczną pomocą podczas aplikacji. Za pomocą symulacji obrazu fluoresceinowego można zilustrować różnorodne geometrie i sposoby aplikacji: dopasowanie strome, płaskie lub idealną geometrię soczewki. Kilka przykładów zostało przedstawionych na Ryc. 55, 56 i 57.



Ryc. 55. Symulacja idealnego obrazu fluoresceinowego



Ryc. 56. Symulacja zbyt płaskiej aplikacji



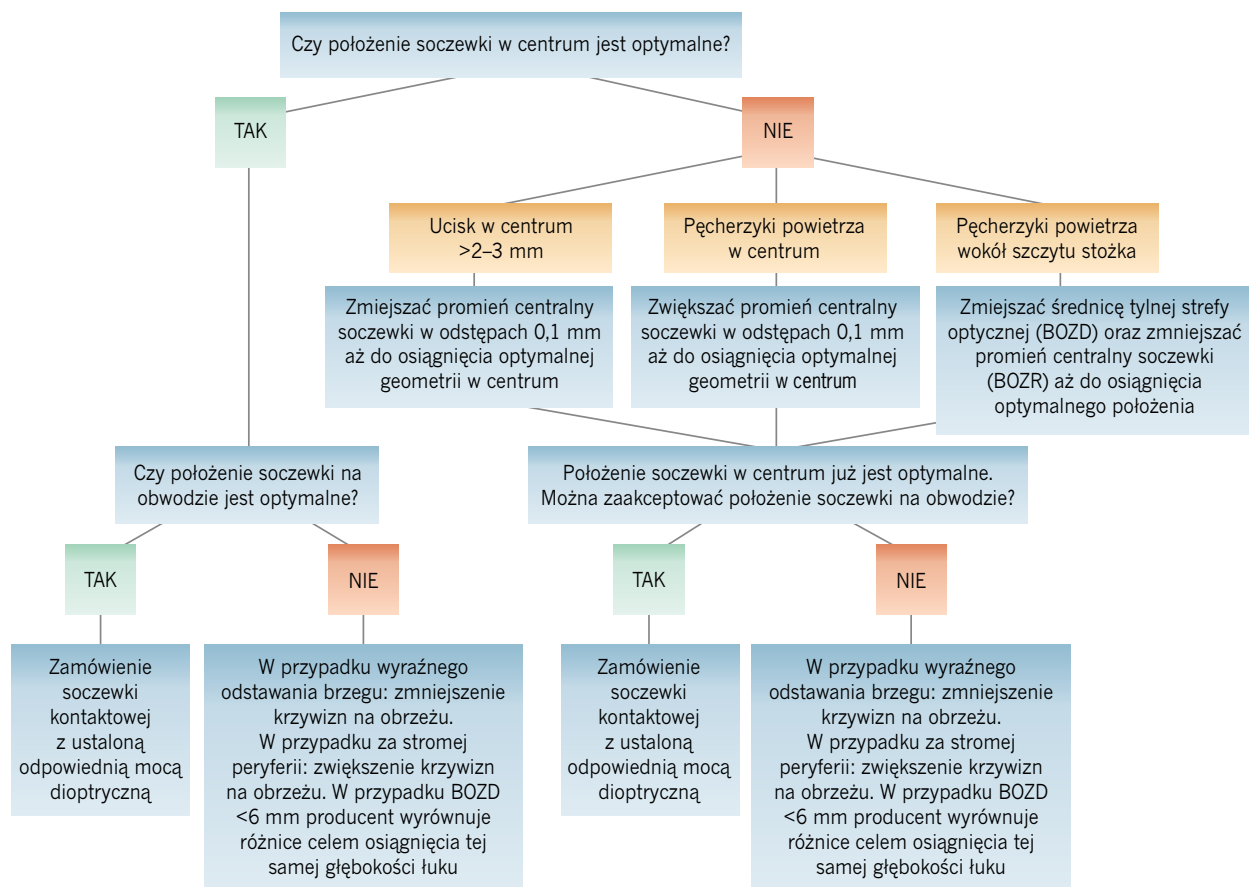
Ryc. 57. Symulacja zbyt stromej aplikacji

7. Badania kontrolne

Badania kontrolne

Pacjentom ze stożkiem rogówki należy wyznaczać częstsze badania kontrolne w porównaniu do pozostałych osób noszących soczewki kontaktowe. W okresie progresji stożka badanie okulistyczne i modyfikacja parametrów soczewki powinny odbywać się regularnie. Takie postępowanie ma przełożenie na to, że pacjenci są lojalni, doceniają wkład pracy specjalisty i polecają go innym.

Po otrzymaniu pierwszej własnej soczewki kontaktowej i zapoznaniu się z jej pielęgnacją oraz manipulacją, kolejne badanie kontrolne powinno odbyć się po upływie pierwszego tygodnia. Następne wizyty zaleca się po upływie dwóch tygodni, dwóch miesięcy oraz w pierwszym roku użytkowania co trzy miesiące. Przeprowadzanie regularnych badań ułatwia wykrycie progresji stożka. Badania kontrolne co trzy miesiące powinny zawierać: ocenę ostrości widzenia, nadrefrakcję, topografię, ocenę stanu powierzchni soczewki kontaktowej, ocenę dynamiki soczewki, ocenę obrazu fluoresceinowego oraz badanie za pomocą lampy szczelinowej z założoną soczewką kontaktową i bez. Podczas każdej kontroli pacjent powinien ocenić: stopień zadowolenia z aktualnej korekcji, komfort podczas noszenia, częstotliwość pojawiania się uczucia ciała obcego pod soczewką a także objawy suchego oka. Szczególną uwagę należy poświęcić przyleganiu i położeniu soczewki w jej centrum. Celem jest osiągnięcie lekkiego dotyku szczytu stożka. Jeżeli soczewka za mocno uciska na szczyt stożka lub jest za stroma w centrum należy koniecznie odpowiednio zmienić jej parametry. Tabela poniżej przedstawia kroki w postępowaniu podczas badań kontrolnych.



Pacjent powinien zostać poinformowany, że w przypadku wystąpienia nagłego bólu powinien natychmiast zgłosić się do specjalisty kontaktologa. Bóle te mogą być wywołane ostrym stożkiem i wymagają kolejnych badań ponieważ wczesne wykrycie takiego stanu jest ważne dla późniejszego skutecznego leczenia (Ryc. 58). Wczesne stadia ostrego stożka można leczyć stosując krople hipertoniczne, np. Muro 128 (B&L), a także zalecając przerwę w noszeniu soczewek oraz niezwłoczną wizytę u okulisty. W zaawansowanych przypadkach w zależności od skali zmian wywołanych napadem ostrego stożka i ilości wystąpienia blizn na rogówce, koniecznym może okazać się przeprowadzenie keratoplastyki drążącej. Aby stale zapewnić nienaganny stan soczewek, tzn. bez zanieczyszczeń i uszkodzeń ich powierzchni, powinno się je wymieniać co roku bez względu na to czy występuje konieczność zmiany ich parametrów.



Ryc. 58. Ostry stożek rogówki

Zmiana soczewek kontaktowych spowodowana występowaniem problemów

Tabela poniżej przedstawia objawy, których pojawienie się wymaga zmiany soczewek kontaktowych:

Objawy	Możliwe objawy (konieczna nowa aplikacja)																			
	Redukcja grubości rogówki	Za ciasny profil brzegu	Masywne zanieczyszczenia	Nadmierne poruszanie się soczewek	Masywne punktowe uszkodzenia nabłonka	Ciasna strefa obwodowa soczewki	Odstająca strefa obwodowa soczewki	Podwyższony mimośród rogówki	Płaska/stroma aplikacja	Mocno odstający brzeg soczewki	Podwyższony astygmatyzm nieregularny	Podwyższona aberracja	Decentracja soczewki	Za mała średnica soczewki	Nasilenie dolegliwości suchego oka	Duża średnica tylnej strefy optycznej	Mała średnica tylnej strefy optycznej	Masywne występowanie blizn na rogówce	Obrzęk rogówki	
Masywne występowanie blizn na rogówce																				
Ucisk soczewki w centrum																				
Za ciasny profil brzegu																				
Decentracja soczewki																				
Zmniejszone poruszanie się soczewki																				
Punktowe uszkodzenia nabłonka na 3 i 9																				
Punktowe uszkodzenia nabłonka w centrum																				
Pęcherzyki powietrza w centrum																				
Pęcherzyki powietrza na obwodzie																				
Obniżona ostrość wzroku																				
Podwyższona wrażliwość na światło																				
Widzenie halo wokół źródeł światła																				
Niestabilna ostrość wzroku																				
Problemy podczas zdejmowania soczewek																				
Obniżony komfort noszenia/inne zadrażnienia																				

Zmiana geometrii soczewki kontaktowej

Zmiana promienia powierzchni tylnej (z ang. BOZR)

- Podczas modyfikacji promienia tylnej powierzchni należy uwzględnić i odpowiednio dopasować zmieniony efekt działania dioptrycznego soczewki łzowej.
- Aby zauważyć efekty zmian parametrów promienia tylnej powierzchni zmian tych powinno dokonywać się w odstępach 0,1 mm.
- W przypadku zbyt dużego ucisku w centrum, wywołującego prawdopodobieństwo powstania uszkodzeń szczytu stożka, należy dobrać bardziej stromy promień tylnej powierzchni soczewki.
- Jeżeli po mrugnięciu pęcherzyki powietrza nie znikają i obniżają ostrość widzenia lub jeżeli soczewka przysysa się do rogówki należy dobrać bardziej płaski promień tylnej powierzchni soczewki.

Zmiana średnicy tylnej strefy optycznej (z ang. BOZD)

- Aby uzyskać porównywalny obraz i położenie soczewki po zmianie tylnej strefy optycznej (BOZD) (jej redukcji lub jej powiększeniu) należy dopasować głębokość łuku soczewki zmieniając promień jej tylnej powierzchni, natomiast dopasowanie wartości dioptrycznej soczewki nie jest konieczne.
- W przypadku gdy zwiększy się średnica rozdęcia stożka, aby zagwarantować równomierne przyleganie soczewki do rogówki, należy zwiększyć średnicę tylnej strefy optycznej (BOZD) bez zmiany centralnego promienia soczewki. Zmiana ta powoduje podwyższenie głębokości łuku soczewki.
- Jeżeli na wysokości źrenicy pojawiają się pęcherzyki powietrza należy zmniejszyć średnicę tylnej strefy optycznej (BOZD) nie zmieniając centralnego promienia soczewki. Powoduje to zmniejszenie mostkowania wokół rozdęcia i gwarantuje równomierne przyleganie soczewki do rogówki. W tym przypadku zmienia się głębokość łuku oraz wartość soczewki łzowej przez co należy obliczyć nową moc soczewki kontaktowej.
- Po zmianie centralnego promienia soczewki na bardziej stromy konieczne jest obliczenie nowej mocy soczewki w kierunku minusa i na odwrót.

Zmiana średnicy soczewki (z ang. TD)

- Aby zmienić dopasowanie soczewki na jej obwodowym obszarze należy odpowiednio zwiększyć lub zmniejszyć średnicę soczewki bez zmiany średnicy tylnej strefy optycznej
- Zwiększenie średnicy soczewki może okazać się pomocne, jeżeli:
 - zwiększyła się średnica rozdęcia
 - soczewka decentruje
 - widoczne są punktowe uszkodzenia nabłonka na 3–9°
- Jeżeli soczewka kontaktowa dotyka rąbka rogówki należy zmniejszyć średnicę soczewki lub wybrać materiał o niższym ciężarze właściwym. Mechaniczne obciążenie rąbka rogówki może prowadzić do zadrażnienia oka.

Zmiana osiowego spłaszczenia brzegu (z ang. AEL)

- Zmiany osiowego spłaszczenia brzegu powinno dokonywać się wyłącznie po osiągnięciu idealnego obrazu fluoresceinowego. Powiększenie lub zmniejszenie osiowego spłaszczenia brzegu soczewki o małej średnicy tylnej strefy optycznej może mieć duży wpływ na jej głębokość łuku, co z kolei powinno zostać wyrównane.
- Aby polepszyć wymianę płynu łzowego pod soczewką kontaktową można powiększyć osiowe spłaszczenia brzegu. Tylony promień soczewki powinien wówczas zostać dobrany bardziej stromo (zazwyczaj o 1/10 mm) oraz wartość dioptryczna zmieniona w kierunku minusowym. Jeżeli osiowe spłaszczenia brzegu zostanie zmniejszone ze względu na osadzanie się soczewki na górze lub jeżeli brzeg soczewki przeszkadza, zasada jest odwrotna.

Sektorowa zmiana osiowego spłaszczenia brzegu (z ang. AEL)

- Zazwyczaj zmiany w dolnym sektorze soczewki nie mają wpływu na położenie i zachowanie się soczewki. Dopasowanie soczewki z balastem pryzmatycznym może mieć wpływ na komfort podczas jej noszenia.
- Zastosowanie obwodowotorycznych soczewek kontaktowych może podwyższyć komfort noszenia.
- W przypadku PMD, decentracji rozdęcia w dół lub zadrażnienia oka przez dolny brzeg soczewki należy rozważyć aplikację soczewki kontaktowej o zróżnicowanych kwadrantach. Taka soczewka zalecana jest również w przypadkach gdy z powodu dużej średnicy soczewki jej brzeg opiera się na dolnej powiece.

Zmiana grubości soczewki w jej centrum

- Jeżeli soczewka zniekształca się a powodem jej zniekształcenia nie jest zbyt strome dopasowanie lecz za cienka soczewka kontaktowa należy rozważyć zwiększenie jej grubości w centrum. Zwiększenie grubości soczewki o 0,02 mm jest wystarczające aby zredukować zniekształcenia o 0,75 dpt.
- Aby zapobiec niedotlenieniu rogówki należy upewnić się, iż stosuje się materiały o wystarczających wartościach Dk.

Zmiana wartości dioptrycznej soczewki

- Jeżeli moc soczewki jest wyższa niż $-4,00$ dpt, powinno wybrać się lentikularną konstrukcję soczewki.
- Astygmatyzm resztkowy nie zawsze może zostać skorygowany za pomocą przedmiotowych soczewek kontaktowych jeżeli występuje równocześnie astygmatyzm nieregularny rogówki.

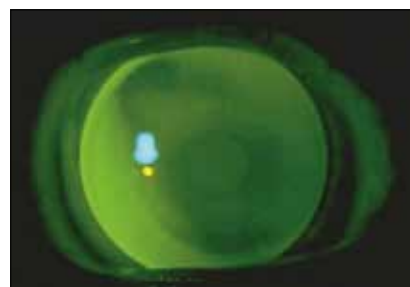
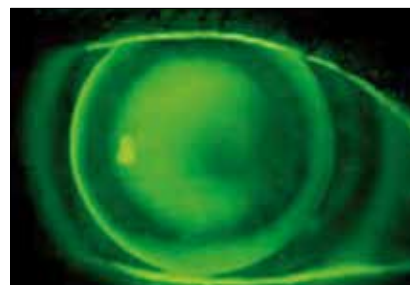
Modyfikacje poprzez zmiany geometrii lub kształtu soczewki

Zmiana tylnej strefy optycznej (z ang. BOZD) sferycznej na asferyczną

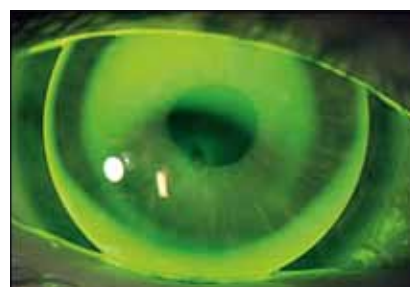
- Zmiana sferycznej tylnej strefy optycznej na asferyczną powoduje spłaszczenie soczewki o ok. 0,10 do 0,15 mm dlatego należy odpowiednio dopasować tylny promień soczewki.
- Oraz należy zmienić moc soczewki o $+0,50$ lub $+0,75$ dpt. Analogicznie należy postąpić przy zmianie asferycznej tylnej strefy optycznej (BOZD) na sferyczną (Ryc. 59a i b).

Zmiana obwodu soczewki ze sferycznego na asferyczny

- Po zmianie sferycznego obwodu soczewki wielokrzywiznowej na asferyczny należy podwyższyć osiowe spłaszczenie brzegu (AEL). Stromy brzeg soczewki uciska obwód rogówki i powinien zostać dopasowany bardziej płasko. Analogicznie należy postąpić przy zmianie asferycznego obwodu na sferyczny (Ryc. 60a i b).



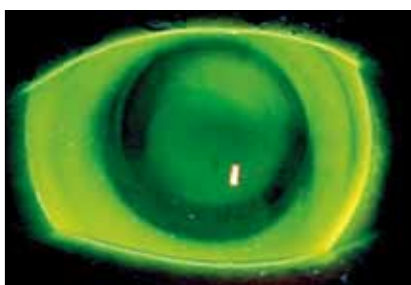
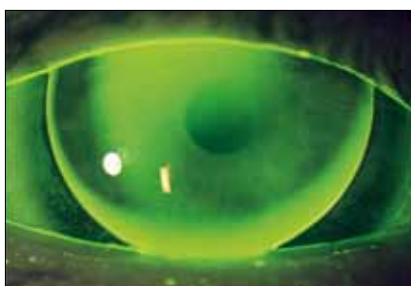
Ryc. 59a i 59b. Zmiana sferycznego centrum na asferyczne



Ryc. 60a i 60b. Zmiana sferycznego obwodu na asferyczny



Ryc. 61a i 61b. Zmiana stałej BOZD na zmienną



Ryc. 62a i 62b. Zmiana rogówkowych soczewek kontaktowych na semitwardówkowe

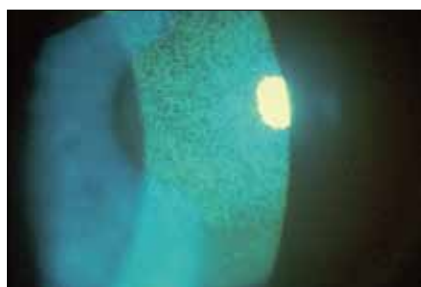
Zmiana tylnej strefy optycznej (z ang. BOZD) ze stałej na zmienną

- Przy zmianie geometrii soczewki ze stałą BOZD na geometrię ze zmienną BOZD może okazać się konieczne zwiększenie lub zmniejszenie BOZD w zależności od centralnego promienia soczewki.
- Soczewki kontaktowe o stromych promieniach centralnych i zmiennych tylnych strefach optycznych posiadają tylne strefy optyczne o mniejszych średnicach.
- Aby zachować takie samo położenie i zachowanie soczewki na rogówce należy zmienić głębokość łuku przez modyfikację tylnego promienia soczewki (Ryc. 61a i b).

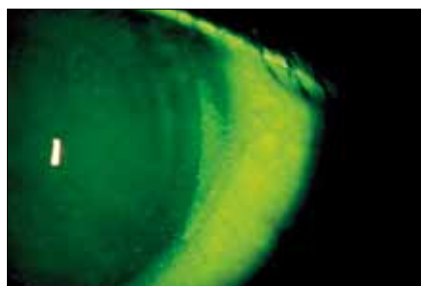
Zmiana soczewki z rogówkowej na semitwardówkową

- Należy wziąć pod uwagę, iż zmiana średnicy soczewki kontaktowej ma znaczny wpływ na głębokość jej łuku i powinno to zostać wyrównane poprzez wybór bardziej płaskiego centralnego promienia soczewki. Dopasowanie soczewki kontaktowej opiera się raczej na ocenie głębokości łuku niż jej centralnego promienia. Powszechnie znana aplikacja 3-punktowa zostaje zastąpiona przez typowy obraz fluoresceinowy soczewek semitwardówkowych, gdzie soczewka opiera się na twardówce mostkując rogówkę (Ryc. 62a i b).

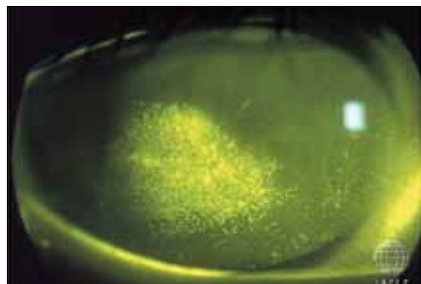
8. Powikłania



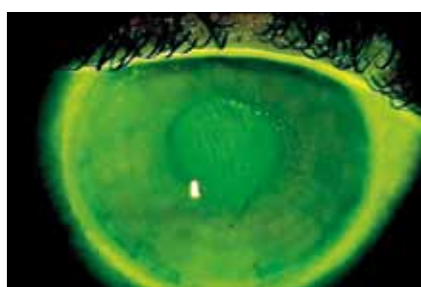
Ryc. 63. Reakcje toksyczne



Ryc. 64. Punktowe uszkodzenia nabłonka na 3–9°



Ryc. 65. Rozległe uszkodzenia nabłonka



Ryc. 66. Kręgowate punktowe uszkodzenia nabłonka wokół rozdęcia: za mała średnica i za stroma aplikacja (decentracja)

Barwienie nabłonka rogówki

U pacjentów ze stożkiem rogówki noszących stabilnoksztaltne soczewki kontaktowe można zaobserwować wiele rodzajów punktowych uszkodzeń nabłonka.

Toksyczne uszkodzenia nabłonka rogówki

Punktowe uszkodzenia nabłonka wywołane środkami do pielęgnacji soczewek kontaktowych występują stosunkowo rzadko a ich obecność jest wynikiem reakcji na środki konserwujące zawierające Chlorhexydynę, Thiomersal, Polyhexanid oraz Polyquad. Reakcja toksyczna zależy od stężenia danej substancji w roztworze i może wywołać powstanie rozległych punktowych uszkodzeń nabłonka rogówki na obszarze pokrytym soczewką (Ryc. 63). Leczenie obejmuje przede wszystkim zmianę środków pielęgnacyjnych oraz płukaniu soczewek przed ich założeniem solą fizjologiczną nie zawierającą środków konserwujących. Należy pamiętać, że te same substancje konserwujące wchodzi w skład wielu kropli nawilżających do oczu, dlatego ważne jest aby zalecać pacjentom krople wolne od konserwantów.

Uszkodzenia nabłonka rogówki na 3–9°

Przyczyn powstania punktowych uszkodzeń nabłonka na 3–9° jest wiele. Uszkodzenia nabłonka na 4–8° obserwuje się najczęściej z powodu osadzania się soczewki na dole, przysysania się jej do rogówki lub nieprawidłowego mrugania pacjenta (Ryc. 64). Jeżeli profil brzegu soczewki jest zbyt wąski lub soczewka odstaje na brzegu dochodzi do przerwania warstwy filmu łzowego na granicy z krawędzią soczewki i powstawania punktowych uszkodzeń nabłonka. Inną przyczyną punktowych uszkodzeń nabłonka, przede wszystkim u pacjentów skarżących się na dolegliwości związane z suchym okiem, jest za mała średnica soczewki kontaktowej i związane z tym podsychnianie rogówki na obszarach niepokrytych soczewką. Pacjenci ze stożkiem rogówki często skarżą się na objawy suchego oka i obserwuje się obwodowe ubytki nabłonka rogówki, których podłoże może tkwić w atopii lub dysfunkcji gruczołów Meiboma.

Postępowanie w przypadku punktowych uszkodzeń nabłonka rogówki obejmuje:

- zwiększenie średnicy soczewki
- lentikularny kształt soczewki redukujący jej grubość brzegu
- zagwarantowanie wystarczającej wymiany płynu łzowego i prawidłowej centracji soczewki na rogówce

Higiena brzegów powiek i leczenie zespołu suchego oka wspomagają bezpieczne stosowanie soczewek.

Plamiste lub linijne uszkodzenia nabłonka na skutek erozji lub pod wpływem ciała obcego

Plamiste barwienie nabłonka rogówki można obserwować w przypadkach gdy soczewka kontaktowa rysuje lub drażni powierzchnię rogówki, najczęściej z powodu zbyt mocnego ucisku soczewki. Dodatkowo ciało obce pod soczewką kontaktową może doprowadzić do erozji nabłonka (Ryc. 65). Aby wyjaśnić przyczynę obserwowanych barwień nabłonka rogówki należy sprawdzić zarówno topografię rogówki jak i kształt tylnej powierzchni soczewki kontaktowej. W rozwiązaniu problemu pomocnym może okazać się usunięcie zanieczyszczeń z tylnej powierzchni soczewki, złagodzenie miejsc na przejściach między obwodowymi krzywiznami lub zmiana geometrii soczewki kontaktowej na kształt asferyczny.

Uszkodzenia nabłonka na szczycie stożka rogówki

Punktowe uszkodzenia nabłonka na szczycie stożka powstają najczęściej z powodu zbyt płasko dopasowanej soczewki kontaktowej. Taka soczewka uciska na szczyt stożka oraz nadmiernie się porusza wykonując ruchy rotacyjne wokół szczytu (Ryc. 66). Długotrwałe drażnienie może prowadzić do powstawania blizn (Ryc. 67). W takich przypadkach należy odciążyć szczyt stożka.



Ryc. 67. Blizny na szczycie stożka

Zroszeniowe pęcherzyki gazu pod soczewką (z ang. Dimple veiling)

Gromadzące się pod soczewką kontaktową pęcherzyki powietrza mogą doprowadzić do wgnieceń nabłonka rogówki. Z fizjologicznego punktu widzenia nie wywołują one żadnych powikłań, mogą jednak być powodem zmniejszonego komfortu podczas noszenia soczewek kontaktowych bądź obniżenia ostrości wzroku gdy występują w centrum. Po półgodzinnej przerwie w noszeniu soczewek znikają z powierzchni rogówki.



Ryc. 68. Wgniecenia na rogówce spowodowane obecnością pęcherzyków powietrza pod soczewką kontaktową

Zaradzić temu można przez:

- zmniejszenie mostkowania szczytu stożka (jeżeli pęcherzyki powietrza występują na obszarze szczytu stożka)
- zmniejszenie tylnej strefy optycznej (jeżeli pęcherzyki powietrza występują na obszarze rozděcia)
- zmniejszenie odstawania brzegu soczewki kontaktowej (jeżeli pęcherzyki powietrza występują na obwodzie) (Ryc. 68)

Ostrość wzroku

Soczewki z za małą tylną strefą optyczną w stosunku do wielkości rozděcia również mogą obniżać ostrość wzroku przez decentrację oraz występowanie refleksów wokół źródeł światła. Rozwiązaniem problemu może być odpowiednie dopasowanie wielkości tylnej strefy optycznej.

Jeżeli soczewka kontaktowa została dopasowana z za dużym mostkowaniem szczytu stożka może ona ulec zniekształceniu i powodować niestabilną ostrość wzroku podczas mrugania. Kształt tylnej powierzchni soczewki powinien zostać odpowiednio dopasowany do kształtu szczytu



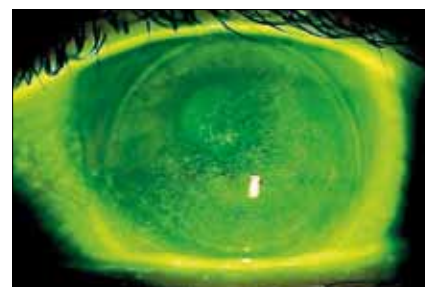
Ryc. 69. Zbyt płaski obwód (decentracja)



Ryc. 70. Zbyt stromy obwód (decentracja na dół)

stożka. Jeżeli soczewka ulega zniekształceniu również po zmianie centralnego promienia wówczas należy zmodyfikować grubość soczewki w jej centrum. Aplikacja soczewki z mocnym przyleganiem w centrum nie powinna być sposobem na podwyższenie ostrości wzroku (Zadnick (CLEK), Sorbara et al.). Najlepszą ostrość wzroku osiąga się poprzez lekki dotyk szczytu stożka.

W przypadku stożka rogówki występują wysokie wartości aberracji wyższego rzędu. Aberacja sferyczna i koma szczególnie pogarszają ostrość wzroku. W redukcji aberracji pomaga aplikacja soczewek kontaktowych o asferycznej powierzchni przedniej.



Ryc. 71. Odcisk soczewki kontaktowej na rogówce

Decentracja soczewki kontaktowej

Jeżeli soczewka kontaktowa z małą tylną strefą optyczną zostanie dopasowana na rogówkę o rozległym rozděciu wówczas głębokość łuku jest za niska i prowadzi do decentracji soczewki kontaktowej. Porównywalnie decentrują do góry soczewki kontaktowe z za płaskim obwodem lub z za wysokim osiowym spłaszczeniem brzegu (AEL) i są podtrzymywane przez powiekę górną (Ryc. 69). Za luźno dopasowana soczewka kontaktowa pogarsza ostrość wzroku i obniża stabilność fizjologiczną. Soczewki kontaktowe z brzegiem uniemożliwiającym odpowiednią wymianę płynu łzowego oraz z mocnym mostkowaniem szczytu stożka decentrują w kierunku szczytu stożka na dół co może powodować niekompletne mruganie i wywoływać objawy suchego oka (Ryc. 70).

Deformacja rogówki

Soczewka kontaktowa decentruje jeżeli jest za płaska na obwodzie. Decentracja może także nastąpić w przypadku gdy obwód został dopasowany zbyt stromo i ogranicza ruchomość soczewki co może powodować przysysanie się soczewki do rogówki. Odciski na rogówce powstają najczęściej u osób śpiących w soczewkach. Mogą one jednak powstawać również u pacjentów ze stożkiem rogówki noszących soczewki wyłącznie podczas dnia i wiąże się to z mniejszą ilością filmu łzowego. Wodna warstwa filmu łzowego jest cieńsza a warstwa mucynowa działa poprzez napięcie powierzchniowe między rogówką i soczewką kontaktową. W takich przypadkach aplikacja powinna zostać zmodyfikowana a w ciągu dnia powinno stosować się krople nawilżające w celu zwilżenia soczewek i podwyższenia ich ruchliwości (Ryc. 71).

9. Piśmiennictwo

Al Mezaine HS, Al Amro SA, Kangave D, et al. Comparison between central corneal thickness measurements by oculus pentacam and ultrasonic pachymetry. *Int Ophthalmol* 2008;28:333–8.

Aldave AJ, Yellore VS, Salem AK, et al. No VSX1 gene mutations associated with keratoconus. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:2820–2.

Ang M, Mehta JS, Arundhati A, Tan DT. Anterior Lamellar Keratoplasty Over Penetrating Keratoplasty for Optical, Therapeutic, and Tectonic Indications: A Case Series. *Am J Ophthalmol* 2008.

Auffarth GU, Wang L, Volcker HE. Keratoconus evaluation using the Orbscan Topography System. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:222–8.

Bahar I, Kaiserman I, Srinivasan S, et al. Comparison of three different techniques of corneal transplantation for keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2008;146:905–12.

Betts AM, Mitchell LG, Zadnik K. Visual performance and comfort with the Rose K lens for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2002;79:493–501.

Bilgihan K, Ozdek SC, Sari A, Hasanreisoglu B. Microkeratome-assisted lamellar keratoplasty for keratoconus: stromal sandwich. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1267–72.

Binder PS, Lindstrom RL, Stulting RD, et al. Keratoconus and corneal ectasia after LASIK. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2035–8.

Brancati F, Valente EM, Sarkozy A, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus maps to human chromosome 3p14–q13. *J Med Genet* 2004;41:188–92.

Brennan NA, Efron N, Carney LG. Critical oxygen requirements to avoid oedema of the central and peripheral cornea. *Acta Ophthalmol (Copenh)* 1987;65:556–64.

Burger D, Zadnik K. Keratoconus: Contact Lenses for Pre- and Post-Surgery. St. Louis, Missouri. Mosby, 1997;21–52.

Cheng AC, Rao SK, Lau S, et al. Central corneal thickness measurements by ultrasound, Orbscan II, and Visante OCT after LASIK for myopia. *J Refract Surg* 2008;24:361–5.

Colin J, Velou S. Current surgical options for keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:379–86.

Crews MJ, Driebe WT, Stern GA. The clinical management of keratoconus: a 6 year retrospective study. *CLAO J* 1994;20:194–7.

Dao CL, Kok JH, Brinkman CJ, van M. Corneal eccentricity as a tool for the diagnosis of keratoconus. *Cornea* 1994;13:339–44.

de Brabander, Chateau N, Marin G, et al. Simulated optical performance of custom wavefront soft contact lenses for keratoconus. *Optom Vis Sci* 2003;80:637–43.

DeNaeyer GW, Breece R. Fitting techniques for a scleral lens design. *Contact Lens Spectrum* 2009;34–7.

Donshik P, et al. The Use of Computerized Videokeratography as an aid in Fitting Rigid Gas Permeable Contact Lenses. *Trans Am Ophthalmol Soc* 1996;XCIV:135–45.

Dupps WJ, Wilson SE. Biomechanics and wound healing in the cornea. *Exp Eye Res* 2006;83:709–20.

Edrington TB, Barr JT, Zadnik K, et al. Standardized rigid contact lens fitting protocol for keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:369–75.

Edrington TB, Szczotka LB, Barr JT, et al. Rigid contact lens fitting relationships in keratoconus. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study Group. *Optom Vis Sci* 1999;76:692–9.

Edrington TB, Szczotka LB, Begley CG, et al. Repeatability and agreement of two corneal-curvature assessments in keratoconus: keratometry and the first definite apical clearance lens (FDACL). CLEK Study Group. Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus. *Cornea* 1998;17:267–77.

- Ertan A, Kamburoglu G. INTACS implantation using a femtosecond laser for management of keratoconus: Comparison of 306 cases in different stages. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1521–6.
- Galin M, Berger R. Atopy and Keratoconus. *Am J Ophthalmol* 1958;45:904–6.
- Gasset AR, Lobo L. Dura-T semiflexible lenses for keratoconus. *Ann Ophthalmol* 1975;7:1353–7.
- Gemoules G. A novel method of fitting scleral lenses using high resolution optical coherence tomography. *Eye Contact Lens* 2008;34:80–3.
- Giasson CJ, Perreault N, Brazeau D. Oxygen tension beneath piggyback contact lenses and clinical outcomes of users. *CLAO J* 2001;27:144–50.
- Girard LJ, Soper JW. Indications for contact lenses or keratoplasty in keratoconus. *Ophthalmologica* 1965;150:161–6.
- Gonzalez-Meijome JM, Jorge J, de A, Parafita MA. Soft contact lenses for keratoconus: case report. *Eye Contact Lens* 2006;32:143–7.
- Gundel RE, Libassi DP, Zadnik K, et al. Feasibility of fitting contact lenses with apical clearance in keratoconus. *Optom Vis Sci* 1996;73:729–32.
- Haque S, Jones L, Simpson T. Thickness mapping of the cornea and epithelium using optical coherence tomography. *Optom Vis Sci* 2008;85:E963–E976.
- Haque S, Simpson T, Jones L. Corneal and epithelial thickness in keratoconus: a comparison of ultrasonic pachymetry, Orbscan II, and optical coherence tomography. *J Refract Surg* 2006;22:486–93.
- Hom MM. Another perspective on keratoconus contact lens fitting. *J Am Optom Assoc* 1986;57:886–8.
- Hood A. Advanced contact lens fitting: part 3 – hospital contact lens practice. *Optician* 1997;214:16–22.
- Hughes AE, Dash DP, Jackson AJ, et al. Familial keratoconus with cataract: linkage to the long arm of chromosome 15 and exclusion of candidate genes. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2003;44:5063–6.
- Hutchings H, Ginisty H, Le G, et al. Identification of a new locus for isolated familial keratoconus at 2p24. *J Med Genet* 2005;42:88–94.
- Kaluzny BJ, Fojt W, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography in video-rate and 3D imaging of contact lens wear. *Optom Vis Sci* 2007;84:1104–9.
- Kaluzny BJ, Kaluzny JJ, Szkulmowska A, et al. Spectral optical coherence tomography: a new imaging technique in contact lens practice. *Ophthalmic Physiol Opt* 2006;26:127–32.
- Karabatsas CH, Cook SD. Topographic analysis in pellucid marginal corneal degeneration and keratoglobus. *Eye* 1996;10 (Pt 4):451–5.
- Kayazawa F, Nishimura K, Kodama Y, et al. Keratoconus with pellucid marginal corneal degeneration. *Arch Ophthalmol* 1984;102:895–6.
- Kenney MC, Chwa M, Atilano SR, et al. Increased levels of catalase and cathepsin V/L2 but decreased TIMP-1 in keratoconus corneas: evidence that oxidative stress plays a role in this disorder. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:823–32.
- Kohlhaas M, Spoerl E, Schilde T, et al. Biomechanical evidence of the distribution of cross-links in corneas treated with riboflavin and ultraviolet A light. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:279–83.
- Kok JH, van M. Piggyback lenses in keratoconus. *Cornea* 1993;12:60–4.
- Korb DR, Finnemore VM, Herman JP. Apical changes and scarring in keratoconus as related to contact lens fitting techniques. *J Am Optom Assoc* 1982;53:199–205.
- Krachmer JH, Feder RS, Belin MW. Keratoconus and related noninflammatory corneal thinning disorders. *Surv Ophthalmol* 1984;28:293–322.
- Krachmer JH. Eye rubbing can cause keratoconus. *Cornea* 2004;23:539–40.
- Kymionis G, Portaliou D. Corneal crosslinking with riboflavin and UVA for the treatment of keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1143–4.

- Kymionis GD, Siganos CS, Tsiklis NS, et al. Long-term follow-up of INTACS in keratoconus. *Am J Ophthalmol* 2007;143:236–44.
- Lawless M, Coster DJ, Phillips AJ, Loane M. Keratoconus: diagnosis and management. *Aust NZ J Ophthalmol* 1989;17:33–60.
- Lee BW, Jurkunas UV, Harissi-Dagher M, et al. Ectatic disorders associated with a claw-shaped pattern on corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;144:154–6.
- Lee LR, Readshaw G, Hirst LW. Keratoconus: the clinical experience of a Brisbane ophthalmologist. *Ophthalmic Epidemiol* 1996;3:119–25.
- Lee R, Ahmed I. Anterior segment optical coherence tomography: Non-contact high resolution imaging of the anterior chamber. *Techniques in Ophthalmology* 2006;4:120–7.
- Leung KK. RGP fitting philosophies for keratoconus. *Clin Exp Optom* 1999;82:230–5.
- Li X, Rabinowitz YS, Tang YG, et al. Two-stage genome-wide linkage scan in keratoconus sib pair families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2006;47:3791–5.
- Lim L, Wei RH, Chan WK, Tan DT. Evaluation of keratoconus in Asians: role of Orbscan II and Tomey TMS-2 corneal topography. *Am J Ophthalmol* 2007;143:390–400.
- Lu F, Simpson T, Fonn D, et al. Validity of pachymetric measurements by manipulating the acoustic factor of Orbscan II. *Eye Contact Lens* 2006;32:78–83.
- Mackie IA. Management of keratoconus with hard corneal lenses: The lens lid attachment technique. *Trans Ophthalmol Soc U K* 1977;97:131–5.
- Maguire LJ, Klyce SD, McDonald MB, Kaufman HE. Corneal topography of pellucid marginal degeneration. *Ophthalmology* 1987;94:519–24.
- Mandell RB. Contemporary management of keratoconus. *Int Contact Lens Clin* 1997;24:43–58.
- Mannis MJ, Zadnik K. Contact lens fitting in keratoconus. *CLAO J* 1989;15:282–9.
- Marsack JD, Parker KE, Applegate RA. Performance of wavefront-guided soft lenses in three keratoconus subjects. *Optom Vis Sci* 2008;85:E1172–E1178.
- Matsuda J, Hieda O, Kinoshita S. Comparison of central corneal thickness measurements by Orbscan II and Pentacam after corneal refractive surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2008;52:245–9.
- Mazzotta C, Balestrazzi A, Traversi C, et al. Treatment of progressive keratoconus by riboflavin-UVA-induced cross-linking of corneal collagen: ultrastructural analysis by Heidelberg Retinal Tomograph II in vivo confocal microscopy in humans. *Cornea* 2007;26:390–7.
- McMonnies CW. Keratoconus fittings: apical clearance or apical support? *Eye Contact Lens* 2004;30:147–55.
- McMonnies CW. The evidentiary significance of case reports: eye rubbing and keratoconus. *Optom Vis Sci* 2008;85:262–9.
- Moezzi AM, Fonn D, Simpson TL, Sorbara L. Contact lens-induced corneal swelling and surface changes measured with the Orbscan II corneal topographer. *Optom Vis Sci* 2004;81:189–93.
- Nilforoushan MR, Speaker M, Marmor M, et al. Comparative evaluation of refractive surgery candidates with Placido topography, Orbscan II, Pentacam, and wavefront analysis. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:623–31.
- Norman C, Caroline PJ. Step-by-step approach to managing keratoconus patients with RGPs. *Contact Lens Forum* 1986;11:25–31.
- O'Donnell C, Codina CM. A hyper-Dk piggyback contact lens system for keratoconus. *Eye Contact Lens* 2004;30:44–8.
- Owen H, Watters GA. An evaluation of the keratoconic cornea using computerised corneal mapping and ultrasonic measurements of corneal thickness. *Ophthalmic Physiol Opt* 1996;16:115–23.
- Ozkurt YB, Sengor T, Kurna S, et al. Rose K contact lens fitting for keratoconus. *Int Ophthalmol* 2007.

- Paik DC, Wen Q, Braunstein RE, et al. Initial Studies Using Aliphatic Nitro Alcohols for Therapeutic Corneal Cross-linking. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2008.
- Parker J, Ko WW, Pavlopoulos G, et al. Videokeratography of keratoconus in monozygotic twins. *J Refract Surg* 1996;12:180–3.
- Paul T, Lim M, Starr CE, et al. Central corneal thickness measured by the Orbscan II system, contact ultrasound pachymetry, and the Artemis 2 system. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1906–12.
- Rabinowitz Y, Dong L, Wistow G. Gene expression profile studies in human keratoconus cornea for NEIBank. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2005;46:1239–46.
- Rabinowitz YS, Garbus JJ, Garbus C, McDonnell PJ. Contact lens selection for keratoconus using a computer-assisted videophotokeratoscope. *CLAO J* 1991;17:88–93.
- Rabinowitz YS, Rasheed K, Yang H, Elashoff J. Accuracy of ultrasonic pachymetry and videokeratography in detecting keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 1998;24:196–201.
- Rabinowitz YS. Keratoconus. *Surv Ophthalmol* 1998;42:297–319.
- Raiskup-Wolf F, Spoerl E. Reply: Long-term results of collagen crosslinking with riboflavin and UVA in keratoconus. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1617.
- Randleman JB, Woodward M, Lynn MJ, Stulting RD. Risk assessment for ectasia after corneal refractive surgery. *Ophthalmology* 2008;115:37–50.
- Rao SN, Raviv T, Majmudar PA, Epstein RJ. Role of Orbscan II in screening keratoconus suspects before refractive corneal surgery. *Ophthalmology* 2002;109:1642–6.
- Rose P. Improving a keratoconus lens design. *Contact Lens Spectrum* 2005;20:38–42.
- Shapiro MB, France TD. The ocular features of Down's syndrome. *Am J Ophthalmol* 1985;99:659–63.
- Shovlin JP. Primary Eyecare: Contact lens "fits" over problem eyes. Vol. 3. 1984;67–9.
- Sindt CW. Basic scleral lens fitting and design. *Contact Lens Spectrum* 2008;23:32–6.
- Sonmez B, Doan MP, Hamilton DR. Identification of scanning slit-beam topographic parameters important in distinguishing normal from keratoconic corneal morphologic features. *Am J Ophthalmol* 2007;143:401–8.
- Sorbara L, Chong T, Fonn D. Visual acuity, lens flexure, and residual astigmatism of keratoconic eyes as a function of back optic zone radius of rigid lenses. *Cont Lens Anterior Eye* 2000;23:48–52.
- Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part I. design parameters affecting vertical decentration. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:99–104.
- Sorbara L, Fonn D, Holden BA, Wong R. Centrally fitted versus upper lid-attached rigid gas permeable lenses: part II. a comparison of the clinical performance. *Int Cont Lens Clin* 1996;23:121–7.
- Sorbara L, Luong J. Contact lens fitting guidelines for the keratoconic patient using videokeratographic data. *Practical Optometry* 1999;10:238–43.
- Sridhar MS, Mahesh S, Bansal AK, et al. Pellucid marginal corneal degeneration. *Ophthalmology* 2004;111:1102–7.
- Steele C. Contact lens fitting today – fitting for the irregular cornea. *Optometry Today(UK)* 2005;45:32–9.
- Szczotka LB, Thomas J. Comparison of axial and instantaneous videokeratographic data in keratoconus and utility in contact lens curvature prediction. *CLAO J* 1998;24:22–8.
- Tabbara KE, Kotb AA. Risk factors for corneal ectasia after LASIK. *Ophthalmology* 2006;113:1618–22.
- Tan BU, Purcell TL, Torres LE, Schanzlin DJ. New surgical approaches to the management of keratoconus and post-LASIK ectasia. *Trans Am Ophthalmol Soc* 2006;104:212–20.
- Tang M, Shekhar R, Miranda D, Huang D. Characteristics of keratoconus and pellucid marginal degeneration in mean curvature maps. *Am J Ophthalmol* 2005;140:993–1001.
- Teng C. Electron microscope study of the pathology of Keratoconus: Part 1. *Am J Ophthalmol* 1963;55:18–47.

- Trimarchi F, Poppi E, Klersy C. [Deep lamellar keratoplasty]. *J Fr Ophthalmol* 2002;25:718–21.
- Tsubota K, Mashima Y, Murata H, Yamada M. A piggyback contact lens for the correction of irregular astigmatism in keratoconus. *Ophthalmology* 1994;101:134–9.
- Tyynismaa H, Sistonen P, Tuupanen S, et al. A locus for autosomal dominant keratoconus: linkage to 16q22.3–q23.1 in Finnish families. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 2002;43:3160–4.
- Visser ES, Visser R, van Lier HJJ, Otten HM. Modern scleral lenses, Part I: Clinical features. *Eye Contact Lens* 2007;33:13–20.
- Visser ES. Advanced contact lens fitting: part 5 – the scleral contact lens – clinical indications. *Optician* 1997;214:15–20.
- Wang Y, Rabinowitz YS, Rotter JL, Yang H. Genetic epidemiological study of keratoconus: evidence for major gene determination. *Am J Med Genet* 2000;93:403–9.
- Ward MA, Artunduaga G, Thompson KP, et al. Phototherapeutic keratectomy for the treatment of nodular subepithelial corneal scars in patients with keratoconus who are contact lens intolerant. *CLAO J* 1995;21:130–2.
- Wasserman D, Itzkowitz J, Kamenar T, Asbell P. Corneal topographic data: its use in fitting aspheric contact lenses. *CLAO J* 1992;18:83–5.
- Wei RH, Lim L, Chan WK, Tan DT. Evaluation of Orbscan II corneal topography in individuals with myopia. *Ophthalmology* 2006;113:177–83.
- Winkler T. Corneo-scleral rigid gas permeable contact lens prescribed following penetrating keratoplasty. *Int Cont Lens Clin* 1998;25:86–8.
- Wollensak G, Sporn E, Reber F, et al. Corneal endothelial cytotoxicity of riboflavin/UVA treatment in vitro. *Ophthalmic Res* 2003;35:324–8.
- Wollensak G. Crosslinking treatment of progressive keratoconus: new hope. *Curr Opin Ophthalmol* 2006;17:356–60.
- Woodward E. The role of rigid contact lenses in the management of keratoconus. *J Brit Contact Lens Assoc* 1991;14:211–7.
- Zadnik K, Barr JT, Edrington TB, et al. Baseline findings in the Collaborative Longitudinal Evaluation of Keratoconus (CLEK) Study. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 1998;39:2537–46.
- Zadnik K, Barr JT, Steger-May K, et al. Comparison of flat and steep rigid contact lens fitting methods in keratoconus. *Optom Vis Sci* 2005;82:1014–21.
- Zadnik K, Mutti DO. Contact lens fitting relation and visual acuity in keratoconus. *Am J Optom Physiol Opt* 1987;64:698–702.
- Zadnik K. Meet the challenge of fitting the irregular cornea. *Rev Optom* 1994;131:77–83.

Etiologia i genetyka

Dokładne przyczyny występowania stożka rogówki nadal nie są znane. Czynniki związane ze stożkiem rogówki to:

- pocieranie oczu
- noszenie soczewek kontaktowych
- alergie lub/i dolegliwości atopowe
- zespół Downa
- choroby tkanki łącznej
- czynniki dziedziczne

Rabinowitz (1998) porównując pacjentów ze stożkiem rogówki do normalnej populacji podaje, iż 80% pacjentów ze stożkiem rogówki pociera oczy podczas gdy w zdrowej populacji obserwuje się to wyłącznie u 58%. W tej samej publikacji zostaje przedstawione, że 44% pacjentów ze stożkiem rogówki i 36% populacji cierpi na alergię. Podobnie 15% pacjentów ze stożkiem rogówki w porównaniu do 12% w grupie porównawczej cierpi na choroby stawów. 10% populacji ze stożkiem rogówki ma dodatni wywiad rodzinny w kierunku stożka w porównaniu do 0,5% normalnej populacji.

Znanych jest 9 różnych chromosomów powiązanych ze stożkiem rogówki. Wiele czynników wskazuje na to, iż stożek rogówki ma podłoże dziedziczne:

- obustronność (w 96% przypadkach)
- nietypowa topografia rogówki (wideokeratografia)
- wywiad rodzinny (w 10 do 23% przypadkach)
- częste występowanie w rodzinach
- badania u bliźniąt jednojajowych
- analiza segregacyjna (stosunek = liczba osób w grupie rodzeństwa, gdzie dochodzi do ekspresji choroby)
- badania połączenia i ekspresji genów

Monoaminooksydaza lizylowa (LOX) odgrywa rolę w usieciowaniu kolagenu, jej mutacje mogą mieć związek ze stożkiem rogówki. Badania ekspresji genów wskazują, na upośledzoną funkcję Akwaporu 5 (Aquaporin 5) w nabłonku (genu, który odpowiada za transport wody i wpływ na gojenie się ran) u pacjentów ze stożkiem rogówki. Był to pierwszy defekt genetyczny, który został zidentyfikowany w związku ze stożkiem rogówki.

W innych badaniach stwierdzono, że czynniki środowiskowe mogą przyczynić się do rozwoju stożka rogówki.

Kenney i współ. (IOVS 2005) opisują, iż stres oksydacyjny rogówki powoduje zmniejszenie grubości, zwiększoną apoptozę i niestabilność mechaniczną rogówki. Aktywacja enzymów degradujących zaburza procesy gojenia się w stanach zapalnych i zmętnieniach istoty właściwej. Podobieństwa można znaleźć w publikacjach na temat stożka rogówki i post-LASIK ektazji (Dupps, Randlemann, Binder, Rabinowitz i Tabbara), gdzie zabieg chirurgiczny wywołuje stres oksydacyjny rogówki a nagromadzenie się nieprawidłowych enzymów antyoksydacyjnych, takich jak dwutlenków, nadtlenu, tlenku azotu, prowadzi do zaburzenia funkcji komórek i zmniejszenia grubości rogówki.

Kontrowersje budzi etiologia stożka rogówki. Podlega dyskusji fakt czy stożek rogówki jest patologią nabłonka (ektodermy) czy istoty właściwej (mezenchymy lub kolagenu). W przypadku jeżeli wada wywodzi się z błony podstawnej nabłonka i przechodzi do istoty właściwej lub odwrotnie, można podejrzewać zaburzeń w obu warstwach rogówki. Bardziej prawdopodobny jest wpływ i działanie różnych genów, które w połączeniu z czynnikami mechanicznymi przyczyniają się do powstania choroby.

Chirurgiczna korekcja stożka rogówki

Keratoplastyka pełnościenna (PKP)

Jest to najczęściej stosowana procedura chirurgiczna u pacjentów ze stożkiem rogówki (częstość 26%). W 80–90% przypadków operacja kończy się sukcesem. Dotknięta schorzeniem rogówka zostaje usunięta w obrębie wszystkich jej warstw na obszarze o średnicy 8,00 mm i zastąpiona rogówką dawcy. Rogówka dawcy zostaje połączona z rogówką biorcy podwójną nicią (Ryc. 1), co najczęściej wywołuje powstanie regularnego astygmatyzmu. Po upływie ok. 6 tygodni astygmatyzm może zostać skorygowany za pomocą soczewek kontaktowych. Prawdopodobieństwo ponownej transplantacji wynosi 18%, najczęściej z powodu neowaskularyzacji (Ryc. 2).



Ryc. 1. PKP z nicią

Keratoplastyka warstwowa przednia

Głęboka keratoplastyka warstwowa przednia (DALK)

Ta technika operacyjna polega na usunięciu ok. 90% grubości rogówki biorcy: nabłonka i istoty właściwej. Śródbłonek biorcy pozostaje nienaruszony. Z rogówki dawcy usuwa się błonę Descemeta. Zaletą tej metody jest zachowanie własnego śródbłonka, mały astygmatyzm pooperacyjny, wcześniejsze usunięcie szwów oraz mniejsze ryzyko odrzutu przeszczepu. Niestety grubsza rogówka dawcy wywołuje schód w przeszczepie co może prowadzić do powstania zmętnień pooperacyjnych oraz zbliznowaceń między istotą właściwą dawcy i biorcy. Ogranicza to również osiągnięcie maksymalnie dobrej ostrości wzroku.



Ryc. 2. Neowaskularyzacja i stożek rogówki

Keratoplastyka warstwowa różnej grubości

Celem tej metody jest odzyskanie normalnej grubości rogówki. Grubość rogówki biorcy zostaje zredukowana do 200 μm , dawcy do 400 μm . Następnie zostaje zastosowana ta sama technika przeszczepu jak w przypadku głębokiej keratoplastyki warstwowej. W wielu przypadkach metoda ta ma dużo lepsze wyniki w porównaniu do DALK, dlatego autorzy tego wydania opisują tę metodę jako godną sprawdzenia alternatywę. (Tan et al, 2006).

Śródrogówkowa keratoplastyka

W rogówce biorcy, przy użyciu mikrokeratometru, zostaje nacięta klapka o średnicy 9 mm. Z rogówki dawcy, za pomocą trepanu, zostaje wycięty płatek o średnicy 7,00 mm do 7,50 mm a następnie wszyty w rogówkę biorcy. Metodę tę opisuje się jako międzywarstwowy przeszczep tkanki. W celu korekcji astygmatyzmu po upływie 6 miesięcy może zostać przeprowadzony PRK lub LASIK.

Inne metody opisują wycięcie 10 mm warstwowej torebki w rogówce biorcy (przy życiu lasera Intralase®), w którą zostaje wszczepiona 200–300 μm grubości 9 mm-owa warstwa rogówki dawcy. Niestety metoda ta może doprowadzić do pojawienia się osadów w na styku dawca-biorca, powstania drobnych obrzęków lub zwiększenia grubości rogówki o 100–200 μm .

Wszczepienie pierścieni rogówkowych INTACS®

INTACS® to implantaty śródrogówkowe z polimetylmetakrylatu (PMMA) o długości łuku 150°. (Ryc. 3). Za pomocą lasera Intralase® zostają przygotowane mechaniczne tunele, w które wprowadza się INTACS®. W celu

korekcji asymetrii między górną i dolną połową rogówki oraz aby uzyskać spłaszczenie w jej dolnej części wprowadzone implanty mają różny kształt i wielkość (np. w dolnym segmencie grubość implantu wynosi 0,45 mm a promień 8,10 mm, w górnym segmencie odpowiednio grubość 0,25 mm, promień 6,80 mm).

Pierścienie INTACS® zaleca się wszczepiać:

- w przypadku stożka rogówki w początkowym lub średniozaawansowanym stadium z dolną decentracją jego szczytu (również w przypadku PMD)
- promienie rogówki <math><54,00\text{ dpt}</math> (6,25 mm), z ekwiwalentem sferycznym <math><-5,00\text{ dpt}</math>
- miejsce wszczepu pierścienia powinno znajdować się w najbardziej stromym południku
- w przypadku drobnych blizn wokół osi widzenia

INTACS® mogą zostać usunięte lub wymienione a zabieg ten jest mniej inwazyjny niż procedura pierwotnego wszczepu. Wyjściowa ostrość wzroku może ulec poprawie poprzez spłaszczenie promieni rogówki. Wadą tej metody jest możliwość powstania zniekształceń rogówki spowodowanych wprowadzeniem implantów. Zniekształcenia prowadzą do powstania nieregularnego astygmatyzmu co utrudnia aplikację soczewek kontaktowych.

Cross-linking

Zabieg cross-linkingu ma na celu wytworzenie większej ilości połączeń krzyżowych między włóknami kolagenu, wzrost sztywności i odporności mechanicznej rogówki a także zahamowanie progresji stożka. Kolagen rogówki poddawany jest foto-polimeryzacji przy użyciu 0,1% fosforanu ryboflawiny rozpuszczonej w 20% Dextranie T 500 oraz promieniowaniu UV-A.

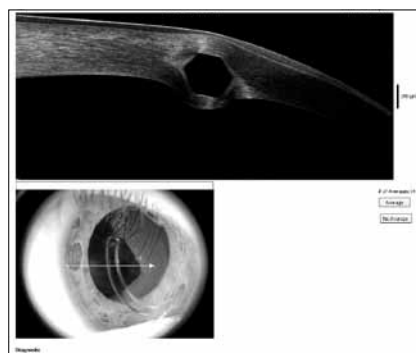
Metoda ta znajduje zastosowanie w początkowym i średniozaawansowanym stadium stożka rogówki i minimalnej grubości centralnej rogówki w wysokości 400 μm . Zabieg przeprowadzany jest ambulatoryjnie z użyciem znieczulenia miejscowego i trwa ok. 1 godziny.

Po usunięciu nabłonka rogówki, na obszarze o średnicy 9,00 mm, przez ok. 30 minut podaje się do worka spojówkowego roztwór ryboflawiny. Następnie, przez kolejne 30 minut, rogówka zostaje naświetlana opromieniowaniem UV-A a po zabiegu i podaniu miejscowo antybiotyku zostaje założona opatrunkowa soczewka kontaktowa.

Zabieg przeprowadza się jednorazowo, jednak czasami może dojść do mechanicznego rozluźnienia struktury rogówki i konieczności kolejnego zabiegu cross-linkingu. Większość badań, przeprowadzonych na świńskich i króliczych oczach dowodzi, iż efekt cross-linkingu nie jest jednolity na całej leczonej powierzchni a efekt usztywnienia obserwuje się w powierzchniowych warstwach rogówki 200–300 μm z powodu ograniczonej absorpcji światła UV. Długoterminowe wyniki u ludzi brzmią obiecująco. U 50–60% leczonych pacjentów ze stożkiem rogówki nastąpiła poprawa ostrości wzroku o więcej niż jeden rząd, jednak tylko u 20–29% pacjentów wynik ten utrzymał się dłużej niż 3 lata od daty przeprowadzenia zabiegu. Badania konfokalne wskazują wyraźnie, iż czas potrzebny do całkowitego wycofania się pooperacyjnego obrzęku oraz wznowy w produkcji keratocytów wynosi ok. 3–6 miesięcy. Głębokie warstwy istoty właściwej, poniżej 350 μm , gęstość oraz morfologia komórek śródbłonka po zabiegu zostaje nienaruszona. W badaniach doświadczalnych, rogówki o grubości poniżej 400 μm wykazywały cytotoksyczność śródbłonkową po zabiegu, co sugeruje iż cross-linking jest przeciwwskazany w przypadku cienkich rogówek.



Ryc. 3. INTACS, światło białe



Ryc. 4. Zdjęcie RTVue rogówki z wszczepem INTACS

Rozpoznanie stożka rogówki za pomocą Orbscan II

Orbscan II przy użyciu szczeliny skanującej fotografuje i analizuje zarówno przednią jak i tylną powierzchnię rogówki. W analizie zostaje obliczona sfera (krzywizna referencyjna), której wartość obliczona jest na bazie wartości punktu zero mapy poniżej lub powyżej wartości krzywizny referencyjnej w mm (Ryc. 1) i najbardziej zbliżona do średniej wartości obwodu przedniej powierzchni rogówki (punkt zero). Na podstawie interpretacji ww danych i w zależności od krzywizny referencyjnej zostaje obliczona i skategoryzowana mapa wysokości rogówki, przedstawiająca wartości położone w granicach lub poza normą:

- najcieńsze miejsce rogówki $<470 \mu\text{m}$
- różnica między pachymetrią w centrum (7 mm) i najcieńszym miejscem rogówki $>100 \mu\text{m}$
- najcieńsze miejsce rogówki znajduje się na obszarze promienia 2,50 mm wokół centrum
- najbardziej płaski promień rogówki (w centrum 7 mm) $>45,50 \text{ D}$ (7,42 mm)
- nieregularna, asymetryczna mapa przedstawiona za pomocą promieni stycznych
- różnice wartości w przedniej osiowej mocy centralnej 3 mm strefy $>3,00 \text{ dpt}$
- tylny promień najlepszej sfery (z ang. best fit sphere, BFS) $\geq 55,00 \text{ dpt}$ 6,14 mm
- zniekształcona asymetria mapy przedniej i tylnej powierzchni rogówki
- maksymalna wartość mapy wysokości przedniej powierzchni rogówki koresponduje ($\pm 1 \text{ mm}$) z maksymalną wartością mapy wysokości tylnej powierzchni rogówki lub z wartością przedniego promienia stycznego bądź z minimalną wartością grubości rogówki.
- stosunek promienia najlepszej sfery przedniej powierzchni i wartości promienia najlepszej sfery tylnej powierzchni $>1,2 \text{ mm}$



Ryc. 1. Orbscan II Mapa wysokości

Aplikacja soczewek semi- i minitwardówkowych

Soczewki kontaktowe o dużych średnicach (od 14,50 mm do 18,20 mm) można najlepiej dopasować wtedy gdy znana jest głębokość łuku rogówki. OCT Visante oraz inne topografy pozwalają na dokładny pomiar głębokości łuku rogówki. Pomiar pomaga w doborze pierwszej próbnej soczewki kontaktowej, zwłaszcza u pacjentów z zaawansowanym stożkiem rogówki lub po zabiegach operacyjnych. W przypadku soczewek kontaktowych, u których głębokość łuku nie jest określona, można ją obliczyć ręcznie, za pomocą wartości średnicy, mimośrodru i krzywej podstawowej lub odczytać z odpowiednich tabel. Przed założeniem soczewek semi- i minitwardówkowych, na wewnętrzną (wkłesłą) część soczewki kontaktowej należy wprowadzić roztwór fluoresceiny z solą fizjologiczną bez środków konserwujących.

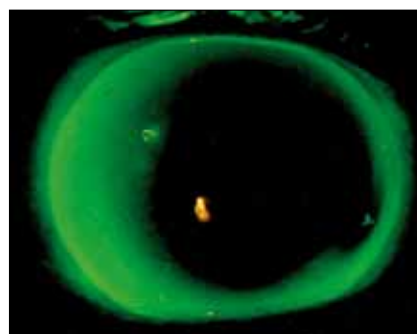
Określenie głębokości łuku

Jeśli głębokość łuku soczewki jest mniejsza niż głębokość łuku rogówki powoduje to aplikację płaską (Ryc. 1). Wyraźna płaska aplikacja z mocno odstającym brzegiem soczewki skutkuje powstawaniem pęcherzyków powietrza na obwodzie (Ryc. 2). Jeśli soczewka kontaktowa posiada większą głębokość łuku niż głębokość łuku rogówki doprowadzi to do aplikacji stromej i zwiększa prawdopodobieństwo pojawienia się pęcherzyków powietrza pod soczewką (Ryc. 3). Zmniejszenie głębokości łuku soczewki powoduje wyrównanie odległości między soczewką a rogówką z jednoczesnym łagodnym mostkowaniem szczytu stożka i bez centralnych pęcherzyków powietrza (Ryc. 4).

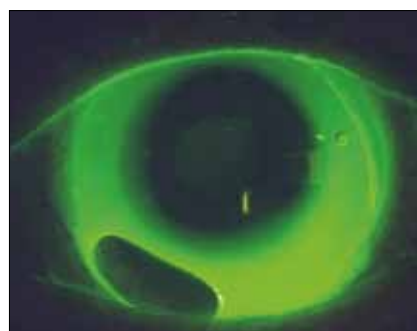
Dopasowanie obszaru obwodowego

Soczewka kontaktowa powinna lekko mostkować obszar rąbka rogówki. Zbyt mocne przyleganie soczewki w okolicy rąbka prowadzi do mechanicznego drażnienia a nawet erozji rogówki oraz obniżenia komfortu noszenia. Z kolei zbyt mocne mostkowanie sprzyja kumulacji pęcherzyków powietrza pod soczewką i może powodować na tych obszarach wysychanie rogówki, dlatego obwód soczewki powinien zostać odpowiednio dopasowany w zależności od objawów.

Na położenie soczewki na rogówce można wpłynąć przez zmianę średnicy soczewki.



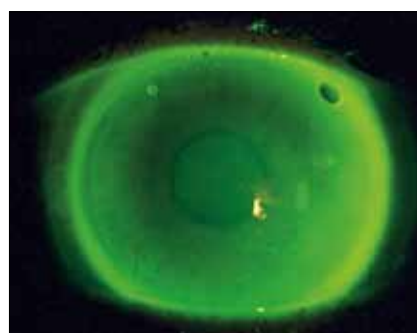
Ryc. 1. Aplikacja płaska (głębokość łuku soczewki < głębokość łuku rogówki)



Ryc. 2. Aplikacja płaska z pęcherzem powietrza na obwodzie



Ryc. 3. Aplikacja stroma z pęcherzem powietrza w centrum (głębokość łuku soczewki > głębokość łuku rogówki)



Ryc. 4. Idealne przyleganie

Dopasowanie strefy przylegania na twardówce

Aby zapewnić komfort noszenia i ruchomość soczewki twardówkowa strefa soczewki kontaktowej powinna przylegać do spojówki, przy czym nie powinna ona ani za mocno uciskać ani za mocno odstawać. Wówczas soczewkę można łatwo zdjąć z oka za pomocą przyssawki. W przypadku ucisku może dojść do ściśnięcia naczyń kwionośnych na spojówce a także odcisków i obrzęków po zdjęciu soczewki z oka. W takich przypadkach obszar obwodowy soczewki powinien zostać dopasowany bardziej płasko, jednak zbyt płaska peryferia może wywołać uczucie ciała obcego.

Przykłady aplikacji

Przykład: centralny, okrągły szczyt stożka (początkowe stadium stożka rogówki)

Pacjent SP, 17 lat, objawy subiektywne: zmniejszenie ostrości wzroku, najbardziej odczuwalne o zmroku w krótkim odstępie czasu od wymiany szkieł okularowych. Pacjent jest alergikiem i stosuje okresowo krople nawilżające. Wywiad rodzinny negatywny. Pacjent nie przyjmuje innych leków.

Dane obiektywne

Średnica rogówki: 11 mm, PA = 10 mm (PA kąt rozwarcia powiek z ang. palpebrae aperture), PS średnica źrenicy (w warunkach fotopowych) = 1,78 mm

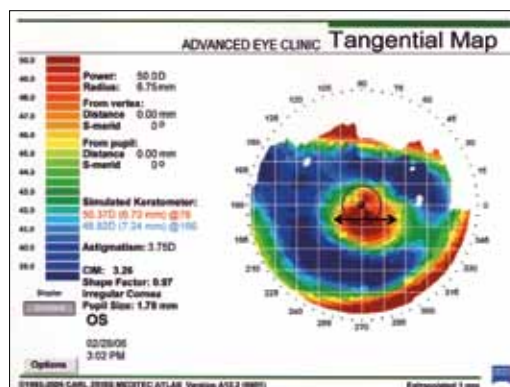
Czas przzerwania filmu łzowego (TBUT): 9 sek.

Skiaskopia: Refleks nożycowaty, astygmatyzm nieregularny, zmiana kierunku osi i wartości astygmyzmu od czasu ostatniego badania skiaskopii

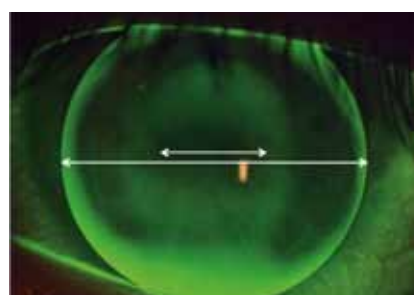
Ostrość wzroku po korekcji: 6/7,5⁻²

Badanie w lampie szczelinowej: rogówka, spojówka, powieki i rzęsy:

Objawy	obecny	nieobecny
Objaw Munsona		■
Pierścień Fleischera	■	
Linie Vogta		■
Linie podnabłonkowe	■	
Widoczne zakończenia nerwowe w rogówce	■	
Zbliznowacenia w rogówce		■
Zmniejszona grubość rogówki w centrum	■	
Neowaskularyzacja		■
Przekrwienie spojówki	■	
Punktowe uszkodzenia nabłonka w centrum		■
Punktowe uszkodzenia nabłonka na obwodzie		■
Zapalenie powiek	■	
Dysfunkcja gruczołów Meiboma	■	



Ryc. 1: Topografia rogówki



Ryc. 2: Obraz fluoresceinowy

Topografia rogówki:

Centralne promienie rogówki (dpt, mm)	46,62 (7,24) oś 166 / 50,37 (6,7) oś 76
Astygmatyzm rogówkowy (dpt)	-3,75 oś 166
Średnia wartość promieni centralnych rogówki	(dpt, mm) 48,50 (6,96)
Najbardziej stromy promień rogówki	(dpt) 50,00
Średnica rozděcia w najbardziej stromym punkcie (w mm)	2
Całkowita średnica rozděcia (w mm)	4,5
Wartość Q, e i p*	0,97, 0,98, 0,03

*Q (asferyczność) = e², e = mimośród, p (współczynnik kształtu) = 1-Q

Aplikacja

Krok 1: Określenie tylnej strefy optycznej (BOZD) i średnicy soczewki (TD)

Pacjent ze stożkiem rogówki w początkowym stadium, o małym rozděciu. Wraz z progresją stożka i wystromieniem promieni centralnych rogówki zmniejsza się średnica rozděcia. Przy tego rodzaju stożku rogówki zaleca się soczewki kontaktowe ze zmienną tylną strefą optyczną (BOZD) aby umożliwić odpowiedni jej dobór podczas zmniejszania się średnicy rozděcia. Dzięki temu po zmianie parametrów wartość głębokości łuku soczewki zostaje dopasowana do średnicy tylnej strefy optycznej (BOZD).

Kształt stożka rogówki	Średnica rozděcia	BOZD	TD
Stożek rogówki w początkowym stadium	4,00 mm do 5,00 mm	7,40 mm do 8,10 mm	9,40 mm do 9,60 mm

Zastosowana próbna soczewka kontaktowa (zob. Tabela 2, Str. 13)

Kształt stożka rogówki	Średnica rozděcia	BOZD	TD
Stożek rogówki w początkowym stadium	4,0 mm	5,5 mm	9,4 mm

Krok 2: Określenie promienia tylnej powierzchni soczewki BOZR

Określenia promienia tylnej powierzchni soczewki dokonuje się za pomocą dwóch parametrów: wartości astygmatyzmu rogówkowego (Tabela A) i wielkości BOZD (Tabela B).

Do przeliczeń w mm i w dpt stosuje się następujący wzór: $\frac{337,5}{\text{mm lub dpt}} = \text{dpt lub mm}$

(Zob. Załącznik F: Tabela wartości keratometrycznych)

Tabela A: Astygmatyzm rogówkowy

ΔK (dpt)	BOZR (dpt) (TD 9,4 mm)
-0,25 dpt do -3,75 dpt	Płaski promień rog. (dpt) - 0,609 x (ΔK)
-4,00 dpt do -7,50 dpt	Płaski promień rog. (dpt) - 0,491 x (ΔK)*
-7,75 dpt do -16,75 dpt	Płaski promień rog. (dpt) - 0,354 x (ΔK)

*Średnia wartość promienia rogówki dla BOZD 7,40 mm

ΔK = różnice centralnych promieni rogówki

Tabela B: Wielkość BOZD

Zmienna BOZD	BOZR (mm)
3,0–3,7 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) – 0,4mm
3,8–4,9 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) – 0,35mm
5,0–6,1 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) – 0,3mm
6,2–7,3 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) – 0,2mm
7,4–8,0 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm)
> 8,1	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) + 0,2mm

Przy średnicy soczewki TD 9,40 mm, BOZD 7,40 mm oraz centralnym położeniu soczewki BOZR oblicza się następująco:

ΔK (dpt)	BOZR (dpt) (TD 9,4 mm/ BOZD 7,4 mm)
-3,75 dpt	Średnia wartość centralnych promieni rogówki = 48,50 dpt (6,96 mm)

Krok 3: Wybór soczewki próbnej

Zob. Tabela 2, str. 13: tabela ułatwia wybór wielokrzywiznowej soczewki próbnej w zależności od tylnej strefy optycznej soczewki (BOZD), średnicy soczewki (TD) oraz promienia tylnej powierzchni soczewki BOZR. Przy zmniejszającym się promieniu BOZR zwiększa się średnica BOZD. Wybrana soczewka kontaktowa ma mniejszą średnicę strefy BOZD (5,50 mm zamiast 7,40 mm), dlatego promień tylnej powierzchni BOZR musi zostać dopasowany $(6,96 - 0,3 \text{ mm}) = 6,66 \text{ mm}$. Patrz tabela B.

BOZR	BOZD	Obwodowe osiowe spłaszczenie brzegu	Moc
6,66	5,50	"Standard"	-6,00 D

Krok 4: Ocena położenia soczewki

Ocena położenia soczewki kontaktowej na oku składa się z badania centracji i poruszania się soczewki. Badanie obrazu fluoresceinowego powinno być przeprowadzone przy użyciu niebieskiego światła z systemu oświetlającego oraz żółtego filtra z systemu obserwacyjnego (zob. wykres str. 27). W opisywanym przykładzie, położenie soczewki w centrum jest prawidłowe jednak obwód, ze względu na wysoki mimośród rogówki, za ciasny. Wartość osiowego spłaszczenia brzegu nie jest wystarczająca aby zapewnić odpowiednią wymianę płynu łzowego.

	Parametry pierwszej próbnej soczewki kontaktowej	Zmienione parametry
BOZR	6,66	bez zmian
BOZD	5,50	bez zmian
TD	9,40	bez zmian
Strefa obwodowa	(osiowe spłaszczenie brzegu "standard")	o dwa stopnie bardziej płasko

Krok 5: Korekcja ostateczna (dokorekcja), określenie soczewki ostatecznej

Aby określić wartość dioptryczną ostatecznej soczewki kontaktowej należy dokonać korekcji okularowej na oku z założoną próbną soczewką kontaktową (dokorekcja). Oceny obiektywnej nadrefrakcji dokonuje się przy

zastosowaniu autorefraktometru, dzięki któremu można zbadać małe astygmatyzmy resztkowe. Za pomocą skioskopii jest to trudne do osiągnięcia. Pomiar za pomocą autorefraktometru stanowi dobry punkt wyjścia do przeprowadzenia nadrefrakcji subiektywnej i określenia najlepszej wartości sferycznej w okularach. Uzyskaną wartość nadrefrakcji obiektywnej, powyżej 4,00 dpt przelicza się z uwzględnieniem odległości od wierzchołka rogówki (vertex distance) i dodaje się do wartości dioptrycznej soczewki.

Moc soczewki próbnej	-6,00 dpt
Obiektywna dokorekcja (autorefraktometr) (wartość sfero-cylindryczna)	-4,00/-1,25 oś 152
Najlepsza wartość sferyczna	-5,00
Najlepsza wartość sferyczna / Visus	-4,75 dpt 6/6
Ostateczna wartość dioptryczna sk = wartość dioptryczna próbnej sk + najlepsza wartość sferyczna	-10,75 dpt

Krok 6: Zamówienie ostatecznej soczewki kontaktowej

Zamówienie ostatecznej soczewki kontaktowej zawiera następujące parametry:

Geometria sk: stabilnokszałtna <input type="checkbox"/> sferyczna <input type="checkbox"/> asferyczna <input type="checkbox"/> wielokrzywiznowa								
Producent:					Nazwa soczewki:			
	BOZR	$r_1, r_2, r_3/W$	PCR/W	TD	BOZD	Moc	Grubość sk w centrum	Kolor
OP								
OL	6,66	bardziej płasko o 0,2 mm	bardziej płasko o 0,2 mm	9,4	5,5	-10,75	0,14	niebieski
Wartości dodatkowe: _____ minusowy brzeg nośny _____								
Uwagi: _____ Ze względu na płasko dopasowany obwód należy zmienić wartość BOZR o 0,1 mm na bardziej stromy (6,55 mm) aby uzyskać taką samą głębokość łuku. Moc soczewki musi zostać odpowiednio przeliczona na -11,25 dpt.								

BOZR = centralny promień soczewki kontaktowej, $r_1, r_2, r_3/W$ = promienie obwodowe soczewki/szerokość (z ang. secondary curve radius/width), PCR/W = obwodowy promień krzywizny/szerokość (z ang. peripheric curve radius/width), BOZD = średnica tylnej strefy optycznej, TD = średnica soczewki

Krok 7: Termin odbioru soczewki kontaktowej i wizyty kontrolne

Aby zapewnić wystarczający dopływ tlenu do rogówki soczewka kontaktowa powinna być zbudowana z materiału o wysokiej przepuszczalności tlenu, dodatkowo z powłoką plazmatyczną podwyższającą komfort noszenia. Pacjentowi należy zalecić regularne stosowanie kropli nawilżających. W dniu odbioru przez pacjenta soczewek oraz na każdej wizycie kontrolnej należy wykonać badanie ostrości wzroku i położenia soczewki na oku. Należy również porównać czy otrzymane wyniki są takie same jak w dniu aplikacji soczewek. Pierwszy termin wizyty kontrolnej należy wyznaczyć po upływie 2 tygodni. Pacjenci ze stożkiem rogówki, w pierwszych miesiącach od aplikacji, powinni częściej zgłaszać się na kontrole. Po 3 miesiącach noszenia soczewek kontaktowych powinno się zwrócić szczególną uwagę na położenie soczewki na oku i ewentualne zmiany w fizjologii rogówki. Po 6 miesiącach należy ponownie wykonać pachymetrię i topografię rogówki.

Przykład: owalny szczyt stożka (zaawansowane stadium stożka rogówki)

Pacjent JS, 49 lat, objawy subiektywne: zmniejszenie ostrości wzroku, najbardziej odczuwalne o zmroku, wymiana szkieł okularowych nie przyniosła poprawy. Pacjent jest alergikiem i okresowo stosuje krople nawilżające. Wywiad rodzinny negatywny. Pacjent nie przyjmuje innych leków.

Dane obiektywne:

Średnica rogówki: 11,0mm, PA = 10 mm (PA kąt rozwarcia powiek z ang. palpebrae aperture), PS średnica źrenicy (w warunkach fotopowych) = 3,34 mm

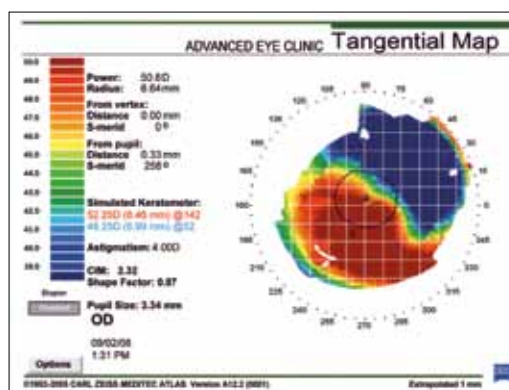
Czas przerwania filmu łzowego (TBUT): 8 sek.

Skiaskopia: Refleks nożycowaty, astygmatyzm nieregularny, zmiana wartości astygmyzmu i kierunku osi od czasu ostatniego badania skiaskopii

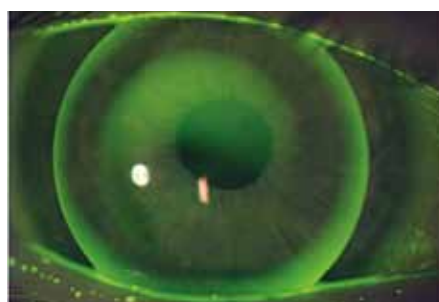
Ostrość wzroku po korekcji: 6/7,5⁻²

Badanie w lampie szczelinowej: rogówka, spojówka, powieki i rzęsy:

Objawy	obecny	nieobecny
Objaw Munsona	■	
Pierścień Fleischera	■	
Linie Vogta	■	
Linie podnabłonkowe	■	
Widoczne zakończenia nerwowe w rogówce	■	
Zbliżnowacenia w rogówce		■
Zmniejszona grubość rogówki w centrum	■	
Neowaskularyzacja		■
Przekrwienie spojówki	■	
Punktowe uszkodzenia nabłonka w centrum		■
Punktowe uszkodzenia nabłonka na obwodzie		■
Zapalenie powiek	■	
Dysfunkcja gruczołów Meiboma	■	



Ryc. 3. Topografia rogówki



Ryc. 4. Obraz fluoresceinowy

Topografia rogówki:

Centralne promienie rogówki (dpt, mm)	48,25 (6,99) oś 52 / 52,25 (6,46) oś 142
Astygmatyzm rogówkowy (dpt)	-4,00 oś 52
Średnia wartość promieni centralnych rogówki	(dpt, mm) 50,25 (6,7)
Najbardziej stromy promień rogówki	(dpt) 54,00
Średnica rozdęcia w najbardziej stromym punkcie (w mm)	5,5
Całkowita średnica rozdęcia (w mm)	6
Wartość Q, e and p*	0,87, 0,93, 0,07

*Q (asferyczność) = e², e = mimośród, p (współczynnik kształtu) = 1-Q

Aplikacja

Krok 1: Określenie tylnej strefy optycznej (BOZD) i średnicy soczewki (TD)

Pacjent z owalnym stożkiem rogówki w zaawansowanym stadium. Wraz z progresją tego typu stożka rogówki i wystromieniem promieni centralnych rogówki średnica rozdęcia powiększa się. Zaleca się aplikację soczewek kontaktowych ze stałą tylną strefą optyczną (BOZD). Dzięki temu po zmianie parametrów wartość głębokości łuku soczewki zostaje dopasowana do średnicy tylnej strefy optycznej (BOZD). Najlepiej gdy soczewki próbne mają dużą wartość BOZD. Dopasowanie BOZD do średnicy stożka daje w rezultacie lepszą zgodność krzywizny rogówki i głębokości łuku soczewki w obrębie strefy optycznej.

Kształt stożka rogówki		Średnica rozdęcia	BOZD	TD
Owalny	Zaawansowany	6,1 do 8,0 mm	8,10 do 9,40 mm	10,2 do 11,2 mm

Do aplikacji stosuje się wielokrzywiznowe soczewki kontaktowe o średnicy TD 10,40 mm i wartości BOZD 8,40 mm.

Krok 2: Określenie promienia tylnej powierzchni soczewki BOZR

Określenia promienia tylnej powierzchni soczewki dokonuje się za pomocą dwóch parametrów: wartości astygmatyzmu rogówkowego (Tabela C) und wielkości BOZD (Tabela D).

Do przeliczeń w mm i w dpt stosuje się następujący wzór: $\frac{337,5}{\text{mm lub dpt}} = \text{dpt lub mm}$

(Zob. Załącznik F: Tabela wartości keratometrycznych)

Tabela C: Astygmatyzm rogówkowy

ΔK (dpt)	BOZR (dpt) (TD 9,4 mm)
-0,25 do -3,75	Płaski promień rogówki (dpt) - 0,609 x (ΔK)
-4,00 do -7,50	Płaski promień rogówki (dpt) - 0,491 x (ΔK)*
-7,75 do -16,75	Płaski promień rogówki (dpt) - 0,354 x (ΔK)

*Średnia wartość promienia rogówki dla BOZD 7,40 mm

ΔK = różnice centralnych promieni rogówki

Tabela D: Wielkość BOZD

Stała BOZD/TD	BOZR (mm)
5,25–6,5/8,5–8,8 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) – 0,2 mm
7,2–7,5/9,2–9,6 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm)
7,6–8,1/9,8–10,1 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) + 0,15 mm
8,2–8,6/10,2–10,7 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) + 0,2 do 0,3 mm
8,7–9,4/10,8–11,4 mm	Średnia wartość centralnych promieni rogówki (mm) + 0,4 mm

W tym przykładzie BOZR zostaje obliczony następująco:

ΔK (dpt)	BOZR (dpt) (TD 9,4 mm/ BOZD 7,40 mm)
-4,00	Średnia wartość centralnych promieni rogówki = 50,25 dpt (6,7 mm)

Wybrana soczewka kontaktowa posiada większą średnicę BOZD (8.4 mm) dlatego promień centralny BOZR musi zostać dopasowany:

ΔK (dpt)	BOZR (D) (9,4 TD /7,4 BOZD)	Dopasowany BOZR
-4,00	Średnia wartość centralnych promieni rogówki = 50,25 dpt (6,7 mm)	Średnia wartość centralnych promieni rogówki + 0,25 mm (6,7 + 0,25) = 6,95 mm

Krok 3: Wybór soczewki próbnej

	TD 10,2–10,6																	
BOZR	7,94	7,76	7,58	7,42	7,18	7,11	7,03	6,96	6,89	6,82	6,75	6,68	6,62	6,55	6,49	6,37	6,25	6,14
BOZD	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,20	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,40	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60
r_1	8,94	8,76	8,58	8,42	7,98	7,91	7,83	7,76	7,69	7,62	7,55	7,48	7,42	7,50	7,40	7,30	7,25	7,20
d_1	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,60	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	8,80	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00
r_2	10,15	10,10	10,00	9,80	8,98	8,91	8,83	8,76	8,69	8,62	8,55	8,48	8,42	8,55	8,40	8,30	8,25	8,20
d_2	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,00	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,20	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40	9,40
r_3	11,50	11,40	11,30	11,00	10,18	10,11	10,03	9,96	9,89	9,82	9,75	9,68	9,62	9,65	9,55	9,35	9,35	9,25
d_3	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,60	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	9,80	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
PC	12,15	12,15	12,10	12,00	11,68	11,61	11,53	11,46	11,39	11,32	11,25	11,18	11,12	11,00	11,00	10,85	10,80	10,75
TD	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,20	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	10,40	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60	10,60
AEL	0,245	0,266	0,287	0,303	0,310	0,319	0,349	0,361	0,373	0,386	0,400	0,415	0,457	0,486	0,501	0,538	0,591	0,644

BOZR = centralny promień soczewki kontaktowej; BOZD = średnica tylnej strefy optycznej (z ang. back optic zone diameter); r_1 = drugi promień soczewki kontaktowej; d_1 = średnica pierwszej strefy obwodowej tylnej powierzchni; r_2 = trzeci promień soczewki kontaktowej; d_2 = średnica drugiej strefy obwodowej tylnej powierzchni; r_3 = czwarty promień soczewki kontaktowej; d_3 = średnica trzeciej strefy obwodowej tylnej powierzchni; PC = ostatni promień obwodowy soczewki, TD = średnica soczewki; AEL = osiowe spłaszczenie brzegu

Wszystkie parametry wymienione w powyższej tabeli odnoszą się do wielokrzywiznowej soczewki kontaktowej o stałej średnicy BOZD, i stałej całkowitej średnicy soczewki. Wraz ze wzrostem średnicy soczewki wzrasta także wartość BOZD. Należy zwrócić uwagę na zmianę wartości osiowego spłaszczenia brzegu (AEL). Wartość AEL odpowiednio wzrasta wraz z aplikacją dla rogówek o bardziej stromej geometrii (większym mimosrodzie). Przykład soczewki próbnej:

BOZR	BOZD/TD	Obwodowe osiowe spłaszczenie brzegu	Moc
6,95	8,4/10,4	0,36	-8,00 dpt

Krok 4: Ocena położenia soczewki

Ocena położenia soczewki kontaktowej na oku składa się z badania centracji i poruszania się soczewki. Badanie obrazu fluoresceinowego powinno być przeprowadzone przy użyciu niebieskiego światła z systemu oświetlającego oraz żółtego filtra z systemu obserwacyjnego (zob. wykres str. 27). W opisywanym przykładzie, położenie soczewki w centrum jest prawidłowe jednak obwód, ze względu na wysoki mimośród rogówki, za ciasny. Wartość osiowego spłaszczenia brzegu nie jest wystarczająca aby zapewnić odpowiednią wymianę płynu łzowego. Soczewka kontaktowa zostaje zamówiona z wyższym spłaszczeniem brzegu o 0,20 mm.

	Parametry pierwszej próbnej soczewki kontaktowej	Zmienione parametry
BOZR	6,95	bez zmian
BOZD	8,4	bez zmian
TD	10,4	bez zmian
Obwodowe osiowe spłaszczenie brzegu	0,36	0,56

Krok 5: Korekcja ostateczna (dokorekcja), określenie soczewki ostatecznej

Aby określić wartość dioptryczną ostatecznej soczewki kontaktowej należy dokonać korekcji okularowej na oku z założoną próbną soczewką kontaktową (dokorekcja). Oceny obiektywnej nadrefrakcji dokonuje się przy zastosowaniu autorefraktometru, dzięki któremu można zbadać małe astygmatyzmy resztkowe. Za pomocą skiaskopii jest to trudne do osiągnięcia. Pomiar za pomocą autorefraktometru stanowi dobry punkt wyjścia do przeprowadzenia nadrefrakcji subiektywnej i określenia najlepszej wartości sferycznej w okularach. Uzyskaną wartość nadrefrakcji obiektywnej (powyżej 4,00 dpt przelicza się z uwzględnieniem odległości od wierzchołka rogówki (vertex distance) dodaje się do wartości dioptrycznej soczewki.

Moc soczewki próbnej	-8,00 dpt
Obiektywna dokorekcja (autorefraktometr) (wartość sferyczna)	-6,00/-1,75 oś 32
Najlepsza wartość sferyczna	-7,00
Najlepsza wartość sferyczna / Visus	-6,25 dpt 6/6 HCVA
Ostateczna wartość dioptryczna sk = wartość dioptryczna próbnej sk + najlepsza wartość sferyczna	-14,25 dpt

Krok 6: Zamówienie ostatecznej soczewki kontaktowej

Zamówienie ostatecznej soczewki kontaktowej zawiera następujące parametry:

Geometria sk: stabilnokrzywiznowa <input type="checkbox"/> sferyczna <input type="checkbox"/> asferyczna <input type="checkbox"/> wielokrzywiznowa										
Producent:					Nazwa soczewki:					
	BOZR	$r_1, r_2, r_3/W$			PCR/W	Średnica	BOZD	Moc	Grubość sk w centrum	Kolor
OP	6,95	8,0/0,2, 9,76/0,2, 10,96/0,3			12,25/0,3	10,4	8,4	-14,25	0,16	niebieski
OL										
Wartości dodatkowe: _____ minusowy brzeg nośny _____										
Uwagi: _____ osiowe spłaszczenie brzegu = 0,561 _____										

BOZR = centralny promień soczewki kontaktowej, $r_1, r_2, r_3/W$ = promienie obwodowe soczewki/szerokość (z ang. secondary curve radius/width), PCR/W = obwodowy promień krzywizny/szerokość (z ang. peripheric curve radius/width), BOZD = średnica tylnej strefy optycznej, TD = średnica soczewki

Krok 7: Termin odbioru soczewki kontaktowej i wizyty kontrolne

Aby zapewnić wystarczający dopływ tlenu do rogówki soczewka kontaktowa powinna być zbudowana z materiału o wysokiej przepuszczalności tlenu, dodatkowo z powłoką plazmatyczną podwyższającą komfort noszenia. Pacjentowi należy zalecić regularne stosowanie kropli nawilżających. W dniu odbioru soczewek oraz na każdej wizycie kontrolnej należy wykonać badanie ostrości wzroku i położenia soczewki na oku. Trzeba porównać czy otrzymane wyniki są takie same jak w dniu aplikacji soczewek. Pierwszy termin wizyty kontrolnej należy wyznaczyć po upływie 2 tygodni. Pacjenci ze stożkiem rogówki, w pierwszych miesiącach od aplikacji, powinni częściej zgłaszać się na kontrole. Po 3 miesiącach noszenia soczewek kontaktowych powinno się zwrócić szczególną uwagę na położenie soczewki na oku i ewentualne zmiany w fizjologii rogówki. Po 6 miesiącach należy ponownie wykonać pachymetrię i topografię rogówki.

Załącznik F: Tabela przeliczeniowa wyników keratometrii

Do przeliczeń stosuje się następującą regułę: $\frac{337,5}{\text{mm lub dpt}} = \text{dpt lub mm}$

mm na dpt

mm	dpt	mm	dpt
4,70	71,81	6,65	50,75
4,75	71,05	6,70	50,37
4,80	70,31	6,75	50,00
4,85	69,59	6,80	49,63
4,90	68,88	6,85	49,27
4,95	68,18	6,90	48,91
4,75	71,05	6,95	48,56
4,80	70,31	7,00	48,21
4,85	69,59	7,05	47,87
4,90	68,88	7,10	47,54
4,95	68,18	7,15	47,20
5,00	67,50	7,20	46,88
5,05	66,83	7,25	46,55
5,10	66,18	7,30	46,23
5,15	65,53	7,35	45,92
5,20	64,90	7,40	45,61
5,25	64,29	7,45	45,30
5,30	63,68	7,50	45,00
5,35	63,08	7,55	44,70
5,40	62,50	7,60	44,41
5,45	61,93	7,65	44,12
5,50	61,36	7,70	43,83
5,55	60,81	7,75	43,55
5,60	60,27	7,80	43,27
5,65	59,73	7,85	42,99
5,70	59,21	7,90	42,72
5,75	58,70	7,95	42,45
5,80	58,19	8,00	42,19
5,85	57,69	8,05	41,93
5,90	57,20	8,10	41,67
5,95	56,72	8,15	41,41
6,00	56,25	8,20	41,16
6,05	55,79	8,25	40,91
6,10	55,33	8,30	40,66
6,15	54,88	8,35	40,42
6,20	54,44	8,40	40,18
6,25	54,00	8,45	39,94
6,30	53,57	8,50	39,71
6,35	53,15	8,55	39,47
6,40	52,73	8,60	39,24
6,45	52,33	8,65	39,02
6,50	51,92	8,70	38,79
6,55	51,53	8,75	38,57
6,60	51,14	8,80	38,35

dpt na mm

dpt	mm	dpt	mm	dpt	mm
38,00	8,88	49,00	6,89	60,00	5,63
38,25	8,82	49,25	6,85	60,25	5,60
38,50	8,77	49,50	6,82	60,50	5,58
38,75	8,71	49,75	6,78	60,75	5,56
39,00	8,65	50,00	6,75	61,00	5,53
39,25	8,60	50,25	6,72	61,25	5,51
39,50	8,54	50,50	6,68	61,50	5,49
39,75	8,49	50,75	6,65	61,75	5,47
40,00	8,44	51,00	6,62	62,00	5,44
40,25	8,39	51,25	6,59	62,25	5,42
40,50	8,33	51,50	6,55	62,50	5,40
40,75	8,28	51,75	6,52	62,75	5,38
41,00	8,23	52,00	6,49	63,00	5,36
41,25	8,18	52,25	6,46	63,25	5,34
41,50	8,13	52,50	6,43	63,50	5,31
41,75	8,08	52,75	6,40	63,75	5,29
42,00	8,04	53,00	6,37	64,00	5,27
42,25	7,99	53,25	6,34	64,25	5,25
42,50	7,94	53,50	6,31	64,50	5,23
42,75	7,89	53,75	6,28	64,75	5,21
43,00	7,85	54,00	6,25	65,00	5,19
43,25	7,80	54,25	6,22	65,25	5,17
43,50	7,76	54,50	6,19	65,50	5,15
43,75	7,71	54,75	6,16	65,75	5,13
44,00	7,67	55,00	6,14	66,00	5,11
44,25	7,63	55,25	6,11	66,25	5,09
44,50	7,58	55,50	6,08	66,50	5,08
44,75	7,54	55,75	6,05	66,75	5,06
45,00	7,50	56,00	6,03	67,00	5,04
45,25	7,46	56,25	6,00	67,25	5,02
45,50	7,42	56,50	5,97	67,50	5,00
45,75	7,38	56,75	5,95	67,75	4,98
46,00	7,34	57,00	5,92	68,00	4,96
46,25	7,30	57,25	5,90	68,25	4,95
46,50	7,26	57,50	5,87	68,50	4,93
46,75	7,22	57,75	5,84	68,75	4,91
47,00	7,18	58,00	5,82	69,00	4,89
47,25	7,14	58,25	5,79	69,25	4,87
47,50	7,11	58,50	5,77	69,50	4,86
47,75	7,07	58,75	5,74	69,75	4,84
48,00	7,03	59,00	5,72	70,00	4,82
48,25	6,99	59,25	5,70	70,25	4,80
48,50	6,96	59,50	5,67	70,50	4,79
48,75	6,92	59,75	5,65	70,75	4,77

Załącznik G: Skale pomiaru ostrości wzroku

Snellen (ft)	Snellen (m)	LogMar	Minuty kątowe
20/200	6/60	1,0	0,1
20/160	6/48	0,9	0,125
20/100	6/30	0,8	0,2
20/80	6/24	0,7	0,25
20/70	6/23	0,6	0,28
20/63	6/18	0,5	0,32
20/50	6/15	0,4	0,4
20/40	6/12	0,3	0,5
20/32	6/9	0,2	0,64
20/25	6/7,5	0,1	0,8
20/20	6/6	0,0	1,0

Załącznik H: Spis skrótów

AEC = osiowa odległość od brzegu (z ang. axial edge clearance)

AEL = osiowe spłaszczenie brzegu (z ang. axial edge lift)

BFS = najlepsza sfera (z ang. best fit sphere)

BOZD = średnica tylnej strefy optycznej (z ang. back optic zone diameter)

BOZR = centralny promień tylnej powierzchni soczewki kontaktowej/ promień tylnej powierzchni soczewki/ centralny promień soczewki/ tylny promień soczewki/ tylny promień strefy optycznej/ (z ang. back optic zone radius)

d_1 = średnica pierwszej strefy obwodowej tylnej powierzchni

d_2 = średnica drugiej strefy obwodowej tylnej powierzchni

d_3 = średnica trzeciej strefy obwodowej tylnej powierzchni

DALK = głęboka keratoplastyka warstwowa przednia

Dimple veiling = zroszeniowe pęcherzyki gazu pod soczewką

Dpt = dioptrie

HVID = pozioma widoczna średnica tęczęwki (z ang. horizontal visible iris diameter)

INTACS® = implantaty śródrogówkowe

Intra-lamellar keratoplasty = keratoplastyka międzywarstwowa

OCT = koherentna optyczna tomografia (z ang. Optical Coherence Tomography)

p = współczynnik kształtu (z ang. shape factor)

PA = kąt rozwarcia powiek (z ang. palpebrae aperture)

PC = ostatni promień obwodowy soczewki

PCR/W = ostatni promień obwodowy/szerokość (z ang. peripheral curve radius/width)

PKP = keratoplastyka pełnościenna

PMD = zwyrodnienie brzeżne przeźroczyste (z ang. pellucid marginal degeneration)

PMMA = polimetakrylan metylu

PRK = fotokeratektomia refrakcyjna (z ang. photorefractive keratectomy)

PS = średnica źrenicy (z ang. pupil size)

r_1 = drugi promień soczewki kontaktowej

r_2 = trzeci promień soczewki kontaktowej

r_3 = czwarty promień soczewki kontaktowej

sag = głębokość łuku

Sk = soczewka kontaktowa

TBUT = czas przzerwania filmu łzowego (z ang. tear break-up time)

TD = średnica soczewki

TLT = grubość filmu łzowego (z ang. tear layer thickness)



Centre for Contact Lens Research

School of Optometry, University of Waterloo

200 University Avenue West

Waterloo, Ontario, Canada N2L 3G1

519 888-4742

<http://cclr.uwaterloo.ca>