

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA UNIVERZITY PALACKÉHO V OLOMOUCI
KATEDRA OPTIKY

VLIV REFRAKČNÍCH OPERACÍ NA KONTRASTNÍ CITLIVOST

Bakalářská práce

VYPRACOVALA:

Kristýna Zbraňková

Obor číslo: B5345 OPTOMETRIE

Studijní rok: 2018/2019

VEDOUCÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE:

RNDr. Mgr. František Pluháček, Ph.D.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vliv refrakčních operací na kontrastní citlivost vypracovala samostatně pod vedením RNDr. Mgr. Františka Pluháčka, Ph.D. za použití literatury uvedené v závěru práce.

V Olomouci dne: 6. 5. 2019

.....
Kristýna Zbraňková

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu mé práce RNDr. Mgr. Františkovi Pluháčkovi, Ph.D. za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi v průběhu psaní práce poskytnul.

Tato práce byla vytvořena za podpory projektů IGA PřF UP v Olomouci s názvem “Optometrie a její aplikace“, č. IGA_PrF_2018_007 a IGA_PrF_2019_005.

OBSAH:

1 ÚVOD	5
2 KONTRASTNÍ CITLIVOST	6
2.1 DEFINICE KONTRASTNÍ CITLIVOSTI	6
2.2 KŘIVKA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI	7
2.3 VYŠETŘOVÁNÍ KONTRASTNÍ CITLIVOSTI	8
2.3.1 PÍSMENNÉ TESTY	8
2.3.2 TESTY VYUŽÍVAJÍCÍ SINUSOVOU MŘÍŽKU	12
2.3.3 DIGITÁLNÍ SYSTÉMY	14
2.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONTRASTNÍ CITLIVOST	15
2.4.1 OPTICKÉ PŘÍČINY	16
2.4.2 PORUCHY SÍTNICE	17
2.4.3 POSTIŽENÍ ZRAKOVÉHO NERVU	18
2.4.4 AMBLYOPIE	19
2.4.5 TOXICKÉ LÁTKY	19
2.4.6 NEUROLOGICKÉ CHOROBY	20
3 CHIRURGICKÉ KOREKCE REFRAKČNÍCH VAD	21
3.1 NELASEROVÉ ZÁKROKY	21
3.2 LASEROVÉ ZÁKROKY	22
3.2.1 INDIKACE A KONTRAINDIKACE LASEROVÉ CHIRURGIE	23
3.2.2 ZÁKROKY POVRCHOVÉ	24
3.4.3 ZÁKROKY HLOUBKOVÉ	27
4 REFRAKČNÍ NITROOČNÍ ZÁKROKY	29
4.1 REFRAKČNÍ VÝMĚNA ČOČKY	30
4.2 CHIRURGICKÉ POSTUPY PŘI VÝMĚNĚ ČOČKY	31
4.3 SPECIÁLNÍ NITROOČNÍ ČOČKY	33
5 VLIV REFRAKČNÍCH ZÁKROKŮ NA KONTRASTNÍ CITLIVOST	34
5.1 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO LASIKU	34
5.2 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO PRK	35
5.3 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO IMPLANTACI NITROOČNÍ ČOČKY	36
5.4 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO RELEX SMILE	37
6 ZÁVĚR	38
7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	39

1 ÚVOD

Procentuální zastoupení refrakční vady, ať už se jedná o myopii, hypermetropii či astigmatismus, je v populaci vysoké. Nejdéle a nejčastěji používanou korekční pomůckou jsou v dnešní době brýle. Další možností je aplikace kontaktních čoček. Nejnovější možností je podstoupení refrakční operace prováděné pomocí laseru. Počet pacientů, kteří chtějí tento zákrok podstoupit, roste a refrakční operace se stávají víc a víc žádanější. Refrakční chirurgie nabízí v současné době velké množství zákroků pro odstranění refrakční vady, které je možné rozdělit do dvou skupin. Jednou z nich jsou rohovkové laserové techniky, které lze dále rozdělit na povrchové a hloubkové dle hloubky opracování rohovkového epitelu. Druhou možností jsou chirurgické nitrooční zákroky, při kterých je do oka implantována čočka umělá. Implantovaná čočka je uložena do přední komory oční nebo do prázdného pouzdra čočky původní.

Zákroky prováděné na rohovce mohou způsobit několik nežádoucích pooperačních komplikací. Nejčastěji se jedná o rozptyl světla související s rohovkovými jizvami, zakalení opracované části rohovky a zvýšení aberací vyšších řádů, zejména sférické aberace, které mohou vést ke změně kvality některých parametrů zraku. Častým následkem chirurgických zákroků je zejména neuspokojivý refrakční výsledek. Může se jednat o podkorigování, které je zjevné již první den po operaci či regresi refrakční vady, která je způsobena hojením rohovkové tkáně. [1]

Cílem této práce je provést rešerši vlivu refrakčních zákroků na kontrastní citlivost. Nejprve bude proveden úvod do problematiky kontrastní citlivosti, výčet jednotlivých testů, kterými se kontrastní citlivost vyšetřuje a dále rozbor faktorů, které mohou kontrastní citlivost ovlivnit. V druhé části budou rozebrány chirurgické zákroky pro odstranění refrakčních vad prováděné na rohovce. Dále bude popsáno téma týkající se nitroočních zákroků, které se provádí za účelem léčby katarakty či vysoké refrakční vady. Poslední kapitola se bude věnovat rešerši dostupných studií zabývajících se zkoumáním vlivu refrakčních zákroků na vnímání kontrastní citlivosti.

2 KONTRASTNÍ CITLIVOST

Člověk se denně setkává s podněty o různém kontrastu. Kontrastní citlivost nabízí lepší představu a kvalitnější informace o zrakových funkcích. Jedná se o měření rozlišovací schopnosti oka při různých stupních kontrastu a většinou i při různých prostorových frekvencích (vysvětleno níže) a dochází k zhodnocení vidění vyšetřovaného za suboptimálních podmínek tj. podmínky vyskytující se v běžném životě každého z nás. Jedná se o schopnost, která se uplatňuje především v situacích za sníženého osvětlení nebo naopak oslnění, kdy je snížen kontrast mezi pozorovaným objektem a jeho pozadí. Na rozdíl od vyšetřování zrakové ostrosti, která poskytuje informace o zrakovém ústrojí pouze za optimálních podmínek osvětlení a vysokého stupně kontrastu znaků, které se nachází na bílém pozadí. Vyšetřování kontrastní citlivost je přínosné především u začínající katarakty, kdy může být ještě normální zraková ostrost 6/6, ale pacient si stěžuje na zhoršené vidění, vyšetření kontrastní citlivosti nám může pomoci určit vhodnost operace. Vyšetřování se nejčastěji provádí na optotypech s proměnlivým kontrastem. [1, 2, 3]

2.1 DEFINICE KONTRASTNÍ CITLIVOSTI

Pokud chceme definovat kontrastní citlivost, musíme se nejdříve zaměřit na definici kontrastu. Kontrast lze obecně chápat jako rozdíl dvou nebo více zrakových vjemů pozorovaných současně nebo v časovém sledu za sebou. Pro hodnocení zraku je podstatný především kontrast jasu C , který lze vyjádřit jako podíl rozdílu jasu maximálního a minimálního jasu L_{\max} a L_{\min} daných polí a jejich součtu (tzv. Michelsonův kontrast),

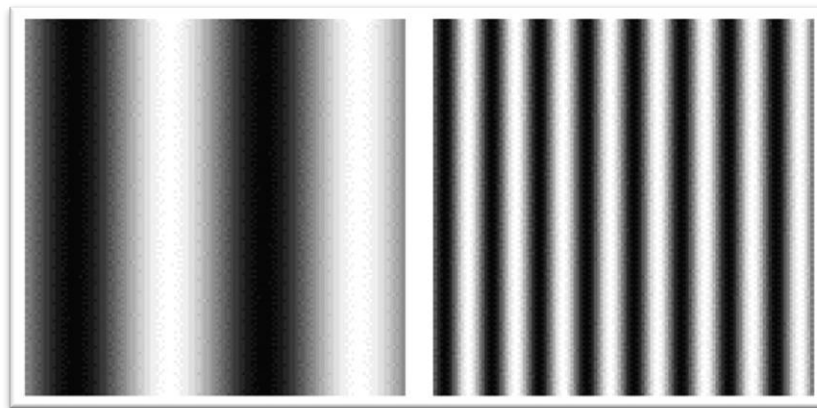
$$C = \frac{L_{\max} - L_{\min}}{L_{\max} + L_{\min}}$$

Nejmenší kontrast potřebný k rozlišení dvou různých světelných částí daného objektu se nazývá kontrastní práh C_t . Kontrastní citlivost C_s je definovaná jako převrácená hodnota kontrastního prahu C_t ,

$$C_s = \frac{1}{C_t}$$

Čím vyšší je úroveň kontrastní citlivosti, tím nižší je kontrast znaků, které je pacient schopen detekovat. Vzhledem k rozsahu hodnot kontrastní citlivosti je často používán její logaritmus $\log C_s$. Pro pojem kontrastní citlivost je nadále používána zkratka KC. U zdravého jedince se hodnota kontrastního prahu při denním světle udává přibližně 0,01. [4]

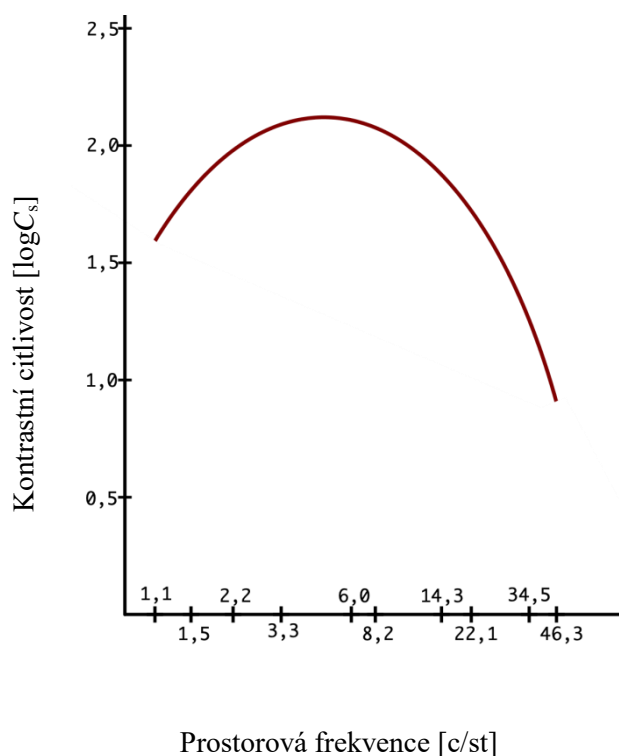
Kontrast lze dále sledovat v závislosti na velikosti pozorovaných znaků (vízu) nebo na tzv. prostorové frekvenci. Prostorová frekvence charakterizuje strukturu pozorovaného objektu – vysoké frekvence odpovídají jemným detailům, nízké naopak pomalým a rozsáhlým změnám jasu. Prostorová frekvence se udává v počtech cyklů na úhlový stupeň (c/st), přičemž cyklem je označována perioda mřížky o sinusovém průběhu, viz obr. 1. [3]



Obrázek 1: Nízká (vlevo) a vysoká (vpravo) prostorová frekvence. [5]

2.2 KŘIVKA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI

Křivka kontrastní citlivosti představuje závislost velikosti kontrastního prahu na prostorové frekvenci. Kontrastní citlivost v nižších prostorových frekvencích ukazuje, jak vyšetřovaný vnímá tvary a velké objekty. Ve vyšších prostorových frekvencích pak informuje o schopnosti vyšetřovaného vidět linie a jemné detaily. Lidské oko má nejvyšší citlivost mezi 3 až 6 c/st, výsledná křivka normální kontrastní citlivosti má zvonovitý tvar a je prezentovaná na obr. 2. Nízká hodnota frekvence do 0,5 c/st postačuje k rozeznání velkých objektů, např. auto, střední frekvence 2 až 6 c/st je dostačující k rozeznání např. dveří od auta a při vysoké frekvenci okolo 10 c/st je oko schopné rozeznat detaily jako například poznávací značku automobilu. [1, 6, 7]



Obrázek 2: Křivka normální kontrastní citlivosti. [8]

2.3 VYŠETŘOVÁNÍ KONTRASTNÍ CITLIVOSTI

Testování kontrastní citlivosti není často zařazeno do rutinního vyšetření, ale je důležitým parametrem zrakového ústrojí. Vyšetřování kontrastní citlivosti je jednoduše měřitelným parametrem rozlišovací schopnosti oka (vedle obvykle měřené zrakové ostrosti) a podává obsáhlejší informaci o zrakových funkcích. Pro testování kontrastní citlivosti bylo vytvořeno několik oftalmologických testů. Mezi nejčastější můžeme zařadit tištěné vyšetřovací tabule nebo systémy umožňující testovat kontrastní citlivost na monitoru či panelu typu LCD. Při vyšetřování kontrastní citlivosti vyšetřovaný sleduje například orientaci pruhů a sdělené údaje se zaznačí do grafu. Na ose x je zobrazena prostorová frekvence, zatímco na ose y citlivost na kontrast. V praxi se setkáváme se třemi typy vyšetřovacích tabulí, a to testy písmenné, testy využívající sinusovou mřížku a nejnověji digitální testy. [4, 9]

2.3.1 PÍSMENNÉ TESTY

Nejnámější písmenné testy pro vyšetřování kontrastní citlivosti jsou Pelli-Robsonova tabule pro měření kontrastní citlivosti, Hamilton-Vealeho test, Marsův písmenový test na kontrastní citlivost (Mars Letter Contrast Sensitivity Test) a ETDRS

(Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study) testy se sníženým kontrastem. Zatímco u mřížkových testů (viz níže) se používá Michelsonova definice kontrastu (kapitola 2.1), u písmenných testů se kontrast definuje jako tzv. Weberův kontrast, určený jako rozdíl mezi jasem pozadí L_p a jasem písmene L_o , dělený jasem pozadí, [4]

$$C = \frac{L_p - L_o}{L_p}$$

A) Pelli-Robsonova tabule pro měření C_s

K neznámějším zástupcům testů na kontrastní citlivost patří Pelli-Robsonova tabule, která je složena ze znaků s postupně se snižujícím kontrastem, viz obr. 3. Tyto tabule testují kontrastní citlivost v oblasti kolem 1 c/st. Znaky jsou z pravidla řazeny po trojicích vždy se stejným kontrastem. Na jednom řádku jsou přitom uvedeny dvě tyto trojice. Kontrast se od trojice k trojici snižuje o $0,15 \log C_s$. Tabule se pozoruje ze vzdálenosti 1 metr a vyšetřuje se nejprve monokulárně, poté i binokulárně. Vyhodnocení vyšetření se zapisuje do formulářů shodných s tabulemi. Akceptována je trojice písmen stejného kontrastu při rozeznání dvou ze tří písmen. [3, 4, 9]



Obrázek 3: Pelli-Robsonova tabule pro měření kontrastní citlivosti. [10]

Dle finské studie [11], kdy testovali KC na Pelli-Robsonově tabuli celkem 87 osob o průměrném věku 34,5 let, se monokulární hodnoty $\log C_s$ pohybovaly v rozmezí 1,68 (u osob starších 60 let) do 1,84 $\log C_s$ (u osob 20 až 49 let). Binokulární průměrné hodnoty $\log C_s$ se pohybovaly v rozmezí 1,73 (průměrný věk skupiny byl 40 let) do 1,99 $\log C_s$ (průměrný věk skupiny byl 30 let).

B) Hamilton-Vealeho test

Hamilton-Vealeho testy jsou podobné jako tabule Pelli-Robson, ale velikostně jsou menší. Patří mezi jednoduché testy k monitorování poklesu citlivosti na kontrast v čase, dále ukazují obtížnost vidět při špatném osvětlení nebo v noci. Tabule se skládají z písmen seskupených do dvojic o stejném kontrastu, na každém řádku jsou dvě dvojice (obr. 4). Každá dvojice představuje jednu úroveň kontrastu, resp. kontrastní citlivosti. Při rozpoznání znaků pouze do 4. úrovně se udává, že pacient trpí vážnou ztrátou zraku. Při dosažení úrovně 5 až 8 trpí pacient výraznou ztrátou kontrastní citlivosti. Rozlišení úrovně 9 až 12 udává slabou ztrátu citlivosti na kontrast a je potřeba provést další vyšetření. Za normální citlivost na kontrast se považuje rozlišení úrovní 13 až 16. [4, 9, 12]



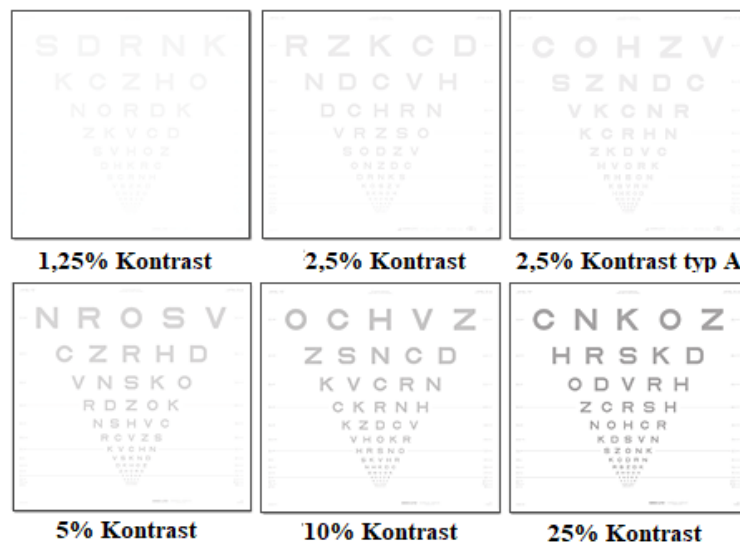
Obrázek 4: Hamilton-Vealeho test na vyšetřování kontrastní citlivosti. [13]

C) Marsův písmenný test kontrastní citlivosti

Jedná se o další typ testu na vyšetření citlivosti na kontrast, který má podobnou konstrukci jako Pelli-Robsonovy tabule, ale je rozměrově menší (obr. 5). Vyšetřovací vzdálenost je pouhých 0,5 metru. Tabule obsahuje písmena o klesajícím kontrastu vždy s každým písmenem o $0,04 \log C_s$. Test se skládá z 8 řádků a každý z řádků obsahuje celkem 6 písmen v řadě. Díky malé velikosti se test nejčastěji využívá v menších vyšetřovnách. Vyšetřování se provádí opět monokulárně a následně binokulárně. Do tabulky se zaznačí pouze špatně přečtené znaky, po dvou špatně zodpovězených znacích se vyšetření ukončí. Normální hodnoty u mladých pacientů se pohybuje mezi 1,72 až 1,92 $\log C_s$, pro osoby starší 60 let je normální hodnota 1,52 až 1,76 $\log C_s$. [4, 9, 14]



Obrázek 5: Sada Marsových písmenných testů pro měření kontrastní citlivosti. [14]



Obrázek 6: Sada ETDRS testů se sníženým kontrastem. [15]

D) ETDRS testy se sníženým kontrastem

Testy jsou založené na rozpoznávání znaků o různé velikosti a různé hladině kontrastu. Výsledkem je závislosti vízu a KC. Jsou konstruované jako tabule k určování zrakové ostrosti, ale o pěti stupních kontrastu (obr. 6). V jednotlivých tabulích se kontrast nemění. Testy mohou mít několik variant znaků, a to buď písmena, čísla, Landoltovy prstence C nebo například Lea symboly pro děti. Vyšetřovací vzdálenost se přizpůsobuje konstrukci testu a pohybuje se v rozmezí 2 až 4 metrů. [4, 9]

2.3.2 TESTY VYUŽÍVAJÍCÍ SINUSOVOU MŘÍŽKU

Jedná se o testy, které jako optotyp používají mřížky o různých prostorových frekvencích se sinusově proměnným kontrastem, přičemž bývá využito Michelsonovy definice (viz kapitola 2.1). Patří sem Ardenovy tabule, Cambridge Low Contrast Chart, VCTS, SWCT, FACT a CSV testy. [4]

A) Ardenovy tabule

Nejstarší typ testovací tabule, která se v dnešní době již nepoužívá. Každá tabule obsahovala svislé pruhy znaků o jedné prostorové frekvenci, kontrast těchto tmavých a světlých pruhů se snižoval shora dolů. Cílem vyšetřovaného bylo určit místo, kde pruhy přecházejí v uniformní šed'. [4, 9]

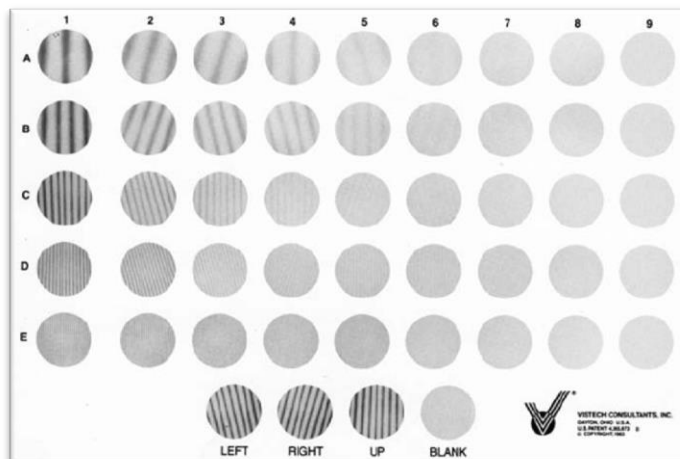
B) Cambridge Low Contrast Chart

Jedná se o rychlý a jednoduchý screening, který se provádí na 6 m vzdálenost. Testování probíhá pouze na jedné prostorové frekvenci 4 c/st. Test je tvořen 11 kalendářově sestavených plastových archů, každý s párem tabulek. Na jedné z tabulek je vždy natištěna monotónní mřížka, na druhé je mřížka přerušena podélnými světelnými pruhy. Úvodní dvojice je vysoce kontrastní, u následujících se pak kontrast postupně snižuje. Při vyšetření se zjišťuje, která z dvojic je ještě rozlišena. [4, 9]

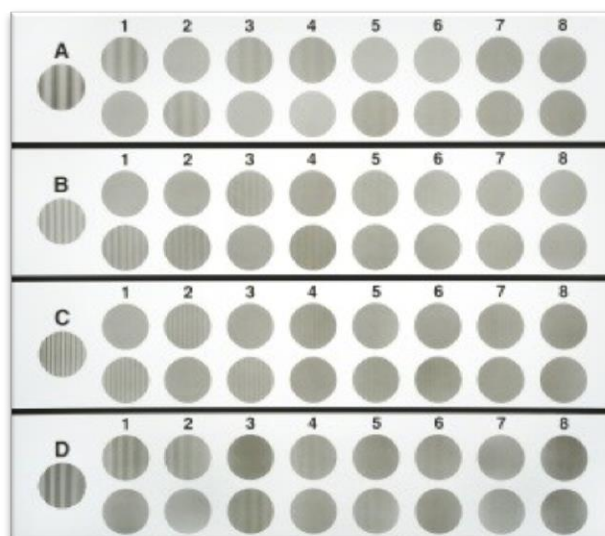
C) VCTS 6500, SWCT, FACT

Jsou to fotografické tabule vyvinuté doktorem Ginsburgem (*VCTS* – Vision Contrast Test System, *SWCT* – Sine Wave Contrast Test a *FACT* – Functional Acuity Contrast Test). Testování probíhá na pěti prostorových frekvencích: 1,5; 3; 6; 12; 18 c/st. Vyšetřovací tabule tedy obsahují 5 řad znaků, přičemž kontrast v každé řadě postupně klesá (např. o $0,25 \log C_s$ u *VCTS* 6500 a o $0,15 \log C_s$ u *FACT*). Kontrastní

citlivost je určena na základě posledního terče, u něhož vyšetřovaný rozliší orientaci mřížky (tj. rozliší vnitřní strukturu), která může být vertikální či nakloněná doleva a doprava. Příklad VCTS 6500 testu uvádí obr. 7. [4, 9]



Obrázek 7: VCTS 6500 test. [16]



Obrázek 8: Test CSV-1000E. [17]

D) CSV-1000

Jedná se o nejrozšířenější sadu testů se sinusovou mřížkou v dnešní době. Tabule jsou zasazeny do světelného boxu, který zajišťuje rovnoměrné standardní osvětlení. Testování kontrastní citlivosti probíhá ve 4 prostorových frekvencích: 3; 6; 12; 18 c/st. Každé prostorové frekvenci odpovídá jeden řádek testu, ve kterém jsou nad sebou umístěny dva kroužky – jeden monotónně šedý, druhý s mřížkou. Kontrastní citlivost je

určena poslední správně rozlišenou dvojicí kroužků. Doporučená testovací vzdálenost se udává 2,5 m. Nejpoužívanější sada CSV-1000E (obr. 8) poskytuje měření v rozsahu celé křivky kontrastní citlivosti, což je velmi užitečné pro zhodnocení očních onemocnění (zejména katarakty, glaukomu, optické neuritidy, diabetické a makulární degenerace) a v oblasti refrakční chirurgie. Pokud se body křivky nachází mimo normu nebo se křivka pravého a levého oka liší o dvě kontrastní hodnoty, jedná se o abnormalitu. [9, 17]

Dle Úřadu pro kontrolu potravin a léčiv v USA (FDA – Food and Drug Administration) byly za normální hodnoty pro osoby ve věku 20 až 55 let při vyšetřování za fotopických a mezopických podmínek stanoveny hodnoty $\log C_s$ uvedené v tab. 1.

Prostorová frekvence	Logaritmičká hodnota KC za fotopických podmínek	Logaritmičká hodnota KC za mezopických podmínek
Řádek A – 3 c/st	1,84	1,61
Řádek B – 6 c/st	2,09	1,66
Řádek C – 12 c/st	1,76	1,08
Řádek D – 18 c/st	1,33	0,56

Tabulka 1: Normální hodnota KC při vyšetřování na testu CSV-1000E pro populaci ve věku 20 až 55 let. [18]

2.3.3 DIGITÁLNÍ SYSTÉMY

Do této kategorie patří speciální počítačové optotypy, které pro zobrazení znaků využívají obvykle LCD monitory a mimo kontrastní citlivost umožňují měření dalších parametrů, jako např. zrakovou ostrost, barvocit aj. Konstrukce příslušných optotypů pro měření kontrastu vychází z předchozích klasických testů. Mezi nejznámější zástupce můžeme zařadit např. SmartChart (Austrálie), TCP-2000 od společnosti Tomey nebo např. Holladay Automated Contrast Sensitivity System (USA). Například SmartChart obsahuje variabilní skupinu klinických testů včetně testu na kontrastní citlivost v podobě ETDRS testů (Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study), kterým lze vyšetřovat KC až v pěti prostorových frekvencích: 1,5; 3; 6; 12; 18 c/st. [4]

2.4 FAKTORY OVLIVŇUJÍCÍ KONTRASTNÍ CITLIVOST

Citlivost na kontrast není u člověka po celou dobu jeho života stejná. Během stárnutí dochází k řadě patologických změn oka, které snižují kontrastní citlivost. Stárnutím se kontrastní citlivost mění ve všech prostorových frekvencích, zejména ve středních a vyšších. V počátku některých očních onemocnění dochází ke zhoršení kontrastní citlivosti při normální hodnotě zrakové ostrosti. Kvůli poklesu kontrastní citlivosti si pacient stěžuje na zhoršené vidění zejména za špatných světelných podmínek a snížení nastává zejména v nižších prostorových frekvencích. Naopak u chorob, u kterých dochází ke snížení centrální zrakové ostrosti, se kontrastní citlivost sníží i ve vysokých frekvencích. Ve speciálních případech lze využít filtrů žluté barvy pro zlepšení citlivosti. Stručný přehled příčin a jejich vlivu na kontrastní citlivost je zobrazen v tab. 2. [3, 8]

Příčina snížení kontrastní citlivosti	Vliv kontrastní citlivosti
Věk, amblyopie, alkohol, Alzheimerova choroba, Parkinsonova choroba	Snížení ve všech prostorových frekvencích
Optické vady	U slabých refrakčních vad – snížení ve vyšších prostorových frekvencích, u vyšších refrakčních vad – snížení v nízkých a středních prostorových frekvencích
Keratokonus	Snížení v nízkých prostorových frekvencích
Katarakta	Dle typu katarakty dochází ke snížení kontrastní citlivosti v nízkých, středních nebo ve vysokých prostorových frekvencích
Kontaktní čočky	Snížení nastává ve středních a vyšších prostorových frekvencích
VPMD, Diabetická retinopatie, Cystoidní makulární edém, neuritida zrakového nervu	Snížení ve všech prostorových frekvencích
Glaukom	U chronického glaukomu – ve středních prostorových frekvencích, u primárního glaukomu s otevřeným úhlem – ve všech prostorových frekvencích
Organická rozpouštědla	Snížení ve středních prostorových frekvencích

Tabulka 2: Přehled příčin a snížení kontrastní citlivosti. [4, 8, 9]

2.4.1 OPTICKÉ PŘÍČINY

Nejběžnější faktory, které ovlivňují vnímání kontrastní citlivosti, jsou optické příčiny, mezi které zařadím refrakční vady oka, keratokonus, kataraktu a kontaktní čočky.

A) Refrakční vady

U slabých refrakčních vad dochází k poklesu KC v oblasti vyšších prostorových frekvencí, naopak u vyšších refrakčních vad nastává pokles kontrastní citlivosti též v nižších a středních oblastech prostorové frekvence. Snížení kontrastní citlivosti nastává i v případě nošení slabé (podkorigované) nebo naopak silné (překorigované) brýlové korekce či z důvodu výskytu aberací vyšších řádů oka. [4, 8, 9]

B) Keratokonus

Keratokonus je onemocnění, které ve většině případů postihuje obě oči, projevuje se postupným vyklenutím a ztenčením rohovky v její centrální oblasti. Tato změna vyvolá zhoršené vidění jedince. U začínajícího keratokonu ještě před zhoršením zrakové ostrosti dochází ke snížení citlivosti v nižších prostorových frekvencích, následně dochází i ke snížení v oblasti vyšších prostorových frekvencí. [4, 9]

C) Katarakta

Onemocnění katarakta (šedý zákal) způsobuje zakalení čočky, které vyvolá poruchu průhlednosti a rozptyl procházejícího světla. Katarakta je stále udávána jako nejčastější příčina slepoty ve světě. Největší výskyt tohoto onemocnění je u jedinců mezi 75 až 85 lety věku. Rozptyl světla, který nastává u tohoto onemocnění, ovlivňuje vnímání kontrastní citlivosti, zrakovou ostrost a často u pacientů dochází i k oslňování. V některých případech dochází k poklesu kontrastní citlivosti v jasném osvětlení, jindy pacienti zaznamenávají zhoršené vidění při pouhém denním světle. Někteří pacienti vidí lépe za snížených světelných podmínek než za jasného osvětlení. U začínající senilní katarakty nastává pokles v oblasti vyšších prostorových frekvencí, který se v pokročilé kataraktě rozvine až na pokles ve všech hladinách. [4, 8, 9]

Vliv katarakty na KC dle jejího typu byl sledován Rouhiainenem [19]. U nukleárních katarakt nebyl zjištěn významný pokles KC, dále u kortikálních katarakt nejčastěji dochází k poklesu ve vysokých prostorových frekvencích a u subkapsulárního typu katarakty snížení nastává v nízkých a středních prostorových frekvencích.

D) Kontaktní čočky

Snížení KC v oblasti středních a vyšších prostorových frekvencí může být v případě nošení kontaktních čoček zapříčiněno usazením nečistot a poškozením povrchu kontaktní čočky z důvodu delšího nošení a nedostačující péče o ně. Jestliže pacient dosahuje stejných hodnot zrakové ostrosti se sférickým ekvivalentem i tórickou kontaktní čočkou, je těžší rozhodnout, který typ bude pacientovi vyhovovat více. Tato situace se dá vyřešit pomocí testu na kontrastní citlivost, kdy se porovnají výsledky se sférickým ekvivalentem a tórickou čočkou. Pokud je citlivost, kterou poskytuje tórická čočka alespoň o 2 stupně vyšší, jedná se o vhodnější typ korekce. [1, 20]

2.4.2 PORUCHY SÍTNICE

Mezi nejčastější onemocnění sítnice, které mají vliv na kontrastní citlivost jedince, patří věkem podmíněná makulární degenerace, diabetická retinopatie a cystoidní makulární edém.

A) Věkem podmíněná makulární degenerace (VPMD)

Onemocnění způsobující poškození místa nejostřejšího vidění – makulu. V rozvinutých zemích je VPMD častou příčinou postupného snížení centrální zrakové ostrosti nejčastěji u osob starších 65 let. Dochází také k velkému snížení kontrastní citlivosti a blednutí barev. K poklesu kontrastní citlivosti dochází ve všech prostorových frekvencích. VPMD se dělí na 2 formy – suchou a vlhkou. U pacientů se suchou formou tohoto onemocnění dochází k poklesu vrcholu křivky kontrastní citlivosti a poklesu citlivosti ve vyšších prostorových frekvencích, což je zapříčiněno hodnotou vízu okolo 1,0. Vlhká forma VPMD způsobuje velmi rychlý pokles zrakové ostrosti, která vede k praktické slepotě, obvykle během několika měsíců. Diagnostika onemocnění se mapuje pomocí Amslerovy mřížky nebo např. pomocí fluorescenční angiografie. Léčba je prováděna pomocí laseru, užíváním potravinových doplňků a podáváním protilátek proti vaskulárnímu endoteliálnímu růstovému faktoru. [1, 9]

B) Diabetická retinopatie

Diabetická retinopatie je velmi závažnou komplikací diabetu (cukrovky), která vzniká při nekompenzované léčbě cukrovky. Onemocnění vede ve většině případů k úplné slepotě. V populaci se u mužů vyskytuje toto onemocnění většinou před dosažením 45 let života, u žen o několik let později. Snížení kontrastní citlivosti nastává

ve všech prostorových frekvencích. Léčba DR je založena především na její prevenci, tedy nejen optimální kompenzací diabetu, ale i dalších rizikových faktorů jako je hypertenze a hyperlipoproteinemie. Včasná a správně indikovaná laserová léčba může stabilizovat pokročilé formy a zamezit zhoršování centrální zrakové ostrosti. [4, 8, 9]

C) Cystoidní makulární edém

Cystoidní makulární edém je onemocnění sítnice, které se může objevit v jakémkoliv stádiu diabetické retinopatie nebo jako komplikace po operaci katarakty. Edém způsobuje pokles zrakových funkcí postiženého oka. Dochází jak ke snížení zrakové ostrosti, tak i KC. Pokles KC nastává ve všech prostorových frekvencích, zejména ve vyšších. Hlavním projevem onemocnění je patologie propustnosti kapilárních cév kolem místa fovey, které vede k nahromadění tekutiny a následnému prosakování kapilár do oblasti sítnice. [1, 4]

2.4.3 POSTIŽENÍ ZRAKOVÉHO NERVU

Zrakový nerv (nervus opticus) je tvořen svazky nervových vláken, které vychází ze zadního pólu oka a probíhají očnicí až do týlního laloku. Jeho úkolem je přenos světelného podráždění sítnice směrem do mozku. Jeho postižení vyvolá akutní nebo chronické onemocnění, které způsobí poruchy zraku. Do této kapitoly zařadím neuritidu zrakového nervu a glaukom. [1, 8]

A) Neuritida zrakového nervu

Optická neuritida je akutní zánět zrakového nervu, který je nejčastěji lokalizován v jeho průběhu za okem. Klinickým projevem onemocnění je zhoršení zrakových funkcí obvykle jednoho oka. Zdaleka nejčtenější příčinou je autonomní reakce organismu. Statisticky je o toto onemocnění prvním příznakem roztroušené sklerózy a to až u 20 % diagnostikovaných. Mezi nejčastější projevy zánětu patří bolest při pohybu oka, kolísání hodnoty zrakové ostrosti během dne a poruchou barvocitu. Pokles křivky kontrastní citlivosti je u pacientů s neuritidou zaznamenám ve všech prostorových frekvencích. [1, 9, 21]

B) Glaukom

Glaukom (zelený zákal) je skupina očních chorob, které jsou charakteristické poškozením zrakového nervu v důsledku dlouhodobého výskytu zvýšeného nitroočního

tlaku (NOT), který při neléčení může vést i k úplné slepotě. Avšak existuje řada dalších faktorů, které mohou vést k poruše optického nervu. Onemocnění se charakterizuje výpadky v zorném poli jedince, typickými změnami na sítnici a může být doprovázen zvýšeným nitroočním tlakem. V klinické praxi se obvykle dělí na primární, sekundární a glaukom dětského věku. Primární a sekundární můžeme dále rozdělit na glaukom s otevřeným nebo uzavřeným úhlem. Pokles kontrastní citlivosti nastává zejména ve středních hodnotách prostorové frekvence popřípadě ve všech prostorových frekvencích. Snížení citlivosti nastává dokonce i před výskytem výpadků zorného pole. U pacientů s chronickým glaukomem a otevřeným úhlem se ve většině případů vyskytuje snížená citlivost ve středních prostorových frekvencích 6 c/st. Naopak u pacientů s primárním glaukomem s otevřeným úhlem a hypertenzí nitroočního tlaku byl zaznamenán pokles ve všech úrovních prostorové frekvence. [1, 8, 21]

2.4.4 AMBLYOPIE

Amblyopie neboli tupozrakost je definována jako snížení zrakové ostrosti bez zjevné příčiny. Obvykle se projevuje jednostrannou redukcí zrakové ostrosti i při nejlepší možné korekci. Nejčastěji je tato porucha způsobena vlivem strabizmu, refrakční vady, anizometropie nebo vrozeným šedým zákalem. Pokles vnímání kontrastní citlivosti nastává u tohoto onemocnění ve všech prostorových frekvencích, nicméně průběh křivek KC se může u jednotlivých typů poněkud lišit a to v oblasti nižších prostorových frekvencích od 1,5 do 6 c/st. V této oblasti prostorové frekvence dochází k většímu snížení u strabického typu amblyopie. Díky léčbě amblyopie dochází v obou případech k významnému zlepšení kontrastní citlivosti a to ve všech prostorových frekvencích. [9, 22, 23]

2.4.5 TOXICKÉ LÁTKY

Toxickou látkou, která ovlivňuje kontrastní citlivost je např. alkohol, který způsobuje snížení ve všech prostorových frekvencích. Velikost snížení citlivosti je ovlivněna několika faktory, a to množstvím alkoholu v krvi či rychlostí jeho odbourávání u daného jedince. Dalšími toxickými látkami, které mají vliv na kontrastní citlivost, jsou organická rozpouštědla, která snižují citlivost ve středních hodnotách prostorové frekvence. [4, 9]

2.4.6 NEUROLOGICKÉ CHOROBY

Mezi neurodegenerativní onemocnění můžeme zařadit například Alzheimerovu chorobu a chorobu Parkinsonovu. Parkinsonova choroba je neurodegenerativní onemocnění centrální nervové soustavy, které souvisí s úbytkem specifických nervových buněk středního mozku, které produkují dopamin. Choroba ovlivňuje nejen pohybový aparát, ale také svalstvo ovládající oční motoriku. Patologie se projevuje zejména poruchou barevného vidění a snížením kontrastní citlivosti. Alzheimerova choroba postihuje především starší osoby a způsobuje nevratné změny mozkových buněk a následně úbytek mozkové hmoty. Onemocnění se projevuje např. neobvyklou ztrátou paměti, poruchou řeči a náladovosti. V obou případech dochází k poklesu křivky kontrastní citlivosti ve všech prostorových frekvencích. [24]

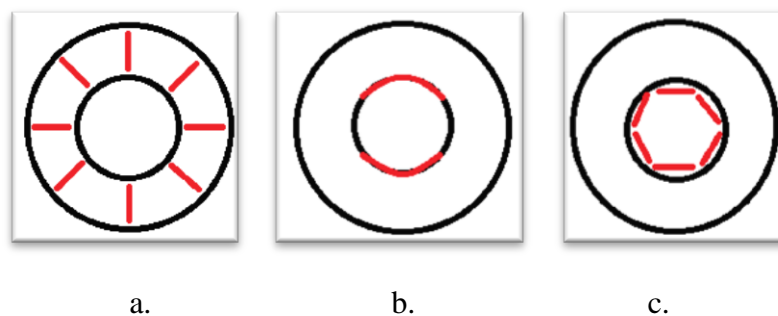
3 CHIRURGICKÉ KOREKCE REFRAKČNÍCH VAD

Hlavním principem refrakčních zákroků je změna průchodu paprsků vstupujících do oka, tak aby obraz pozorovaného předmětu vznikl na sítnici. Refrakční operace se provádí pomocí změny zakřivení rohovky či aplikací nitrooční čočky. První refrakční operace vysoké myopie byla provedena již v roce 1890 pomocí extrakce čiré čočky. Chirurgické ošetření refrakčních vad se stalo populární začátkem 70. let díky refrakční keratotomii (paprscitě nářezy rohovky v její periferii), kterou provedl profesor Svyatoslav Fyodorov. V roce 1983 došlo k převratu v rozvoji refrakčních keratoplastik, kdy byla v USA vyvinuta první laserová studená technika pomocí excimerového laseru. Již v roce 1990 byly zaznamenány první zprávy o úspěšném použití tohoto laseru na lidském oku. Dále bylo prokázáno, že vysoce energetické paprsky excimerového laseru nezanechávají na rohovce prakticky žádné zákaly. [6, 9, 25]

3.1 NELASEROVÉ ZÁKROKY

Mezi nelaserové zákroky patří keratotomie, termoregulační zákroky a konduktivní keratoplastika (vysvětleno níže). Dle typu nářezu se keratotomie dělí na radiální, hexagonální a astigmatickou. Metodika byla využívána zejména pro korekci myopie a hypermetropie, avšak v současné době je z velké části nahrazena aplikací excimerového laseru či implantací fakické nitrooční čočky. [1, 9]

U keratotomie radiální se provádí nářezy rohovky za účelem korekce nízké až střední myopie pomocí diamantového nože, nejčastěji pomocí 8 či 16 radiálních nářezů (obr. 9a) v hloubce asi 80–95 % tloušťky stromatu. Nářezy způsobují vyklenutí rohovky ve střední periferii a následné oploštění v centrální části. Velkou nevýhodou zákroku je pooperační kolísání vízu či vznik mírného nepravidelného astigmatismu. Další technikou je keratotomie astigmatická (obr. 9b), která se využívá k odstranění rohovkového astigmatismu vzniklého primárně nebo reziduálně (vzniklý po operaci katarakty, transplantací rohovky). Nejznámějšími technikami jsou arkuátní keratotomie a limbální relaxační incize. Posledním postupem je keratotomie hexagonální (obr. 9c), která vznikla za účelem korekce hypermetropie, ale v dnešní době se dále nevyužívá. [1, 9, 21]



Obrázek 9: Příklady nářezů při a. radiální, b. astigmatické, c. hexagonální keratotomii.

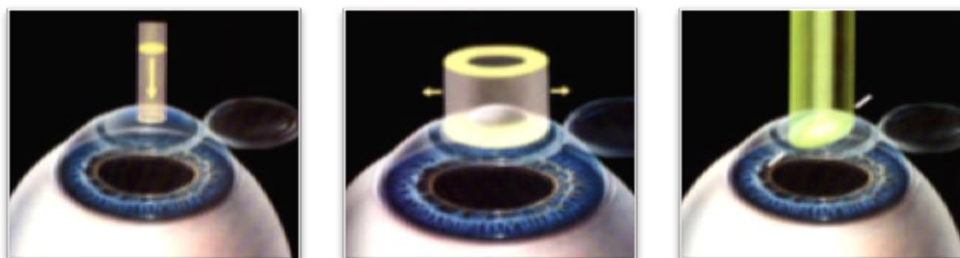
Dalším typem jsou termoregulační zákroky, jejichž principem je změna parametrů rohovkového kolagenu, která vyvolá změnu zakřivení rohovky, což způsobí změnu refrakce oka. Jedná se o metody využívající se ve speciálních případech jako například při koagulaci rohovkového kolagenu nebo crosslinking rohovkového epitelu při onemocnění keratokonus. Ke koagulaci dochází po působení tepelné energie, která přeruší hydrogenové vazby kolagenu. [1]

Posledním typem je konduktivní keratoplastika. Cílem tohoto zákroku je smrštění rohovkové tkáně v periferii za účelem zvýšení strmosti rohovky a tím zvýšení její optické mohutnosti. Zahřátí rohovky se provádí pomocí radiofrekvenční energie, která je vedena jemným kovovým hrotem. Tento hrot je vnořen do periferního stromatu rohovky, energie proudící z hrotu vyvolá odpor okolní tkáně a dojde k zahřátí. Zkrácení kolagenních vláken vyvolá zvýšení zakřivení centrální části rohovky. Body se aplikují ve tvaru kružnice v oblasti periferie rohovky a zpravidla je vytvořeno 8–24 bodů v jednom až třech kruzích. Tato metoda byla vytvořena pro dočasnou léčbu nízké až střední hypermetropie s minimálním astigmatismem. Později byla populární především pro dočasnou korekci presbyopie. Celý zákrok je poměrně rychlý a bezpečný, ale jeho výsledky jsou dočasné. [1]

3.2 LASEROVÉ ZÁKROKY

Principem těchto operací je změna zakřivení rohovky většinou pomocí fotoablace užitím excimerového laseru (obr. 10). Excimerový laser se od ostatních laserů liší především svojí vlnovou délkou, která se pohybuje v rozmezí 193 – 351 nm, která je dána jeho náplní (excitovaný dimer – směr vzácného plynu a halogenu). Pro laserové zákroky se využívá argon-fluoridový laser. Některé moderní metody též

využívají tzv. femtosekundový laser, který je schopen odstranit tkáň i uvnitř rohovky, aniž je nutné předem vytvořit chirurgický vstup. Při fotoablacii dochází pomocí pulzů ultrafialového záření o vlnové délce 193 nm k tzv. fotochemickému ději, jehož výsledkem je odpaření kolagenních molekul a tím vzniká nový profil zakřivení rohovky. V klinické praxi se laserová fotoablace využívá pro korekci myopie, hypermetropie i astigmatismu. V případě myopie se zákrok provádí v centrální části rohovky a tak dochází k jejímu oploštění. U hypermetropického oka se fotoablace realizuje v periferní oblasti rohovky po celém jejím obvodu, výsledkem je naopak zestrmení centrální oblasti rohovky. V průběhu zákroku pacient fixuje vhodný fixační podnět, přičemž jsou technikou eye-tracking (sledování očních pohybů) monitorovány oční pohyby pacienta, které musí být při spuštění laseru minimální. Mezi současné laserové chirurgické metody patří PRK, LASEK, Epi-LASIK, LASIK a ReLEx. [1]



Obrázek 10: Schéma laserového zákroku, zleva při myopii, hypermetropii a astigmatismu. [26]

3.2.1 INDIKACE A KONTRAINDIKACE LASEROVÉ CHIRURGIE

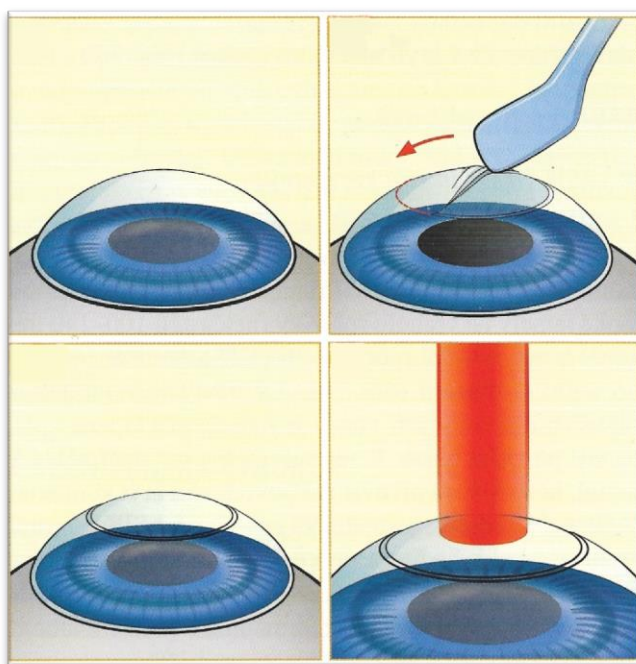
Vhodným kandidátem pro operaci je pacient starší 18 let se stabilní refrakční vadou. Jedná se o stav, kdy se dioptrická hodnota oka nezměnila minimálně za posledních 6 – 12 měsíců o 0,25 až 0,5 dioptrie. V případě staršího pacienta s rozvinutou presbyopií je důležité zvážit vhodnost operace a informovat pacienta o následné nutnosti nošení korekce na blízko i po operaci. [1]

Mezi nejčastější kontraindikace operací patří například Herpes simplex virus keratitida, nestabilní refrakční vada a jakékoliv akutní nebo chronické onemocnění oka. Do absolutních kontraindikací patří onemocnění keratokonus s klinicky významnými změnami, Herpes zoster keratitidy či syndrom suchého oka jedince. U takových jedinců je laserový zákrok zcela nemožný. U pacientů s diabetes mellitus I. i II. typu je chirurgický zákrok doporučen pouze v případě, že u pacienta nenastaly žádné

systemové projevy onemocnění, jako je například retinopatie a epitelové defekty hojení.
[1]

3.2.2 ZÁKROKY POVRCHOVÉ

Do této skupiny patří chirurgické zákroky, u kterých dochází k odstraňování a následnému modelování povrchové vrstvy rohovky. Tato vrstva se nazývá rohovkový epitel a je neustále obnovována, díky schopnosti regenerace. U všech zákroků je manipulováno s epitelem a laserové ošetření je prováděno až pod ním. V této kapitole rozeberu metody PRK , LASEK a Epi-LASIK. [21]



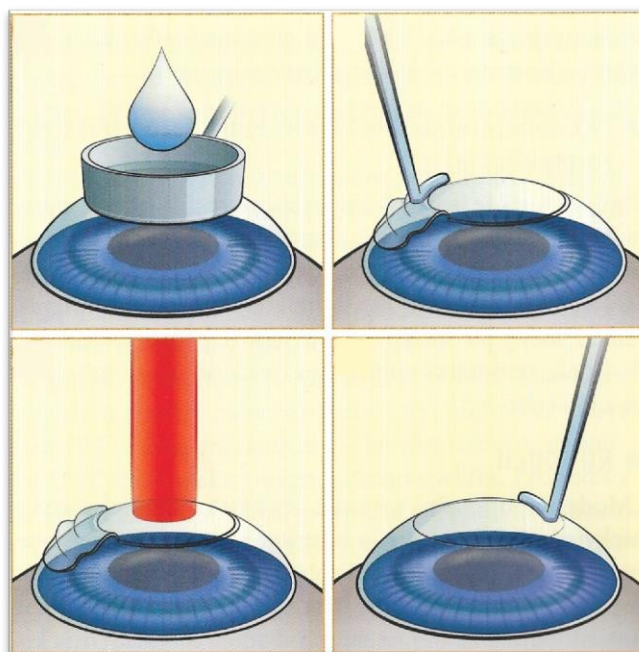
Obrázek č. 11: Postup při fotorefrakční keratektomii (PRK). [21]

*Převzato se souhlasem z knihy Oftalmologie, Jarmila Heissigerová a kol., Maxdorf
2018 (Copyright © Maxdorf).*

A) PRK

Aplikace laseru se provádí po předchozím mechanickém odstranění rohovkového epitelu. Mechanické odstranění se realizuje seškrábnutím celé epitelové vrstvy rohovky tupým nástrojem („hokejkou“), ostrým nožem, nebo rotujícím rohovkovým kartáčkem. U chemického odstranění je na část rohovky aplikován 20% alkohol po dobu 20 až 45 sekund, tím dochází k dehydrataci a následnému uvolnění epitelu. Po odstranění epitelu je pacient vyzván k fixování centračního světla laseru. Po

ukončení celého zákroku se zpravidla pacientovi aplikuje krycí kontaktní čočka nebo tlakový obvaz. Jednotlivé kroky zákroku jsou zobrazeny na obr. 11. Nevýhodou operace je velká pooperační bolestivost z důvodu regenerace rohovkového epitelu. K celkové reepitelizaci dochází nejčastěji v rozmezí dvou až čtyř dnů po zákroku. Metoda PRK se převážně využívá pro nižší hodnoty krátkozrakosti a astigmatismu a je vhodnější spíše pro pacienty s tenčí rohovkou a větším průměrem zornice. Dále není PRK vhodná pro pacienty, kteří mají vysoké nároky na vidění za šera a za zhoršených světelných podmínek při rozšíření zornice. Problémem je malý průměr optické zóny a tím vznik nežádoucího světelného efektu (halo, glare), jako následek lomu světla na rozhraní ošetřené a neporušené části rohovky. Pro korekci vyššího stupně refrakčních vad a astigmatismu se v dnešní době doporučuje jiný typ operací z důvodu neuspokojivých pooperačních výsledků. [1, 9]



Obrázek č. 12: Jednotlivé kroky metody LASEK. [21]

Převzato se souhlasem z knihy Oftalmologie, Jarmila Heissigerová a kol., Maxdorf 2018 (Copyright © Maxdorf).

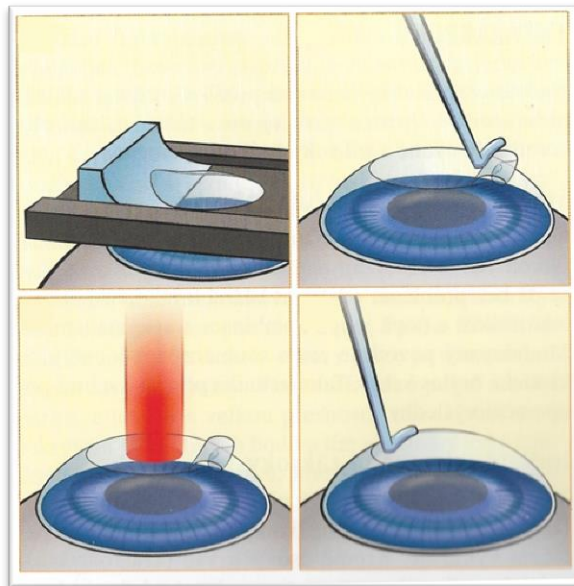
B) LASEK

Jedná se o laserem prováděnou subepiteliální keratomileusis. Nejčastěji se využívá pro korekci nižších stupňů krátkozrakosti a astigmatismu. Na začátku operace se na rohovku přikládá kruhová značka, do které se aplikuje 18% alkohol na dobu 30

sekund. Alkohol je po uběhnutém intervalu odsát a rohovka se opláchne. Díky působení alkoholu dochází k separaci epitelu, který je dále pomocí tupého nástroje srolován. Po shrnutí celé lamely nastává sušení lamely a následná laserová fotoablace jako u metody PRK (obr. 12). Po zakončení procesu fotoablace je rohovkové stroma opláchnuto a epitelová lamela je opět umístěna do původní polohy. Denaturovaná část epitelu bývá zpravidla o něco menší. Celá procedura je nakonec zakončena aplikací kontaktní čočky. Výhodou zákroku je poměrně malý pooperační dyskomfort, rychlejší obnova epitelu oproti PRK a nižší riziko pooperačních komplikací oproti metodě LASIK. Během několika dnů po zákroku dochází k opětovnému zhojení a regeneraci epitelu. [1, 9, 21]

C) Epi-LASIK

Při tomto zákroku je epitel rohovky shrnut pomocí speciálního přístroje a následně je rohovka opracovaná laserem. Pokud se podaří zachovat nedotčenou epitelovou lamelu, lze na konci zákroku epitel vyrovnat, napnout a aplikovat jej zpátky na původní místo (obr. 13) Oproti metodě LASEK je zákrok šetrnější a rohovkový epitel po operaci je vitálnější. Po zákroku se často aplikuje krycí kontaktní čočka. [21]



Obrázek č. 13: Jednotlivé kroky při metodě Epi-LASIK. [21]

*Převzato se souhlasem z knihy Oftalmologie, Jarmila Heissigerová a kol.,
Maxdorf 2018 (Copyright © Maxdorf).*

3.4.3 ZÁKROKY HLOUBKOVÉ

Do této skupiny zákroků patří LASIK a ReLEx, při kterých jsou laserem opracovávány hlubší části stromatu rohovky. Není tedy nutné řešit odstranění epitelu.

A) LASIK

Název pochází z latinského laser in situ keratomileusis. Jedná se o lamelární operaci. Principem zákroku je seříznutí rohovkové lamely o tloušťce 130 až 180 μm a následná fotoablace excimerovým laserem pod lamelou (obr. 14). Celý zákrok se provádí pomocí excimerového (argon-fluoridového) laseru o vlnové délce 193 nm. Zákrok se nejčastěji provádí u myopií větší než -4 D a u nízké až střední hypermetropie. Před operací je nutné provést vyšetření na pachymetru, který určí tloušťku rohovky, která hraje důležitou roli při odstraňování rohovkové tkáně. Zpravidla je u každé fotoablace ponecháno 250 μm neporušené tkáně, aby se předešlo pooperačním komplikacím. Po zákroku jsou pacientovy podávány antibiotika a kortikoidy. Výhodami LASIK metody je menší pooperační dyskomfort, rychlá zraková rekonvalescence, minimální reakce rohovkového stromatu a lepší výsledky u vyšších stupňů myopie. Vytvoření lamely však může být zdrojem optických aberací vyšších řádů, které nebyly v oku před zákrokem přítomny. [1, 21]

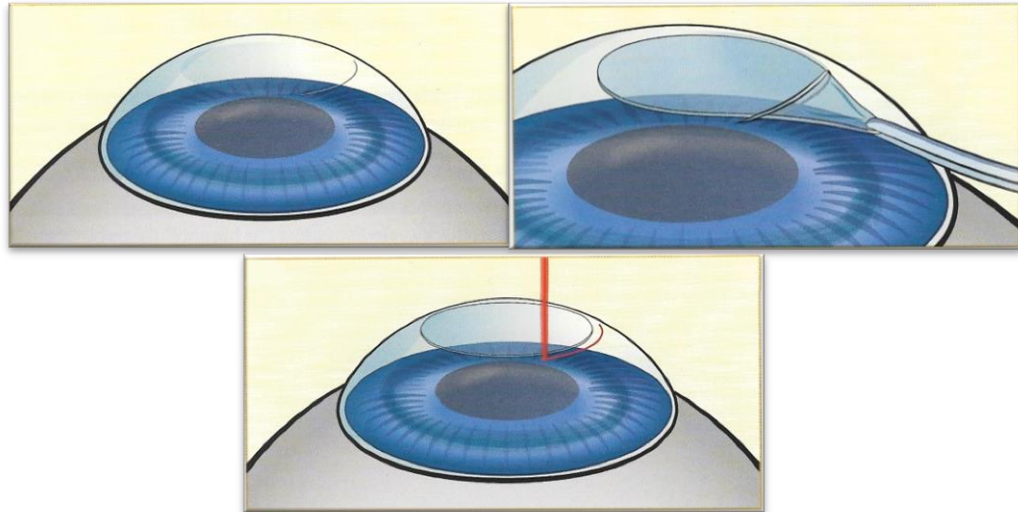


Obrázek č. 14: Schématické zobrazení jednotlivých kroků při metodě LASIK. [27]

B) ReLEx

Název pochází ze zkratky celého názvu Refractive Lenticule Extraction. Některé zdroje uvádějí též název ReLex SMILE, což znamená small-incision lenticule extraction. Při této metodě se nevytváří klasická otevřená lamela rohovky, ale pomocí femtosekundového laseru se uvnitř stromatu odseparuje od okolní tkáně oblast ve tvaru čočky. Následně je tato čočka oddělena pinzetou a odstraněna malým řezem z rohovky. Tento operační zákrok je především vhodný pro korekci myopie, protože výsledným efektem je ztenčení a oploštění centrální části rohovky (obr. 15). Doposud se však

nepovedlo tuto metodu zindividualizovat. Hlavními výhodami jsou malý, pouze 2 mm široký řez a použití jednoho typu laseru. Nejčastěji se zákrok provádí za účelem korekce krátkozrakosti v oblasti -3 D až -10 D a při výskytu cylindru do 5 D. [21]

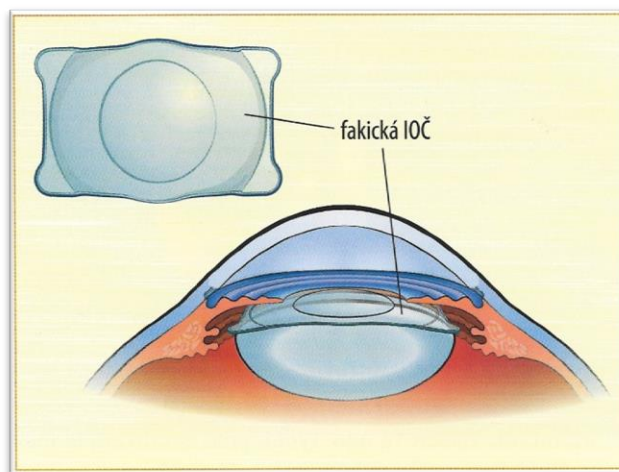


Obrázek č. 15: Postup při metodě ReLEX. [21]

Převzato se souhlasem z knihy Oftalmologie, Jarmila Heissigerová a kol., Maxdorf 2018 (Copyright © Maxdorf).

4 REFRAKČNÍ NITROOČNÍ ZÁKROKY

Mezi další možnosti korekce refrakčních vad zařadím některé operační nitrooční zákroky prováděné v klinické praxi. Principem těchto zákroků je buď implantace dioptrického přídatku v podobě umělé nitrooční čočky, či úplná náhrada čočky vlastní za čočku umělou. V případě, že se umělá čočka přidá ke stávající čočce, vzniká vyšší riziko vzniku katarakty. Čočka je obvykle volena tak, aby korigovala refrakční vadu do dálky. Může být též vložena multifokální čočka, pak se jedná o stejný postup jako při presbyopické nitrooční operaci. Většina operačních technik vychází z postupů kataraktové chirurgie, kdy dojde k odstranění zakaleného obsahu čočkového pouzdra, přičemž do prázdného pouzdra je vložena nitrooční umělá čočka (vysvětleno níže). [21]



Obrázek č. 16: Uložení fakické nitrooční čočky do oka s čočkou vlastní. [21]

Převzato se souhlasem z knihy Oftalmologie, Jarmila Heissigerová a kol., Maxdorf 2018 (Copyright © Maxdorf).

Čočka, která slouží jako náhrada lidské čočky z důvodu přítomnosti zákalu, trauma nebo při výskytu vysoké refrakční vady se nazývá *afakická*. Naopak čočky, které jsou implantované bez předchozí extrakce původní čočky, se označují jako čočky *fakické* (obr. 16). Nitrooční čočky se dále dělí na tvrdé, které jsou vyrobeny z polymethylmetakrylátu (PMMA) a měkké, které jsou vyrobeny z akrylátů a výjimečně i ze silikonu. Na čočce se rozlišuje část optická a haptická. Haptická část zajišťuje stabilní uložení implantátu v oku. Dle umístění čočky v oku se dělí na prepupilární (v přední komoře) a retropupilární (v zadní komoře). Prepupilární čočky mohou být v přední komoře fixovány na duhovku či se ukotví svou haptickou částí do komorového

úhlu. Retropupilární čočky jsou implantovány do původního pouzdra čočky nebo do sulcus ciliaris. [1, 9]

Indikačními kritérii pro implantaci fakické nitrooční čočky jsou stabilní refrakční vada, hloubka přední komory minimálně 2,75 mm, dostatečná velikost předního segmentu oka, vhodná velikost zornice, nepatologické hodnoty nitroočního tlaku a normální počet endotelových buněk. Pooperační komplikace se vyskytují zcela zřídka, ale s odstupem času může dojít k ovalizaci zornice (obr. 17), která je způsobena změnami v oblasti komorového úhlu. Pooperační terapie je realizovaná podáváním kortikosteroidů v četnosti 5krát denně po dobu 3 až 4 týdnů. Dále dochází k pečlivým kontrolám zánětlivých reakcí v přední komoře a na přední i zadní ploše čočky. [1, 9, 21]



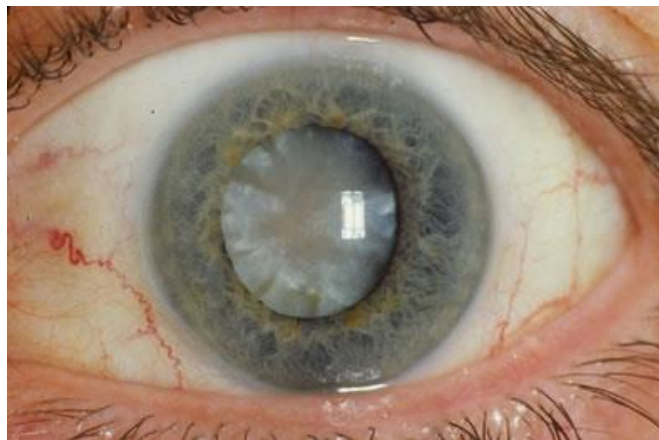
Obrázek č. 17: Předněkomorové uložení fakické čočky a následná ovalizace zornice (vpravo). [1]

4.1 REFRAKČNÍ VÝMĚNA ČOČKY

Poslední variantou uložení nitrooční čočky do oka je její umístění do zbytku pouzdra čočky. Nejčastějším důvodem je léčba presbyopie, ale i kompenzace vysoké myopie, která přesahuje indikace laserové operace. Jedná se o stejné postupy, jaké se používají při kataraktové chirurgii. Možným řešením je implantace monofokální, multifokální eventuálně tórické nitrooční čočky. U implantace multifokální IOL se provádí ve dvou případech. První je refrakční operace s implantací multifokální nebo akomodující IOL při čiré čočce, kdy pacient nosí korekci na dálku i na blízko z důvodu presbyopického věku. U presbyopických emetropů není tato metoda vhodná. Druhou možností je operace pacienta s kataraktou, který nechce po operaci nosit brýle na dálku ani blízko. Obecně je implantace multifokální čočky doporučena všem hypermetropům a slabým až středním myopům. Akomodační IOL jsou vhodnější spíše pro pacienty

s hypermetropií, kteří jsou zvyklí silně akomodovat, na rozdíl od myopů. Podmínkou pro výše uvedené indikace je fyziologický nebo nízký astigmatismus do 1D. [1]

Dalším důvodem výměny vlastní čočky, je léčba katarakty (šedý zákal) kdy onemocnění způsobí zákal čočky v oku (obr. 18), což vede k rozptylu světla vstupujícího do oka a k následnému zhoršení vidění. Symptomy jednotlivého pacienta se liší dle hustoty zákalu a jeho umístění v čočce. Zákaly nacházející se na okraji čočky způsobují menší pokles zrakové ostrosti než zákaly umístěné na optické ose. Následkem zákalu je i změna indexu lomu čočky, která vede k myopizaci, v jiných případech i k hypermetropizaci, nebo ke vzniku astigmatismu. [9]



Obrázek č. 18: Oko s kombinací nukleární katarakty (žlutavý střed čočky) a katarakty kortikální (bělavé paprskové okraje). [28]

4.2 CHIRUGICKÉ POSTUPY PŘI VÝMĚNĚ ČOČKY

Celý zákrok se nejčastěji provádí v lokální anestezii, kdy chirurg pomocí malého řezu pronikne do nitra oka a za pomoci nízkofrekvenční ultrazvukové sondy rozmělní a odsaje zakalenou čočku. Dále je do původního pouzdra čočky implantována umělá nitrooční čočka tvrdá či měkká. Tvrdé čočky se do oka implantují pomocí nářezu o velikosti 5,7 mm až 7 mm, zatímco čočky měkké je možné ohýbat nebo složit do minimálních rozměrů, což umožňuje snížení řezu až na 1,5 mm. Po uložení do oka se čočka opět rozvine do původního tvaru, díky této inovaci vzniká na oku po zhojení pouze malá jizva, která neovlivňuje kvalitu vidění. Operace se provádí ambulantně a celá trvá okolo 20 minut. [9]

Většina umělých čoček je vybavena UV filtry, které chrání oko před zářením a zamezuje průniku škodlivé části spektra dále do oka. Časné komplikace se

projevují zvýšením nitroočního tlaku nebo vznikem glaukomu jako následek pooperační zánětlivé reakce. U komplikovaných operací může dojít k cystoidnímu makulárnímu edému, u kterého dochází k významnému zhoršení zraku. Mezi pooperační pozdní komplikace operace katarakty lze zařadit odchlípení sítnice, které se nejčastěji projevuje do 6 měsíců po zákroku. Mnohdy se tato komplikace projevuje u myopických očí. [1]

V minulosti byla nejvíce používanou metodou pro odstranění původní čočky intrakapsulární extrakce čočky, ale dnes se využívá spíše výjimečně. Principem této techniky je odstranění celé čočky včetně intaktního pouzdra. Čočka je přimrazena ke kryosondě a následně vyjmuta z oka velkou operační ránou. Výsledná zraková ostrost je dosažena pomocí implantace afakické brýlové korekce, asi +11D. Nářez, který umožní vstup sondy do oka, lze provést i na rohovce, ale jeho velkou nevýhodou je vysoký pooperační rohovkový astigmatismus. Z důvodu velké operační rány dochází ke stabilizaci refrakce za 2 až 3 měsíce po operaci. [1, 29]

Mladší technikou je extrakapsulární extrakce, která je založena na odstranění zakalené čočky a zachování části jejího pouzdra. Zachování zadního pouzdra čočky je pro oko velmi důležité z důvodu implantace umělé nitrooční čočky do fyziologicky přirozené části oka bez následných komplikací. Zadní pouzdro zároveň tvoří mechanickou překážku mezi zadní komorou a sklivcem. Při poškození přední sklivcové membrány může dojít až ke vzniku cystoidního makulárního edému či odchlípení sítnice. Extrakce čočky se provádí pomocí fakoemulzifikace, kdy je čočka odsáta pomocí ultrazvuku přímo v čočkovém jádře. Nejčastěji se vstup realizuje na čiré části rohovky pomocí jednoho hlavního řezu o rozměru 2,0 až 2,4 mm a dvou bočních řezů o velikosti 1,3 mm. Velkou výhodou malých řezů jsou menší pooperační komplikace, zkrácená délka chirurgického zákroku a rychlejší rehabilitace zrakové ostrosti. Dále je do přední komory instalován viskoelastický materiál, který slouží jako ochrana endotelu rohovky a ke stabilizaci přední komory během operace. Po otevření předního pouzdra se jádro čočky rozmělní pomocí ultrazvukové sondy a následně dojde k odstranění čočkového hrotu. Posledním krokem je implantace složené měkké nitrooční čočky, která se po aplikaci rozevře do požadovaného tvaru. [1]

Tento zákrok je využíván nejen jako léčba katarakty, ale i pro odstranění čiré čočky z důvodu refrakční vady oka. Pooperační rizika tohoto zákroku jsou téměř minimální a celý zákrok trvá v průměru 15 minut. [21]

4.3 SPECIÁLNÍ NITROOČNÍ ČOČKY

V této kapitole podrobněji rozeberu nitrooční čočky tórické, asférické a multifokální. Prvním typem jsou tórické nitrooční čočky, které jsou kombinací sférické a cylindrické čočky, díky které korigují základní refrakční vadu a zároveň i astigmatismus. Při implantaci čočky je nezbytné zachovat její přesnou pozici v oku, kterou chirurg kontroluje pomocí teček, které se nachází na umělé čočce. Chybná rotace osy o 10° sníží výsledný efekt o $1/3$ a 30° odchylka osy způsobí úplnou ztrátu refrakčního efektu. Výpočet výsledné dioptrické síly se hodnotí z měření keratometrie a biometrie, nikoli z hodnot na autorefraktometru. Při měření je třeba vyloučit veškeré vlivy, které by mohly ovlivnit přesnost předoperačního měření (rohovkové jizvy, syndrom suchého oka, keratokonus, stavy po předchozích laserových výkonech na rohovce atd.). [21]

Speciálním případem jsou asférické čočky, které díky asférickému provedení mají eliminovanou vlastní otvorovou vadu. Mohou také mít otvorovou vadu opačného znaménka, než má systém oka, a tak ji ve výsledku eliminovat. Zlepšují vidění zejména za zhoršených světelných podmínek. Jedná se o nadstandartní typ korekční pomůcky, který není hrazen pojišťovnou. [9]

Dalším typem jsou multifokální nitrooční čočky, které soustředí dopadající světelnou energii do několika bodů (obvykle dvou nebo tří – bi/trifokální čočky). Tohoto jevu je dosaženo jednak na základě různých refrakčních zón koncentricky uspořádaných na optické části čočky, jednak pomocí difrakce, kdy se v optické části čočky vytvoří optická koncentrická mřížka. Mřížka je koncipována tak, aby měla dvě nebo tři difrakční maxima. Při pohledu na různé vzdálenosti pak na sítnici dopadá jedno z těchto maxim či ohnisek. V oku se tedy současně vytvářejí dva nebo tři obrazy. Po implantaci čočky musí dojít k tzv. neuroadaptaci pacienta, tj. schopnosti potlačit rozmazaný obraz. S multifokálními čočkami jsou též spojeny některé nežádoucí jevy dané rozptylem světla na difrakčních či refrakčních zónách. Pacienti vnímají např. kruhy kolem světél, udávají vyšší oslnivost a to zejména za šera. Tyto fenomény vedou ke snížení kontrastní citlivosti. U astigmatických pacientů mohou být tyto čočky též v torickém provedení. [21, 30]

5 VLIV REFRAKČNÍCH ZÁKROKŮ NA KONTRASTNÍ CITLIVOST

Od první fotorefrakční keratektomie uběhlo již 31 let a vývoj refrakčních operací jde stále dopředu. Jsou vytvářeny modernější techniky pro odstranění refrakční vady. Každým dnem stoupá počet provedených laserových zákroků a také zákroků odstraňující šedý zákal. Nejčastějšími zákroky dnešní doby jsou PRK, LASIK, Epi-LASIK, ReLEx SMILE a výměna zkalené čočky s následnou implantací umělé čočky při kataraktě, popř. výměna čiré čočky za multifokální.

K posouzení vlivu jednotlivých refrakčních zákroků se využívá nejenom měření zrakové ostrosti, ale zejména hodnocení kvality zraku testováním kontrastní citlivosti. Tento typ vyšetření hodnotí kvalitu zrakových funkcí za různých světelných podmínek: fotopických, mezopických i při nízkých hladinách osvětlení. Níže je provedena rešerše dostupných studií sledujících vliv uvedených zákroků na kontrastní citlivost. [8]

5.1 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO LASIKU

Chirurgická metoda LASIK se v dnešní době stala nejvíce populární metodou pro odstranění myopické refrakční vady a to zejména díky vysoké efektivitě a bezpečnosti zákroku. I když je vyšetření kontrastní citlivosti kvalitním parametrem pro analýzu zrakových funkcí, není ve všech případech použito pro hodnocení výsledků laserového zákroku. Doposud publikované studie se shodují v počátečním snížení KC bezprostředně po LASIKu, ale odlišně hodnotí dobu potřebnou k obnovení na předoperační úroveň. Například česká studie z roku 2009 [31] uvádí snížení KC ve všech prostorových frekvencích jeden měsíc po zákroku a dále zaznamenává dosažení předoperačních hodnot v oblasti nízkých prostorových frekvencích (3 a 6 c/st) od 3 měsíce po operaci. Střední prostorové frekvence (12 c/st) ani rok po zákroku nedosáhly předoperačních hodnot. Ve vyšší prostorové frekvenci (18 c/st) byl zaznamenán velký pokles ve třetím měsíci, avšak od 6. měsíce byly hodnoty totožné s předoperačním stavem. Nejčastěji je ve studiích udáván pokles KC, který přetrvává přibližně 6 měsíců [32, 33, 34, 35] a u jiných je pokles uváděn i rok po laserovém zákroku. [36, 37] Čím vyšší je původní velikost myopické vady, tím větší nastává snížení KC po zákroku LASIK. [38]

Metoda Epi-LASIK je nejčastěji využívána pro korekci nízké až střední myopie a myopického astigmatismu. Katsanevaki a kol. [39] testoval KC po Epi-LASIKu

u myopů (od -1,00 do -7,25 D). Kontrastní citlivosti zůstala jeden rok po zákroku stejná nebo se zlepšila při porovnání s předoperačními výsledky. Důvodem je zřejmě šetrnější postup při zákroku bez klinicky významného zakalení rohovky. V rozporu s těmito výsledky je Zhou [40], který uvádí snížení kontrastní citlivosti za mezopických podmínek a to ve všech prostorových frekvencích vyjma nejvyšší prostorové frekvence při jednoletém měření. Dále byl, v jeho práci, zaznamenán pokles kontrastní citlivosti i za fotopických podmínek ve všech prostorových frekvencích. Tato studie zahrnovala pacienty s těžkou myopií nad -6 D. Ve studii jsou rozebrány faktory, které zapříčiňují snížení KC, např. předoperační refrakční vada a věk.

5.2 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO PRK

Prvotně se fotorefrakční keratektomie využívala pro korekci myopie všech stupňů, ale později se prokázala největší úspěšnost při korekci nízké až střední myopie [41, 42, 43, 44, 45]. Mnoho studií uvádí snížení kontrastní citlivosti po PRK [43, 44, 45, 46, 47], avšak novější česká práce z roku 2009 toto snížení nedokazuje. V této publikaci byl zaznamenán pokles ve vyšších prostorových frekvencích (12 a 18 c/st) a vyšší hodnoty v nízkých prostorových frekvencích (3 a 6 c/st) oproti hodnotám předoperačním, ale od třetího měsíce se nejednalo o odchylku statisticky významnou. V tomto případě byla kontrastní citlivost stabilní po celou dobu měření [48]. Podobných výsledků dosáhl Pérez-Santonja [33] ve své práci u pacientů s vysokou myopií od -6 D do -19,5 D. Po prvním měsíci došlo ke snížení KC hlavně v nízkých a středních prostorových frekvencích, které se po 3. měsíci ustálily a rozdíl od hodnot předoperačních nebyl významný. Těchto pozorování dosáhl i Vetrugno a kol. [47], který uvádí zhoršené vnímání kontrastní citlivosti bezprostředně po zákroku s postupným zlepšením v šestém a dvanáctém měsíci po PRK. Nevýznamného snížení kontrastní citlivosti dosáhly zákroky provedené nejen u vyššího, ale i nižšího stupně myopie [49, 50, 51].

Obdobou metody PRK je LASEK, který se řadí mezi bezpečné metody pro korekci nízké až středně těžké myopie či hypermetropie do +3 D. Poskytuje rychlejší zotavení vidění a menší pooperační bolestivost oproti metodě PRK [52, 53]. Ve studii Kima a kol. [54] pacienti udávají statisticky významné zlepšení kontrastní citlivosti v oblasti 6, 12 a 18 c/st a to dva měsíce po zákroku. Práce uvádí i zvýšení KC šest měsíců po provedení wavefront-guided LASEK ve všech prostorových frekvencích.

5.3 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO IMPLANTACI NITROOČNÍ ČOČKY

Po implantaci monofokálních čoček dochází k zlepšení monokulární i binokulární KC a to ve všech prostorových frekvencích. Ve studiích [55, 56, 57, 58, 59] nebyl shledán rozdíl ve zrakové ostrosti a KC mezi sledovaným souborem a kontrolní skupinou, jiných výsledků dosáhla Hejzmanová a kol. [60]. V její publikaci pseudofakičtí pacienti nedosáhli úrovně KC kontrolní skupiny a to ve středních a vysokých prostorových frekvencích. Stabilita zrakových funkcí je udávána již jeden měsíc po operaci a v dalších měsících nedochází k signifikantním změnám [57, 59, 60, 61]. Dále byl pozorován rozdíl materiálů IOL (PMMA, silikon, AcrySof) a jejich vliv na KC. Většina prací [55, 56, 62] neshledala významný rozdíl naměřené KC v závislosti na použitém materiálu čočky, avšak Belluci a kol. [63] prokázal lepší hodnoty zrakové ostrosti i KC (ve všech prostorových frekvencích) ve prospěch čočky asférického typu. K podobným výsledkům došel i Vlasák a kol. [64], který zaznamenal lepší KC v mezopických podmínkách při implantaci asférické IOL a nižší sférické aberace než u čoček sférických. U multifokálních nitroočních čoček dochází na rozhraní jednotlivých optických zón k lomu světelných paprsků. Z tohoto důvodu někteří pacienti vnímají světelné kruhy, které způsobí snížení kontrastní citlivosti za fotopických i za mezopických podmínek v porovnání s čočkami monofokálními. V nejnovější studii od Altemir-Gomezze [65] byla porovnána KC po implantaci monofokální a multifokální čočky značky Tencis®. Výsledné hodnoty jsou mírně lepší u osob s implantovanou monofokální čočkou ($1,73 \log C_s$) než u pacientů s implantovanou multifokální IOL ($1,64 \log C_s$), nicméně v ostatních studiích nebyl významný rozdíl zaznamenán [66, 67]. Cílem práce Bandyopadhyaya a kol. [68] bylo zhodnotit vliv různého zbarvení nitrooční čočky na vnímání kontrastní citlivosti. Z testování, které proběhlo jeden měsíc po implantaci, vyplývá citlivější vnímání KC u osob s implantovanou žlutě a oranžově zbarvenou čočkou než u osob s čočkou čirou. Těchto výsledků bylo dosaženo za fotopických podmínek (tj. 85 cd/m^2). Za podmínek mezopických (tj. 3 cd/m^2) byly hodnoty naměřené KC pouze mírně odlišné. Další dostupné zdroje na podobné téma hodnotí rozdíl vnímání KC mezi čirou a žlutou IOL jako statisticky nevýznamný [69, 70].

5.4 ZMĚNA KONTRASTNÍ CITLIVOSTI PO RELEX SMILE

Mnoho publikací naznačuje vynikající předvídatelnost, bezpečnost a účinnost při korekci slabé až střední myopie a myopického astigmatismu [71, 72, 73, 74, 75, 76]. Ve většině studií nebyl jeden rok po zákroku zaznamenán významný rozdíl ve vnímání kontrastní citlivosti za mezopických ani za fotopických podmínek [77, 78, 79]. Při dalším hledání dostupných zdrojů na toto téma jsem narazila na singapurskou studii, která ve svých výsledcích uvádí významné zlepšení mezopické kontrastní citlivosti v oblasti 1,5 c/st a za fotopických podmínek v oblasti 6 c/st [80]. Podobné výsledky zlepšení KC publikoval i Kim a kol. [54] ve své publikaci a to v prostorových frekvencích 3 a 6 c/st za mezopických podmínek u myopů šest měsíců po zákroku. Reinstein a kol. [81] poukazují na mírné zlepšení KC ve všech prostorových frekvencích jeden rok po zákroku u osob se sférickým ekvivalentem až do -3,50 D.

Z dosud publikovaných prací uvedených v předchozích odstavcích vyplývá, že u refrakčních zákroků LASIK a PRK dochází ke snížení KC bezprostředně po zákroku. Míra snížení je ovlivněna předoperační velikostí refrakční vady. Většího snížení kontrastní citlivosti dosahují pacienti s vyšší předoperační myopií, s tím souvisí i doba potřebná k obnovení KC. Zlepšení hodnot nastává v průběhu 3. až 12. měsíce po operaci. Pacienti, kteří podstoupili zákrok PRK, častěji dosahují předoperačních hodnot oproti pacientům, kteří byli operováni metodou LASIK. U metody Epi-LASIK byl zaregistrován pokles KC pouze u myopů s vyšší refrakční vadou (nad -6 D) i rok po zákroku. Studie zabývající se metodou LASEK poukazuje na zlepšení KC ve všech prostorových frekvencích u myopů do -6 D oproti předoperačním hodnotám. Pacienti, kterým byla implantována umělá monofokální nitrooční čočka, poukazují na zlepšení monokulární i binokulární KC oproti předoperačním hodnotám, ve všech prostorových frekvencích. Další skupinou jsou čočky asférické, se kterými je dosaženo vyšších hodnot KC a nižších sférických aberací než u čoček sférického typu. Na rozhraní optických zón multifokálních čoček dochází k lomu světelných paprsků a tím i snížení KC. Při hodnocení zabarvení čočky byly hodnoty KC lepší u pacientů s implantovanou žlutou či oranžovou čočkou oproti čočce čiré. U metody ReLEx SMILE bylo v dostupných studiích potvrzeno mírné zlepšení KC a to jeden rok po zákroku.

6 ZÁVĚR

Podstatou mé bakalářské práce bylo provést rešerši na téma refrakční operace a jejich vliv na vnímání kontrastní citlivosti. Těžištěm práce bylo rozebrat výsledky studií, které se zabývaly hodnocením kvality refrakčních operací a měřením pooperační zrakové ostrosti a především kontrastní citlivosti. První kapitola je věnována definici kontrastní citlivosti, popisu křivky kontrastní citlivosti, vyšetřovacím testům na kontrastní citlivost a faktorům ovlivňující její vnímání. Nejvíce používanými testy v dnešní době jsou Pelli-Robsonova tabule, CSV-1000E od firmy Vector Vision a různé digitální testy. V dalších dvou kapitolách jsem se zaměřila na jednotlivé metody, kterými lze odstranit refrakční vady. Nejvíce používanou laserovou metodou dnešní doby je LASIK, která se zejména využívá pro odstranění myopie. U této metody často dochází ke snížení kontrastní citlivosti bezprostředně po zákroku, které se v průběhu hojení obnovuje, avšak nedosáhne předoperačních hodnot. Naopak pacienti, kteří podstoupili refrakční zákroky PRK a LASEK dosahují lepších hodnot KC oproti metodě LASIK. U metody Epi-LASIK byl nejčastěji uváděn pokles KC u vyšších předoperačních myopií. Mírného zlepšení KC po refrakčním zákroku, oproti předoperačním hodnotám, dosáhli zejména pacienti, u kterých byla provedena technika ReLEx SMILE.

Dalším velmi častým refrakčním zákrokem je implantace nitrooční čočky. Jen ve FN v Olomouci je ročně provedeno přes 1,6 tisíc operací katarakty a ročně se tento počet zvyšuje [82]. Pacient má na výběr z několika typů umělých nitroočních čoček. Lepších výsledků KC dosahují pacienti s implantovanou nitrooční čočkou asférického typu oproti sférickému a s čočkami, které jsou zbarvené do žluta či oranžova. Po implantaci multifokálních čoček nastává snížení kontrastní citlivosti z důvodu lomu světla na rozhraní optických zón čočky.

Vyšetřování kontrastní citlivosti je důležitým parametrem pro posouzení kvality zrakového vnímání jedince a proto by mělo být součástí vyšetření před i po refrakčním zákroku. Vzhledem k tomu, že některé zákroky vedou ke snížení kontrastní citlivosti, měl by být tento faktor též zohledněn při volbě optimálního zákroku se zřetelem na specifické požadavky operovaného.

7 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] KUCHYŇKA, P. a kol.: *Oční lékařství*. 2., přepracované a doplněné vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. 903 stran. ISBN 978-80-247-5079-8.
- [2] KOLARČÍK, L. a kol.: *Příručka pro sestry v oftalmologii*. 1. vydání. Praha: Grada Publishing, 2016. 152 stran. ISBN 978-80-247-5458-1.
- [3] BENEŠ, P.: *Přístroje pro optometrii a oftalmologii*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2015, 250 stran. ISBN 978-80-7013-577-8.
- [4] VENTRUBA, MUDr. J. Ph.D.: *Klinika nemocí očních a optometrie LF MU a FN u sv. Anny v Brně, Kontrastní citlivost, testování a příčiny jejího snížení. Česká oční optika*. Brno: EXPO DATA spol. s r.o. 2008, č. 1, 2 strany. ISSN 1211-233X.
- [5] LANDY, M.: *The Center for Neural Science at NYU. Perception Lecture Notes: Spatial Frequency Channels* [online]. [2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.cns.nyu.edu/~david/courses/perception/lecturenotes/channels/channels.html>
- [6] ANTON, M.: *Refrakční vady a jejich vyšetřovací metody*. Brno: Národní centrum ošetrovatelství a nelékařských zdravotnických oborů, 2004. 96 s. ISBN 80-7013-402-X.
- [7] *Vector vision. Contrast Sensitivity Background. How Is it Different Than The Big E - Chart?*. [online]. [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <http://www.vectorvision.com/contrast-sensitivity-background/>
- [8] LIŠKA, V.: *Citlivost na kontrast. Česká a slovenská oftalmologie*, Praha, 1996, roč. 52, č. 1, str. 39-43, ISSN 1211-9059
- [9] VLKOVÁ, E. a kol.: *Lexikon očního lékařství: výkladový ilustrovaný slovník*. 1. vyd. Brno: František Vlk, 2008. 607 s. ISBN 978-80-239-8906-9.
- [10] *Precision Vision. Pelli-Robson Contrast Sensitivity Chart* [online]. [2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.precision-vision.com/product/pelli-robsonsloanlettercontrastchart/>
- [11] MÄNTYJÄRVI, M. et al: *Normal values for the Pelli-Robson contrast sensitivity test. Journal of Cataract & Refractive Surgery*. Vol. 27, 2001, No. 2, pp. 261 – 266. ISSN: 0886-3350.
- [12] *Bernell*. Bernell Corporation. *Hamilton-Veale Contrast Sensitivity Test*. [online]. [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.bernell.com/product/HVCST/534>
- [13] HAMILTON VEALE, J.: *Contrast sensitivity test. What is contrast sensitivity* [online]. [2019-04-19]. <https://www.contrast-sensitivity-test.com/contrast-sensitivity-test.htm>
- [14] *Good Lite*. *Mars Perceptrix Letter Contrast Test Set*, [online]. [cit. 2019-01-18]. Dostupné z: <https://www.goodlite.com/Details.cfm?ProdID=549&category=26&Secondary=0>
- [15] *Sacor Inc. 1.25% ETDRS Sloan Letter Contrast Chart for 13 feet (4 meters)* [online]. [2019-04-19]. Dostupné z: <https://sacor.ca/products/1-25-etdrs-sloan-letter-contrast-chart-for-13-feet-4-meters>

- [16] *Research Gate*. Vision Standards for Aircrew: Visual Acuity for Pilots Completed by. [online]. [2019-04-19]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/figure/Sample-VCTS-6500-contrast-sensitivity-chart-Source-Vistech-Consultants-1988_fig4_267839011
- [17] *Vector Vision*. Standardized Contrast Sensitivity Tests [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.vectorvision.com/csv1000-contrast-sensitivity/>
- [18] *Vector Vision*. Normal Contrast Sensitivity Values for CSV-1000 [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.vectorvision.com/csv1000-norms/>
- [19] ROUHIAINEN, P. *Contrast sensitivity in different types of early lens opacities*. Acta Ophthalmologica Scandinavica, Vol. 74, No. 4, 1996, pp. 379-384.
- [20] *Vector Vision*. Standardized Clinical Evaluation of Contact Lenses. [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.vectorvision.com/clinical-use-contact-lenses/>
- [21] HEISSIGEROVÁ, J. a kol.: *Oftalmologie: pro pregraduální i postgraduální přípravu*. Praha: Maxdorf, s.r.o. 380 stran, 2018, ISBN 978-80-7345-580-4.
- [22] PLUHÁČEK, F.: Poruchy BV a akomodace – výukové materiály k předmětu, Binokulární vidění. Katedra optiky Přírodovědecké fakulty Univerzity Palackého v Olomouci, Olomouc, 2010
- [23] LIŠKA V. a kol.: Funkce citlivosti na kontrast u anizometropické a strabické amblyopie. *Česká a slovenská oftalmologie*, Praha, 1999, č. 2, str. 103-112, ISSN 1211-9059
- [24] NOVÁKOVÁ, Bc. Martina, MSc.: Neurologie pro optometrii 6. část, Parkinsonova choroba a její vliv na zrak, *Česká oční optika*, Praha, 2011, č. 1, str. 18-19. ISSN 1211-233X.
- [25] *Eye Doctor Network*. History of Refractive Surgery, [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.eyedoctornetwork.org/history-of-refractive-surgery.htm>
- [26] *Refrakční Centrum Praha*. Laserové operace očí [online]. [2019-04-19]. Dostupné z: <http://www.refrakcnicentrum.cz/clanek/cz/17891/laserove-operace-oci.aspx#8>
- [27] *Eye Doctor Network*. LASIK [online]. [cit. 2019-03-11]. Dostupné z: <http://www.eyedoctornetwork.org/lasik.htm>
- [28] *Amtmakeup.co*. Cataract Left Eye Definition [online]. [2019-04-19]. Dostupné z: <http://amtmakeup.co/cataract-left-eye-definition/>
- [29] KRAUS, H. a kol.: *Kompendium očního lékařství*. Vyd. 1. Praha: Grada Publishing, 1999. 341 s., ISBN 80-7169-079-1.
- [30] KYPRIANOU, G. a kol.: Kontrastní citlivost v refrakční chirurgii. *Česká a slovenská oftalmologie*. Praha, 2009, Vol. 65, No. 2, p. 68-70, ISSN 1211-9059.
- [31] LOUKOTOVÁ, V. a kol.: Kontrastní citlivost a aberace vyšších řádů po konvenčním LASIKu. *Česká a slovenská oftalmologie*, Praha, 2009, roč. 65, č. 5, s. 167-175. ISSN 1211-9059.
- [32] CHAN, J. et al.: Contrast sensitivity after laser in situ keratomileusis: one year follow-up, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2002, Vol. 28, pp. 1774-1779.

- [33] PÉREZ-SANTONJA, J. J. et al.: Contrast sensitivity after laser in situ keratomileusis, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 1998, Vol. 24, pp. 183-189.
- [34] CARDONA, A. et al.: Contrast sensitivity after laser in situ keratomileusis for myopia, *Arch Soc. Esp. Oftalmol.* 2000. Vol. 75 No. 8. pp. 541-546.
- [35] MUTYALA, S. et al.: Contrast sensitivity evaluation after laser in situ keratomileusis. *Ophthalmology* 2000; Vol. 107. Pp.1864–1867.
- [36] HEJCMANOVÁ, M.: Vliv laserového refrakčního zákroku LASIK na zrakové funkce u myopie, *Česká a slovenská Oftalmologie*, roč. 62, 2006, č. 3, str. 206-217.
- [37] LEE, H. K. et al.: Measurement of Contrast Sensitivity and Glare Under Mesopic and Photopic Conditions Following Wavefront guided and Conventional LASIK Surgery, *Journal of Refractive Surgery*, 2006, Vol. 22, pp. 647-655.
- [38] CHAN, J. et al.: Contrast sensitivity after laser in situ keratomileusis: one year follow-up, *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2002, 28: 1774-1779.
- [39] KATSANEVAKI, V. J. et al. : One-year clinical results after epi-LASIK for myopia. *Ophthalmology*. 2007, Vol. 114, No. 6, pp. 111-117.
- [40] ZHOU, J. et al.: Preoperative refraction, age and optical zone as predictors of optical and visual quality after advanced surface ablation in patients with high myopia: a cross-sectional study, 2018, *BMJ Open*, Vol. 8, No. 6, e023877. doi: 10.1136/bmjopen-2018-023877.
- [41] MCCARTY, C. et al.: Excimer laser group: Comparison od results of excimer laser correction of all degrees of myopia at 12 months postoperatively., *American Journal of Ophthalmology*, Vol. 121, 1996, pp. 372-383.
- [42] PALLIKARIS, I. et al.: Tracker-assisted photorefractive keratectomy for myopia of -1 to -6 diopters., *Journal Refractive and Corneal Surgery*, No. 12, 1996, pp. 240-246.
- [43] BUTUNER, Z. et al.: Visual function one year after laser photorefractive keratectomy, *Journal of Refractive and Coreneal Surgery*, 1994, No. 10, pp. 625–630.
- [44] GHAIIT, A. A. et al.: Contrast sensitivity and glare disability after radial keratotomy and photorefractive keratectomy, *Arch. Ophthalmol.*, 1998, Vol. 116, pp. 12–18.
- [45] WANG, Z. et al.: Comparison of laser in situ keratomileusis and photorephractive keratectomy to correct myopia from -1.25 to -6.0 diopters, *Journal Refract. Surg.*, 1997, No. 13, pp. 528–534.
- [46] LHMANN, C. P. et al.: Halos – a problem for all myopes? A comparison between spectacles, contact lenses and photorefractive keratectomy. *Refractive Corneal Surgery*, 1993, No. 9, pp. 72-75.
- [47] VETRUGNO, M. et al.: Contrast sensitivity measured by 2 methods after photorefractive keratectomy, *Journal of Cataract Refract Surg*, 2000, No. 26, pp. 847–852.
- [48] LOUKOTOVÁ, V. a kol: Změny aberací vyšších řádů a kontrastní citlivosti po standardní fotorefrakční keratektomii, *Česká a slovenská oftalmologie*, č. 5, 2009, s. 176-181.

- [49] HAMBERG-NYSTÖRN, H et. al.: Photorefractive keratectomy for low myopia at 5 mm treatment diameter. *Acta Ophthalmology*, Vol. 72, 1994, pp. 453-456.
- [50] MATTA, C. S. et al.: Excimer retreatment for myopic photorefractive keratectomy failures, Six to 18 month follow up. *Ophthalmology*, Vol. 103, 1996, pp. 444-451.
- [51] HERSH, P. S. et al.: Result of phase III excimer laser photorefractive keratectomy for myopia. *Ophthalmology*, Vol. 104, 1997, pp. 1535-1553.
- [52] GHIRLANDO A et al.: LASEK and photorefractive keratectomy for myopia: clinical and confocal microscopy comparison. *Journal of Refractive Surgery*, 2007, Vol. 23, No. 7, pp. 694-702.
- [53] AUTRATA, R. et al.: Laser-assisted subepithelial keratectomy for myopia: two-year follow-up. *Journal of Cataract Refractive Surgery*, 2003, Vol. 29, No. 4, pp. 661-668
- [54] KIM, T. W. et al.: Contrast sensitivity after LASIK, LASEK, and wavefront-guided LASEK with the VISX S4 laser., *Journal of Refractive Surgery*, 2007, Vol. 23, No. 4, pp. 355-361.
- [55] AFSAR, A. J. et al.: A comparison of visual performance between a rigid PMMA and a foldable acrylic intraocular lens. *Eye*, No. 13, 1999, pp. 329-335.
- [56] SKORKOVSKÁ, Š. a kol.: Vliv operace katarakty na funkci kontrastní citlivosti, *Česká a slovenská oftalmologie.*, roč. 57, 2001, č. 2, str. 99-103.
- [57] SUPERSTEIN, R. et al.: Glare disability and contrast sensitivity before and after cataract surgery. *Journal of Cataract Refractive Surgery*, Vol. 23, 1997, pp. 248-253.
- [58] MANTYJARVI, M. et al.: Colour vision through intraocular lens. *Acta Ophthalmology. Scand.*, Vol. 75, 1997, No. 2, pp. 166-169.
- [59] VENTRUBA, MUDr. J. Ph.D: Vliv implantace IOL na zrakovou ostrost, kontrastní citlivost a barvocit za 2 a 4 měsíce po operaci katarakty, *Česká a slovenská oftalmologie*, 2006, č. 2, str. 133-143, ISSN 1211-9059.
- [60] HEJCMANOVÁ, D. a kol.: Vliv transparence nitrooční čočky na rozlišovací schopnost oka. *Česká a slovenská oftalmologie*, roč. 60, 2004, č. 3, str. 171-179.
- [61] PESUDOVS, K. et al.: Effect of cataract surgery incision location and intraocular lens type on ocular aberrations. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, Vol. 31, 2005, No. 4, pp. 725-734.
- [62] HOLLICK, E. J. et al.: The effect of polymethylmethacrylate, silicone, and polyacrylic intraocular lenses on posterior capsular opacification 3 years after cataract surgery. *Ophthalmology*, Vol. 106, 1999, No. 1, pp. 49-54.
- [63] BELLUCCI, R. et al.: Visual acuity and contrast sensitivity comparison between Tecnis and AcrySof SA60AT intraocular lenses: A multicenter randomized study *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, Vol. 31, 2005, pp. 712-717.

- [64] VLASÁK, O. a kol.: Asférické čočky a jejich vliv na zrakovou ostrost, hloubku ostrosti, sférickou aberaci a kontrastní citlivost. *Česká a slovenská oftalmologie*, 2018, roč. 74, č. 3, str. 85-89. ISSN 1211-9059.
- [65] ALTEMIR-GOMEZ, I. et al.: Comparison of visual and optical quality of monofocal versus multifocal intraocular lenses.[online]. *European Journal of Ophthalmology*. 2019, [cit. 2019-04-19]. Dostupné z: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/30739479>
- [66] ALIO, JL. Et al.: Visual outcomes and optical performance of a monofocal intraocular lens and a new-generation multifocal intraocular lens. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2011, Vol. 37, pp. 241–250.
- [67] VELIKÁ, V. a kol.: Klinické výsledky implantace dvou typů multifokální rotačně asymetrické nitrooční čočky, *Česká a slovenská oftalmologie*, roč. 73, 2017, č. 1, str. 3-12.
- [68] BANDYOPADHYAY, S. et al.: Effect on contrast sensitivity after clear, yellow and orange intraocular lens implantation., *International Ophthalmology*, 2016, Vol. 36, No. 3, pp. 313-318.
- [69] SCHMIDINGER, G. et al.: Intraindividual comparison of color contrast sensitivity in patients with clear and blue-light-filtering intraocular lenses. *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, 2008, Vol. 34, No. 5, pp.769–773.
- [70] MUÑOZ, G. et al.: Contrast sensitivity and color perception with orange and yellow intraocular lenses. *European Journal of Ophthalmology*, 2012, Vol. 22, No. 5, pp.769-775.
- [71] HANSEN, R. S.: Small-incision lenticule extraction (SMILE): outcomes of 722 eyes treated for myopia and myopic astigmatism. *Graefes Arch Clinical Ex.p Ophthalmology*. 2016, Vol. 254, pp. 399–405.
- [72] BLUM, M. et al.: Five-year results of Small Incision Lenticule Extraction (ReLEx SMILE). *The British Journal of Ophthalmology*. 2016, Vol. 100, pp. 1192–1195.
- [73] PEDERSEN, I. B. et al.: Three-Year Results of Small Incision Lenticule Extraction for High Myopia: Refractive Outcomes and Aberrations. *Journal of Refract Surg*. 2015, Vol. 31, pp. 719–24.
- [74] FERNANDEZ, J. et al.: Short-term outcomes of small-incision lenticule extraction (SMILE) for low, medium, and high myopia. *European Journal of Ophthalmology*. 2017, Vol. 27, pp. 153–159.
- [75] GANESH, S. et al.: Comparison of ReLEx SMILE and PRK in terms of visual and refractive outcomes for the correction of low myopia., *International Ophthalmology*, 2018, Vol. 38, No. 3, pp. 1147–1154.
- [76] GHIRLANDO, A. et al.: LASEK and photorefractive keratectomy for myopia: clinical and confocal microscopy comparison. *Journal of Refractive Surgery*. 2007, Vol. 23, No. 7, pp. 694-702.
- [77] SEKUNDO, W. et al.: One-year refractive results, contrast sensitivity, high-order aberrations and complications after myopic small-incision lenticule extraction (ReLEx SMILE). *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2014, Vol. 252, No. 5, pp. 837–843.

- [78] XU, Y. et al.: Small-incision lenticule extraction for myopia: results of a 12-month prospective study. *Optometry Visual Science*. 2015, Vol. 92, No. 1, pp. 123–131.
- [79] KIM, J. R. et al: One-year outcomes of small-incision lenticule extraction (SMILE): mild to moderate myopia vs. high myopia. *BMC Ophthalmol*. 2015, doi: 10.1186/s12886-015-0051-x
- [80] TAN, D. K. et al.: Postoperative ocular higher-order aberrations and contrast sensitivity: femtosecond lenticule extraction versus pseudo small-incision lenticule extraction. *Journal of Refract Surgery*, 2015, Vol. 41, No. 3, pp. 623-634.
- [81] REINSTEIN, D. Z.: Outcomes of small incision lenticule extraction (SMILE) in low myopia., *Journal of Refractive Surgery*. 2014, Vol. 30, No. 12, pp. 812-818.
- [82] *fnol*, FNOL-Výroční zpráva 2017 [online], [2019-4-22]. Dostupné z: https://www.fnol.cz/pdf/FNOL_vyrocn%C3%AD_zprava%202017_FINAL.pdf