



Názov:

Starostlivosť o pacienta s keratokonusom
štandardný postup

Autori:

MUDr. Pavol Veselý
MUDr. Adriana Smorádková

Oponent:

MUDr. Konštantín Peško, PhD.

Špecializačný odbor:

Oftalmológia
Odborná pracovná skupina
Kerato-refrakčná chirurgia

Ministerstvo zdravotníctva Slovenskej republiky podľa § 45 ods. 1 písm. c) zákona 576/2004 Z. z. o zdravotnej starostlivosti, službách súvisiacich s poskytovaním zdravotnej starostlivosti a o zmene a doplnení niektorých zákonov v znení neskorších predpisov vydáva štandardný postup:

Starostlivosť o pacienta s keratokonusom

Číslo ŠP	Dátum predloženia na Komisiu MZ SR pre ŠDTP	Status	Dátum účinnosti schválenia ministrom zdravotníctva SR
0283	22. máj 2023	schválený	1. jún 2023

Autori štandardného postupu

Autorský kolektív:

MUDr. Pavol Veselý; MUDr. Adriana Smorádková

Oponent:

MUDr. Konštantín Peško, PhD.

Odborná podpora tvorby a hodnotenia štandardného postupu

Prispievatelia a hodnotitelia: členovia odborných pracovných skupín pre tvorbu štandardných diagnostických a terapeutických postupov MZ SR; hlavní odborníci MZ SR príslušných špecializačných odborov; hodnotitelia AGREE II; členovia multidisciplinárnych odborných spoločností; odborný projektový tím MZ SR pre ŠDTP a pacientske organizácie zastrešené AOPP v Slovenskej republike; NCZI; Sekcia zdravia MZ SR, Kancelária WHO na Slovensku.

Odborní koordinátori: doc. MUDr. Peter Jackuliak, PhD., MPH; doc. MUDr. Alexandra Krištúfková, PhD.; prof. MUDr. Juraj Payer, PhD., MPH, FRCP, FEFIM

Recenzenti

členovia Komisie MZ SR pre ŠDTP: MUDr. Ingrid Dúbravová; PharmDr. Tatiana Foltánová, PhD.; prof. MUDr. Jozef Glasa, CSc, PhD.; MUDr. Darina Haščíková, MPH; prof. MUDr. Jozef Holomáň, CSc.; doc. MUDr. Martin Hrubisko, PhD., mim. prof.; doc. MUDr. Peter Jackuliak, PhD., MPH; MUDr. Jana Kelemenová; MUDr. Branislav Koreň; doc. MUDr. Alexandra Krištúfková, PhD.; prof. MUDr. Ivica Lazúrová, DrSc.; PhDr. Mária Lévyová; MUDr. Boris Mavrodiev; Mgr. Katarína Mažárová; Ing. Jana Netriová, PhD. MPH; prof. MUDr. Juraj Payer, PhD., MPH, FRCP, FEFIM; Mgr. Renáta Popundová; MUDr. Jozef Pribula, PhD., MBA; MUDr. Ladislav Šinkovič, PhD., MBA; PharmDr. Ellen Wiesner, MSc.; MUDr. Andrej Zlatoš

Technická a administratívna podpora

Podpora vývoja a administrácia: Ing. Peter Čvapek, MBA, MPH; Mgr. Barbora Vallová; Mgr. Ľudmila Eisnerová; Mgr. Mário Fraňo; Ing. Petra Hullová; JUDr. Ing. Zsolt Mánya, PhD., MHA; Ing. Katarína Krkošková; Mgr. Miroslav Hečko; PhDr. Dominik Procházka; Ing. Martina Šimonovičová

Podporené grantom z OP Ľudské zdroje MPSVR SR NFP s názvom: „Tvorba nových a inovovaných postupov štandardných klinických postupov a ich zavedenie do medicínskej praxe“ (kód NFP312041J193)

Kľúčové slová

Keratokonius, topografia, ICRS – intrastromal corneal ring segments – prstence implantované do strómy rohovky, CXL, femtosekundový laser, transplantácia rohovky, sivý zákal, fakické šošovky

Použité skratky

ARK	Autokeratorefraktometria
ASCRS	American Society of Cataract and Refractive Surgery (Americká spoločnosť kataraktovej a refrakčnej chirurgie)
Astig.	Astigmatizmus
BAK	benzalkóniumchlorid
BCVA	best corrected visual acuity – najlepšie korigovaná zraková ostrosť
CCT	centrálna hrúbka rohovky
CT	počítačová tomografia
CXL	corneal cross linking
CZO	centrálna zraková ostrosť
DALK	hlboká predná lamelárna keratoplastika
Dcyl	dioptria – cylindrická
DM	Descemetova membrána
Dsph	dioptria – sférická
EDTA	kyselina etyléndiaminotetraoctová
FS	femtosekundový laser
ICRS	intrastromal corneal ring segment (rohovkové stromálne segmenty)
KK	keratokonus
KŠ	kontaktná šošovka
LASIK	Laser - assisted in situ keratomileusis (laserom asistovaná operácia rohovky s cieľom zmeniť jej zakrivenie)
MR	manifestná refrakcia
NKZO	najlepšie korigovaná centrálna zraková ostrosť
NMR	nukleárna magnetická rezonancia
OCT	optická koherenčná tomografická angiografia
PK	perforačná keratoplastika
PMMA	polymethylmethakrylát
PRK	fotorefraktívna keratektómia
PTK	fototerapeutická keratektómia
t-PRK	transepiteliálna PRK
UCVA	uncorrected visual acuity – nekorigovaná zraková ostrosť
USG	ultrasonografia
VOT	vnútroočný tlak
WTW	white-to-white (horizontálny priemer rohovky)

Kompetencie

Lekár so špecializáciou v špecializačnom odbore oftalmológia.

Pri vyšetreniach a operáciách asistuje lekárovi sestra, zdravotnícky asistent, optometrista, sanitár, event. technický pracovník.

Kompetencie na jednotlivých úrovniach zdravotnej starostlivosti o pacientov s keratokonusom

V procese záchytu, diagnostiky a liečby keratokonusu využívajú štandardné postupy všetky zainteresované oftalmologické pracoviská, ktoré sú:

- a) očná ambulancia** – vykoná základné očné vyšetrenia zahrňujúce: vyšetrenie centrálnej zrakovej ostrosti (CZO), najlepšie korigovanej zrakovej ostrosti (NKZO), fokometriu, autokeratorefraktometriu, meranie vnútroočného tlaku (VOT), vyšetrenie binokulárnych funkcií, vyšetrenie fórií, tropií, stanovenie kvality slzného filmu, biomikroskopické vyšetrenie predného segmentu, vyšetrenie očného pozadia. Doplnkovým vyšetrením môže byť podľa vybavenia ambulancie: meranie pachymetrie, topografie a zobrazovacie vyšetrenia zadného segmentu oka, ako je optická koherenčná tomografia (OCT), fotografia predného segmentu a fotografia očného pozadia. V prípade potreby indikuje doplnkové vyšetrenia: ultrasonografiu (USG), počítačovú tomografiu (CT) alebo magnetickú rezonanciu (NMR) mozgu, Dopplerovské ultrazvukové vyšetrenie, elektrofyziológické vyšetrenie.

V prípade podozrenia na keratokonus je nutné pacienta odoslať na špecializované pracovisko, ktoré sa venuje diagnostike a liečbe keratokonusu.

Pacienti s diagnózou keratokonusu a s podozrením na keratokonus sú dispenzarizovaní. V prípade progresie očného nálezu u týchto pacientov, zmeny lokálneho očného nálezu, subjektívnych ťažkostí, po vnútroočných operáciách, úrazoch je možné vykonať ktorékoľvek z uvedených vyšetrení podľa potreby.

Preventívne vyšetrenie zamerané na vyhľadávanie pacientov s keratokonusom robí každý ambulantný očný lekár pri pozitívnej rodinnej anamnéze, prítomných iných rizikových faktoroch a pri podozrení na keratokonus pri predpisovaní okuliarovej korekcie.

V prípade podozrenia alebo zistenia keratokonusu sa pacient neodkladne odošle na vyššie pracovisko za účelom navrhnutia a realizácie adekvátnej liečby.

- b) spádová očná ambulancia špecializovaná na pediatrickú oftalmológiu** – zabezpečuje kompletne očné vyšetrenia zahrňujúce: vyšetrenie centrálnej zrakovej ostrosti (CZO), najlepšie korigovanej zrakovej ostrosti (NKZO), fokometriu, autokeratorefraktometriu, meranie vnútroočného tlaku (VOT), vyšetrenie binokulárnych funkcií, vyšetrenie fórií, tropií, stanovenie kvality slzného filmu, biomikroskopické vyšetrenie predného segmentu, vyšetrenie očného pozadia. Doplnkovým vyšetrením môže byť podľa vybavenia ambulancie: meranie pachymetrie, topografie a zobrazovacie vyšetrenia zadného segmentu oka, ako je optická koherenčná tomografia (OCT), fotografia predného segmentu a fotografia očného pozadia. V prípade potreby indikuje doplnkové vyšetrenia: ultrasonografiu (USG), počítačovú tomografiu (CT) alebo magnetickú rezonanciu (NMR) mozgu, Dopplerovské ultrazvukové vyšetrenie, elektrofyziológické vyšetrenie, genetické vyšetrenia.

Detskí pacienti s podozrením na keratokonus sú dispenzarizovaní. V komplikovaných prípadoch s potvrdeným keratokonusom u detí je vhodné ich dispenzarizovať na špecializovaných očných ambulanciách v zdravotníckych zariadeniach poskytujúcich zdravotnú starostlivosť primeranú k závažnosti diagnózy.

- c) **očné oddelenie/očné kliniky/centrá jednotňovej zdravotnej starostlivosti** – zabezpečujú zdravotnú starostlivosť pre pacientov s keratokonusom, ktorá zahŕňa diagnostiku, konzervatívnu alebo chirurgickú liečbu, pooperačnú starostlivosť a pravidelné kontroly. Pracovisko vykoná všetky potrebné vyšetrenia na diagnostiku a následnú liečbu keratokonusu. K týmto vyšetreniam patria: dôkladná anamnéza, autokeratorefraktometria (ARK), meranie vnútroočného tlaku, fokometria, stanovenie centrálnej zrakovej ostrosti (CZO), stanovenie najlepšie korigovanej zrakovej ostrosti (NKZO), vyšetrenie binokulárnych funkcií, vyšetrenie fórií, tropií, dominancie očí, stanovenie šírky zreníc a white-to-white (WTW), vyšetrenie slzného filmu, topografia, tomografia rohovky, pachymetria, biometria (pre prípad budúcej implantácie vnútroočných šošoviek), aberometria (v indikovaných prípadoch), biomikroskopia endotelu, vyšetrenie predného očného segmentu štrbinovou lampou, cykloplégia, autokeratorefraktometria (ARK) v cykloplégii, meranie vnútroočného tlaku v cykloplégii, biomikroskopia sietnice, optická koherenčná tomografia (OCT). V prípade potreby pracovisko indikuje doplnkové vyšetrenia: ultrasonografiu (USG), počítačovú tomografiu (CT) alebo magnetickú rezonanciu (NMR) mozgu, Dopplerovské ultrazvukové vyšetrenie, elektrofyziologické vyšetrenie, genetické a iné vyšetrenia.

Pracovisko vykonáva aj preventívne vyšetrenia zamerané na vyhľadávanie pacientov s podozrením na keratokonus pri pozitívnej rodinnej anamnéze alebo prítomných iných rizikových faktoroch.

Definícia celkového cieľa štandardného postupu

Cieľom je vytvorenie štandardného postupu pre skríning, diagnostiku, sledovanie a spôsob liečby keratokonusu v rôznom štádiu. Prínosom je včasný záchyt, včasná, správne indikovaná a účinná liečba, zachovanie zrakových funkcií a kvality života pacienta v rámci udržateľnej zdravotnej starostlivosti.

Keratokonius

Je progresívne väčšinou obojstranné degeneratívne ochorenie rohovky, pri ktorom dochádza k postupnému stenčovaniu rohovky v centre a následnému vyklenutiu, najčastejšie v dolných kvadrantoch. To vedie k postupnému vzniku krátkozrakosti, v začiatkoch pravidelného a neskoršie nepravidelného astigmatizmu a k zhoršeniu zrakovej ostrosti. Podstatou ochorenia sú zmeny v stróme rohovky. Podľa RETICS klasifikácie (1) má ochorenie 5 štádií. Začína v rannej puberte. S vekom dochádza k postupnej, avšak časovo nerovnomernej progresii. U niektorých jedincov má ochorenie veľmi rýchly priebeh. Závažnosť progresie je čiastočne spojená s nízkym vekom vzniku keratokonusu. Hoci dôkazy o vplyve pohlavia nie sú úplne

jednoznačné, častejšie sa vyskytuje u mužov a muži môžu mať aj rýchlejší priebeh ochorenia. Progresia ochorenia sa spomalí po 30 roku života (1, 3).

Príčiny vzniku

Nie sú úplne známe. Veľký vplyv majú genetické faktory, životné prostredie, nadmorská výška a výrazná expozícia UV žiarenia. Často nachádzame aj alergiu, astmu, kožné ochorenia, ekzémy a výraznejšie akné. Častejšie sa KK vyskytuje u tých, ktorí si neustále pretierajú, šúchajú horné mihalnice. Predpokladá sa mikrotrauma epitelu v dôsledku trenia očí. To spúšťa uvoľňovanie cytokínov, diferenciáciu myofibroblastov, aktiváciu proteáz, čo spôsobuje zápal, zmeny biomechaniky rohovky a následne jej stenčenie (1, 3).

Keratokonus patrí medzi dedičné ochorenia, pričom 3 – 10 % pacientov má postihnutých aj príbuzných. Môže sa vyskytovať aj sporadicky, čo znamená, že nikto v rodine ochorenie nemá. Častejší výskyt je u určitých etník (obyvatelia z krajín ako je Stredný Východ, Južná Ázia, Južná Amerika, Severná Afrika). Keratokonus sa častejšie vyskytuje u krátkozrakých ľudí a nositeľov kontaktných šošoviek (1, 3).

Príznaky

Krátkozrakosť a astigmatizmus sú najčastejšími prvými prejavmi keratokonusu. Pozorovaný obraz sa aj napriek okuliarovej korekcii stáva neostrým, pokriveným a postupne sa zhoršuje aj videnie do blízka. Keratokonus je vo svojich úvodných štádiách často krát zamieňaný s narastajúcou krátkozrakosťou a astigmatizmom. Typickou známkou je zmena a nárast dioptrickej korekcie niekoľkokrát v priebehu roka. Takto môže dôjsť k nárastu krátkozrakosti až do -18 Dsph a astigmatizmus do -5 až -10 Dcyl. Pacienti často žmúria, pričom tlakom mihalníc sa snažia zmeniť zakrivenie rohovky, a tým si zlepšiť zrakovú ostrosť. Charakteristickým prejavom je aj svrbenie očí, ktoré núti pacientov si ich trieť. Takto sa obnovuje bludný kruh zápalovej reakcie podporujúcej prehlbovanie ochorenia. Typickým morfológickým príznakom je vyklenutie rohovky, čo je spojené so vznikom Vogtových strií a Fleischerovho prstenca (1, 2, 3).

Diagnostika keratokonusu


- dôkladná anamnéza,
- autokeratorefraktometria (ARK),
- meranie vnútroočného tlaku,
- fokometria,
- stanovenie centrálnej zrakovkej ostrosti (CZO) na optotype,
- stanovenie najlepšie korigovanej zrakovkej ostrosti (NKZO) na optotype,
- manifestná refrakcia (MR) na foropteri,
- vyšetrenie binokulárnych funkcií, vyšetrenie fórií, tropií, dominancie očí,
- stanovenie šírky zreníc a white-to-white (WTW),
- vyšetrenie slzného filmu,
- topografia, tomografia rohovky,
- OCT pachymetrické mapy,
- pachymetria,

- biometria (pre prípad budúcej implantácie vnútroočných šošoviek),
- aberometria (v indikovaných prípadoch),
- biomikroskopia endotelu,
- vyšetrenie predného očného segmentu štrbinovou lampou,
- cykloplégia,
- autokeratorefraktometria (ARK) v cykloplégii,
- meranie vnútroočného tlaku v cykloplégii,
- biomikroskopia sietnice,
- optická koherentná tomografia (OCT),
- ultrasonografia (USG).

Klasifikácia keratokonusu

Existuje viacero klasifikácií. Najnovšia klasifikácia podľa RETICS, rozdeľuje keratokonus do 5 štádií (1, 3).

Tabuľka č. 1

 Klasifikácia keratokonusu – podľa RETICS					
Štádium	CZO	K (D)	Astig. (D cyl)	CCT (um)	Liečba
I.	> 0,9	46	1,5 – 2,25	> 490	okuliare, KŠ CXL – nie plošne
II.	0,9 – 0,6	46 – 49	2,5 – 3,5	475 – 490	okuliare, KŠ, CXL, ICRS, komb. zákroky
III.	0,6 – 0,4	49 – 53	3,5 – 4,5	450 – 470	ICRS, komb. zákroky
IV.	0,4 – 0,2	54 – 57	4,5 – 5,5	430 – 450	ICRS/Transplantácia
IV. plus	< 0,2	> 57	> 5,5	pod 420	Transplantácia

1. štádium

Pri prvom štádiu pacienti nosia okuliare, mäkké alebo tvrdé kontaktné šošovky (rohovkové, hybridné, semisklerálne alebo sklerálne) na zlepšenie zrakovkej ostrosti.

V indikovaných prípadoch sa pristupuje k spevneniu rohovky metódou **corneal cross linking (CXL)**. CXL sa odporúča pri poklese videnia pod 0,9 u mladších pacientov na stabilizovanie rohovky, kde je predpoklad rýchlej progresie. U mladších (detských) pacientov sa neodporúča čakať na progresiu ochorenia. Mechanizmus účinku CXL spočíva v zosieťovaní kolagénnych vlákien rohovky, a tým prispieva k spevneniu rohovky (1, 3, 4).

2. – 4. štádium

Pri druhom, treťom a čiastočne aj pri štvrtom štádiu je metódou chirurgickej liečby **implantácia intrastromálnych rohovkových plastových segmentov (ICRS)**. ICRS sú malé polkruhovitú až kruhové segmenty, ktoré sa implantujú do 70 – 80 % hrúbky rohovky, mimo optickú zónu. Vyrobené sú z PMMA a podľa typu vyklenutia sa volí presný model. Operácia prebieha v lokálnej anestézii, za prísne sterilných podmienok a trvá približne 10 až 15 minút. Mechanizmus účinku ICRS spočíva v sploštení, zmene topografie, prestavbe a stabilizácii rohovky. Následne dochádza k redukcii optických aberácií, k zlepšeniu zrakovej ostrosti, k spomaleniu progresie a tým k oddialeniu nutnosti transplantácie rohovky. Výhodou operácie je veľmi rýchly návrat do bežného života (1, 3, 4).

V indikovaných prípadoch sa odporúča robiť kombinované zákroky, ktoré budú popísané nižšie (1, 3, 4).

4. štádium a 4. plus štádium

Pri týchto štádiách je možná len transplantácia rohovky, buď PKP, DALK alebo iný typ lamelárnych keratoplastík (1, 3, 4).

Ak pacient nemá záujem o operačné riešenie alebo operačné riešenie už nie je možné a pacient dobre toleruje tvrdé rohovkové alebo sklerálne šošovky, tak metódou liečby je nosenie kontaktných šošoviek.

Liečba keratokonusu

Liečba ochorenia má dva hlavné ciele: stabilizovať ochorenie a zlepšiť zrakovú ostrosť pacienta. Veľmi dôležité sú aj preventívne opatrenia ako vyhýbanie sa súchaniu očí (u detských pacientov má preukázaný vplyv nielen na zastavenie progresie, ale dokonca na regresiu topografického nálezu), liečba alergických očných prejavov či ochorení povrchu oka.

Dôležité je aj zlepšiť záchyt a diagnostiku keratokonusu už u ambulantného oftalmológa, a v prípade potvrdenia keratokonusu u pacienta aktívne vyšetriť aj jeho príbuzných.

Corneal cross linking (CXL)

V indikovaných prípadoch sa pristupuje k spevneniu rohovky metódou **corneal cross linking (CXL)**. CXL sa odporúča pri poklese videnia pod 0,9 u mladších pacientov na stabilizovanie rohovky, kde je predpoklad rýchlej progresie.

Princíp zákroku spočíva v nasýtení rohovky pomocou riboflavínu (vitamín B2) a ožiarení rohovky UVA svetlom.

Hranica medzi liečenou a „neliečenou“ vrstvou rohovky je detekovateľná vo forme demarkačnej línie, spravidla v hĺbke 300 – 350 μm , viditeľnej na štrbinovej lampe pomocou konfokálneho mikroskopu alebo prednosegmentového OCT.

Štandardné vykonanie CXL – Drážďanský protokol

Procedúra by mala byť vykonaná na operačnej sále, za sterilných podmienok. Minimálna hrúbka rohovky po abrázii epitelu by mala byť 400 μm . Štandardné prevedenie techniky CXL spočíva v týchto krokoch:

1. Abrázia rohovkového epitelu v minimálnom rozsahu 7 mm po predchádzajúcej rohovkovej anestézii.
2. Nasýtenie strómy rohovky 0,1 % roztokom riboflavínu v 20 % dextráne. Kvapky sú aplikované každé 3 minúty po dobu 30 minút, alebo kým je viditeľný prienik riboflavínu do prednej očnej komory (možno detegovať na štrbinovej lampe pomocou kobaltového filtra).
3. Ožiarenie rohovky UVA žiarením, vlnovej dĺžky 360 – 370 nm, energia 3 W/cm², po dobu 30 minút, zo vzdialenosti cca 6 cm, čím je dosiahnutá celková dávka 5,4 J/cm². UVA žiarenie je vytvárané optickým systémom tvoreným siedmimi diódami. Pred ožarovaním je vždy prístroj kalibrovaný pomocou UVA metra. V priebehu ožarovania je ďalej aplikovaný roztok riboflavínu a anestetické kvapky každé 2 – 3 minúty, tak aby bola udržaná saturácia a dostatočná hydratácia rohovky.
4. Po ožiarení rohovky sú aplikované antibiotické kvapky a je nasadená bandážna kontaktná šošovka. Pacient ďalej kvapká tieto kvapky 5-krát denne do zahojenia epitelu a zároveň kvapká lokálne steroidy zhruba dva mesiace v postupne sa znižujúcich dávkach.

Relatívnou kontraindikáciou na vykonanie CXL je hrúbka rohovky pod 400 μm , predchádzajúce herpetické infekcie (z dôvodu novej reaktivácie), prebiehajúce infekcie, závažné zjazvenie a opacifikácia rohovky, anamnéza zlého hojenia epitelu, závažné ochorenie očného povrchu (suché oko), autoimunitné ochorenia. Pri dodržaní pravidiel štandardného protokolu môžu vzniknúť možné komplikácie následkom vykonanej abrázie – infekcia, sterilné infiltráty, oneskorená reepitelizácia, prechodný edém, zašednutie alebo zjazvenie rohovky.

CXL u tenkých rohoviek

Drážďanský protokol predpokladá minimálnu hrúbku deepitelizovanej rohovky pred zahájením liečby nad 400 μm . U niektorých pacientov s keratokonusom je hrúbka rohovky redukovaná pod túto hodnotu, preto nie sú vhodní pre štandardnú procedúru. Alternatívnym riešením je:

- tzv. hypoosmolárny CXL využívajúci hypotonický roztok riboflavínu k zvýšeniu hydratácie strómy rohovky s následným nárastom jej hrúbky na akceptovateľné hodnoty (12),
- transepiteliálny CXL s vynechaním abrázie epitelu rohovky a umožnením prestupu riboflavínu do strómy pomocou chemických enhancerov, čiastočnej disrupcie epitelu alebo ionoforézy (13),
- iné metódy – aktuálne prevažne v štádiu skúšania.

U rohoviek s hraničnou hrúbkou je tiež vhodné použitie roztoku s obsahom hydroxypropylmetylcelulózy, ktorá zabraňuje nadmernej dehydratácii strómy dextránom, a tým aj neprimeranej perioperačnej redukcii hrúbky rohovky.

Akcelerovaný CXL

V snahe vytvoriť postup s kratším trvaním a rovnakou efektivitou vznikol tzv. akcelerovaný protokol pre CXL. Je pri ňom využitá vyššia intenzita vyžarovania pri kratšom čase pôsobenia UVA žiarenia. Rovnaké výsledné zvýšenie pevnosti rohovky v porovnaní s Dráždanským protokolom bolo dokázané pri viacerých modifikáciách, z ktorých v praxi najčastejšie používanými sú:

- 7 mW/cm² po dobu 15 minút,
- 10 mW/cm² po dobu 9 minút,
- 18 mW/cm² po dobu 5 minút.

CXL bez abrázie epitelu (epitel on)

Abrázia epitelu v štandardnom protokole so sebou prináša niektoré ťažkosti a možné komplikácie. Predovšetkým subjektívny diskomfort, prechodné zhoršenie videnia, riziko infekcie, predĺženú dobu epitelizácie.

Prevedenie CXL bez odstránenia epitelu je prakticky nebolestivé, rovnako prípadné riziká vyplývajúce z abrázie sa eliminujú, avšak pri týchto procedúrach je nutné umožniť prienik riboflavínu do strómy, čo za normálnych podmienok pri intaktnom, zdravom epiteli prakticky možné nie je. Tieto techniky bez abrázie v literatúre nachádzame a súborne označujeme ako „CXL epitel on“. Na zlepšenie prieniku sa používajú napríklad:

- Benzalkóniumchlorid (BAK), látka štandardne využívaná ako konzervant v očných kvapkách. Ten zároveň pôsobí ako surfaktant, povrchovo aktívne činidlo, ktoré mení hodnotu povrchového napätia, a tak uľahčuje prienik látok cez epitel.
- Ďalšie, podobne pôsobiace látky – napríklad tetrakaín, kyselina etyléndiaminotetraoctová (EDTA), trometamol.
- Čiastočné povrchové narušenie epitelu (scraping), technika mriežkovitého odstránenia epitelu, technika lokalizovaného odstránenia epitelu (v miestach s dostatočnou hrúbkou rohovky) a pod.
- Vytvorenie stromálnych kanálov, flapov.
- Iontoforéza – využitie nízkeho elektrického gradientu na uľahčenie prieniku riboflavínu, ktorý má negatívny náboj. Anóda je umiestnená pacientovi v oblasti krčnej chrčtice, katóda v podobne sukčného prstenca je umiestnená na rohovku. Po dobu 5 minút je vytváraný prúd 1 mA.

Ani u týchto techník s úplným alebo čiastočným ponechaním epitelu nebola doteraz jednoznačne preukázaná porovnateľná efektivita so štandardným postupom (epitel off).

Kombinácia CXL a ďalších druhov liečby (CXL plus)

Je dôležité si uvedomiť (a pacientovi vysvetliť), že CXL je primárne metóda určená na stabilizáciu stavu, teda zastavenie alebo spomalenie progresie. Mierna regresia nálezu, ktorú môžeme u niektorých pacientov po zákroku pozorovať (sploštenie rohovky, zníženie najvyššieho zakrivenia rohovky – K_{max} , zníženie sférického ekvivalentu – SE, redukcia aberácií) sa vysvetľuje efektom prestavby rohovkových lamiel. Avšak veľkosť tohto efektu nie je úplne predvídateľná. Bol navrhnutý celý rad postupov, ktoré kombinujú stabilizačný efekt CXL s ďalšími postupmi, ktoré zlepšujú refrakčný stav rohovky a môžu tak viesť k zlepšeniu

zrakovej ostrosti. Pritom samostatne (bez CXL) by tieto spravidla chirurgické metódy často nebolo možné u pacientov s ektatickým ochorením vykonať pre vysoké riziko progresie.

CXL a rohovkové segmenty

Implantácia rohovkových segmentov má spravidla výrazný efekt na sploštenie rohovky. Avšak tento efekt je pravdepodobne menší, pokiaľ už rohovka bola pred samotnou implantáciou ošetrená pomocou CXL a došlo tak k jej spevneniu. Odporúča sa teda pri zvažovanej kombinácii oboch postupov vykonať najskôr implantáciu rohovkových segmentov a následne až vykonať CXL.

CXL a topoguided fotorefraktívna keratektómia (PRK)

Prevedenie topoguided PRK, teda ložisková ablácia na základe topografickej mapy, môže viesť k normalizácii zakrivenia prednej plochy rohovky. Cieľom tejto techniky nie je primárne odstránenie dioptrickej chyby, ale spravidlenie povrchu (dôjde k zlepšeniu CDVA, UDVA môže zostať nezmenená). Prevedenie oboch zákrokov (teda CXL aj topoguided PRK) v jeden deň v štúdiách ukazuje lepšie výsledky aj nižšie riziko zašednutia rohovky (haze), ako pri prevedení s odstupom.

CXL a fototerapeutická keratektómia (PTK), eventuálne transepiteliálna PRK (t-PRK)

Vykonanie abrázie epitelu pred samotným CXL pomocou excimerového lasera má podľa štúdií lepšie výsledky ako jednoduchá mechanická abrázia. Autori štúdií tento efekt vysvetľujú tým, že vplyvom PTK dôjde k zníženiu nepravidelností rohovky. Na druhej strane je potrebná zvýšená opatrnosť, pretože PTK v oblasti najvyššieho vykľutia môže viesť k hlbšiemu poškodeniu strómy. Tzv. Krétsky (Cretan) protokol zahŕňa transepiteliálnu PTK abláciu do hĺbky 50 μm v centrálnej zóne 6,5 – 7,0 mm a potom následnú mechanickú abráziu epitelu za účelom rozšírenia deepitelizovanej oblasti na úroveň 8,0 – 9,0 mm. Nasleduje prevedenie konvenčného CXL. Tzv. Aténsky (Athens) protokol kombinuje transepiteliálne topoguided PRK a CXL. Niektorí autori ešte kombinujú tieto procedúry s peroperačnou aplikáciou mitomycínu, aby znížili riziká pooperačného haze.

CXL a rohovkové incízie

Radiálne rohovkové incízie vedú k splošteniu centrálnej časti rohovky. Pôvodne bola táto metóda navrhnutá na chirurgickú korekciu myopie – krátkozrakosti. Boli navrhnuté rôzne modifikované postupy na zníženie dioptrickej chyby u pacientov s KK. Štúdie na menších súboroch pacientov preukazujú zlepšenie zrakových funkcií pri kombinácii CXL a rohovkových incízií.

CXL a konduktívna keratoplastika

Konduktívna keratoplastika je metóda navrhnutá pôvodne na korekciu presbyopie (navodenie miernej myopie nedominantného oka), kedy aplikáciou rádiodrekvencnej energie v niekoľkých bodoch do strómy rohovky dôjde v týchto miestach ku kontrakcii kolagénu a vytvoreniu drobných jaziev. Tie spôsobia zmenu zakrivenia centrálnej časti rohovky. Tento efekt v kombinácii s CXL sa pokúsili niektorí autori využiť aj na ovplyvnenie tvaru ektatickej rohovky. Hlavnou nevýhodou je pravdepodobne dočasnosť zákroku.

CXL a LASIK

Asi najkontroverznejšou kombináciou CXL s ďalším zákrokom je v súčasnej dobe jeho profylaktické použitie u refrakčných pacientov (metóda LASIK) s cieľom minimalizovať riziko pooperačnej ektázie. Existuje len malá evidencia, že je tento postup efektívny. Na druhú stranu kombinácia oboch metód teoreticky môže spôsobovať vyššie riziko komplikácií, napríklad haze alebo nepredvídaný refrakčný efekt CXL (progresia rohovkového sploštenia).

Záverom možno teda povedať, že kombinácia CXL a metód, ktoré menia tvar rohovky (CXL plus), môže často viesť k synergickému efektu oboch procedúr a zlepšeniu výsledkov, než pri vykonaní metód samostatne. Navyše dochádza k skráteniu celkovej doby liečby a skráteniu doby rekonvalescencie. Avšak presný postup je značne individuálny a niektoré postupy zostávajú kontroverzné.

Komplikácie CXL

Hoci CXL je považovaná za metódu minimálne invazívnu, zriedkavejšie sa môžu vyskytnúť aj niektoré komplikácie. Asi v 5 – 8 % bol popísaný klinicky signifikantný zákal rohovky (haze) rok po zákroku. Väčšie riziko zákalu je u pacientov s pokročilým KK (väčšie zakrivenie rohovky, tenšia rohovka, mikrostrie v stróme). Z ďalších komplikácií boli popísané difúzna lamelárna keratitída, reaktivácia herpetickej keratitídy, zjazvenie rohovky, známky zápalu (hlboká ciliárna reakcia, bunky v prednej komore, centrálné rohovkové precipitáty, belavé infiltráty v ožiarenej časti rohovky atď.). V liečbe využívame predovšetkým topické a subkonjunktívne aplikované kortikosteroidy (11).

Možnosti korekcie zrakovej ostrosti u pacientov s keratokonusom

Okuliarová korekcia

Pacienti s miernou formou keratokonusu často dosahujú uspokojivú NKZO už s použitím sférickej a pravidelnej astigmatickej korekcie formou okuliarových šošoviek. Ide o najjednoduchšiu možnosť manažmentu a zlepšenia zrakovej ostrosti u menej závažných foriem ochorenia. V závažnejších prípadoch s vysokou hodnotou zakrivenia prednej plochy rohovky indukujúcej nepravidelný astigmatizmus a aberácie vyššieho rádu, okuliarová korekcia nie je dostačujúca (14).

Kontaktné šošovky

V dnešnej dobe existujú rôzne druhy kontaktných šošoviek využiteľné k zlepšeniu NKZO u pacientov s keratokonusom. Rozhodujúcim faktorom pri výbere typu kontaktnej šošovky je manifestná refrakcia a nález na rohovkovej topografii, ale aj zamestnanie pacienta, prípadne systémové ochorenia, ktoré by mohli dlhodobé používanie kontaktných šošoviek ovplyvniť. Žiadny typ kontaktných šošoviek nemá terapeutický vplyv na rohovkové ektázie, ani neobmedzuje ich progresiu. Preto kontrola progresie rohovkového nálezu a zvaženie úpravy šošoviek by mali byť plánované individuálne – spravidla každých 6 až 12 mesiacov.

1. Mäkké kontaktné šošovky – využívajú sa len u miernych foriem, a to samostatne, alebo v kombinácii s okuliarovou korekciou.
2. Tvrde kontaktné šošovky (“Rigid gas permeable“ = RGP šošovky) – v minulosti boli prvou voľbou v korekcii zrakovej ostrosti a zlepšovaní kvality života u pacientov

s keratokonusom a ostatnými ektáziami rohovky. Pri aplikácii RGP šošovky vzniká medzi jej zadnou plochou a nepravidelne zakrivenou prednou plochou rohovky vrstva slzného filmu, ktorá signifikantne zlepšuje optické vlastnosti povrchu rohovky maskovaním nepravidelného astigmatizmu a aberácií vyššieho rádu. Výhodou RGP šošoviek je pomerne jednoduchá aplikácia, dobré znášanie vďaka vysokej priepustnosti pre kyslík, jednoduchá manipulácia so šošovkou pri dennom používaní, ako aj relatívne nízka cena tohto typu šošoviek v porovnaní s inými možnosťami korekcie. Nevýhodou je obmedzené použitie u strmých rohoviek a decentrovaných ektázií a ich nevhodnosť u pacientov pohybujuúcich sa napr. v prašnom prostredí.

3. Korneosklerálne a sklerálne šošovky – sú vyrábané z materiálov vysoko priepustných pre kyslík, priemer dosahuje 16 až 24 mm, vďaka čomu zostáva rohovka aj rohovkový limbus voľný. Vlastná optická korekcia je pri tomto type šošoviek dosiahnutá medzi rohovkou a šošovkou sa nachádzajúcim, presne centrovaným priestorom vyplneným slzným filmom a roztokom, ktorý pacient pred samotnou aplikáciou instiluje na vnútornú plochu šošovky. Vzniká tzv. slzná šošovka, ktorej hlavnou funkciou je maskovanie rohovkového astigmatizmu. Nevýhodou týchto šošoviek je náročná aplikácia a vyššia cena. Tento typ šošoviek je kontraindikovaný u pacientov s implantovaným glaukómovým drenážnym systémom a pri poklese denzity endotelových buniek $\leq 1000 \text{ bb/mm}^2$.
4. Hybridné šošovky – kombinujú tvrdú centrálnu zónu a mäkkú periférnu časť, vďaka čomu vykazujú najlepšie vlastnosti RGP šošoviek v zmysle kvality optickej korekcie, ale aj mäkkých šošoviek po stránke komfortného nosenia a jednoduchej aplikácie. Priemer šošovky je okolo 14,5 mm a pri správnej aplikácii je kontakt medzi zadnou plochou šošovky a apexom rohovky minimálny, resp. žiadny. V prípade progresie ektatického ochorenia rohovky môže byť tvrdá, ako aj mäkká časť plynulo zamiešaná. Nevýhodou je obmedzené použitie pri pokročilom keratokonuse, náročnejšia aplikácia a vyššia cena v porovnaní s klasickými RGP šošovkami a pri nesprávnej manipulácii môže pomerne ľahko dochádzať k ich roztrhnutiu v mieste prechodu tvrdej do mäkkej časti.

Prstence implantované do strómy rohovky

Prstence implantované do strómy rohovky – intrastromal corneal ring segments (ICRS)

Sú malé polkruhové až kruhové segmenty, ktoré sa implantujú do 70 – 80 % hrúbky rohovky, mimo optickú zónu. Vyrobené sú z PMMA, čo je materiál používaný už vyše 50 rokov na výrobu umelých vnútroočných šošoviek a je biokompatibilný. Podľa typu vyklenutia sa volí presný model a implantuje sa buď jeden alebo dva segmenty. Operácia prebieha v lokálnej anestézii, za prísne sterilných podmienok a trvá približne 10 až 15 minút.

Chirurgický postup

Cieľom zákroku implantácie ICRS je zaviesť segment na dopredu vypočítané miesto, čím sa má zabezpečiť čo najlepšia účinnosť segmentu. Kým v minulosti sme sa museli spoliehať len na mechanické postupy separácie lamiel rohovky, respektíve rezu, v dnešnej dobe je možné využiť aj laserovú technológiu, ktorá celý proces zrýchli, uľahčí a hlavne spresní.

Pre všetky typy implantátov platia určité chirurgické zásady a pravidlá, ktoré je nevyhnutné dodržiavať. Pred samotným zákrokom je potrebné si stanoviť chirurgický plán, v ktorom bude jasne definované, ktoré oko bude operované, aký typ segmentu bude implantovaný, kde sa nachádza os implantácie a aká je os uloženia segmentu – posledné dve sa nevzťahujú na MyoRing. Po označení osi implantácie a osi uloženia segmentu na štrbinovej lampe je možné pristúpiť k samotnému zákroku. Prácnemu značeniu jednotlivých osí je možné sa vyhnúť pomocou digitálnych navigačných systémov, ktoré zaznamenajú polohu oka a v superprojekcii v mikroskope následne ukážu správnu os uloženia segmentu. Keďže ku všetkým segmentom existuje aj online aplikácia alebo online kalkulácia, ktorej výsledkom výpočtu je aj diagram znázorňujúci uloženie segmentu a jeho orientácia v oku, odporúča sa zobrať si túto vždy aj na operačnú sálu. A to hlavne v prípade, pokiaľ sa na správne uloženie implantátu používa digitálny navigačný systém.

Pred samotným začiatkom výkonu je nevyhnutné na povrchu rohovky označiť optickú os, ktorá slúži v ďalšom procese ako jediný pevný orientačný bod.

Neúplné segmenty (Intacs, FerraraRing, Keraring) sa implantujú do kruhového tunela. Uzavretý segment MyoRing je implantovaný do intrastromálnej kapsy.

Vytvorenie tunela, do ktorého je vložený implantát je možné vykonať mechanicky alebo pomocou femtosekundového laseru.

Mechanický postup – neuzavreté segmenty (INTACS, FerraraRing, Keraring)

Po označení optickej osi je vytvorený pomocou uhlomeru a dvojitého markera na rohovke odtlačok optickej zóny a miesta, respektíve osi, v ktorej bude následne vykonaná vstupná incízia. Je dobré udržiavať povrch rohovky čo najsušší, tým zabezpečíme lepšie a presnejšie vytvorenie odtlačku markera na povrchu rohovky. Následne sa v mieste vyznačenom ako miesto incízie, kalibrovateľným nožikom vytvorí incízia v hrúbke 70 – 80 % hrúbky rohovky. Hĺbka tejto incízie je daná na základe výpočtového algoritmu a je špecifická od prípadu k prípadu. Po vytvorení vstupného rezu v predpísanej hĺbke je potrebné lamely rohovky od seba oddeliť pomocou jemného a relatívne tupého oblúkovitého delaminátora. Týmto sa pohybmi doprava a doľava vytvorí malé vrečko. Toto je následne zväčšené rozdeľovačom, ktorý je rovnako široký ako kanál implantácie. Tento krok mechanickej separácie považujeme za kľúčový, nakoľko je nevyhnutné, aby delaminátor a aj rozdeľovač boli uložené až na dne incízie, a teda v správnej hĺbke rohovky. Od toho totiž závisí aj uloženie celého intrastromálneho tunela v správnej hĺbke a následne účinnosť implantátu. Po vykonaní týchto krokov je oko fixované vákuovým prstencom, aby sa zabezpečila jeho stabilita počas ďalšieho postupu. Do vytvorených malých tunelov sa následne zavádzajú pravo- alebo ľavotočivé špatule, ktoré sa rotačným pohybom pomaly zasúvajú hlbšie do strómy. Je dôležité sledovať smerovanie hrotu špatule, ktorý musí byť počas celého procesu vytvárania kanálu v rozmedzí odtlačku optickej zóny, ktorá bola zakreslená na začiatku zákroku markerom. Počas rotácie špatuly v rohovke, táto musí ostať vodorovne a nesmie sa s ňou manipulovať tak, aby hrot špatule smeroval nahor alebo nadol, či na špatulu tlačiť alebo ju ťahať nahor. Do už vytvoreného tunela vždy zavedieme aj druhostranne smerujúcu špatulu, aby sme tento čo najlepšie spriechodnili. Po úspešnom vytvorení intrastromálneho tunela je možné pristúpiť

k implantácii ICRS. Proces mechanického vytvárania intrastromálnych tunelov môže byť traumatizujúci, obzvlášť bez vákovej fixácie bulbu, nielen pre pacienta, ale pohľadom aj pre chirurga nepríjemný.

Mechanický postup – uzavretý segment (MyoRing)

Vytvorenie intrastromálnej kapsy pre implantáciu tohto segmentu je relatívne jednoduchšie. Ihneď po označení optickej osi na rohovke je na oko položený vákuový fixačný prstenec, ktorý bulbus stabilizuje. Rohovka sa sploští pomocou skleneného aplanačného kónusu, ktorý ju zatlačí do roviny tak, aby bol rez vykonaný v identickej hĺbke v celej rohovke. Samotný rez sa vykoná pomocou vibrujúceho mikrokeratómu, ktorý je schopný vytvoriť intrastromálnu dutinu o priemere až 10 mm. Označenie optickej osi je taktiež dôležité, avšak vzhľadom k veľkorysejšiemu priestoru vnútri kapsy je možné s prstencom aj po jeho implantácii mierne manipulovať a umiestniť ho do správnej polohy aj bez jej predchádzajúceho označenia. Za jediné slabé miesto tohto celého procesu môžeme považovať vibrujúci mikrokeratóm, ktorý je veľmi krehký a je potrebné s ním narábať veľmi opatrne a obozretne.

Femtosekundovým laserom asistovaný postup (INTACS, FerraraRing, Keraring, MyoRing)

V tomto prípade nie je potrebné rozlišovať, či vykonávame implantáciu neuzavretého alebo uzavretého segmentu. Je to tak preto, že veľkú väčšinu vykoná samotný femtosekundový laser. Na základe odporúčania výrobcu sa zadajú údaje hovoriace o hĺbke tunela, mieste rezu implantácie a tvare otvoru. Označenie optickej osi je aj v tomto prípade nevyhnutné. Podľa typu femtosekundového lasera dôjde buď k priblíženiu sakčného prstenca k rohovke a aplikuje sa sací a aplanačný systém femtosekundového lasera. Alebo sa nasadí vákuový prstenec a po fixácii bulbu dochádza k aplanácii rohovky k číremu rozhraniu. Nespornou výhodou je, že aj po aplanácii, pokiaľ táto nebola dokonale vycentrovaná, je možné upraviť polohu budúceho intrastromálneho kanálu tak, aby bol sústredný s optickou osou. Podľa toho aký segment bude implantovaný, vytvorí femtosekundový laser buď koncentrický tunel (od 200 do 360 stupňov, podľa zvolenej hĺbky, zvyčajne 70 – 80 % hrúbky najtenšieho bodu v oblasti 5 – 6 mm, v mieste implantácie prstencového implantátu a so vstupným rezom na osi rohovky definovaným zvoleným typom implantátu) alebo kapsu lamelárnym rezom. Celkový čas pôsobenia femtosekundového lasera je približne 10 – 18 sekúnd. Femtosekundový laser, na rozdiel od predchádzajúcich postupov nereže ani mechanicky neseparuje jednotlivé lamely. Rozdeľuje strómu účinkom malých bubliniek plazmy. Toto spôsobuje, že v tkanive rohovky ostávajú prítomné malé mostíky, ktoré je potrebné dodatočne rozrušiť. Nastavenie energie femtosekundového lasera a veľkosti bodov účinku je taktiež dôležité, nakoľko zaručuje správne a dostatočné oddelenie jednotlivých vrstiev rohovky.

Po úspešnom vytvorení tunela alebo kapsy v rohovke je nasledujúcim krokom samotná implantácia ICRS. Pred implantáciou je správne skontrolovať, či implantát prišiel v neporušenom obale a či zodpovedá tomu, ktorý bol vypočítaný a určený pre operovaného pacienta. Po odbalení segment uchopíme do špeciálnej pinzety (McPherson), ktorá ma na konci vytvorený malý zárez, tak aby mohla bezpečne segment uchopiť a zároveň ho nepoškodila. Segment je vždy implantovaný tak, aby bol svojou bázou, čiže širšou časťou, otočený k dúhovke. Pomocou druhého inštrumentu, ktorý nadvihne hornú časť tunela/kapsy,

je doň implantát zavedený. Tento je po malých kúskoch zasúvaný až do svojej finálnej pozície. Keďže implantát nesmie priamo komunikovať s miestom incízie, je od tejto zatlačený hlbšie do intrastromálneho kanála. V niektorých prípadoch je vhodné na záver implantácie incíziu fixovať jedným krížikovým stehom. Na záver zákroku je zvykom uložiť na oko kontaktnú šošovku (podľa nálezu na rohovke), čím sa zvýši pooperačný komfort pacienta. Tá sa z oka odstráni na druhý deň. Počas celého procesu je vhodné sa vyhýbať oplachovaniu rohovky. Jednak aby nedošlo k zmytiu označených bodov a línií, ale hlavne aby nedošlo k nasiaknutiu strómy tekutinou, čo by veľmi výrazne zmenilo hrúbku rohovky, následne aj vytvorenie tunela v správnej hrúbke, ale aj zhoršenie, ak nie až znemožnenie implantácie segmentu. Toto platí hlavne pre neuzavreté implantáty. Nespornou výhodou veľkej intrastromálnej kapsy, ktorá sa vytvára v stróme rohovky je možnosť jednoduchého a okamžitého nasýtenia rohovky roztokom riboflavínu, v dostatočnej šírke, a uskutočnenie CXL zákroku vzápätí po implantácii. Toto je taktiež možné aj v prípade neuzavretých segmentov, avšak nasýtenie strómy trvá o niečo dlhšie.

Pooperačná liečba

Aj napriek tomu, že sa jedná o bulbus nepenetrujúci zákrok, pooperačná liečba musí zahŕňať nielen lokálne kortikoidy, ale aj antibiotiká. Odporúčaná je aplikácia fluórchinolónových antibiotík 3 až 5-krát denne po dobu siedmich dní s tým, že aplikácia v deň operácie je každé dve hodiny až do polnoci. Kvapky obsahujúce kortikoid (Loteprednol, Fluórmetolón, Dexametazón) sú aplikované dlhšie. Podobne ako antibiotiká sa prvý deň používajú každé dve hodiny. Následne prvý pooperačný mesiac päťkrát denne a druhý a tretí pooperačný mesiac trikrát denne. Liečba kortikoidmi môže byť aj kratšia v závislosti od pooperačného hojenia. Zriedkavo je ich aplikácia dlhšia ako tri mesiace.

Odporúčaná je taktiež aj aplikácia umelých slz, a to nielen z dôvodu zvýšeného komfortu pacienta, ale taktiež ako nevyhnutná náhrada slz, ktorých prirodzená tvorba klesne po dobu približne šiestich mesiacov, ako pri každom inom zákroku na rohovke. Aplikácia umelých slz pri keratokonuse by však mala byť dlhodobá, vzhľadom k narušenej tvorbe slzného filmu pri tomto ochorení.

Komplikácie

Peroperačné komplikácie je možné zažiť pri vytváraní kruhových tunelov, ale aj stromálnej kapsy. A žiaľ, ako v prípade mechanického vytvárania tunela/kapsy, taktiež aj v prípade asistencie femtosekundovým laserom.

Pri vytváraní kruhového tunela mechanickou oblúkovou špatulou môže dôjsť k penetrácii rohovky, či už do prednej komory alebo cez epitel. Tento stav spôsobí nakláňanie špatule počas jej manipulácie v stróme rohovky. Veľmi často je táto udalosť spojená aj s tvorbou tunela v nedostatočnej hĺbke strómy.

Obdobná situácia môže nastať aj pri vytváraní stromálnej kapsy pomocou vibrujúceho mikrokeratómu. K penetrácii do prednej komory môže dôjsť pri strate podtlaku fixačného prstenca alebo pri zlomení diamantového noža. K penetrácii cez epitel môže dôjsť pri strate sukcie fixačného prstenca.

V oboch prípadoch je potrebné zákrok prerušiť a ukončiť. V prípade penetrácie do prednej komory aplikovať do nej antibiotika a zabezpečiť dostatočnú tonizáciu bulbu. Keďže tieto defekty majú podobný tvar ako tunelový rez používaný pri operácii sivého zákalu, nie je potrebné ich šiť a sú tzv. samotesniace. V prípade penetrácie cez epitel je dostačujúca povrchová aplikácia antibiotík. V oboch prípadoch sa na oko položí terapeutická kontaktná šošovka, rana sa nechá zaceliť a zahojiť. Vo veľkej väčšine prípadov je možné zákrok s odstupom približne troch mesiacov úspešne zopakovať.

Aj v prípade mechanickej tvorby tunela je možné túto kedykoľvek prerušiť a odložiť ju na neskôr, a to hlavne v prípade, keď hrot špatule vybočil z nakreslených línií tunela vyznačených na povrchu rohovky markerom.

Pri vytváraní stromálnych tunelov alebo kapsy femtosekundovým laserom hrozí strata podtlaku fixačného prstenca, a tým pádom pôsobenie laserového lúču v inej hĺbke a hlavne nie v jednej rovine. Preto je strata sukcie spojená s okamžitým ukončením zákroku a jeho odkladom o tri mesiace. Po uplynutí tohto obdobia sa rohovka správa tak, akoby v nej nebol predtým vykonaný žiaden zákrok. Pri implantácii samotných segmentov môže dôjsť aj k ich poškodeniu. Do rohovky sa nevkladajú zlomené, prasknuté či inak poškodené segmenty. Vo všeobecnosti platí, že vytváranie intrastromálnych kanálov alebo kapsy je jednoduchšie, rýchlejšie a bezpečnejšie pomocou femtosekundového laseru a vykazuje aj lepšie výsledky. Toto je pravdepodobne spojené s presnou hĺbkou vytvorenia tunela v stróme.

Logickým nálezom po akejkol'vek keratorefrakčnej operácii je aj dočasná strata, respektíve zníženie citlivosti rohovky. Inak tomu nie je ani v prípade implantácie ICRS. Zníženie citlivosti môže pretrvávajúť približne 2 – 3 mesiace.

Pravdepodobne najčastejšou, avšak aj najjednoduchšou komplikáciou je defekt epitelu v okolí incízie. Tento sa väčšinou spontánne zahojí počas prítomnosti kontaktnej šošovky na oku. Podobne aj edém rohovky v mieste implantácie spontánne a rýchlo odznie. V období okolo druhého týždňa po implantácii segmentov je možné pozorovať sterilné infiltráty, ktoré sú asymptomatické. Pokiaľ však lekár pozoruje edém aj prítomnosť infiltrátov, je potrebné venovať tomuto nálezu zvýšenú pozornosť, nakoľko by sa mohlo jednať o známky začínajúcej infekčnej keratitídy. Tie sú sprevádzané svetloplachosťou, zhoršeným videním a bolesťou. Skoré odhalenie infekcie je kľúčové pre správne nastavenie liečby. V mnohých prípadoch je terapia lokálnymi antibiotikami v hodinových intervaloch dostačujúca. Avšak v niektorých hraničných prípadoch je potrebné pristúpiť k explantácii ICRS a zabráneniu tak vzniku zrak ohrozujúceho stavu. Infekčná keratitída je odlišná od nálezu depozít extracelulárnej hmoty, ktorá sa akumuluje v okolí ICRS. Infekčná keratitída bola pozorovaná ako po implantácii do kanálu vytvoreného mechanicky, taktiež aj pomocou femtosekundového laseru. V mieste operačnej rany je možné niekedy pozorovať aj epiteliálne vrasty vo forme malých cýst, respektíve zátok. Tieto by však nemali byť príliš veľké a ranu by nemali rozťahovať, lebo môžu spôsobiť vznik astigmatizmu proti pravidlu v prípade incízie uloženej pri č. 12.

Ďalšou neželanou komplikáciou je pohyb segmentu v intrastromálnom kanáli smerom k incízii. Tento jav je skôr pozorovateľný u neuzavretých segmentov, než u MyoRing-u. V prípade, že

je migrácia pozorovaná, je potrebné implantát čo najskôr vrátiť do pôvodnej polohy. V prípade, že sa migrácia opakuje, je nevyhnutné segment explantovať, a to z dôvodu hroziaceho meltingu rohovky v mieste incízie.

Predpokladom pre úspech zákroku je dostatočná hĺbka implantácie segmentu do rohovky. Hlboká implantácia umožňuje primeranú výživu vrchných vrstiev strómy. Prvou známkou stenčovania strómy je farbenie epitelu nad implantátom. Následne dochádza k rozpadu epitelu a meltingu rohovky. Celý proces ukončí extrúzia implantátu. Práve plytká implantácia ICRS môže spôsobiť stenčovanie strómy rohovky, poruchu epitelu a extrúziu implantátu.

Haze, spôsobený dočasným oddelením lamiel rohovky od seba na vnútornom okraji segmentu, sa väčšinou spontánne vytratí do približne dvoch mesiacov od zákroku. Pacienti so širšími zrenicami pozorujú rôzne svetelné fenomény aj v dlhšom časovom rozmedzí. Tí, ktorým boli implantované skôr hrubšie segmenty, môžu pozorovať aj kolísanie zraku v priebehu dňa, keď ráno je pozorovaný hypermetropický a večer myopický posun.

Zriedkavou, avšak v literatúre popísanou komplikáciou je neovaskularizácia rohovky. Povrchová neovaskularizácia je typická pre chronických nosičov kontaktných šošoviek. Hlboká je spájaná s traumou operačnej rany alebo prítomnosťou stehu v mieste operačnej rany. Neovaskularizácia samotného intrastromálneho tunela, či kapsy je veľmi zriedkavá. Štandardným liečebným postupom je lokálna aplikácia kortikoidov, a v prípade pokračujúceho prerastania ciev rohovkou je nevyhnutná explantácia segmentov.

Omnoho častejším, avšak nie tak závažným nálezom v intrastromálnych kanáloch sú biele depozity okolo ICRS. Jedná sa o zhluky mastných kyselín, ktorých množstvo sa môže do približne dvanásteho mesiaca zvyšovať. Tieto nemajú žiaden vplyv na zrakovú ostrosť a nešíria sa mimo stromálny tunel.

Pravdepodobne najmenej vítanou komplikáciou je perforácia ICRS do prednej komory. Tento stav sa pripisuje mechanickému dráždeniu a súchaniu rohovky. Jediné správne riešenie je explantácia implantátu.

Aj napriek tomu, že ICRS sú relatívne mladou refrakčne-stabilizačnou pomôckou, získali si veľmi veľkú popularitu a ich použitie sa veľmi rýchlo rozšírilo. Aj napriek tomu, že sa jedná o relatívne jednoduchý chirurgický postup, treba mať na pamäti, že úspech liečebného postupu sa začína už pri vyšetrení pacienta. Preto je vhodné vyšetrenia z analyzátorov predného segmentu zopakovať vždy aspoň trikrát, aby sme získali čo najpresnejšie výsledky. Taktiež dostatočne zvlhčený povrch oka je veľmi dôležitý pre správne vyšetrenie. Najdôležitejšia časť je však samotný výpočet ICRS, ktorý je ťažiskovým krokom pre naplnenie uspokojivého cieľa.

Implantácia alogénnych intrastromálnych segmentov

Jacob a spoluautori publikovali sľubné výsledky implantácie stromálnych krúžkov, ktoré však na rozdiel od ICRS neboli vyrobené z PMMA, ale boli vytvorené z kadaveróznej rohovky. Metóda sa nazýva CAIRS (Corneal Allogenic Intrastromal Ring Segments). Hlavnou teoretickou výhodou tohto postupu je biokompatibilita, ktorá umožňuje priechod kyslíka

a živín, minimalizuje riziko extrudácie, neovaskularizácie, zápalových komplikácií a usadenín v okolí implantátu. Ďalšou teoretickou výhodou je možnosť implantácie biokompatibilného materiálu do povrchovej vrstvy strómy, čím sa dosiahne väčší účinok na s ploštenie predného povrchu.

Použitie takýchto segmentov pripravených z rohoviek ošúpaných, teda ako xenotransplantátov, bolo tiež opísané teoreticky a v experimentoch (10).

Transplantácia rohovky

Pri keratokonuse je indikovaná transplantácia rohovky v prípade, že sa ochorenie nachádza v štádiu, kedy sú na zlepšenie zrakovej ostrosti predchádzajúce operačné postupy nedostačujúce, alebo kontraindikované. Jedná sa o štádium IV. a IV. plus, kedy je rohovka výrazne stenčená, vyklenutá a zmenená jazvami, alebo striami (Vogt). Najvhodnejší typ transplantácie pri keratokonuse je hlboká predná lamelárna keratoplastika (DALK). Zahŕňa odstránenie všetkého, alebo takmer všetkého stromálneho tkaniva vo vybranej kruhovej centrálnej oblasti (zvyčajne 8 – 9 mm), pričom sa ponechá len DM a endotel. Stróma sa potom nahradí darcovským rohovkovým terčom, z ktorého sa odstráni DM a endotel. Štep sa fixuje na rohovku príjemcu rovnakým spôsobom ako pri perforačnej keratoplastike (PK), pričom sa častejšie používajú pokračovacie stehy. Najčastejšie používanou technikou je separácia stromálnych vrstiev vzduchovou bublinou – technika big-bubble, kedy sa stróma oddelí od predescemetu a ešte lepšie, až od descemetovej membrány. V niektorých prípadoch k oddeleniu nedôjde, a potom sa musí zvoliť postupná separácia vrstiev strómy rohovky čo najbližšie k descemetovej membráne, prípadne konvertovať na PK.

Na transplantáciu rohovky je vypracovaný samostatný štandard, na ktorý sa v prípade potreby môžete obrátiť.

Operácia sivého zákalu a keratokonus

Operácia sivého zákalu u pacientov s keratokonusom je limitovaná výpočtom vnútroočnej šošovky pre nepravidelný astigmatizmus a vysokú krátkozrakosť. Pri 1. štádiu KK je výpočet šošovky porovnateľný s kalkuláciou ako u pacientov bez KK. Odporúča sa operácia katarakty s implantáciou monofokálnych alebo monofokálnych torických šošoviek. Pri 2. a 3. štádiu sa odporúča najskôr implantácia ICRS, ktorá zlepšuje topografiu, stabilizuje rohovku a spomalí progresiu. Takto stabilizovaná rohovka umožňuje omnoho presnejšiu kalkuláciu vnútroočných šošoviek. V odstupe niekoľkých mesiacov (podľa topografie) je možná operácia sivého zákalu s implantáciou monofokálnych alebo monofokálnych torických šošoviek. Pri 4. štádiu a 4. plus štádiu sa odporúča len operácia sivého zákalu. V niektorých prípadoch sa volí kombinovaný zákrok – transplantácia rohovky + operácia sivého zákalu.

K dispozícii sú torické šošovky, ktoré dokážu korigovať aj vysoký astigmatizmus. Kalkulácia vnútroočných šošoviek u pacientov s keratokonusom nie je jednoduchá. Dôležité je dôkladné predoperačné vyšetrenie zahŕňajúce vyšetrenie CZO, NKZO, manifestnú refrakciu, vyšetrenie binokulárnych funkcií, autokeratorefraktometriu, fokometriu, mydriázu, endotelovú biomikroskopiu, topografiu, lepšie tomografiu rohovky, pachymetriu, biometriu, digitálny navigačný systém, veľkosť komorového uhla, priemer zrenice, WTW, VOT, VOT v mydriáze,

Schirmer- vyšetrenie slzného filmu, dôkladné vyšetrenie predného a zadného segmentu oka, OCT vyšetrenie a fotografiu predného segmentu. Okrem základných parametrov je potrebné vyšetriť aj orientáciu aberácií vyššieho rádu – coma, orientáciu keratometrie a orientáciu cylindrickej chyby manifestnou korekciou. Tieto parametre predurčujú dokonalosť korekcie a úspech zrakového výsledku operácie. Pri kalkulácii vnútroočnej šošovky je nutné urobiť viacero meraní pomocou biometrie, digitálneho navigačného systému, online kalkulácie na stránke výrobcu šošoviek a kalkulácie pomocou kalkulátora na stránke ASCRS (7, 8) alebo <https://www.iolformula.com/>.

Na operáciu sivého zákalu je vypracovaný samostatný štandard, na ktorý sa v prípade potreby môžete obrátiť.

Implantácia fakických šošoviek pri keratokonuse

Fakické vnútroočné šošovky je možné implantovať do oka po stabilizácii rohovky (po operácii ICRS, CXL alebo transplantácii rohovky). U mladších pacientov ideálne až po 27 roku života, kedy už nedochádza k progresii keratokonusu a progresii vysokej krátkozrakosti. U starších pacientov po 1 roku po implantácii ICRS alebo CXL. Po transplantácii rohovky je nutné počkať viac rokov na stabilizáciu a zvážiť medicínske indikácie. K dispozícii sú prednokomorové a zadnokomorové fakické šošovky.

V súčasnosti je trend implantovať zadnokomorové fakické šošovky, ktoré sa implantujú do zadnej komory, a tým sa viac chráni endotel rohovky. Dioptrický rozsah sa pohybuje od -0,5 do -18,0 sférických dioptrií a cylinder od + 1,0 do + 6,0 dioptrií. Dôležité je dôkladné predoperačné vyšetrenie zahŕňajúce: vyšetrenie CZO, NKZO, manifestnú refrakciu, vyšetrenie binokulárnych funkcií, autokeratorefraktometriu, fokometriu, cykloplégiu, cykloplegickú refrakciu, endotelovú biomikroskopiu, topografiu, pachymetriu, biometriu, digitálny navigačný systém, meranie hĺbky a priemeru prednej komory, veľkosť komorového uhla, priemer zrenice, WTW, VOT, VOT v cykloplégii, Schirmer- vyšetrenie slzného filmu, dôkladné vyšetrenie predného a zadného segmentu oka, OCT vyšetrenie a fotografiu predného segmentu. Šošovky implantuje certifikovaný chirurg a výpočet šošovky sa robí na online certifikovanom kalkulátore výrobcu.

Fakické vnútroočné šošovky umožňujú riešiť vysoké a kombinované refrakčné chyby u pacientov so stabilizovanou rohovkou po implantácii ICRS, CXL a po transplantácii rohovky. Tieto kombinované zákroky výrazne zlepšujú videnie a kvalitu života pacientom s keratokonusom (5, 6).

Na operáciu fakických šošoviek je vypracovaný samostatný štandard, na ktorý sa v prípade potreby môžete obrátiť.


Frekvencia a vykazovanie vyšetrení u pacientov s keratokonusom

Oko je párový orgán, každé oko sa vyšetruje zvlášť.

Mladší pacienti do 27 r. života by sa mali sledovať každých 3 – 12 mesiacov, v závislosti od stability keratokonusu. Starší pacienti pri stabilizovanej forme každých 12 až 24 mesiacov.

Pri progresii ochorenia (zhoršenie zrakovkej ostrosti, nárast alebo zmena dioptrií, zhoršená topografia rohovky, stenčenie rohovky, zhoršenie lokálneho nálezu na prednom a zadnom segmente oka, podozrenie na iné očné ochorenia) sa odporúča doplniť základné oftalmologické vyšetrenia o špecializované oftalmologické vyšetrenia. V tabuľke sú uvedené ako „vstupné vyšetrenia a kontroly v indikovaných prípadoch“.

Tabuľka č. 2

 Frekvencia a vykazovanie vyšetrení u pacientov s keratokonusom			
Názov vyšetrovacej metódy	Vstupné vyšetrenie	Pooperačná kontrola	Preventívna kontrola
Stanovenie CZO, NKZO	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	3.-24. mes.
Manifestná refrakcia	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	3.-24. mes.
Vyšetrenie binokulárnych funkcií	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
ARK	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	3.-24. mes.
Fokometria	Vždy	v indik. príp.	3.-24. mes.
Šírka zrenice a WTW	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
Vyšetrenie slzného filmu	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
Meranie VOT	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	3.-24. mes.
Rohovková topografia (tomografia)	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	3.-24. mes.
Pachymetria	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	3.-24. mes.
Biometria	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
Aberometria	v indik. príp.	v indik. príp.	v indik. príp.
Endotelová biomikroskopia	Vždy	2. mes.	3.-24. mes.
Fotografia predného segmentu	Vždy	2. mes	v indik. príp.
Biomikroskopia predného segmentu	Vždy	1.-6. deň, 2.mes.	v indik. príp.
Cykloplégia	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
Mydriáza	Vždy	v indik. príp.	3.-24. mes.
ARK v cykloplégii	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
VOT v cykloplégii	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
VOT v mydriáze	Vždy	v indik. príp.	3.-24. mes.
Biomikroskopia sietnice	Vždy	v indik. príp.	3.-24. mes.
OCT	Vždy	v indik. príp.	v indik. príp.
Farebná fotografia sietnice	v indik. príp.	v indik. príp.	v indik. príp.
USG	v indik. príp.	v indik. príp.	v indik. príp.

Záver

Čím skôr sa pacient s keratokonusom zachytí, lieči, operuje, tým sa dosiahnu lepšie refrakčné výsledky, stabilizácia keratokonusu a aj lepšia kvalita života a jeho zaradenie do pracovného procesu. To prináša výhody štátu. Čím vyššie štádium, tým náročnejšia a drahšia liečba a často už nemožnosť lepšieho videnia, a to limituje pacienta v ďalšom spoločenskom a pracovnom uplatnení. Pacienti s vyšším štádiom keratokonusu sú často na invalidnom dôchodku a poberajú dávky od Sociálnej poisťovne. Včasný záchyt a liečba vedie k zníženiu nákladov na pacienta s keratokonusom nielen pre zdravotné poisťovne, ale aj sociálnu poisťovňu a umožňuje pacientovi aktívne sa vrátiť do pracovného života a podieľať sa na vytváraní HDP štátu.

Špeciálny doplnok štandardu

Pacient (prípadne jeho zákonný zástupca) podpisuje v súlade so Zákonom č. 576/ 2004 Z. z., § 6 informovaný súhlas s vyšetrením, operáciou a následnými kontrolami.

Členovia skupiny pre tvorbu navrhovaného postupu deklarovali, že nie sú v konflikte záujmov.

Odporúčania pre ďalší audit a revíziu štandardu

Prvý audit a revízia tohto štandardného postupu po 2 rokoch a následne každých 5 rokov, respektíve pri známom novom vedeckom dôkaze o efektívnejšom manažmente diagnostiky alebo liečby keratokonusu, a tak skoro ako je možnosť zavedenia tohto postupu do zdravotného systému v Slovenskej republike.

Literatúra

1. Peña-García, P., Sanz-Díez, P., & Durán-García, M. L. (2014). Keratoconus management guidelines. *International Journal of Keratoconus and Ectatic Corneal Diseases*, 4(1), 1-39.
2. Serdarogullari, H., Tetikoglu, M., Karahan, H., Altin, F., & Elcioglu, M. (2013). Prevalence of keratoconus and subclinical keratoconus in subjects with astigmatism using pentacam derived parameters. *Journal of ophthalmic & vision research*, 8(3), 213.
3. Santodomingo-Rubido, J., Carracedo, G., Suzaki, A., Villa-Collar, C., Vincent, S. J., & Wolffsohn, J. S. (2022). Keratoconus: An updated review. *Contact Lens and Anterior Eye*, 101559.
4. Arnalich-Montiel, F., Alió del Barrio, J. L., & Alió, J. L. (2016). Corneal surgery in keratoconus: which type, which technique, which outcomes?. *Eye and vision*, 3(1), 1-14.
5. Esteve-Taboada, J. J., Domínguez-Vicent, A., Ferrer-Blasco, T., Alfonso, J. F., & Montés-Micó, R. (2017). Posterior chamber phakic intraocular lenses to improve visual outcomes in keratoconus patients. *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, 43(1), 115-130.
6. Espandar, L., & Meyer, J. (2010). Keratoconus: overview and update on treatment. *Middle East African journal of ophthalmology*, 17(1), 15.
7. Moshirfar, M., Ziari, M., & Ronquillo, Y. C. (2022). Cataract surgery considerations in patients with prior history of keratoconus and ectasia. *Current Opinion in Ophthalmology*, 10-1097.
8. Lee, S. J., Kwon, H. S., & Koh, I. H. (2012). Sequential intrastromal corneal ring implantation and cataract surgery in a severe keratoconus patient with cataract. *Korean Journal of Ophthalmology*, 26(3), 226-229.
9. Netuková M, Studený P, Studený P et al., Keratoconus 2021, 107-118.
10. Veselý P, Studený P et al., Keratoconus 2021, 81-102.
11. Studený P, Studený P et al., Keratoconus 2021, 75- 81.
12. Hafezi F, Mrochen M, Iseli HP, Seiler T. Collagen crosslinking with ultraviolet-A and hypochromolar riboflavin solution in thin corneas. *J Cataract Refract Surg* 2009;35:621-624.
13. O'Brart DPS. Corneal Collagen Crosslinking for Corneal Ectasias: A Review. *Eur J Ophthalmol* 2017;27:253–269.
14. Alió JL. Keratoconus: Recent advances in diagnosis and treatment. New York: Springer Publishing, 2017. ISBN 978-33-194-3879-5.

Poznámka:

Ak klinický stav a osobitné okolnosti vyžadujú iný prístup k prevencii a diagnostike ako uvádza tento štandardný postup, je možný aj alternatívny postup, ak sa vezmú do úvahy ďalšie vyšetrenia, komorbidity alebo liečba, teda prístup založený na dôkazoch alebo na základe klinickej konzultácie alebo klinického konzília.

Takýto klinický postup má byť jasne zaznamenaný v zdravotnej dokumentácii pacienta.

Účinnosť

Tento štandardný postup nadobúda účinnosť od 1. júna 2023.

Michal Palkovič
minister zdravotníctva