

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

SKLERÁLNE KONTAKTNÉ ŠOŠOVKY

Bakalárska práca

VYPRACOVALA:

Kristína Bernátová

obor 5345R008 OPTOMETRIE

študijný rok 2020/2021

VEDÚCA BAKALÁRSKEJ PRÁCE:

Mgr. Lenka Musilová, Dis., Ph.D.

Čestné prehlásenie:

Prehlasujem, že som bakalársku prácu vypracovala samostatne pod vedením Mgr. Lenky Musilovej, Dis., Ph.D. za použitia literatúry uvedenej v závere práce.

V Olomouci dňa 09.05. 2021

.....

Kristína Bernátová

Pod'akovanie

Rada by som sa touto cestou poďakovala vedúcej mojej bakalárskej práce Mgr. Lenke Musilovej, Dis., Ph.D. za čas a ochotu pri konzultáciách mojej bakalárskej práce.

Tato práca vznikla za podpory projektov IGA PrF UP v Olomouci č. IGA_PrF_2020_008 a IGA_PrF_2021_012.

OBSAH

ÚVOD.....	6
1 VÝVOJ SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK.....	7
1.1 Odborná terminológia	8
2 PREDNÝ SEGMENT OKA.....	10
2.1 Rohovka.....	11
2.2 Spojivka... ..	12
2.3 Skléra.....	12
2.4 Limbus.....	13
3 VÝROBA A MATERIÁLY SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK.....	15
3.1 Vlastnosti materiálov	16
4 DIZAJN SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK.....	18
4.1 Sféricke sklerálne šošovky.....	18
4.1.1 Optická zóna	18
4.1.2 Prechodová zóna	20
4.1.3 Dosadajúca zóna	21
4.2 Tórické sklerálne šošovky	22
4.3 Multifokálne sklerálne šošovky	24
5 INDIKÁCIA SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK	25
5.1 Zlepšenie zrakovej ostrosti	25
5.2 Ochrana povrchu oka	31
5.3 Ďalšie možnosti využitia.....	33
6 APLIKÁCIA SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK.....	36
6.1 Anamnéza	36
6.2 Vyšetrenie predného segmentu oka	36
6.3 Výber vhodných parametrov sklerálnej šošovky	37
6.4 Nasadenie a vysadenie sklerálnej šošovky	40
6.5 Doba nosenia a starostlivosť o sklerálne šošovky	42
7 VÝHODY A NEVÝHODY SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK.....	43
ZÁVER	45
ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY	46

ZOZNAM OBRÁZKOV

Obrázok 1 - Rozdiel priemerov kontaktných šošoviek.....	8
Obrázok 2 - Vzďialenosť úponu okohybných svalov	10
Obrázok 3 - Celková sagitálna výška očného povrchu (OSHO), rohovková sagitálna výška (SHC)	13
Obrázok 4 - Korneo-sklerálne prechodové profily	14
Obrázok 5 - Zóny sklerálnej šošovky	18
Obrázok 6 - Sklerálna šošovka s tangenciálnym uhlom	21
Obrázok 7 - Znázornenie parametrov sklerálnej šošovky	22
Obrázok 8 - Sklerálna šošovka na oku s keratokonusom	26
Obrázok 9 - Sklerálna šošovka na oku s pelucidnou marginálnou degeneráciou.....	27
Obrázok 10 - Sklerálna šošovka na oku s keratoglobusom	27
Obrázok 11 - Sklerálna šošovka na oku s korneálnou jazvou po PRK.....	28
Obrázok 12 - Sklerálna šošovka na oku po LASIKu s ektáziou.....	28
Obrázok 13 - Sklerálna šošovka na oku po prekonaní herpes simplex	29
Obrázok 14 - Sklerálna šošovka na oku po transplantácii rohovky so stehmi	29
Obrázok 15 - Sklerálna šošovka na oku s rohovkovou jazvou a afakiou	30
Obrázok 16 - Sklerálna šošovka na oku so Steven-Johnsonovým syndrómom	31
Obrázok 17 - Sklerálna šošovka na oku s keratopatiou a zlým zmáčaním povrchu šošovky.....	32
Obrázok 18 - Použitie maľovanej sklerálnej kontaktnej šošovky u kongenitálneho kolobomu na ľavom oku; A) bez kontaktnej šošovky, B) pri použití sklerálnej kontaktnej šošovky	34
Obrázok 19 - Indikácia sklerálnych kontaktných šošoviek	35
Obrázok 20 - Eye Surface Profiler.....	37
Obrázok 21 – sMap3D. Obrázky vytvorené pri troch rôznych pohľadoch pacienta sa zrátajú a vytvorí sa 3D model oka s priemerom až do 22 mm.....	38
Obrázok 22 - sMap3D. Simulácie sklerálnej šošovky na oku s fluorescejným zafarbením pre lepšie pochopenie správneho nasadenia. N-nasal, T-temporal, I-inferior	38
Obrázok 23 - EZi aplikátor sklerálnych šošoviek.....	41
Obrázok 24 - See-Green® aplikátor sklerálnych šošoviek.....	41

ÚVOD

Vďaka veľkému priemeru prichádzajú sklerálne kontaktné šošovky do priameho kontaktu len so sklérrou, medzi zadným povrchom šošovky a predným povrchom rohovky vzniká priestor vyplnený tekutinou, ktorá sa skladá zo slzného filmu a aplikačného roztoku. V súčasnej dobe patria sklerálne šošovky medzi najlepšie korekčné pomôcky pre nepravidelné a problematické rohovky, ktoré netolerujú hybridné alebo korneálne plynopriepustné šošovky. Najčastejšie sa sklerálne šošovky aplikujú ako ochrana rohovky a predného segmentu oka pri ochoreniach rohovky a poruchách slzného filmu.

Cieľom predkladanej bakalárskej práce je vytvorenie uceleného prehľadu o sklerálnych kontaktných šošovkách. V súlade s takto stanoveným cieľom je bakalárska práca členená do siedmych kapitol.

V prvej kapitole je opísaný vývoj sklerálnych kontaktných šošoviek. Táto časť je taktiež doplnená o odbornú celosvetovo zaužívanú terminológiou pre kontaktné šošovky. Ďalej je v práci definovaná anatómia predného segmentu oka. Hlavná pozornosť je venovaná limbu a jeho profilom. Tretia kapitola sa zaoberá popisom rôznych druhov výroby. Definuje základné parametre materiálov, ktoré sa používajú pri výrobe sklerálnych šošoviek a opisuje ich vlastnosti. Štvrtá kapitola obsahuje popis dizajnu, ktorý sa využíva pri sférických, tórických a multifokálnych sklerálnych šošovkách. Ťažiskom práce je piata kapitola, ktorá sa venuje indikácii sklerálnych šošoviek. Na základe rešeršu literatúry sú v tejto časti opísané ochorenia oka, pri ktorých je potrebná alebo odporúčaná aplikácia sklerálnych šošoviek. V šiestej kapitole je opísaný postup pri aplikácii sklerálnych šošoviek. Zároveň v tejto časti sú uvedené aplikačné metódy pri nasadení a vyberaní sklerálnych šošoviek z očí. Posledná kapitola je venovaná súhrnu výhod a nevýhod šošoviek s veľkým priemerom. Sú v nej opísané komplikácie, ktoré sa môžu pri nosení sklerálnych šošoviek vyvinúť.

1 VÝVOJ SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK

Leonardo da Vinci ako prvý v roku 1508 navrhol koncept optickej neutralizácie rohovky pomocou uzatvoreného zásobníka kvapaliny nad jej predným povrchom. [1]

Prvé ručne fúkané sklerálne kontaktné šošovky skonštruoval Adolf Gaston Eugen Fick v roku 1887 počas svojej práce v Zürichu. Jeho návrh spočíval v kontaktnej škrupine dosadajúcej na menej citlivom tkanive okolo rohovky. Prvé pokusy uskutočnil na králikoch, neskôr na sebe a až nakoniec na malej skupine dobrovoľníkov. Šošovky z fúkaného skla, s priemerom 18-21 mm, boli ťažké a doba ich nosenia bola iba niekoľko hodín. [10, 11]

Po Fickovom vynáleze sa na trhu objavilo mnoho ďalších vzorov kontaktných šošoviek. Ďalší vývoj šošoviek závisel od vynájdenia nových materiálov, metód merania oka a lepšieho pochopenia fyziológie oka, ako aj od neustáleho vývoja vhodných techník prispôsobenia sa šošovky oku. Na začiatku 20. storočia ponúkol na trh Carl Zeiss z Jeny súpravu sklerálnych kontaktných šošoviek, ktorá sa skladala zo štyroch skúšobných šošoviek s rozličnými špecifikáciami. Táto spoločnosť začala ako prvá experimentovať s plastovými šošovkami a v roku 1923 jej bol udelený patent na výrobu šošoviek z cellon celuloidu a inej organickej látky s podobnými mechanickými a optickými vlastnosťami. Prvá zmienka o aplikácii polymetyl metakrylátových (PMMA) sklerálnych šošoviek pochádza z roku 1939 od spoločnosti Thier. V 30. rokoch 20. storočia vyvinul Dallos techniku umožňujúcu vziať očné odťažky, z ktorých odliatky slúžili na vyrábanie šošoviek z tvarovaného skla. Feinbloom, Obrig a Györrfy v 40. rokoch predstavili plasty vhodné pre kontaktné šošovky. Plastové šošovky boli ľahšie tvarovateľné a menej krehké ako sklenené, čím sa dosiahlo ich optimálne prispôsobenie. Šošovky z plastových materiálov sa dali vyrobiť na sústruhu oveľa presnejšie napodobňujúc tvar predného segmentu oka. [11, 18]

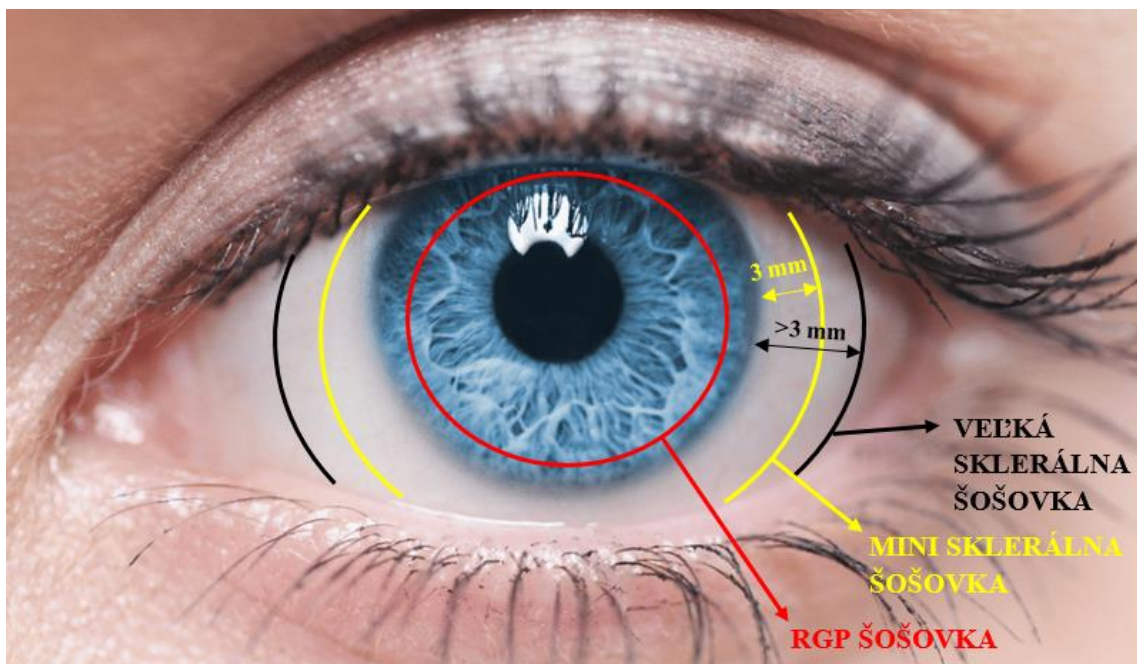
Veľký prelom prinieslo používanie plynopriepustných šošoviek, ktoré prvýkrát opísal Donald F. Ezekiel, austrálsky optometrista, v roku 1983. Vývoj menších, korneálnych, plynopriepustných šošoviek, dočasne pozastavil ďalší vývoj sklerálnych šošoviek. Aplikácia sklerálnych šošoviek, je ale späť na programe dňa, ako neinvazívny zákrok pre neštandardné zakrivenia rohovky. Moderné aplikačné centrá majú možnosť výberu z viacerých typov sklerálnych šošoviek, vrátane sférických, tórických a multifokálnych. [11, 18]

1.1 Odborná terminológia

Terminológia pre sklerálne šošovky a definície pre rôzne druhy kontaktných šošoviek prešli v posledných rokoch vývojom. Spoločnosť Scleral Lens Education Society v roku 2013 vydala odporúčanú medzinárodne uznávanú nomenklatúru na popis sklerálnych šošoviek podľa veľkosti a aplikácie.

Odporúčané názvoslovie vychádza z dosadajúcej plochy šošovky na očnom povrchu, nie z jej priemeru. Tvrdá plynopriepustná šošovka (RGP), ktorá úplne celá leží na rohovke spolu so svojou dosadajúcou zónou, sa nazýva rohovková. Šošovka, ktorá čiastočne spočíva na rohovke, centrálne alebo periférne a čiastočne na sklére je korneálno-sklerálna šošovka. Sklerálnymi kontaktnými šošovkami sa označujú všetky šošovky, ktorých dosadajúca zóna sa nachádza na sklére, bez ohľadu na ich veľkosť. [5]

Sklerálne kontaktné šošovky sa ďalej delia na dva druhy a to minisklerálne a veľké sklerálne šošovky, viď obrázok č.1. Toto delenie prihliada na rozdiely v centrálnej korneálnej oblasti a na ďalšie charakteristické vlastnosti. Za minisklerálnu šošovku považujeme šošovku, ktorej priemer je o 6 mm väčší ako horizontálne viditeľný priemer dúhovky. Šošovka, ktorá má dosadacu zónu 3 mm za okrajom dúhovky po celej svojej ploche, je definovaná ako minisklerálna. Ak je priemer šošovky väčší o viac ako 6 mm než priemer viditeľnej dúhovky, je klasifikovaná ako veľká sklerálna šošovka. [1]



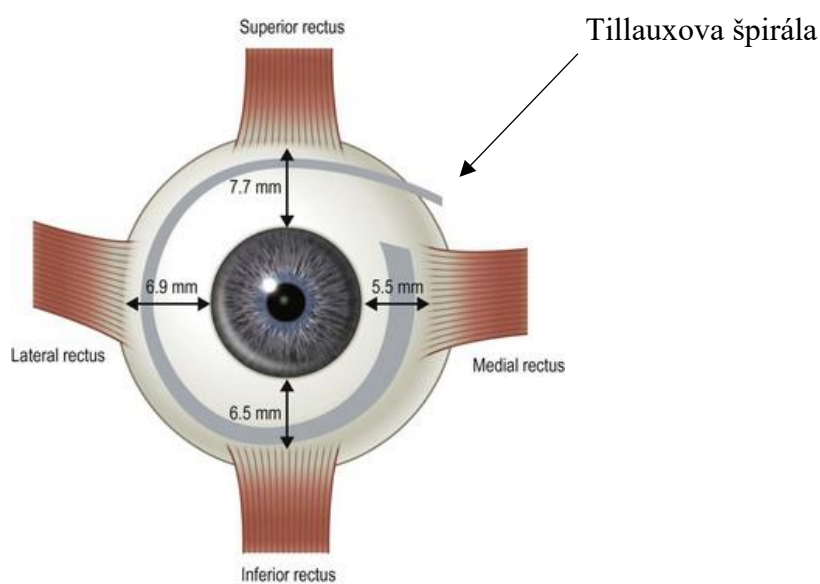
Obrázok 1 - Rozdiel priemerov kontaktných šošoviek, upravené [31]

Príklad: na oko s priemerom rohovky 12 mm nasadíme 18 mm šošovku, jej dosadajúca zóna bude výlučne na sklére, šošovka bude označovaná ako minisklerálna. Ak sa na tú istú priemernú rohovku nasadí sklerálna šošovka s väčším priemerom ako je 18 mm, šošovka bude presahovať priemer viditeľnej dúhovky o viac ako 6 mm a bude označená ako veľká sklerálna šošovka. [5, 11]

Najväčší rozdiel medzi minisklerálnou a veľkou sklerálnou šošovkou, okrem dosadajúcej zóny, je veľkosť slzného rezervoáru (slznej šošovky), ktorá sa vytvorí medzi sklerálnou šošovkou a rohovkou. Pri menšom priemere sklerálnych šošoviek je slzný rezervoár menší v porovnaní s tým, ktorý sa vytvorí pod veľkou sklerálnou šošovkou. Slzná šošovka, ktorá sa tvorí pri oboch typoch sklerálnych šošoviek minimalizuje mechanické namáhanie rohovky, čo sa považuje za jednu z najväčších výhod sklerálnych šošoviek. [1, 5, 11]

2 PREDNÝ SEGMENT OKA

Predný segment oka sa skladá z rohovky, dúhovky, ciliárneho telieska, šošovky, prednej a zadnej očnej komory. Pri aplikácii sklerálnych kontaktných šošoviek je najväčšia pozornosť kladená na rohovku, spojivku a skléru. Veľkosť predného segmentu oka, ktorý je vhodný na aplikáciu sklerálnej kontaktnej šošovky závisí od vzdialenosti upínania priamych okohybných svalov od limbu.



Obrázok 2 - Vzdialenosť úponu okohybných svalov, upravené [14]

Vzdialenosť medzi rohovkou a úponom priameho okohybného svalu m. rectus medialis je nazálne iba 5,5 mm. Ako je vidieť na obrázku 1 pravého oka, v smere hodinových ručičiek sa priestor medzi rohovkou a úponom zväčšuje. Označuje sa to ako Tillauxova špirála, po francúzskom lekárovi Paul Jules Tillaux, ktorý tento jav opísal ako prvý. V spodnej časti má medzera medzi rohovkou a svalom m. rectus inferior 6,5 mm. Temporálne je to od rohovky k m. rectus lateralis 6,9 mm a hore k m. rectus superior je priestor najväčší, a to až 7,7 mm. [1, 3]

Priemerná fyziologická rohovka má priemer približne 12 mm, to znamená, že maximálny horizontálny priemer sklerálnej šošovky môže byť 24 mm, s minimálnym alebo žiadnym pohybovom šošovky na oku. [1]

2.1 Rohovka

Rohovka je bezcievna, priehľadná, hladká a lesklá viac zakrivená časť predného segmentu oka. Tvorí približne 20 % povrchu z celkovej očnej gule. Rohovka nemá tvar symetrickej guľovej plochy. Vo vertikálnom smere je priemer rohovky približne 11,5 mm a horizontálny priemer má okolo 12,6 mm. Centrálna hrúbka rohovky sa pohybuje okolo 560 μm , v periférii je to od 650 do 1000 μm . So svojou optickou mohutnosťou +43 D sa rohovka radí medzi najdôležitejšie optické prostredia oka. [13]

Rohovka sa skladá z piatich vrstiev. V priamom kontakte s okolím sa nachádza epitel rohovky, ktorý predstavuje 10 % celkovej rohovkovej hrúbky. Epitel rohovky regeneruje každých sedem dní. Na povrchu epitelu sa nachádzajú mikroklky, ktoré umožňujú prisatie vnútornej vrstvy slzného filmu. Ďalšia vrstva sa nazýva Bowmanova membrána, ktorá nie je schopná regenerácie a ak je porušená, spôsobuje rohovkové jazvy. Strednou vrstvou rohovky je stroma, tvoriaca až 90 % hrúbky rohovky. Je to najsilnejšia vrstva, ktorá neregeneruje a jej pravidelné usporiadanie zaisťuje priehľadnosť rohovky. Smerom do oka, po strome sa nachádza Descemetova membrána. Je to blanka, ktorá prechádza v dúhovko-rohovkový uhol. Najvnútornejšia vrstva je nazývaná endotel. Je zodpovedný za neustálu hydratáciu, čím udržuje konštantnú optickú mohutnosť rohovky. Endotel rohovky neregeneruje s vekom a pri rôznych systémových či lokálnych ochoreniach počet endotelií klesá. Defekty endotelu sú nahradené migráciou a zväčšovaním objemu ostatných endotelových buniek. [3, 13]

Na povrchu rohovky sa nachádza slzný film. Je tvorený slzami pri žmurkaní a chráni povrchový epitel rohovky pred mechanickým poškodením a taktiež tvorí ochranu rohovky z imunologického hľadiska, pred infekciami. Jeho najdôležitejšími úlohami je zvlhčovanie, výživa a okysličenie rohovky a spojivky. Celková hrúbka slzného filmu sa pohybuje od 0,005 po 0,012 mm. Slzný film tvoria tri vrstvy. Vnútornejšia mucinová vrstva je produktom hlienových buniek spojivky, spojenie slz a epitelu rohovky. Jej úlohou je zníženie povrchového napätia, čím umožňuje na hydrofóbnom povrchu epitelu prisatie vodnej zložky slzného filmu. Stredná vodná vrstva tvorí 95 % z celkovej hrúbky slzného filmu a je to vodnatý sekret tvorený slznou žľazou. Vonkajšia vrstva je tuková alebo inak nazývaná aj lipidová. Je vyprodukovaná Meibomskými žliazkami viečka a zabraňuje odparovaniu vodnatej vrstvy. Pri žmurkaní sa časť vodnej vrstvy slzného filmu odvádza do slzných ciest. Pri otvorenej očnej štrbine, medzi

žmurknutiami sa slzný film postupne stenčuje, osychá a na rohovke vznikajú oschnuté miesta. [3, 13]

2.2 Spojivka

Spojivka je tenká, lesklá a jemná slizničná vrstva pozostávajúca z cievneho spojivkového väziva, ktoré je priehľadné. Pokrýva zadnú plochu viečok a oblúkovitým vyklenutím prechádza na povrch oka, kde pokrýva skléru. Spojivka sa skladá z dvoch vrstiev, epitel a stroma. Všetky väzivové zložky a cievy spojivky končia pri okraji rohovky, na ktorú prechádza iba epitel spojivky pozmenený na rohovkový epitel. Optická koherentná tomografia predného segmentu oka (OCT) je bezkontaktná metóda vytvárajúca horizontálny rez predným segmentom oka, pomocou ktorej Zhang et al. v štúdiu [12] na čínskych očiach odhalil, že priemerná hrúbka spojivky sa pohybuje okolo 240 μm . Vek výskumnej vzorky pacientov bol od 28 do 76 rokov a hrúbka spojivky sa pohybovala od 140 μm do 304 μm . Štúdia taktiež preukázala, že hrúbka spojivky nezávisí od pohlavia a vekom sa postupne stenčuje. [3, 13]

2.3 Skléra

Nepriehľadná, mliečne biela skléra tvorí 80 % pevného povrchu očnej gule. Skladá sa zo zväzkov kolagénnych vlákien, ktoré sa preplietajú vo všetkých smeroch. Úlohou skléry je udržiavanie tvaru a tonusu v očnej guli, taktiež ochraňuje vnútročné štruktúry a upínajú sa na ňu vonkajšie okohybné svaly. Metabolicky je skléra relatívne neaktívna, nachádza sa v nej iba obmedzené množstvo ciev a nervov, čo z nej robí menej citlivú časť oka oproti rohovke. [3]

Polomer zakrivenia skléry je v rozmedzí od 12,3 mm temporálne po 13,3 mm nazálne. Priemerné oko má polomer zakrivenia rohovky približne 7,8 mm. Približná dĺžka očnej gule je 24,1 mm priečne a zvislo 23,6 mm. Z toho vyplýva, že sklerálny tvar nie je vo všetkých smeroch symetrický. Skléra v prednej časti prechádza limbom do rohovky. V mieste výstupu zrakového nervu na zadnej strane skléry má sieťovú štruktúru a prechádza do obalov zrakového nervu. Skléra má najväčšiu hrúbku 1 mm v zadnej časti očnej gule. V oblasti limbu je jej hrúbka 0,8 mm a najtenšia iba 0,3 mm je v mieste úponu okohybných svalov. [1, 3, 13]

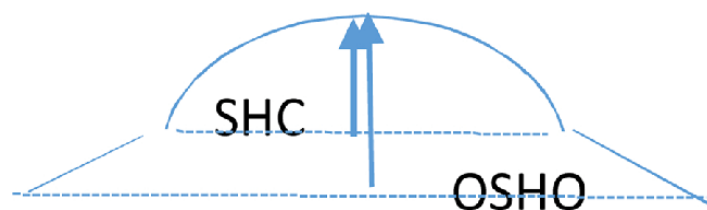
Šľachy priamych okohybných svalov sa k sklére upínajú pred ekvátorom, šľachy šikmých okohybných svalov sa upínajú až za ekvátorom oka. Zadná časť skléry je uložená vo väzivovom puzdre, nazývanom fascia bulbi (Tenoni), ako v jamke guľovitého kĺbu. [13]

Skléra sa skladá z troch vrstiev zložených z kolagénnych vlákien. Najvrchnejšia vrstva, ktorá sa nachádza iba v prednej časti oka, sa nazýva episkléra, tenké väzivové tkanivo. Pod hornou vrstvou sa nachádza sklerálna stroma, najhrubšia vrstva. Posledná vrstva je lamina fusca, ktorá prilieha na uveu. [3, 13]

2.4 Limbus

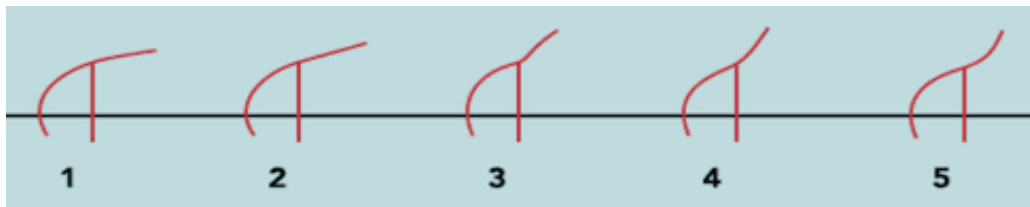
Korneo-sklerálny spoj, nazývaný limbus, je prechodovou zónou medzi priehľadnou rohovkou a nepriehľadnou sklérou. Tam, kde končí Bowmanová vrstva rohovky, sa nachádza prechod rohovky do limbu. Šírka celkového limbálneho prechodového pásma sa pohybuje približne od 1,5 mm v horizontálnej časti do 2,0 mm vo vertikálnej časti rohovky. V oblasti limbu sa rohovkové stromálne vlákna s nepravidelnou hrúbkou a usporiadaním menia na sklerálne stromálne vlákna. Sú známe dva typy prechodu rohovky na skléru. Pri prvom type je okraj rohovky zasadený do žliabku v sklére. Druhý spôsob pripomína zasadenie hodinového sklíčka, to znamená, že okraj rohovky je od povrchu smerom k periférii stenčený a okraj skléry ju prekrýva. [1, 3, 13]

Parameter, ktorý pri aplikácii sklerálnych šošoviek musíme zohľadniť, je sagitálna výška udávaná v μm , vid' obrázok 3. Rohovková sagitálna výška (SHC, sagittal height of the cornea) je definovaná vzdialenosťou od úrovne rohovko-sklerálneho spojenia po apex rohovky. Celková sagitálna výška očného povrchu (OSHO, overall sagittal height of the ocular surface), ktorú je potrebné vziať do úvahy pri aplikácii sklerálnych šošoviek, je maximálny polomer predného segmentu oka v sagitálnej rovine. Podľa Meierovej štúdie [23] je celková sagitálna výška očného povrchu pri profile číslo 1 najvyššia a profil číslo 5 má najnižšiu celkovú sagitálnu výšku, vid' obrázok č. 4. [5]



Obrázok 3 - Celková sagitálna výška očného povrchu (OSHO), rohovková sagitálna výška (SHC) [5]

Pri aplikácii sklerálnych šošoviek je dôležité poznať tvar korneo-sklerálneho prechodu a celkový tvar prednej skléry, z dôvodu dosadajúcej zóny sklerálnej šošovky. Aj napriek tomu, aký veľký význam zohráva prechod medzi rohovkou a sklérou pri aplikácii sklerálnych šošoviek, existuje iba veľmi málo zdrojov a štúdií, ktoré sa touto problematikou zaoberajú. Jedna z najvýznamnejších zmienok o korneo-sklerálnom prechode sa nachádza v nemeckom časopise o kontaktných šošovkách, nazývanom Die Kontaktlinse z roku 1992. Švajčiarsky očný lekár Meier [23] definuje v tejto publikácii rôzne typy prechodu rohovky do skléry. Opisuje päť rôznych modelov, vid' obrázok č. 4. Postupný prechod od rohovky po skléru, kde môže byť sklerálna časť buď konvexná (profil 1) alebo tangenciálna (profil 2). Výrazný prechod, pri ktorom opäť môže byť sklerálna časť konvexná (profil 3) alebo tangenciálna (profil 4). Piata možnosť popisuje konvexný tvar rohovky, ktorý sa stretáva s konkávnym tvarom skléry (profil 5). [11, 15]



Obrázok 4 - Korneo-sklerálne prechodové profily [11]

Len na základe teoretických úvah by sa dalo očakávať, že oblasť korneo-sklerálneho spojenia bude konkávna. Štúdia [24] z roku 2010 preukázala, že väčšina korneo-sklerálnych prechodov má tangenciálne (rovinné) tvary. Výskumná skupina pod vedením Eef van der Worp z Pacific University využila technológiu optickej koherenčnej tomografie predného segmentu (OCT) na vykreslenie sklerálnych tvarov. Tvar prechodu bol vyhodnotený v ôsmich rôznych smeroch predného povrchu oka. Výsledky preukázali, že hlavný korneo-sklerálny prechod mal tendenciu byť najostrejší na strane nosa. Iba jedna štvrtina vykazovala konkávne prechody a malé množstvo preukázalo konvexný tvar prechodu. Výsledky štúdie [24] naznačujú, aby sa pri aplikácii používali veľmi ploché krivky prechodovej zóny sklerálnych šošoviek, ktoré budú vhodné v mnohých prípadoch, avšak vždy je potrebné zohľadniť individuálne rozdiely. [11, 16]

3 VÝROBA A MATERIÁLY SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK

Jednou z výrobných praktík, ktoré sa využívali na výrobu sklerálnych šošoviek, bola metóda odtlačkov. Pri tejto technike sa odtláča predný očný povrch. Na vyrobenie odtlačku je potrebné špeciálne vybavenie a lokálne anestetiká na znecitlivenie očného povrchu. Z odtlačku sa vytvorí negatívna forma. Na vyrobenie odliatku z negatívnej formy sa najčastejšie používa zubný materiál alebo iná alternatíva. Takto zhotovený odliatok sa posiela výrobcovi sklerálnych šošoviek. Odliatok presne kopíruje povrch oka a zachováva si svoj tvar veľa rokov, čo umožňuje viacnásobnú reprodukciu šošovky. Výroba odliatkov je invazívna a časovo náročná technika. Najväčšou nevýhodou tejto metódy bola vysoká teplota, požadovaná pri výrobe šošovky, ktorá obmedzila využitie tejto techniky iba na PMMA materiály. [1, 6]

Nedávno na trh vstúpila aktualizovaná verzia odtlačkovej techniky, ktorá využíva špeciálny typ polyvinyl siloxane polyméru. Je to relatívne rýchla procedúra, ktorá je šetrnejšia k oku. Z formy sa vyrobí odliatok, a ten sa následne digitalizuje. V digitálnej podobe sa z neho vytvarujú sklerálne šošovky. Tieto šošovky je potom možné vyrobiť z ľubovoľného materiálu, v akejkoľvek hrúbke a sú veľmi dobre reprodukovateľné vďaka digitálnemu záznamu. [1]

V dnešnej dobe najpreferovanejším spôsobom aplikácie sklerálnej šošovky je pomocou skúšobných šošoviek. Rôzne spoločnosti vyrábajú skúšobné šošovky v rozmanitých dizajnoch, ktoré odborníci posúdia na oku. Po posúdení skúšobnej šošovky, odborníci sami môžu navrhnuť v počítači zmeny v dizajne. V súčasnosti sú sklerálne šošovky vyrobené s veľmi hladkým povrchom, hladšími hranami a zanedbateľnými výrobnými chybami. Vďaka modernizácii reznej techniky a sústruhu je možné vyrábať šošovky s presnosťou na submikróny. [6]

Materiál pre sklerálnu kontaktnú šošovku sa vyvinul z PMMA (polymetylmetakrylát) s koeficientom plynovej priepustnosti od nuly k aktuálne dostupným, vysoko priepustným materiálom, ktoré môžu dosahovať priepustnosť až okolo 162 Dk. Medzi vysoko priepustné materiály, z ktorých sa v dnešnej dobe vyrábajú sklerálne kontaktné šošovky sa radí flour-silikonový akrylátový kopolymer. [5, 8]

Sklerálne kontaktné šošovky musia byť vyrobené z materiálov s určitými špecifickými vlastnosťami. Medzi takéto vlastnosti šošoviek patrí napríklad index lomu, priepustnosť pre svetlo alebo priepustnosť pre kyslík, flexibilita a zmáčateľnosť. Veľkú

rolu hrá permeabilita (Dk), ktorá charakterizuje schopnosť materiálu prepúšťať plyny a transmisibilita (Dk/L) šošovky, čo je schopnosť materiálu prepúšťať plyny pre membránu určitej stredovej hrúbky. [1, 5]

Základom pre samotnú výrobu sklerálnej šošovky je medziprodukt/polotovár, ktorý dosahuje priemer až do 26 mm. V porovnaní s korneálnymi kontaktnými šošovkami sú sklerálne šošovky značne hrubšie, v rozsahu od 0,25 mm do 0,4 mm, ale pri väčších priemeroch sklerálnych šošoviek môže byť ich hrúbka výrazne väčšia. Samotná hrúbka má značný vplyv na kyslíkovú transmisibilitu šošovky. Z definície Dk/L vyplýva, že čím je šošovka hrubšia, tým je menej priepustná pre kyslík. Musí sa prihliadať na to, že hrúbka sklerálnej kontaktnej šošovky má tendenciu narastať smerom do periférie, pričom pri výpočtoch sa často používa iba centrálna hodnota. [1]

3.1 Vlastnosti materiálov

Pod sklerálnymi šošovkami vzniká relatívne hrubá slzná šošovka. Výsledky štúdie [26] preukázali, že permeabilita slznej vrstvy sa pohybuje okolo 99 Dk . Táto prídavná vrstva sa môže správať ako „filter“, ktorý má potenciálny vplyv na priepustnosť kyslíku. Hodnota Dk slznej šošovky je závislá od hrúbky slznej vrstvy. Sklerálne kontaktné šošovky musia byť vyrobené z vhodného materiálu a slzná vrstva pod nimi nesmie byť nadmerná aby nedošlo k hypoxii. [1, 6]

Zvýšenú kyslíkovú transmisibilitu môžeme docieľiť tromi spôsobmi, a to:

- 1) výberom správneho materiálu s maximálnou možnou permeabilitou (Dk),
- 2) redukovaním slznej vrstvy za šošovkou,
- 3) zmenšením centrálnej hrúbky sklerálnej šošovky.

Úprava a zmenšenie stredovej hrúbky na zvýšenie priepustnosti kyslíku pri sklerálnych šošovkách nie vždy prichádza do úvahy. Sklerálna šošovka, obzvlášť šošovka s veľkým priemerom, potrebuje dostatočnú centrálnu hrúbku, aby nedošlo k jej vlneniu a pokrúteniu na oku. Na asymetrickom povrchu oka a neskôr pri manuálnom čistení majú s menšou stredovou hrúbkou veľkú tendenciu sa rýchlo skrútiť. Viac informácií o centrálnej hrúbke sklerálnej šošovky viď kapitola 4.1.1. [1, 6]

Slzný tok pod kontaktnými šošovkami dokáže priniesť kyslíkom obohatené slzy, aby doplnili kyslíkový deficit rohovky. Prietok slz pod sklerálnou šošovkou je veľmi obmedzený, skoro žiadny. Z tohto dôvodu je podstatné, aby bola použitá sklerálna kontaktná šošovka s čo možno najvyššou priepustnosťou pre kyslík. [1]

Materiály s vysokým číslom permeability môžu ovplyvniť zmáčanlivosť sklerálnej šošovky, a tým ovplyvniť komfort pacienta. Množstvo sklerálnych šošoviek má preto na sebe vrstvu plazmy, ktorá zvyšuje zmáčanlivosť sklerálnych šošoviek, čím predlžuje komfort a umožňuje denné nosenie šošoviek. Režim výmeny sklerálnych šošoviek s vrstvou plazmy sa líši a zatiaľ, čo štandardné šošovky stačí meniť raz za rok, tie s plazmou vydržia iba niekoľko mesiacov. Vrstva plazmy sa nosením opotrebuje, a tým spôsobuje opätovnú zníženú zmáčanlivosť a nekomfort šošoviek na oku. [1, 6]

Sklerálne šošovky vieme rozdeliť do dvoch skupín na:

- 1) fenestrované,
- 2) nefenestrované.

Fenestrácia je nevyhnutným predpokladom pre PMMA sklerálnu šošovku, aby sa uľahčila výmena slz. Do sklerálnej šošovky sa vytvorí jeden alebo viac otvorov, ktoré znížia podatmosférický tlak alebo zabezpečia dostatočnú výmenu slz a tým zvýšia okysličenie rohovky pod šošovkou. Bublínám zachyteným v slznom rezervoári sa pri fenestrovaných šošovkách takmer nevyhneme, preto je tvar šošovky čiastočne ovplyvnený ich vzhľadom. Ak bublina pretína vizuálnu os, zraková ostrosť je znížená. Za optimálnu sa považuje bublina v tvare polmesiaca, ktorá sa rozprestiera približne na jednej tretine priemeru rohovky, ale je obmedzená len na limbus. Šošovka sa na oku po prvotnom nasadení sama usadí, a tým môže dôjsť k posunu bubliny do nežiaducej polohy. Ak topografia rohovky nie je pravidelná, čo je prípad väčšiny pacientov vyžadujúcich sklerálne šošovky, hĺbka slzného rezervoáru nie je rovnomerná. Šošovka preto na niektorých miestach prilieha až príliš a vznik bublín v slznom rezervoári je pravdepodobnejší. [2, 5, 6]

Nefenestrované sklerálne šošovky sú vyrobené z plynopriepustných materiálov a nie je nutné do nich vytvárať otvor. Zvýšené okysličenie rohovky dostupné pri materiáloch RGP eliminuje potrebu fenestrácií, čím sa zníži problém vzduchových bublín privádzaných do slzného rezervoáru. Fenestrované šošovky sa v súčasnosti skoro vôbec nepoužívajú. Niekedy sa zvolia napríklad po keratoplastike, pri veľmi vysokom astigmatizme. [2, 6]

4 DIZAJN SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK

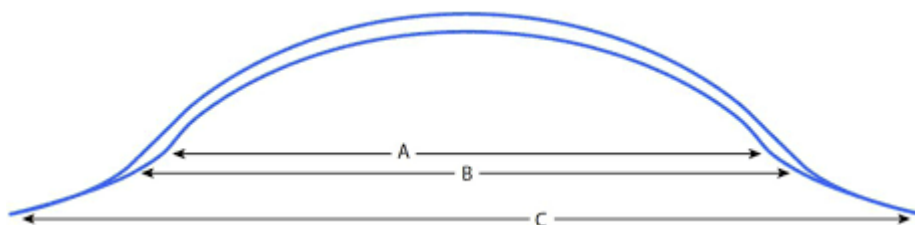
Moderné sklerálne kontaktné šošovky sú špeciálne upravené podľa potrieb zákazníka a generované pomocou počítačových softwarov, viď kapitola 6.3. V súčasnosti sa v praxi primárne spolieha na aplikáciu skúšobných diagnostických sklerálnych šošoviek, pomocou ktorých je zvolená optimálne požadovaná finálna sklerálna kontaktná šošovka. [1, 5]

Aj napriek tomu, že dizajn sklerálnych kontaktných šošoviek sa od rôznych výrobcov môže trochu líšiť, všetky sklerálne kontaktné šošovky majú rovnaký geometrický základ. [1]

4.1 Sféricke sklerálne šošovky

Sférická kontaktná šošovka sa inak nazýva aj centricky symetrická, niekedy je tiež označovaná ako netorická, tento pojem sa ale vzťahuje iba k zadnej ploche šošovky. Vzhľad sklerálnych kontaktných šošoviek obsahuje tri zóny [1]:

- optická zóna (A),
- prechodová zóna (B),
- dosadajúca zóna (C).



Obrázok 5 - Zóny sklerálnej šošovky [5]

4.1.1 Optická zóna

Optická zóna je centrálna časť sklerálnej kontaktnej šošovky, ktorá vytvára požadovanú dioptrickú korekciu pomocou polomeru zakrivenia a dioptrickej hodnoty šošovky. Priemer optickej plochy sklerálnej šošovky je približne o 0,2 mm väčší ako priemer viditeľnej dúhovky, meraný od limbu na jednej strane po limbus na opačnej strane, nachádzajúci sa v rovnakej rovine. Predná optická plocha sklerálnej kontaktnej šošovky môže byť sférická alebo asférická. Štúdia [27] preukázala, že asférická predná

plocha sklerálnej kontaktnej šošovky umožňuje dokonalejšiu optickú korekciu videnia pre pacientov trpiacich rohovkovou ektáziou za predpokladu správnej centrácie šošovky. Navyše je možné korigovať aj aberácie vyššieho rádu prednou plochou sklerálnej kontaktnej šošovky, hlavne z dôvodu veľkej stability na oku. Vďaka slznému rezervoáru, ktorý vzniká medzi sklerálnou kontaktnou šošovkou a prednou plochou rohovky, zaisťuje šošovka veľmi dobrú optickú kvalitu, pretože dokáže neutralizovať rohovkové nepravidelnosti. [1, 5, 6]

Rádius zadnej optickej plochy v mm je polomer zakrivenia centrálnej časti zadného povrchu šošovky. Polomer zakrivenia sklerálnej kontaktnej šošovky ovplyvňuje dioptrickú silu šošovky. Priemer zadnej optickej zóny, udávaný v mm, predstavuje priemer rádiusu zadnej optickej plochy sklerálnej kontaktnej šošovky. Ak má zóna oválny tvar, je možné ju opísať horizontálnym a vertikálnym priemerom. Rádius prednej optickej plochy je určený ako vzdialenosť stredového bodu šošovky od osi otáčania prednej optickej zóny. [5]

V ideálnom prípade by mal mať tvar zadnej plochy optickej zóny približne rovnaký tvar ako má samotná rohovka pacienta. V tomto prípade bude za optickou zónou sklerálnej kontaktnej šošovky vytvorený rovnomerný priestor. Vzhľadom na tvar rohovky je potrebné vybrať zadnú optickú zónu s plochšími alebo strmšími polomerami zakrivenia. Pomocou rádiusu zadnej optickej zóny dokážeme manipulovať so slzným rezervoárom, ktorý nám vznikne medzi prednou plochou rohovky a zadnou plochou šošovky. Strmšie plochy zakrivenia zvýšia hĺbku, tým pádom zaisťujú aj väčší slzný rezervoár medzi plochami. Naopak plochší zadný optický rádius zmenší hĺbku a medzi plochami ostane menší slzný rezervoár. Pri nepravidelných rohovkách nie je vždy možné dokonalo prispôbiť zadnú plochu sklerálnej kontaktnej šošovky k rohovke. Napríklad pri keratokonuse, kde je rohovka vyklenutá lokálne, obvykle v spodnej časti, bude aj priestor za šošovkou centrovanejšie periférne. [1]

Na rozdiel od korneálnych plynopriepustných šošoviek sa zadná plocha sklerálnych kontaktných šošoviek vo väčšine prípadov nedotýka rohovky. Výnimkou je, ak sa používajú korneálno-sklerálne šošovky, vtedy môže dôjsť k dotyku na vrchole rohovky alebo v okolí limbu. Ak je pod väčšou časťou šošovky zachovaný dostatočne veľký priestor so slzným rezervoárom, podľa korneálno-sklerálnych odborníkov [26] sú stále s takouto šošovkou dosahované dobré výsledky. Väčší šošovkový priemer zaručí zväčšenie priestoru medzi šošovkou a rohovkou. [1]

Centrálna hrúbka sklerálnej kontaktnej šošovky je vzdialenosť medzi prednou a zadnou plochou, meraná v geometrickom strede šošovky. Hrúbka sklerálnej kontaktnej šošovky sa mení, závisí od dioptrie, zakrivenia a od dizajnu šošovky. Maximálna hrúbka šošovky je miesto, kde je šošovka najhrubšia. Pri mínusových dioptriách je šošovka najhrubšia v prstenci 3 mm - 4 mm vzdialenom od centra. Plusové kontaktné šošovky sú najhrubšie v geometrickom strede šošovky. [5]

Slzná šošovka, ktorá vzniká pod sklerálnou kontaktnou šošovkou, spôsobuje zmenu optickej mohutnosti. Optické pravidlo, ktoré platí pri korneálno-sklerálnych šošovkách, sa približne využíva aj pri sklerálnych kontaktných šošovkách. Polomer zakrivenia premenený o 0,10 mm spôsobí zmenu sily o 0,5 D. Toto pravidlo platí väčšinou pri menších optických mohutnostiach. Shornack a kol. [28] vypočítal, že strmá šošovka s optickou mohutnosťou +6,00 D, ktorej hrúbka slzného rezervoáru je menej ako 200 μm nezmení svoju dioptrickú hodnotu. Ale pri použití sklerálnej šošovky, pod ktorou vznikne slzná šošovka 200 μm vzrastie celková optická mohutnosť šošovky na +6,61 D. Ak bude medzi šošovkou a rohovkou slzná šošovka o veľkosti 400 μm , optická mohutnosť šošovky vzrastie na +7,25 D. [1]

4.1.2 Prechodová zóna

Sklerálna kontaktná šošovka má prechodovú zónu medzi optickou a dosadajúcou zónou. Prechodovú zónu nazývame aj stredne periférna, prostredná či limbálna zóna. Spája bod, kde končí optická zóna, s bodom, ktorý označuje začiatok dosadajúcej zóny. Táto zóna je dôležitá, pretože vytvára sagitálnu výšku šošovky. Sagitálna výška sa upravuje nezávisle od optickej či dosadajúcej zóny. Prechodová zóna je navrhnutá plochšie ako najplochejší bod, zistený pri keratometrii alebo topografii, aby sa zmiernil tlak na perifériu rohovky a oblasť limbu. [1, 4]

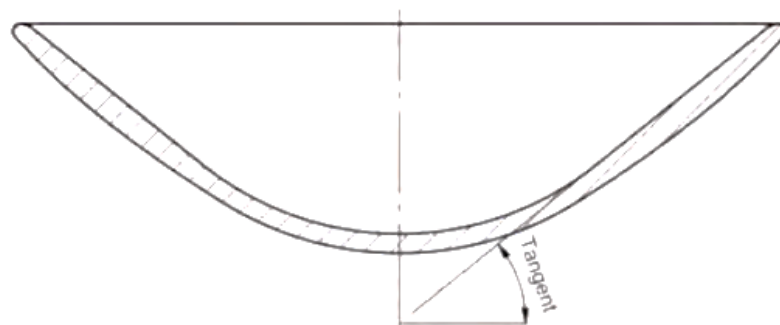
Pre sklerálne šošovky s väčším priemerom platí, že zabezpečujú dostatočnú vzdialenosť zadnej plochy šošovky od rohovky a limbu. Prechodová zóna je zložená zo série periférnych kriviek siahajúcich až do dosadajúcej zóny. Využívajú sa rôzne dizajny prechodovej zóny. Napríklad pri špeciálnych profíloch rohoviek, ktoré môžu vzniknúť po refrakčných operáciách (LASIK, LASEK alebo PRK) alebo taktiež aj po penetrujúcej keratoplastike, sú prechodové zóny navrhnuté v reverznom geometrickom profile, pripomínajúce ortokeratologické šošovky. [1, 4]

Tvar prechodovej zóny je dôležité brať do úvahy pri menších sklerálnych šošovkách, obzvlášť pri korneálno-sklerálnych šošovkách, aby sa minimalizoval mechanický tlak v oblasti limbu. Pri takýchto šošovkách je limbálny priestor minimálny alebo dokonca žiadny, pretože väčšinou je to miesto dosadania šošovky. [1]

4.1.3 Dosadajúca zóna

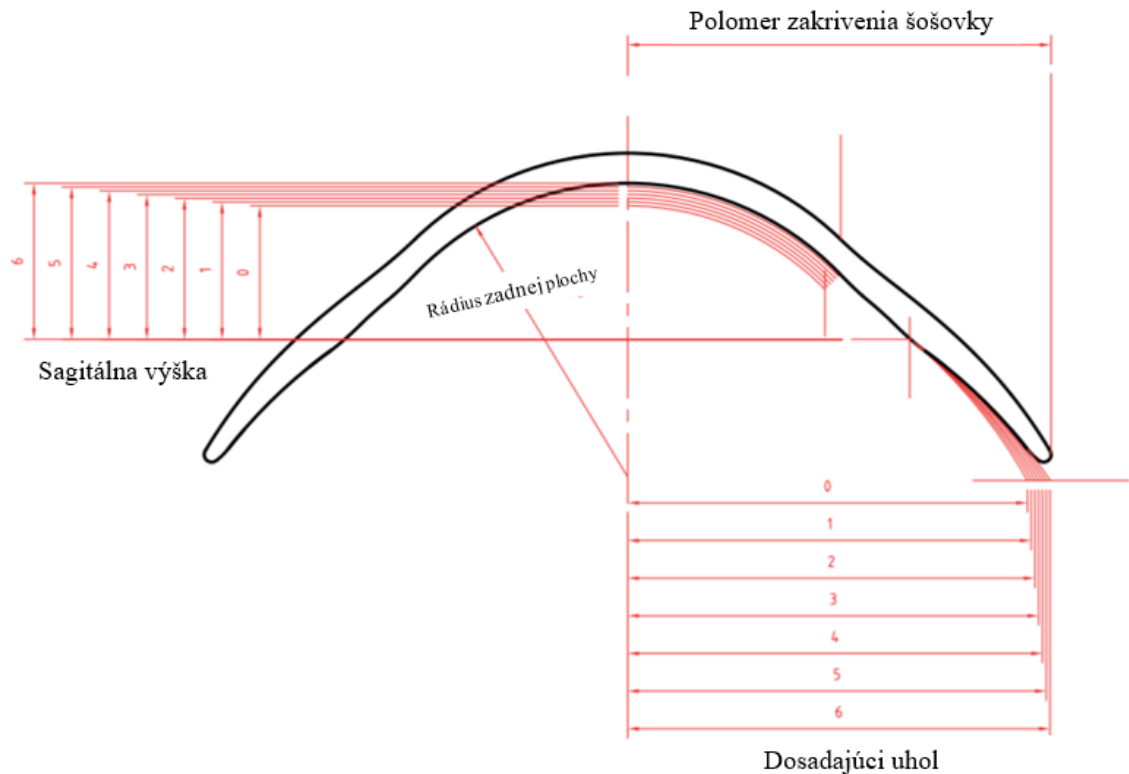
Oblasť šošovky, ktorá ako jediná pri sklerálnych šošovkách prichádza do kontaktu s predným povrchom oka, je dosadajúca zóna. Táto zóna šošovky nesie časť váhy celej šošovky, zvyšnú váhu podopiera slzný rezervoár. Dosadajúca zóna sa nazýva taktiež aj sklerálna, periférna alebo haptická. Podstatné je, aby sa tvar dosadajúcej zóny vyrovnal a čo najviac priblížil sklerálnemu profilu, čím docielime rovnomerné rozloženie tlaku šošovky na maximálnu možnú plochu. Dokonalé vyrovnanie so sklérou nie je možné, pretože nie je sférická alebo symetrická okolo svojej osi. Pri nasadení by malo dôjsť k minimálnej oklúzii krvných ciev spojivky, ale k dostatočnému utesneniu na sklére, aby sa zabránilo vzniku vzduchových bublín v slznej šošovke. Cieľom je dosiahnuť, aby šošovka zasahovala dostatočne ďaleko do sklerálnej zóny, čím zabránime stlačeniu limbu. [1, 2, 5]

Dosadajúca zóna je typicky definovaná plochou krivkou alebo tangenciálnym uhlom, vid' obrázok č. 6. Plochu dosadajúcej zóny je možné upraviť pomocou plochších alebo strmších polomerov zakrivenia, poprípade zmenou dosadajúceho uhla. Ak je polomer zakrivenia nadmerný, dochádza k upchávaniu periférnych spojivkových ciev. Naopak ak je polomer zakrivenia príliš plochý, dosadajúca zóna môže spôsobiť upchávanie stredne periférnych spojivkových ciev. [1, 2]



Obrázok 6 - Sklerálna šošovka s tangenciálnym uhlom [32]

Štúdia [23] preukázala, že predná plocha oka má tangenciálny tvar, podrobnejšie informácie vid' kapitola 3.4, a preto sa začali používať šošovky s tangenciálnym uhlom ktoré sa lepšie prispôbia miestu dosadania šošovky. Zmena dosadajúceho uhla môže sploštiť alebo zostrmiť dosadajúcu zónu, vid' obrázok č. 7. [1]



Obrázok 7 - Znáozornenie parametrov sklerálnej šošovky, upravené [32]

Výmena slz je pod sklerálnou kontaktnou šošovkou limitovaná. Modifikáciou okraju sklerálnej šošovky vieme výmenu zvýšiť. Zväčšenie hodnoty dosadajúcej zóny posúva okraj šošovky ďalej od očného povrchu, to znamená sploštenie okrajov. Naopak strmšie okraje približujú šošovku bližšie k povrchu oka. [5]

4.2 Tórické sklerálne šošovky

V priebehu niekoľkých rokov sa dostupnosť špecializovaných sklerálnych šošoviek značne rozšírila. Aplikačné centrá majú preto v tejto dobe prístup k rozličným tórickým dizajnom s možnosťou prednej, zadnej či bitorickej sklerálnej šošovky. [1]

Tórický dizajn prednej plochy je optická korekcia, ktorá zahŕňa sféro-cylindrický optický charakter šošovky. Dokáže korigovať nie len hypermetropiu a myopiu, ale aj zvyškový astigmatizmus. Zvyčajne sa zvyškový astigmatizmus prejavuje pri aberáciách

vyššieho rádu, najčastejšie sa vyskytuje pri vertikálnej a horizontálnej kome, ale niekedy môže byť výsledkom prirodzenej optiky oka. Značný rohovkový astigmatizmus sa vyskytuje pri keratokonuse. Ak pochádza zvyškový astigmatizmus z aberácii vyššieho rádu, tórická sklerálna šošovka ho dokáže zjemniť, nie úplne eliminovať. [4, 5]

Pri dizajne zadnej tórickej plochy nedochádza k optickej korekcii, pretože tórickou nie je centrálna zóna šošovky, ale prechodová zóna. Pomocou tórickej prechodovej zóny dokážeme zlepšiť usadenie šošovky na oku. Predný povrch rohovky je asymetrický, nasadením asymetrickej zadnej tórickej plochy docielime nie len lepšie sedenie na oku a väčší komfort pre pacienta, ale taktiež znížime riziko vysokého tlaku, ktorý môže viesť k uzatvoreniu sietnicových ciev. Zadným tórickým povrchom zabránime dotyku šošovky v okolí limbu, ktorý by mohol viesť až k otlaku. Čím ďalej za limbom sa nachádza prechodová zóna sklerálnej šošovky, tým viac sa vyžaduje nasadenie asymetrického, tórického, zadného povrchu sklerálnej šošovky. Pri aplikácii sférickej sklerálnej šošovky na tórickú rohovku dochádza k dotyku šošovky v plochom meridiáne rohovky a naopak veľkému vznášaniu sa nad strmým meridiánom. Zadný tórický dizajn zostáva aproximáciou sklerálnej topografie. Môže sa viac zhodovať s typickými kontúrami skléry ako symetrický dizajn, a preto môže zlepšiť centráciu a priľnutie ku sklére. Z dôvodu veľmi presného kopírovania asymetrickej rohovky sa sklerálne šošovky so zadnou tórickou plochou považujú za jedny z najstabilnejších na oku. Visser et al. [29] dokázal, že tórické sklerálne šošovky sa po rotácii rýchlo vracajú do svojej pôvodnej polohy. V ďalšej štúdií [30] Visser et al. preukázal, že čas nosenia, pohodlie, kvalita videnia a celková spokojnosť sa môžu zlepšiť, keď sa použijú tórické dizajny na zadnom povrchu v porovnaní so sférickými. [1, 2, 4]

Kombinovaný dizajn tórickej sklerálnej šošovky sa skladá zo zadnej tórickej geometrie s optickými benefitmi prednej tórickej zóny. To znamená, že predná tórická plocha koriguje optickú vadu oka a zadná tórická plocha zabezpečuje kopírovanie tvaru asymetrickej rohovky a správne dosadenie na sklére. Takáto sklerálna kontaktná šošovka sa chybne označuje ako „bitorická“. Ak by naozaj šlo o bitorickú šošovku, museli by obe časti, predná aj zadná, poskytovať tórickú korekciu optickej vady. V súčasnosti na svete neexistujú takéto sklerálne kontaktné šošovky, ktorých by obe plochy slúžili na korekciu zraku. [1, 5]

4.3 Multifokálne sklerálne šošovky

Multifokálne sklerálne šošovky sú najvhodnejšie pre pacientov, ktorí netrpia žiadnym patologickým ochorením, ale potrebujú korigovať presbyopiu. Avšak najčastejšími nositeľmi sklerálnych kontaktných šošoviek sú ľudia trpiaci ochoreniami postihujúcimi rohovku a niekedy sú sklerálne šošovky ich jedinou korekčnou možnosťou, preto v dnešnej dobe vďaka vývoju materiálov a dizajnu patologický nález na oku už nie je považovaný za kontraindikáciu použitia multifokálnych sklerálnych šošoviek. [1]

Dizajn multifokálnych šošoviek sa považuje za simultánny, v ktorom sa súbežne na sietnici zobrazia obrazy z rôznej pozorovanej vzdialenosti. Najväčšou výhodou multifokálnych sklerálnych šošoviek je ich vysoká stabilita na oku. Súbežné zóny môžu byť vyrobené presnejšie s požadovanými rozmermi zreničky. Ďalším prínosom je ich prekrytie rohovkových nerovností, ktorými dokážu ovplyvniť aberácie vyššieho rádu a zvýšiť kontrastnú citlivosť. [1]

5 INDIKÁCIA SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK

Sklerálne šošovky sa v minulosti používali len pri aplikácii na nepravidelne zakrivených rohovkách, ale teraz sa ich indikácia rozšírila na oveľa väčšie spektrum, ktoré môže byť všeobecne kategorizované podľa ich funkčného využitia a to na:

- zlepšenie zrakovej ostrosti,
- ochrana povrchu oka,
- ďalšie možnosti využitia.

5.1 Zlepšenie zrakovej ostrosti

Rohovka je vstupná vrstva, na ktorej sa láme svetlo pri prechode do oka. Na jej povrchu dochádza k lomu približne 66 % dopadajúcich svetelných lúčov. Akákoľvek nepravidelnosť rohovky ovplyvňuje vzniknutý obraz na sietnici. Neinvazívne zlepšenie zrakovej ostrosti dokážeme doceliť pomocou vysoko stabilných sklerálnych kontaktných šošoviek. Sklerálne šošovky vďaka svojmu veľkému priemeru vykazujú najvyššiu stabilitu na očnom povrchu. Primárnym dôvodom aplikácie sklerálnych kontaktných šošoviek je korekcia refrakčnej chyby, spôsobenej nepravidelným zakrivením prednej plochy oka. Nepravidelnosť rohovky môže byť zapríčinená napríklad rohovkovými extázami či infekciami. Sklerálne šošovky sa ďalej na zlepšenie vízu používajú taktiež aj pri afakii či presbyopii. [1, 2, 9]

Sklerálne kontaktné šošovky sa ako korekčná pomôcka využívajú:

- a) Rohovkové ektázie sú nezápalové ochorenia rohovky, pri ktorých nastáva patologické vyklenovanie a stenčovanie centrálnej, paracentrálnej alebo periférnej časti rohovky. Rohovkové ektázie vieme rozdeliť do dvoch skupín, primárne a sekundárne. Do primárnych rohovkových ektázií patrí keratokonus, keratoglobus a pelucidna marginálna degenerácia. [1, 2, 7]

Keratokon je charakteristickým vyklenovaním najčastejšie paracentrálnej alebo centrálnej oblasti rohovky. Spája sa s nárastom myopie a nepravidelného astigmatizmu. Najčastejšie ide o bilaterálne, asymetrické dedičné ochorenie, ktoré sa pomaly prejaví v období puberty, môže sa ale prejavíť aj v neskoršom veku. Rápidne zhoršenie zrakovej ostrosti môže spôsobiť akútny keratokonus, pri ktorom nastáva poškodenie Descemetovej membrány a edém stromatu rohovky. V porovnaní s korneálnymi šošovkami sú sklerálne šošovky stabilnejšie a poskytujú lepšiu

centráciu. Zároveň pri pokročilých štádiách keratokonusu s ruptúrami Descemetovej membrány je použitie sklerálnych šošoviek menej zaťažujúce pre rohovku, pretože s ňou priamo neprichádza do kontaktu a tým nedochádza k mechanickému dráždeniu ruptúr. Deloss et al. [34] publikovali, že oči s pokročilou ektáziou je možné úspešne vykorigovať sklerálnymi šošovkami. V štúdií [34] dospeli k názoru, že korekčný výsledok pri ektázií posledného 4. stupňa bol pri použití sklerálnych šošoviek lepší a rýchlejšie dosiahnutý v porovnaní s keratoplastikou. U pacientov s pokročilým keratokonusom, ktorý je stabilný a nedochádza k rapídny zmenám na rohovke, je vhodné použiť sklerálne kontaktné šošovky ako korekčnú pomôcku a vyhnúť sa tak ďalšiemu jazveniu rohovky. Nasadenú sklerálnu šošovku na oku trpiacom keratokonusom vid' obrázok 8. [3, 18, 33]



Obrázok 8 - Sklerálna šošovka na oku s keratokonusom [4]

Pri **pelucidnej marginálnej degenerácii** dochádza k vyklenovaniu periférnej časti rohovky. Vyklenovanie sa obvykle vyvinie v dolných kvadrantoch a prináša so sebou nepravidelný, okuliarmi nekorigovateľný, astigmatizmus. Pomocou sklerálnych šošoviek, vid' obrázok 9, ktoré eliminujú vyklenutie rohovky, je možné vykorigovať nepravidelný astigmatizmus. RGP šošovky majú tendenciu pri pelucidnej marginálnej degenerácii sklznúť po nepravidelnej spodnej časti rohovky príliš nízko a tým narušiť správnu centráciu šošovky. Na rozdiel od nich, sklerálne šošovky vďaka veľkým parametrom zabezpečia vyššiu stabilitu centrácie na oku. [3, 9]



Obrázok 9 - Sklerálna šošovka na oku s pelucidnou marginálnou degeneráciou [9]

Keratoglobus je vrodené ochorenie, pri ktorom dochádza ku globurálnemu vyklenovaniu stenčenej rohovky. Toto ochorenie sprevádza hlboká predná komora až nad 5 mm. Pri keratoglobuse dochádza k vysokej myopii a nepravidelnému astigmatizmu. V extrémnych štádiách keratoglobusu je aplikácia RGP šošoviek takmer nemožná. Aplikácia šošoviek, ktoré sa nasádzajú priamo na rohovku, nie je pri pokročilých štádiách keratoglobusu odporúčaná. Rohovka je natoľko oslabená, že môže dôjsť k perforácii aj pri triviálnych traumatoch, vzhľadom na jej hrúbku. Je však možné aplikovať sklerálne kontaktné šošovky, vid' obrázok 10. Medzi rohovkou a sklerálnou šošovkou vzniká slzný rezervoár, ktorý zabraňuje priamemu tlaku šošovky na rohovku. [3]



Obrázok 10 - Sklerálna šošovka na oku s keratoglobusom [4]

Sekundárna ektázia vzniká ako komplikácia po **rohovkových refrakčných operáciách** napríklad po fotorefrakčnej keratotomii (PRK), vid' obrázok 11, po Laser in situ keratomileusis (LASIK), vid' obrázok 12, po Laser-assisted subepithelial keratectomy (LASEK) alebo môže vzniknúť ako dôsledok zranení (traumat). [9]
Aplikáciou sklerálnych šošoviek sa vytvorí slzná vrstva, ktorá eliminuje rohovkové nepravidelnosti. Taktiež v týchto prípadoch sklerálne šošovky dosahujú vysokú stabilitu na oku. [2]

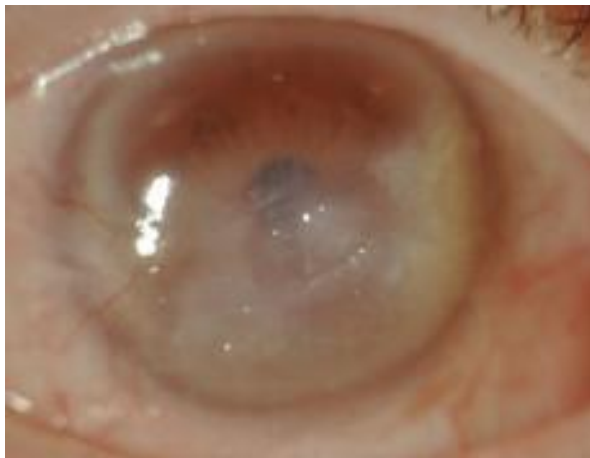


Obrázok 11 - Sklerálna šošovka na oku s korneálnou jazvou po PRK [4]



Obrázok 12 - Sklerálna šošovka na oku po LASIKu s ektáziou [4]

- b) Po rohovkových infekciách a transplantáciách, napríklad po prekonaní **herpes simplex**, vid' obrázok 13, alebo pri **perforujúcej keratoplastike**, vid' obrázok 14, sa vyžaduje nosenie kontaktných šošoviek, ktoré dopomáhajú k celkovej obnove a zlepšeniu zrakovkej ostrosti. Vo väčšine prípadoch sa využíva práve sklerálna kontaktná šošovka, aby ochránila krehkú/jemnú rohovku a zabránila mechanickému tlaku na jej povrch. Aj oči s jazvičkami alebo nepravidelnými rohovkami po rôznych traumatoch dokážu so sklerálnou šošovkou dosiahnuť viditeľné zvýšenie zrakovkej ostrosti. [1, 2]

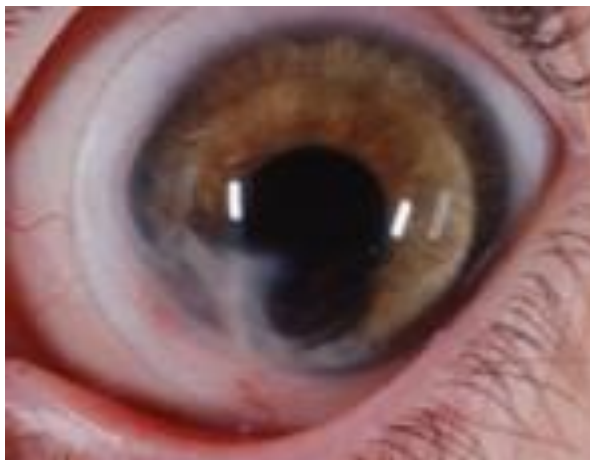


Obrázok 13 - Sklerálna šošovka na oku po prekonaní herpes simplex [4]



Obrázok 14 - Sklerálna šošovka na oku po transplantácii rohovky so stehmi [4]

- c) **Afakia** je stav oka bez vnútroočnej šošovky. Pre niektorých pacientov, trpiacich afakiou, neprichádza do úvahy chirurgická implantácia vnútroočnej šošovky, napríklad z dôvodu poškodenia predného segmentu oka alebo aniridie, vid' obrázok 15. Pri jednostrannej afakii vzniká výrazná anizometropia a anizeikonia, ktorú nie je možné korigovať okuliarmi pri zachovaní jednoduchého binokulárneho videnia. Sklerálne kontaktné šošovky dokážu znížiť periférne deformácie obrazu a redukujú veľkosť sietnicového obrazu, čím umožňujú správnu fúziu a vytvorenie jednoduchého binokulárneho videnia. [1, 2]



Obrázok 15 - Sklerálna šošovka na oku s rohovkovou jazvou a afakiou [4]

- d) Pre pacientov s vysokými refrakčnými chybami či už ide o **myopov** alebo **hypermetropov**, ktorých sa nedá úspešne vykorigovať mäkkými, prípadne korneálnymi kontaktnými šošovkami, vedia byť prínosom väčšie sklerálne kontaktné šošovky. Sklerálne šošovky sú prvou možnosťou pri zmiernení vysokého rohovkového astigmatizmu pomocou slznej vrstvy, ktorá sa vytvorí pod šošovkou. [1]
- e) Za relatívne nové využitie sklerálnych kontaktných šošoviek sa považuje ich aplikácia pri korekcii **presbyopie**. Vďaka vysokej optickej kvalite sklerálnych šošoviek je možné korigovať rohovkové nepravidelnosti. Sklerálne kontaktné šošovky vedia kvôli veľkej stabilite na oku, poskytnúť niektorým pacientom kvalitné videnie do diaľky aj do blízka. Príležitostne môžu sklerálne šošovky obsahovať horizontálnu prizmu kvôli svojej veľkej stabilite na oku. Z dôvodu rotácie rohovkových kontaktných šošoviek, prizma sa v nich zvyčajne nepoužíva. [1, 2]

5.2 Ochrana povrchu oka

Sklerálne kontaktné šošovky hrajú dôležitú úlohu pri ochrane rohovky, znižujú nadmerné vysychanie, chránia oko pred mechanickým poškodením a taktiež pri perforácii zmierňujú tlak, ktorý dokáže na oko vyvinúť samotné viečko. Výhodou sklerálnych šošoviek je zachovanie slzného rezervoáru pod šošovkou. Veľkú skupinu nositeľov sklerálnych kontaktných šošoviek tvoria pacienti trpiaci ochoreniami, ktoré spôsobujú práve vysychanie rohovky. Do tejto skupiny patria napríklad pacienti trpiaci ochoreniami ako je Sjögrenov syndróm, Stevensov-Johnsonov syndróm, cikatrikóznym pemfigoid, neurotrofická keratopatia alebo ochorenia, pri ktorých dochádza k neúplnému dovieraniu viečok.

Ako ochrana povrchu oka sa sklerálne šošovky využívajú pri ochoreniach:

- a) **Sjögrenov syndróm** je zápalové autoimunitné ochorenie, ktoré primárne postihuje exokrinné žľazy a postupne poškodzuje funkčný epitel slzných a slinných žliaz. Pacient má pri tomto ochorení charakteristickú zníženú produkciu slz, ktorá je sprevádzaná karatoconjunctivitis sicca, poškodenou je niektorá alebo viaceré zložky slzného filmu. [3, 4]
- b) **Stevensov-Johnsonov syndróm** je akútne zápalové ochorenie, ktoré postihuje pokožku a sliznice, vid' obrázok 16. Dochádza pri ňom k praskajúcim bulvám vedúcim k jazveniu slizníc celého tela. U očí sa prejaví hnisavým zápalom, keratitídou a môže spôsobiť zjazvenie rohovky, sprevádzané syndrómom suchého oka. [4]



Obrázok 16 - Sklerálna šošovka na oku so Steven-Johnsonovým syndrómom [4]

- c) Kožné ochorenie, **cikatrikózný pemfigoid** je autoimunitné ochorenie, sprevádzané recidivujúcimi pľuzgiermi na koži, jazvením a zvrášťovaním spojivky. Môže dôjsť až k uzavretiu slzných žliaz a k deštrukcii buniek spojivky, ktoré produkujú mucín. Očné viečka vzrastajú a deformujú sa, čo vedie k poškodeniu rohovkového epitelu, infekcii a vaskularizácii. [3]
- d) Pri poruche senzitívnej inervácie oka v dôsledku poškodenia trigeminálneho nervu dochádza k **neurotrofickej keratopatii**. Najčastejšie je sprevádzaná zhoršenou citlivosťou rohovky, ktorá vedie k tvorbe epitelových defektov. Porucha citlivosti spôsobuje zníženú až úplnú absenciu slzenia. Sklerálna šošovka naaplikovaná na oku s keratopatiou vid' obrázok 17. Pri progresii ochorenia dochádza k postupnému stenčovaniu rohovky, a preto ako ochranu suchej a stenčenej rohovky sa používajú sklerálne kontaktné šošovky. V praxi sa tieto šošovky využívajú aj pri liečení **epitelových defektov**. [3, 4]



Obrázok 17 - Sklerálna šošovka na oku s keratopatiou a zlým zmáčaním povrchu šošovky [36]

- e) Indikáciou sklerálnych kontaktných šošoviek je aj neúplne dovieranie viečok, ktoré vzniká napríklad pri defekte štruktúr, **kolobome viečok** alebo pri nadmernom vysunutí bulbu dopredu, nazývanom **exoftalmus**. **Everzia** či odstávanie primárne spodného viečka, **ektropium** a **nervová obrna**, ktorá môže spôsobiť nedostatočné dovieranie viečok, je vhodná aplikácia sklerálnych kontaktných šošoviek, ktoré zabráni nadmernému vysychaniu rohovky. Dôvodom aplikácie sklerálnej kontaktnej šošovky je aj autoimunitné ochorenie štítnej žľazy, **Gravesovo-Basedowa choroba**, ktorá kvôli opuchu tkaniva spôsobuje vyklenutie očí z očnice. [1, 3, 4]

- f) V prípade **trichiázy** a **entropie**, kde vzniká nesprávne postavenie mihalníc, dochádza k mechanickému dráždeniu rohovky alebo väčšej časti povrchu oka. Sklerálne šošovky slúžia ako ochranná vrstva nielen rohovky, ale aj limbu, dokonca pri použití sklerálnej šošovky s veľkým priemerom hovoríme aj o ochrane skléry. [1, 3]

5.3 Ďalšie možnosti využitia

Medzi ďalšie možnosti využitia sklerálnych šošoviek sa radia terapeutické účely ako dávkovanie liekov a kozmetické účely, pri ktorých sa využívajú ručne maľované sklerálne šošovky. Sklerálne šošovky preukázali svoje výhody aj pri športových aktivitách, pri ktorých šošovky s menšími priermi nedosahujú požadovanú stabilitu a komfort.

Sklerálne kontaktné šošovky sa využívajú:

- a) V súčasnej dobe sa začínajú používať v experimentálnych zariadeniach na dávkovanie liekov pre predný segment oka. Jednou z takýchto indikácií je napríklad aplikácia antibiotík počas rekonvalescencie rohovky. Ochorenie, pri ktorom sa ako novodobé dávkovače liekov začínajú využívať sklerálne kontaktné šošovky, je aj **neovaskularizácia**, kde sa tvoria nové kapiláry, aby priviedli kyslík do nedostatočne prekrvanej rohovky. [1]
- b) Z kozmetických dôvodov sa sklerálne kontaktné šošovky aplikujú pri **ptóze**, poklese viečka. Tieto sklerálne kontaktné šošovky majú špecifickú klenbu na zväčšenie otvoru medzi viečkami, čím umožnia vstup väčšiemu množstvu lúčov do oka a taktiež zväčšia zorné pole. [1]
- c) Pri **atrofii očnice**, kde sa bunky začnú znižovať alebo nastane ich úbytok, čo spôsobí zakrpatenie predtým normálne vyvinutého orgánu, sa taktiež využívajú ručne maľované sklerálne kontaktné šošovky. [1]
- d) Maľované sklerálne šošovky sa využívajú aj pri **kolobome dúhovky** alebo ochorení **aniridia**. Kolobom dúhovky je vrodený defekt dúhovky, pri ktorom je v dúhovke na okraji čierna drážka alebo otvor, vid' obrázok 18. Aj malý otvor môže spôsobiť dvojité, nejasné či rozmazané videnie a svetloplachosť. Oko postihnuté aniridiou trpí absenciou dúhovky a nie je schopné zväčšovať a znižovať zreničku, čiže nie je schopné akomodácie. Nastalo je zrenička veľká, v niektorých prípadoch je okolo nej

vidieť iba tenký pás dúhovky. Pri týchto ochoreniach sa využívajú sklerálne kontaktné šošovky nielen z kozmetických dôvodov, ale aj ako clona. [1, 3]

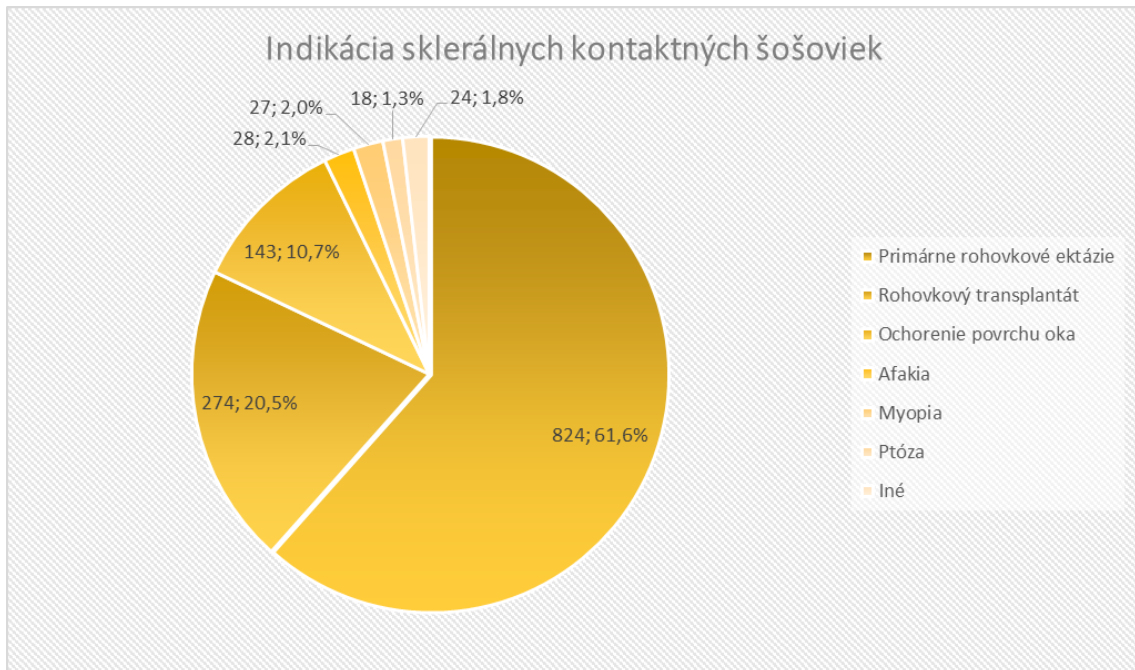


Obrázok 18 - Použitie maľovanej sklerálnej kontaktnej šošovky u kongenitálneho kolobomu na ľavom oku; A) bez kontaktnej šošovky, B) pri použití sklerálnej kontaktnej šošovky[35]

- e) Sklerálne kontaktné šošovky majú svoje využitie aj v športe, predovšetkým vo vodných športoch ako je vodné pólo či kanoe, potápanie alebo vodné lyžovanie. Výhodami sklerálnych šošoviek pri intenzívnych športových aktivitách je ich minimálny alebo žiadny posun. Vďaka priemeru sklerálnej šošovky nedochádza ani pri intenzívnej aktivite k jej decentracii na oku. Dokonca aj pri extrémnom potápaní je ich strata veľmi nepravdepodobná. Používajú sa aj pri dynamických športoch alebo pri aktivitách zahrňujúcich nadmerné vystavenie prašnému prostrediu. Oko pod sklerálnou šošovkou je z väčšej časti kryté a ak by sa nejaké malé telieska dostali pod šošovku, ocitnú sa v slznom rezervoári, ktorý zmierni mechanické trenie o rohovku. [1]

Na špecializovanej klinike v Moorfields Eye Hospital v Londýne bola od roku 2000 do roku 2007 vykonaná štúdia [25] zaoberajúca sa indikáciou sklerálnych kontaktných šošoviek. Do tejto štúdie sa zapojilo 888 (1353 očí) pacientov, ktorí boli dlhodobými nositeľmi sklerálnych kontaktných šošoviek. Štúdia preukázala, že z celkového množstva až 61,6 % (824 očí), trpelo ochorením keratokonus alebo inou primárnou ektáziou rohovky. Sklerálne šošovky po transplantácii rohovky, zväčša kvôli keratokonusu nosilo 20,5 % (274 očí). Retencia predkorneálnej tekutiny pri

rôznych poruchách povrchu oka predstavovala 10,7 % (143 očí), vysoká myopia alebo afakia spolu tvorili 4,1 % (55 očí) a ptóza 1,8 % (18 očí), vid' obrázok č. 19.



Obrázok 19 - Indikácia sklerálnych kontaktných šošoviek, upravené [2]

Štúdia [17] z roku 2013 uskutočnená v Americkej akadémii optometrie bola vykonaná na 213 očiach 144 pacientov. Táto štúdia okrem výhod predných a zadných tangenciálnych plôch sklerálnych šošoviek poukazuje aj na to, že napriek neustálemu vývoju nových materiálov a úprave dizajnu sklerálnych šošoviek, ich využitie a aplikácia v praxi podlieha iba minimálnej zmene. Z celkového množstva očí 213 až 56,8 % (121 očí) trpelo ochorením keratokonus, ktoré patrí do primárnych rohovkových ektázií. Aplikácia sklerálnej šošovky po transplantácii rohovky tvorila 13,6 % (29 očí) a ďalšie formy nepravidelného astigmatizmu mali 13,1 % (28 očí). Rôzne poruchy povrchu oka predstavovali 14,6 % (31 očí).

Z toho vyplýva, že najčastejšie využitie sklerálnych šošoviek je pri očiach trpiacich keratokonusom, ktoré pri oboch štúdiách predstavovali nadpolovičnú väčšinu aplikácií. Za keratokonusom a primárnymi rohovkovými ektáziami sa sklerálne šošovky aplikovali najčastejšie na oči po transplantácii rohovky a oči trpiace ochoreniami povrchu oka.

6 APLIKÁCIA SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK

Aplikácia sklerálnych šošoviek je komplexný proces, ktorý sa skladá z viacerých krokov. V minulosti jednou z najväčších nevýhod aplikácie sklerálnych šošoviek bol vždy čas, potrebný k skúšaniam a výberu sklerálnej šošovky s najvhodnejšími parametrami. Ďalšími mínusmi, ktoré hrali proti sklerálnym šošovkám boli zručnosti aplikátora a v neposlednom rade náklady spojené s ich výrobou. To sa za posledné roky dramaticky zmenilo, vďaka zdokonaleným poznatkom o očnom povrchu a taktiež vďaka novým konštrukčným možnostiam ako aj vylepšeným materiálom. Každé aplikačné centrum má svoje vlastné aplikačné postupy. V tejto kapitole je opísaný všeobecne výhodný sprievodca na vysvetlenie podstaty aplikácie sklerálnych šošoviek. [1, 4]

6.1 Anamnéza

Pred samotnou aplikáciou je dôležité vedieť pacientovu anamnézu. Podrobná celková lekárska a očná anamnéza zahŕňa pacientove minulé lekárske záznamy a očné ochorenia spolu s liečebnými postupmi, ktorými si pacient prešiel. Taktiež je potrebné mať informácie o predchádzajúcom nosení kontaktných šošoviek, ktoré vie dopomôcť k vytvoreniu obrazu o pacientovej zodpovednosti a návyku na starostlivosť o šošovky. Kvôli progresívnej povahe očných ochorení, pacientove podrobné záznamy z rohovkovej topografie a obrázky z optickej koherentnej tomografie predného segmentu oka (OCT), pomáhajú odborníkom pri optimalizácii aplikácie a výbere správneho tvaru či materiálu. [1, 4]

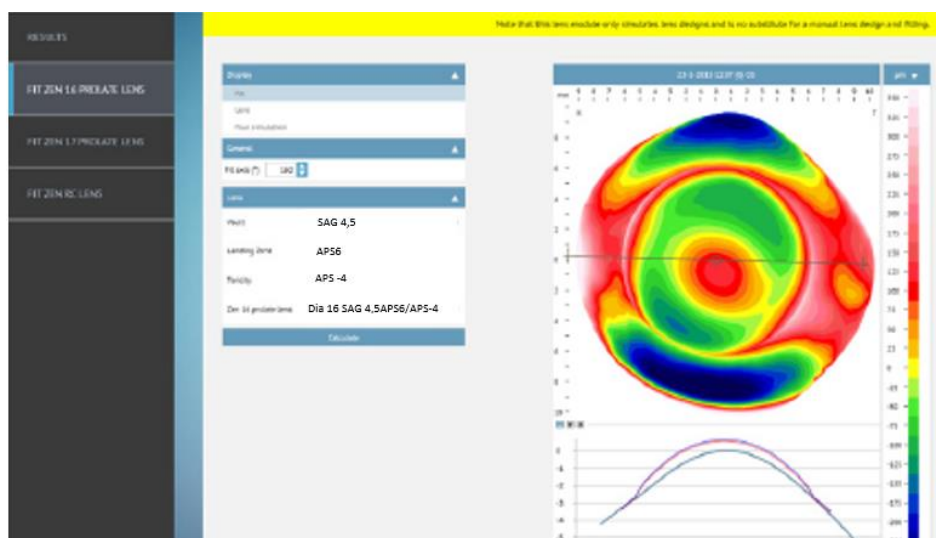
6.2 Vyšetrenie predného segmentu oka

Komplexné očné vyšetrenie je požadované vykonať pred každou prvou aplikáciou sklerálnych šošoviek. Predný očný segment sa kontroluje, tak ako aj pri ostatných typoch šošoviek, na štrbinovej lampe. Je potrebné zaznamenať si každé predchádzajúce očné ochorenie kdekoľvek vo vizuálnej osi, ktoré by mohlo brániť v najlepšej korekcii pomocou sklerálnych šošoviek. Obzvlášť dôležité je vyhodnotenie stavu rohovky a spojivky pomocou fluoresceinového farbenia. Medzi ďalšie kroky vyšetrenia patrí kontrola polohy viečok, mihalníc a elevácia spojivky. V neposlednom rade je potrebné

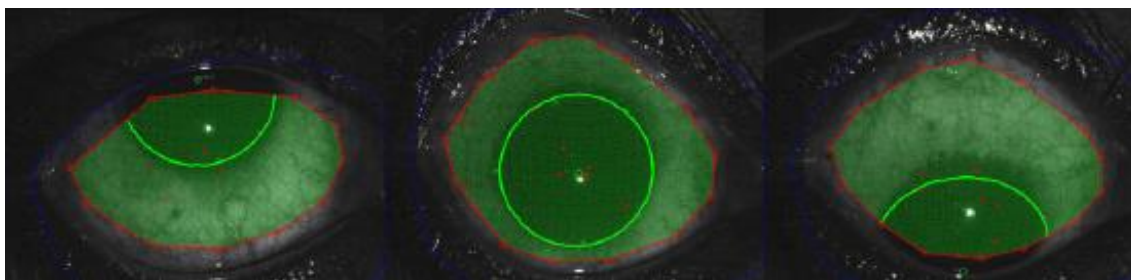
vykonať aktuálnu rohovkovú topografiu, keratometriu a OCT predného segmentu. Dôkladné vyšetrenie predného segmentu a starostlivé záznamy pomáhajú aplikátorovi nie len pri výbere vhodnej sklerálnej šošovky, ale taktiež slúžia aj pri komunikácii s pacientom o očakávaníach z úspešnej aplikácie. [1, 4]

6.3 Výber vhodných parametrov sklerálnej šošovky

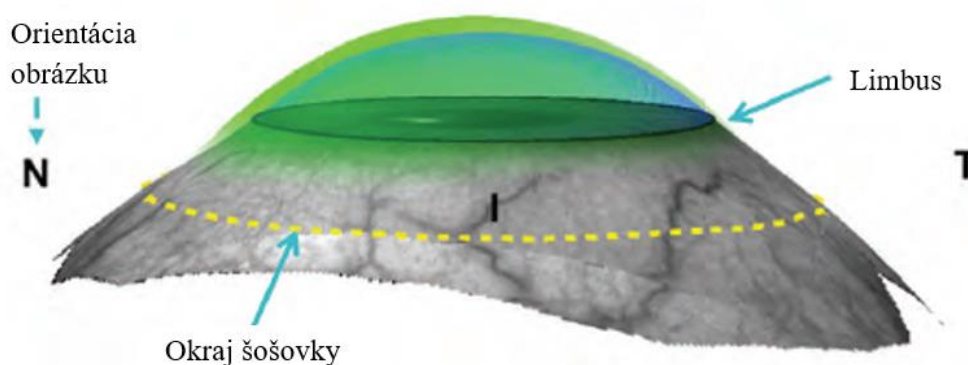
Sklerálne šošovky pokrývajú rohovku a limbus, ale dosadaciú plochu majú až na bulbárnej spojivke pokrývajúcej skléru. Aby nedochádzalo k dotyku medzi šošovkou a rohovkou/limbom je potrebné zvoliť správnu sagitálnu výšku šošovky, ktorá celkovo prevyšuje rohovkové parametre. Sagitálna výška rohovky závisí od výšky a excentricity rohovky, ktoré ovplyvňujú celkový priemer šošovky a polomery stredného a periférneho zakrivenia. Vo svete existujú rôzne techniky pri výbere správnej sklerálnej šošovky. Využitie sklerálnej topografie poskytuje lepšie pochopenie tvaru a zakrivenia predného povrchu oka, čím je dosiahnutá vyššia miera úspešnej aplikácie. Medzi sklerálne topografy patrí napríklad prístroj Eye Surface Profiler od spoločnosti Eaglet Eye z Holandska, ktorý vyhodnotí požadovanú sagitálnu výšku, priemer a obvodové krivky pre dva hlavné meridiány, vid' obrázok 20. Ďalším takýmto prístrojom je sMap3D od spoločnosti Precision Ocular metrology z USA, ktorý urobí tri obrázky očného povrchu, ktoré vyhodnotí, spojí a vytvorí požadovaný 3D model sklerálnej šošovky, vid' obrázok 21 a 22. [1, 4]



Obrázok 20 - Eye Surface Profiler [4]



Obrázok 21 – sMap3D. Obrázky vytvorené pri troch rôznych pohľadoch pacienta sa zrátajú a vytvorí sa 3D model oka s priemerom až do 22 mm [4]



Obrázok 22 - sMap3D. Simulácie sklerálnej šošovky na oku s fluorescejným zafarbením pre lepšie pochopenie správneho nasadenia. N-nasal, T-temporal, I-inferior, upravené [20]

Ďalšími možnosťami optimalizácie nasadenia sklerálnej šošovky je využitie rohovkovej topografie. Ak odborník nemá dostupnú technológiu na mapovanie očného povrchu, môže využiť diagnostické sady. Parametre, ktoré je potrebné určiť pri výbere sú celkový priemer šošovky, vzdialenosť medzi zadnou plochou šošovky a prednou plochou rohovky, veľkosť medzery medzi šošovkou a limbom, celková sagitálna výška šošovky, pristávajúca zóna a okraj šošovky. [1, 4]

Prvým krokom pri stanovení sagitálnej výšky šošovky je určenie celkového priemeru sklerálnej šošovky. Výber celkového priemeru závisí od topografie pacienta a anatómie predného segmentu, vrátane rozostupu očných viečok. Horizontálne viditeľný priemer dúhovky, šírka limbu a sagitálna výška rohovky ovplyvňujú celkový priemer. Ak má limbus výrazne oválny tvar, je potrebné zohľadniť aj vertikálne viditeľný priemer dúhovky. Optická zóna by mala pokrývať celú rozšírenú zreničku pri skotopickom videní, berúc do úvahy aj decentráciu šošovky. Čím vyššia je sagitálna výška rohovky, tým väčšia by mala byť aj celková sagitálna výška šošovky, aby sa zabránilo dotyku

šošovky s rohovkou a limbom. Príliš veľká celková sagitálna výška šošovky vedie k tvorbe centrálnych bublín. Naopak ak je zvolená príliš malá sagitálna výška šošovky môže dôjsť k centrálnemu dotyku a tvorbe bublín v oblasti skléry. Aj úpravou veľkosti prechodovej zóny je možné znížiť sagitálnu výšku šošovky. Pri zvolení nadmernej prechodovej zóny dochádza k tvorbe bublín v strednom obvodovom a limbálnom pásme. [4, 18]

Sklerálna šošovka nedosadá na oko vytvára medzeru medzi zadnou plochou sklerálnej šošovky a prednou plochou rohovky. Hodnota výšky slznej šošovky nie je rovnaká pod celým povrchom šošovky. Veľkosť slznej šošovky je možné zmeniť pomocou základnej krivky alebo zmenou samotnej sagitálnej výšky šošovky. Požadovaná veľkosť slznej šošovky závisí od stavu očného povrchu a od Dk materiálu sklerálnych šošoviek. Centrálna hrúbka slznej šošovky sa môže pohybovať od 200 do 300 μm pred usadením šošovky a okolo 50 – 200 μm po usadení. Ideálna centrálna hrúbka je 150 – 250 μm , v špeciálnych prípadoch sa za optimálnu hodnotu môže považovať aj medzi 50 – 100 μm . Vyhodnotiť centrálnu hrúbku slznej šošovky je potrebné po prvých 4 hodinách, po týždni nosenia, po 1 – 6 mesiacoch a pri každej následnej návšteve. Hodnotenie veľkosti slznej šošovky môže byť vykonané so šošovkou na oku pomocou OCT predného segmentu, alebo pomocou štrbinovej lampy a tenkého lúču. Výška limbálnej vzdialenosti medzi šošovkou a rohovkou sa spravidla pohybuje od 50 do 100 μm . [1, 4, 19]

Ďalším parametrom, ktorý je potrebné zohľadniť pri aplikácii sklerálnych šošoviek je dizajn dosadajúcej zóny. Cieľom tejto zóny je vytvoriť čo najväčší komfort pri nosení sklerálnej šošovky na oku. Na výber sú symetrické alebo asymetrické dosadajúce plochy. Úpravou uhlu pristávacej zóny alebo zmenou jej šírky je možné zmierniť tlak na spojivku, viac informácií vid' kapitola 4.1.3. [1, 4]

Pri nepravidelnostiach na sklére ako sú jazvy, spojivkové elevácie alebo zhrubnutie spojivky, nazývané pinguecula sa odporúčajú menšie sklerálne šošovky, ktoré nebudú zasahovať do týchto nepravidelností, aby nedošlo k nepríjemným zárezom. Pri veľkých nepravidelnostiach na spojivke sa odporúča vyrobiť šošovku podľa presného odtlaku. Sklerálne šošovky je možné vytvárať aj so špecifickým zdvihnutím v kvadrante, kde sa šošovka prispôsobí konkrétnej nerovnosti. Zdvihnutie v kvadrante okraja spôsobuje torické zakrivenie dosadajúcej plochy. [1, 4]

Ohodnotenie okraja šošovky a jeho dosadení na bulbárnej spojivke je veľmi dôležité, pretože nesprávne zvolený okraj môže pacientovi prinášať diskomfort. Na

vyhodnotenie okraja šošovky sa používa štrbinová lampa alebo OCT predného segmentu. Okraj šošovky môže byť tupo zaostrený, čo znižuje jeho pohodlie na oku. Naopak dobre zaoblený okraj môže viesť k hladkému pristátiu na sklére a tým prispieť k zvýšenému komfortu. Za optimálny okraj šošovky sa považuje ten, ktorého 50 % klesne mätko do spojivky a 50 % sa nachádza nad povrchom oka. Ak viac ako polovica okraja šošovky vytrča nad povrchom oka, dochádza k značnému nepohodliu a naopak ak je šošovka príliš zaborená do spojivky, môže dôjsť k otlakom. Podobne ako aj iné parametre, je možné zmeniť aj okraj šošovky. Ak dizajn šošovky neumožňuje rôzne variácie okraja, potom je potrebné zmeniť uhol alebo zakrivenie dosadajúcej zóny. [1, 4]

6.4 Nasadenie a vysadenie sklerálnej šošovky

Existujú rôzne techniky nasadenia a vysadenia sklerálnej šošovky a každé aplikačné centrum môže využívať iné overené praktiky. Všeobecne poznáme manuálne metódy alebo metódy, pri ktorých sa používajú aplikačné pomôcky.

Pred nasadením je potrebné sklerálnu šošovku vždy naplniť tekutinou až sa nad jej okrajom vytvorí vypuklá plocha. Je možné použiť fyziologický roztok alebo iný roztok na sklerálne šošovky. Najvhodnejšie roztoky sú bez konzervačných látok, ktoré pomáhajú zdravému fungovaniu rohovky. Manuálne nasadenie vyžaduje aby šošovka ležala na ukazováku a prostrednom prste dominantnej ruky, pre väčšiu stabilitu je možné použiť aj palec. [4]

Medzi aplikačné pomôcky radíme napríklad prstienok v tvare O, prísavku, See-Green® Lens Inserter, vid' obrázok 24 alebo EZi aplikátor sklerálnych šošoviek, vid' obrázok 23. Najprv je vždy potrebné vyčistiť a zvlhčiť miesto, na ktoré sa jemne nasunie sklerálna šošovka. Po nasunutí šošovky, je potrebné ju naplniť tekutinou. Hlava musí byť rovnomerne zo zemou a rukou je potrebné pridržať viečka a nasmerovať sa presne nad šošovku. Väčšina prísaviek pre aplikáciu sklerálnych šošoviek má na oboch stranách dieru v centre, ktorá pomáha pri správnom nacentrovaní šošovky na oko. V prípade použitia See-Green® stačí iba stlačiť tlačidlo a prístroj sám umiesti šošovku do stredu oka. [1, 4]



Obrázok 23 - EZi aplikátor sklerálnych šošoviek [22]



Obrázok 24 - See-Green® aplikátor sklerálnych šošoviek [21]

Vždy po aplikácii je nutné skontrolovať či sa v slznej šošovke nenachádza nechcená vzduchová bublina. Ak áno, je potrebné aplikáciu zopakovať a pokúsiť sa naliať pred aplikáciou do šošovky čo najviac tekutiny.

Pred vybratím sklerálnej šošovky je užitočné lubrikovať oko alebo vytvoriť pod šošovkou bublinu, ktorá by povolila prisatie šošovky. Jednou z metód manuálneho vybrania sklerálnej šošovky je jemné podloženie spodného viečka pod okraj šošovky, čím sa naruší prisatie a potom opatrné odobranie šošovky z oka. Najzuzívanejšou metódou je ale použitie prísavky alebo aplikačného prístroja. Prísavka sa umiestni na spodnú časť šošovky, jemným tlačením hore a od seba dôjde k výberu šošovky z oka. [1, 4]

6.5 Doba nosenia a starostlivosť o sklerálne šošovky

Sklerálne kontaktné šošovky sa nosia počas dňa a v noci vyžadujú uskladnenie v dezinfekčnom roztoku, ktorý ničí patogény spôsobujúce infekcie očí. Dĺžka nasadenia sa líši na základe stavu rohovky a transmisibility šošovky. Oko sa musí adaptovať na nosenie šošovky, preto sa odporúča prvý deň vydržať s nasadenou šošovkou od 4 do 6 hodín a postupne zvyšovať dĺžku nasadenia. Maximálny odporúčaný čas nosenia je 12 hodín. Ak je pacient napríklad po keratoplastike so zníženým počtom rohovkových buniek endotelu, doba nosenia sa kráti na nevyhnutné minimum. Dlhodobé nosenie a spanie v šošovkách sa neodporúča. [1, 4]

Existujú dva typy dezinfekčných roztokov na starostlivosť a skladovanie sklerálnych šošoviek. Jeden z nich je viacúčelový roztok, ktorý je vhodný na dezinfekciu, očistenie šošovky od nežiadúcich patogénov a taktiež sa v ňom môže šošovka uskladňovať. Druhým spôsobom dezinfekcie šošovky je použitie peroxidu vodíka. Peroxidové roztoky sú vhodné pre všetkých užívateľoch, ktorí sú citliví na chemikálie a konzervačné látky vo viacúčelových roztokoch. Pri použití peroxidu vodíka je potrebné dodržať správny postup a nechať šošovky v roztoku minimálne 6 hodín. [1, 4, 19]

7 VÝHODY A NEVÝHODY SKLERÁLNYCH ŠOŠOVIEK

Veľké rozmery sklerálnych šošoviek a dosadacia plocha poskytujú veľa pozitívnych výhod. Aplikácia tohto typu šošovky môže byť úspešná vďaka tomu, že nie je vyžadované tesné dosadnutie na rohovku. Pod šošovkou sa vytvorí slzný rezervoár, ktorý je zložený zo slzného filmu a aplikačného roztoku, čím dochádza k neustálej hydratácii rohovky. Medzi najväčšie výhody sklerálnych šošoviek sa radí korekcia vysokých refrakčných vád a nepravidelného astigmatizmu. Vďaka veľkému priemeru dokážu zabezpečiť dobrú centráciu a stabilnú zrkovú ostrosť. Sú prekvapivo pohodlné pre ťažko sa adaptujúce oko, pretože nedochádza k vzájomnému pôsobeniu očných viečok s okrajom šošoviek. Cudzie telieska, ktoré sa dostanú medzi šošovku a rohovku, nie sú veľkým problémom, pretože sa dostanú do slznej šošovky a nedochádza k dráždeniu počas žmurkania. [2, 18, 32]

Proces nasadenia sklerálnej šošovky môže pripadať menej šikovným pacientom jednoduchší, pretože šošovka nie je položená na jednom prste, ale drží sa medzi palcom a prstom. Údržba je jednoduchá, pretože suché skladovanie je vo všeobecnosti uspokojivé aj pri plynopriepustných materiáloch. Leštenie alebo povrchová úprava sklerálnych šošoviek je možná. [2]

Pre vyvážený pohľad je tiež potrebné uviesť aj nevýhody. Výroba je v porovnaní s väčšinou ostatných typov šošoviek náročná. Veľké rozmery môžu byť zastrašujúce a môže sa objaviť pocit a vzhľad nadmernej objemnosti. Vertikálna decentrácia môže spôsobiť výrazné hranolové efekty, najmä ak je šošovka len na jednom oku. Okysličenie rohovky sa aj pri správnom nasadení zníži a dosiahnutý vízus so sklerálnymi šošovkami môže byť horší ako pri šošovke s menším priemerom. Dôvodom nasadenia sklerálnych šošoviek však zvyčajne nie je zlepšenie videnia v porovnaní s rohovkovými šošovkami, ale zabezpečenie úľavy od iných problémov. [2]

Najčastejšími komplikáciami pri nosení sklerálnych šošoviek sú bubliny vznikajúce medzi šošovkou a rohovkou. Bublíny môžu vzniknúť buď pri nesprávnom nasadení šošovky alebo nesprávnym výberom tvaru, viď kapitola 6.3. Veľké bubliny môžu spôsobiť diskomfort, znížiť kvalitu videnia a spôsobiť suché miesta na rohovke. [1]

Začervenanie celého bulbu sa môže vyskytnúť pri nosení sklerálnych šošoviek. Najprv je vždy potrebné vylúčiť vonkajšie vplyvy ako je alergia. Začervenanie môže byť spôsobené mechanickým tlakom na spojivke, hypoxiou rohovky alebo dotykom šošovky s rohovkou a limbom. [1]

V niektorých prípadoch sa pod šošovkou môže nahromadiť voľné spojivkové tkanivo. Nahromadená spojivka je pod šošovkou utláčaná a to môže viesť k neovaskularizácii. Ak nasadíme sklerálnu šošovku s nepravidelným zadným povrchom, môže to viesť k zväčšeniu priestoru a menšiemu tlaku na nahromadenú spojivku. [1]

Aj napriek tomu, že v dnešnej dobe existujú materiály s vysokou transmisibilitou môže byť prísun kyslíku k rohovke nedostačujúci. Hypoxia a edém rohovky sa pri sklerálnych šošovkách nevyskytujú často, môže ale dôjsť k limbálnemu edému v dôsledku mechanického namáhania alebo adhézie šošovky. Zväčšenie prechodovej zóny by malo viesť k zmierneniu edému. Ak sa edém opakovane vracia aj po zmene sklerálnej šošovky, je potrebné zvážiť iný druh šošoviek. [1]

S nosením sklerálnych šošoviek sa zriedka spájajú aj zápalové komplikácie. Bakteriálna keratitída a zápaly najčastejšie súvisia s hygienou a starostlivosťou o šošovky. Toxicita roztoku, ako aj nedostatok dopĺňovania slzného filmu za sklerálnou šošovkou môžu byť čiastočne zodpovedné za vývoj zápalov rohovky. [1]

ZÁVER

Cieľom predkladanej bakalárskej práce bolo poskytnúť informácie o kontaktných šošovkách s veľkým priemerom, ktoré primárne slúžia na korekciu nepravidelne zakrivených rohoviek. Bakalárska práca bola členená na 7 hlavných kapitol, ktoré sa ďalej členili na podkapitoly.

Prvá kapitola sa venovala histórii a správnej terminológii sklerálnych šošoviek. V druhej kapitole bola práca zameraná na opis a anatómiu predného segmentu oka, s hlavným zameraním na typy profilov limbu. Ďalšia kapitola opisovala výrobu a materiály sklerálnych šošoviek, spolu s ich vlastnosťami. V štvrtej kapitole boli uvedené geometrické základy rôznych dizajnov sklerálnych šošoviek. Ťažiskom bakalárskej práce bola piata kapitola, ktorá sa skladala z troch podkapitol. Každá z podkapitol popisovala indikáciu sklerálnych kontaktných šošoviek na základe ich rôzneho využitia pri zlepšení zrakovej ostrosti, pri ochrane povrchu oka, ako kozmetickú pomôcku či na dávkovanie liekov. Šiesta kapitola opisovala komplexný proces aplikácie sklerálnych šošoviek na oko, výber vhodných parametrov, proces nasadenia a vysadenia, ale taktiež aj dobu nosenia. V poslednej kapitole boli zhrnuté výhody a nevýhody spolu s komplikáciami nosenia sklerálnych šošoviek.

Na základe novo nadobudnutých informácií o sklerálnych kontaktných šošovkách, ktoré som sa dozvedela vďaka písaniu bakalárskej práce môžem konštatovať, že táto téma je nesmierne široká a nie úplne prebádaná. Je to zaujímavé odvetvie neinvazívnych korekčných pomôcok podnetné pre ďalšiu prácu výskumníkov. Do budúca vidím veľký potenciál aplikácie sklerálnych šošoviek pri komplikovaných očných nálezochoch.

Dúfam, že bakalárska práca sa bude považovať za komplexný zdroj poznatkov o sklerálnych kontaktných šošovkách a ich využitia pri neštandardných zakriveniach rohovky. Taktiež verím, že pomôže ako sprievodca pri samotnej aplikácii sklerálnych šošoviek na oko a rozšíri povedomie o type kontaktných šošoviek s veľkým priemerom.

ZOZNAM POUŽITEJ LITERATÚRY

- [1] VAN DER WORP, E. *A Guide to Scleral Lens Fitting, Version 2.0* [online]. Forest Grove, OR: Pacific University, ©2015 [cit. 2020-10-28]. Dostupné z: <http://commons.pacificu.edu/mono/10/>
- [2] EFRON, N. *Contact Lens Practice*. Second Edition. Butterworth Heinemann Elsevier Ltd., 2010. ISBN 978-0-7506-8869-7
- [3] KUCHYNKA, P. a kol. *Oční lékařství*. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1163-8
- [4] BARNETT, M., FADEL, D. *Clinical Guide for Scleral Lens Success* [online]. SLS & AILeS. Contamac, ©2018 [cit. 2020-12-28]. Dostupné z: <https://www.scleralsuccess.com/>
- [5] LANGIS, M. et al. *The official guide to scleral lens terminology*. Contact Lens and Anterior Eye, Vol. 43, 2019, No. 6, 529 - 534
- [6] Rathi, V., M. et al. *Scleral lens for keratoconus: technology update*. Clin Ophthalmol, Vol 9, 2015, 2013 - 2018
- [7] Slovenská oftalmologická spoločnosť. *Rohovkové ektázie* [online]. ©2019 [cit. 2020-12-20]. Dostupné z: <https://www.soska.sk/aktuality/rohovkove-ektazie>
- [8] Lens material. *GP Lens Materials – Practitioners View* [online]. ©2021 [cit. 2020-12-19]. Dostupné z: http://lensmaterial.info/gp-lens-materials?keys=&field_dk_iso_value=0--188&&&order=title_field&sort=asc
- [9] Precision family eye care. *Pellucid Marginal Degeneration* [online]. ©2021 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <http://www.precisionfamilyeyecare.com/pellucid-marginal-degeneration/>
- [10] LOHRENGEL, S. *Sklerallinsen – Altertümlich, etabliert oder zukunftsweisend?* [online]. ©2013 [cit. 2021-02-18]. Dostupné z: <https://www.ganzheitlich-wahrnehmen.de/wp-content/uploads/2020/04/08-silke-lohregel-sklerallinsen-2013-2014.pdf>

- [11] VAN DER WORP, E. et al. *Modern scleral contact lenses: A review*. Contact Lens Anterior Eye [online]. ©2014 [cit. 2021-03-20]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/260757030_Modern_scleral_contact_lenses_A_review
- [12] ZHANG, X. et al. *Bulbar Conjunctival Thickness Measurements With Optical Coherence Tomography in Healthy Chinese Subjects*. Investigative Ophthalmology & Visual Science, Vol. 54, 2013, 4705 - 4709
- [13] ČIHÁK, R. *Anatomie 3*. Tretie vydanie. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 987-80-247-5636-3
- [14] Clinical Gate. *Strabismus surgery: The spiral of Tillaux* [online]. ©2015 [cit. 2021-01-25]. Dostupné z: <https://clinicalgate.com/strabismus-surgery/>
- [15] HALL, L. *What you need to know about sagittal hight and scleral lenses*. Contact Lens Spectrum, Vol. 30, 2015, 26 - 34
- [16] EIDEN, B. *Research review. The (corneoscleral) shape of what's to come*. Contact Lens Spectrum, Vol. 35, 2020, 12 - 13
- [17] VISSER, E.-S. et al. *Medical applications and outcomes of bitangential scleral lenses*. Optometry and Vision Science, Vol. 90, 2013, No. 10, 1078 - 1085
- [18] BARNETT, M., MANNIS, M. J. *Contact lenses in the management of keratoconus*. Cornea, Vol. 30, 2011, No. 12, 1510 - 1516
- [19] RATHY, V. M., MANDATHARA, P. S., DUMPATI, S. *Contact lens in keratoconus*. Indian Journal of Ophthalmology, Vol. 61, 2013, 410 -415
- [20] BRISCO, E. *Corneo-scleral topography allows for precise fitting*. Optometry Times Journal, Vol. 12, 2020, No. 1
- [21] Dalsey Adaptives. *See-Green® šošovkový aplikátor* [online]. ©2021 [cit. 2021-04-16]. Dostupný z: <https://www.dalseyadaptives.net/>
- [22] EZi Lens Applicator. *EZi šošovkový aplikátor* [online]. ©2020 [cit. 2021-04-16]. Dostupné z: <https://ezicompany.com/>

- [23] MEIER, D. *Das cornea – skleral - profil ein kriterium individueller kontaktlinsenanpassung*. Die Kontaktlinse. Vol. 10, 1992, 4 - 11
- [24] VAN DER WORP, E., GRAF, T., CAROLINE, P. *Exploring beyond the borders*. Contact Lens Spectrum, Vol. 6, 2010, 26 - 32
- [25] PULLUM, K. *Therapeutic and Ocular Surface Indications for Scleral Contact Lenses*. The Ocular Surface, Vol. 5, 2007, No. 1, 40 - 49
- [26] CAMPAÑ, V. et al. *Oxygen diffusion and edema with modern scleral rigid gas permeable contact lenses*. Investigative Ophthalmology & Vision Science, Vol. 55, 2014, No. 10, 6421 - 6429
- [27] HUSSOIN, T. et al. *The effect of optic asphericity on visual rehabilitation of corneal ectasia with a prosthetic device*. Eye & Contact Lens, Vol. 38, 2012, No. 5, 300 - 305
- [28] SCHORNACK, M. et al. *Estimation of refractive power of scleral / fluid reservoir optical systems in non-parallel scleral lens fits*. Global Specialty Lens Symposium. Contact Lens Spectrum, Las Vegas, USA, 2014.
- [29] VISSER, E., S., VISSER, R., VAN LIER, H., J. *Advantages of toric scleral lenses*. Optometry & Vision Science, Vol. 4, 2006, 233 - 236
- [30] VISSER, E., S. et al. *Modern scleral lenses part II: patient satisfaction*. Eye & Contact Lens, Vol. 1, 2007, 21 - 26
- [31] The global diabetes community. *Diabetes and Eye Problems* [online]. ©2019 [cit. 2021-05-02]. Dostupné z: <https://www.diabetes.co.uk/diabetes-complications/eye-problems.html>
- [32] VISSER, E., S. *Objective and subjective performance of scleral lenses and new advances in scleral lens technologies*. Gildeprint, 2015. ISBN 987-90-393- 6425-3
- [33] KOPPEN, C. et al. *Scleral Lenses Reduce the Need for Corneal Transplants in Severe Keratoconus*. American Journal Ophthalmol, Vol. 185, 2018, 43 - 47

[34] DELOSS, K. et al. *Prosthetic replacement of the ocular surface ecosystem (PROSE) scleral device compared to keratoplasty for the treatment of corneal ectasia*. American Journal Ophthalmol, Vol. 158, 2014, No. 5, 974 - 982

[35] Contact Lens Spectrum. *Prosthetic Eye Options* [online]. ©2019 [cit. 2021-05-03]. Dostupné z: <https://www.clspectrum.com/issues/2019/december-2019/prosthetic-eye-options>

[36] HARTAN, J., S., SHORTER, E. *Therapeutic uses of scleral contact lenses for ocular surface disease: patient selection and special considerations*. Dovepress, Vol. 10, 2018, 65 - 74