

Univerzita Karlova v Praze
Lékařská fakulta v Hradci Králové



DISERTAČNÍ PRÁCE

Georgia Kyprianou

2015

**Univerzita Karlova v Praze
Lékařská fakulta v Hradci Králové**

Doktorský studijní program
Oční lékařství

**Hodnocení zrakových funkcí po laserové korekci
ametropie**

**Evaluation of visual functions after laser correction
of ametropia**

MUDr. Georgia Kyprianou

Školitel: Prof. MUDr. Hana Langrová, Ph.D., FEBO

Hradec Králové, 2015

Obhajoba dne:
(doplň studijní odd.)

Prohlášení:

Prohlašuji tímto, že jsem doktorskou disertační práci zpracovala samostatně a že jsem uvedla všechny použité informační zdroje. Zároveň dávám souhlas k tomu, aby tato práce byla uložena v Lékařské knihovně Lékařské fakulty UK v Hradci Králové a zde užívána ke studijním účelům za předpokladu, že každý, kdo tuto práci použije pro svou publikační nebo přednáškovou činnost, se zavazuje, že bude tento zdroj informací řádně citovat.

Souhlasím se zpřístupněním elektronické verze mé práce v informačním systému Univerzity Karlovy v Praze.

Hradec Králové, 2015**Georgia Kyprianou**

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji přednostovi Oční kliniky Fakultní nemocnice v Hradci Králové prof. MUDr. Pavlu Rozsivalovi, CSc., FEBO za vytvoření příznivých podmínek pro realizaci práce.

Děkuji své školitelce prof. MUDr. Hana Langrové, Ph.D., FEBO za odborné vedení v průběhu postgraduálního studia, za cenné připomínky při tvorbě disertační práce a za její podporu a důvěru.

Děkuji Ing. Josefu Kvasničkovi za pomoc při statistickém zpracování dat.

Obsah

I. POUŽITÉ ZKRATKY	7
II. SOUHRN	9
III. SUMMARY	11
IV. ÚVOD	13
V. CÍLE PRÁCE	20
VI. METODIKA	22
VI. 1. Soubor pacientů	22
VI. 2. Přístrojové vybavení a chirurgický zákrok	23
VI. 3. Hodnocení subjektivního zrakového vnímání dotazníkem	25
VI. 4. Testování zrakové ostrosti	26
VI. 5. Testování kontrastové citlivosti	27
VI. 6. Testování citlivosti k oslnění měření rozptylu světla	29
VI. 7. Statistické zpracování dat	31
VII. VÝSLEDKY	32
VII. 1. Subjektivní obtíže	32
VII. 2. Zraková ostrost	39
VII. 2. 1. Fotopická zraková ostrost	39
VII. 2. 2. Mezopická zraková ostrost	42
VII. 3. Kontrastová citlivost	45
VII. 3. 1. Fotopická kontrastová citlivost	45
VII. 3. 2. Mezopická kontrastová citlivost	49

VII. 4. Citlivost k oslnění	53
VIII. DISKUZE	56
VIII. 1. Subjektivní obtíže	56
VIII. 2. Zraková ostrost, kontrastová citlivost a citlivost k oslnění	61
VIII. 2. 1. Zraková ostrost	62
VIII. 2. 2. Kontrastová citlivost	63
VIII. 2. 3. Citlivost k oslnění	67
IX. PŘÍLOHA	69
X. LITERATURA	72

I. Použité zkratky

ADJ	adjustační metoda s ascentním a descentním postupem přizpůsobení prahovému kontrastu
cd/m²	kandela na metr čtvereční
c/deg	prostorová frekvence tmavých a světlých pruhů podnětu
dB	$20 \cdot \log KC$
dpt	dioptrie
Hz	Herz
KC	kontrastová citlivost
LASIK	laser in situ keratomileusis
log MÚR	logaritmus minimálního úhlu rozlišení
log s	jednotka citlivosti k oslnění: „straylight“ parametr v logaritmech
log vízus	záporná hodnota log MÚR
mJ	kilojoule
ms	milisekunda
MÚR	minimální úhel rozlišení
NKZO	nejlépe korigovaná zraková ostrost
nm	nanometr
NZO	nekorigovaná zraková ostrost
n.s.	statisticky nevýznamný rozdíl (nevýznamná změna)

NVD	night vision disturbances (poruchy nočního vidění)
P	statistická významnost
PRK	fotorefraktivní keratektomie
SA	sférická aberace
ZO	zraková ostrost
*	statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p < 0,05$
**	statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p < 0,01$
***	statisticky významný rozdíl na hladině významnosti $p < 0,001$

II. Souhrn

1. Hodnotili jsme kvalitu zrakového vnímání 55 pacientů (110 očí) s myopií v rozmezí od -0,5 dpt do -6,00 dpt po laserové korekci metodami PRK a LASIK. Porovnávali jsme výsledky mezi skupinou A po zákroku na excimerovém laseru Esiris (Schwind, Německo) a skupinou B po operaci na laseru AMARIS (Schwind, Německo). Zjišťovali jsme subjektivní obtíže, standardizovanou zrakovou ostrost a kontrastovou citlivost za fotopických a mezopických podmínek a citlivost k oslnění za 1, 3, 12 a 24 měsíců pooperačně.
2. Subjektivní obtíže: Za 1 měsíc po operaci jsme zaznamenali významné rozdíly v otázkách celkové kvality zraku, při sledování televize a řízení za dne i v tmě ve prospěch skupiny B. Za 12 měsíců pooperačně bylo 100% pacientů v obou skupinách pacientů spokojeno s celkovou kvalitou zraku.
3. Zraková ostrost: Ve skupině A se fotopická i mezopická ZO za 1 měsíc po operaci přechodně významně snížila, poté se opět zvýšila a lišila se od původních hodnot jen nevýznamně. Ve skupině B se fotopická i mezopická ZO do tří měsíců změnila nevýznamně, poté se zvýšila významně nad předoperační úroveň.
4. Kontrastová citlivost: Ve skupině A se mění pooperační fotopická KC jen nevýznamně. Mezopická KC se za 1 měsíc významně snižuje, následně hodnoty KC narůstají, ale zůstávají nižší v porovnání s výchozím stavem. Ve skupině B se KC přechodně snižuje pouze v nízkých frekvencích. Ve středních a vysokých frekvencích se fotopická i mezopická KC pooperačně zvýšila, za 1 měsíc nevýznamně, a poté převážně významně nad předoperační úroveň. Zatímco předoperačně se hodnoty ZO a KC mezi skupinami A a B lišily jen nevýznamně,

pooperačně byla většina hodnot významně vyšších ve skupině B.

5. **Citlivost k oslnění:** Citlivost k oslnění ve skupině B byla pooperačně významně nižší než ve skupině A. V obou skupinách pacientů byla citlivost k oslnění v normálním rozmezí.
6. **Závěr:** Vyšší kvalitu zrakového vnímání pacientů ve skupině B si vysvětlujeme přesnějším a šetrnějším zákrokem na laseru AMARIS.

III. Summary: Evaluation of visual functions after laser correction of ametropia

1. We evaluated the quality of vision of 55 patients (110 eyes) with myopia from -0,5 dpt to -6,00 dpt after laser correction with PRK and LASIK. We compared results between group A after laser correction with the excimer laser Esiris (Schwind, Germany) and group B after correction with Amaris excimer laser (Schwind, Germany). We investigated subjective visual perception, standardized visual acuity and contrast sensitivity under photopic and mesopic conditions as well as glare sensitivity at 1, 3, 12 and 24 months postoperatively.
2. Subjective perception: One month after the procedure, we noted significant differences in questions concerning the overall visual quality, while watching TV and driving during the day and at night, with group B patients significantly more satisfied. Twelve months after the procedure, 100% of the patients of both groups were satisfied with their quality of vision.
3. Visual acuity: In group A, photopic and mesopic visual acuity significantly decreased 1 month after the procedure and then increased and differed only insignificantly from the preoperative values. In group B, photopic and mesopic visual acuity was changing insignificantly up to 3 months after the procedure and then increased significantly to values above those before the procedure.
4. Contrast sensitivity: In group A, postoperative photopic contrast sensitivity changes are insignificant. Mesopic contrast sensitivity significantly decreases 1 month after the procedure and then gradually increases but stays at lower than the preoperative values. Contrast sensitivity of group B transiently decreased only in

the lower frequencies. Photopic and mesopic contrast sensitivity at mid- and higher frequencies increased, initially insignificantly at 1 month after the procedure and then mainly significantly, above preoperative levels.

Preoperatively, values of visual acuity and contrast sensitivity were insignificant, postoperatively, the differences were mainly significant with group B with greatly improved values.

5. **Glare sensitivity:** Postoperative glare sensitivity of group B was significantly lower than that of group A. Both groups had glare sensitivity values within the normal range.

6. **Conclusion:** We concluded that the improved quality of visual perception of patients in group B is due to a more precise and less injuring procedure on laser Amaris.

IV. Úvod

Procentuální zastoupení osob s různými typy refrakčních vad (myopie, hypermetropie, astigmatismus) v populaci je vysoké. Nejdéle používaná je korekce brýlemi, která však neumožňuje kvalitní zrakové vnímání v důsledku optické aberace, a to zejména u vyšších sférických vad a u astigmatismu. Roste počet pacientů, kteří chtějí podstoupit refrakční zákrok k odstranění refrakční vady, a tím nutnosti její korekce (10). Nejčastěji udávané jsou kosmetické důvody, a také limitace denních aktivit při nošení brýlí či kontaktních čoček. Refrakční chirurgie nabízí v současné době velké množství refrakčních zákroků, které můžeme rozdělit do dvou základních skupin: na rohovkové laserové techniky a nitrooční chirurgické zákroky. Samozřejmostí je pečlivé zvážení nejvhodnějšího operačního zákroku s ohledem na typ refrakční vady, oční nález, ale také v závislosti na věku a na životním stylu pacienta.

K rohovkové refrakční chirurgii se dnes nejčastěji používá excimerový laser. Slovo excimer vzniklo spojením anglických slov "excited" a „dimer“. Excimerový laser využívá ke své funkci excitovaných dimerů. Jsou to nestabilní molekuly, které vznikají jen na přechodnou dobu v důsledku vzájemného působení excitovaného atomu (nebo excitované molekuly) a atomu (molekuly) v základním stavu a umožňují vznik pevných chemických vazeb. Komerční využití UV laserů se datuje od roku 1981. Výzkum vlivu excimerového laseru na oko byl zahájen v roce 1981, kdy se Taboada zaměřil na mimořádnou citlivost rohovky k záření o vlnové délce 193 nm emitovanému argonfluoridovým excimerovým laserem (62). Dva roky poté provedl Trokel (65) první laserovou ablací na enukleovaných bulbech telat a

histologickou analýzou zjistil jen minimální poškození normální struktury rohovky. První refrakční operaci na slepém lidském oku pak uskutečnil Theo Seiler v roce 1987 (59). Od té doby vzniklo na celém světě mnoho laserových pracovišť a refrakční zákroky se nadále zdokonalují.

Dvěmi nejvíce používanými technikami jsou fotorefraktivní keratektomie (PRK) a laser in situ keratomileusis (LASIK). Fotorefraktivní keratektomie (PRK) představuje laserovou fotoablaci po prvotním odstranění epitelu rohovky. Při laser-in-situ keratomileusis (LASIK) nejprve vytvoříme rohovkovou lamelu, která je na konci zákroku přiložena zpět na původní místo (39, 68). Poté dochází působením excimerového laseru ke změně zakřivení centrální optické zóny rohovky, a tím ke korekci refrakční vady. Intenzita nebo délka expozice laserové fotoablace je různá v různých částech rohovky. Selektivní ablací lze dosáhnout požadovaných topografických, a tím i optických vlastností rohovky.

Klasická refrakční chirurgie se soustředila především na odstranění nebo snížení sférocyklindrické komponenty refrakční vady. U pacientů s myopií < -5 dpt bylo touto technikou ve vysokém procentu dosaženo požadované refrakce, tedy nejčastěji emetropie, refrakce se stabilizovala do 3 měsíců po zákroku a případné komplikace většinou nesnižovaly centrální zrakovou ostrost (24, 25, 40). U vyšších stupňů myopie byl zaznamenán častější výskyt komplikací, který vedl k vyšší incidenci regrese, nebo i ke snížení NKZO v důsledku rohovkových zákalů při větší hloubce ablace, a nebo centrálních ostrůvků při nepravidelném hojení rohovky (18, 24, 25, 40). Úroveň spokojenosti pacientů po provedené operaci metodou LASIK byla mezi 82 - 98 % (16, 63) a po PRK kolem 97 % (40). Při zákrocích docházelo k nárůstu aberací vyšších řádů, indukované byly především sférické aberace (SA),

kteří přispívají k deformaci sítnicového obrazu hlavně při nízké hladině osvětlení, například při řízení motorového vozidla v noci (1).

Je nutné si uvědomit, že refrakční zákroky v současnosti podstupují mladí a zdraví jedinci s nižšími stupni refrakčních vad bez jiné oční patologie, kteří se chtějí zbavit brýlové korekce nebo kontaktních čoček, a to nejen bez ztráty nejlepší korigované ostrosti (10), ale také s co nejlepší nekorigovanou zrakovou ostroť a s optimálním zrakovým vjemem i za zhoršených světelných podmínek běžných při každodenním zrakovém vnímání. A tak je nezbytné rozvíjet nové technologie, operační techniky, přístrojové vybavení a instrumentárium, aby byl chirurgický zákrok co nejpřesnější a nejšetrnější. Existuje již 6 generací excimerových laserů.

Moderní lasery využívají takové ablační algoritmy, které korigují co možná nejpřesněji aberace nízkých řádů a minimálně indukují aberace vyšších řádů. Jedná se o „optimalizované asférické profily“ s okrajovou přechodovou zónou (13), nebo tzv. „individualizovanou ablaci“ s použitím wave-front analýzy (8, 46, 48, 61).

K posledním trendům patří použití femtosekundového laseru k vytvoření rohovkové lamely. Kromě snížení rizik mechanických mikrokeratomů, byla popsána (27, 28) významně vyšší nekorigovaná i nejlépe korigovaná zraková ostrost (NZO, NKZO).

Pro bezpečnost a přesnost operace je velmi důležitá kontrola fixace pacienta při chirurgickém zákroku použitím tzv. „eye trackerových“ systémů. Jejich zvyšující se frekvence umožňuje registraci a kompenzaci stále menších i mimovolních pohybů oka včetně cyklotorze se snížením rozvoje indukovaného astigmatismu (2, 3, 17).

Další moderní technologie zákrok zkracují, zvyšují jeho přesnost a zajišťují optimální teplotu peroperačně. Cílem je, aby se zrakové funkce pacientů pooperačně nejen nesnižovaly, a to ani přechodně, ale aby se naopak trvale zlepšily v porovnání

s brýlovou korekcí a/nebo s korekcí kontaktními čočkami.

K posouzení efektivity, stability a bezpečnosti jednotlivých operačních technologií je nezbytné co nejvšestrannější, nejpodrobnější a nejpresnější hodnocení kvality zraku při nejrůznějších denních aktivitách pacientů za rozličných podmínek prostředí. Základní vyšetřovací techniku hodnocení jednotlivých operačních zákroků stále představuje hodnocení nekorigované a nejlépe korigované zrakové ostrosti (NZO, NKZO) za vysokého kontrastu, ať již na Snellenových nebo na standardizovaných optotypových tabulích založených na logaritmické progresi velikosti optotypů. Zraková ostrost (ZO) je jednou z nejdůležitějších funkcí zrakového systému. Udává rozlišovací schopnost oka hodnocením úhlové velikosti kritického detailu z dané vzdálenosti označovaného jako minimální úhel rozlišení (MÚR) (35). Rutinně používané hodnocení vysokokontrastní ZO (kontrast optotypů > 90%) však vypovídá pouze o části spektra zrakového vnímání a neposkytuje informace o vidění v reálných podmínkách a poměrně málo citlivě vypovídá o schopnosti a kvalitě vykonávání zrakem podmíněných činností v každodenním životě (čtení, pohybu a orientaci, rozpoznávání obličejů, okolních objektů a předmětů, při řízení motorových vozidel a dalších). A tak i pacienti s naturální zrakovou ostroší 1,0 mohou mít různé subjektivní potíže za sníženého kontrastu (za šera, v noci, v mlze), a to zejména při současném oslnění (pouliční osvětlení, protijedoucí vozidla, odlesk vodní hladiny). Za nejvíce limitující v běžném denním životě je pacienty považován výskyt tzv. "night vision disturbances" (NVD), neboli poruch nočního vidění, které sdružují pokles kontrastové citlivosti a glare, tedy zvýšenou citlivost k oslnění (11, 34). Ve světové literatuře se jejich výskyt uvádí mezi 12 - 57% (63), především v prvních šesti měsících po zákroku.

A tak v praxi nezdávka dochází k diskrepancím mezi oftalmologem zjištěnou “normální” zrakovou ostrostí a subjektivními stesky pacienta. Proto má kromě rutinně hodnocené ZO v současnosti své nezastupitelné místo i testování kontrastové citlivosti (KC), a to nejen za fotopických podmínek při intenzivním osvětlení, ale i za mezopických podmínek při nízkých stupních osvětlení a testování citlivosti k oslnění, které umožňují detekci i minimálních změn zrakového vnímání (18, 32, 35, 36).

Prostřednictvím kontrastové citlivosti testujeme schopnost oka rozlišovat mezi objektem a pozadím. Tradiční metodou je měření KC s pomocí světlých a tmavých sinusových pruhů (mřížek), anglický název je „grating contrast sensitivity“. Sinusové pruhy různých prostorových frekvencí a kontrastů umožňují komplexní vyšetření KC ve všech viditelných prostorových frekvencích, a tím i specifických zrakových drah. Původní verze Ginsburgovy tabule byla vyvinuta již v roce 1984 (14). Je tvořena 45 terčí se sinusovými pruhy o 5 prostorových frekvencích a 9 stupních kontrastu s nepravidelnými kroky poklesu kontrastu. Úkolem pacienta je rozpoznání orientace pruhů (svisle, doprava nebo doleva), existují tabule pro testování z blízka i na dálku (14). Na principu Ginsburgových tabulí byla vyvinuta řada modelů s odlišnými názvy. Výhodou druhé generace tabulí (“Functional Acuity Contrast Test (FACT)“) je menší a pravidelný krok poklesu kontrastu sousedních terčů, což však při stejném počtu terčů v řádcích vede ke zmenšení rozsahu měřitelné kontrastní citlivosti (35).

Peregrin a kol. (50) upozornili již před řadou let na nedostatky Ginsburgových tabulí (především na velkou variabilitu výsledků, velké a nepravidelné kroky poklesu kontrastu) a doporučili je považovat za kompromisní řešení vhodné pro

skriningové účely u pacientů se zřetelnými poruchami vnímání kontrastu. Při porovnávání KC u téže osoby před a po nějakém operačním zákroku, kdy při současných vyspělých technologiích očekáváme pouze malé změny KC, představují výhodnější perspektivu volně programovatelná, počítačem ovládaná zařízení (50). Na Oční klinice v Hradci Králové máme k dispozici počítačem podporované zařízení Contrast sensitivity 8010 System (35, 50), jehož součástí je jednak generátor prostorových struktur, vytvářející na speciálním monitoru s vysokou rozlišovací schopností tmavé a světlé pruhy o proměnlivé šířce a kontrastu, a jednak programy, umožňující volbu různých testů pro KC s rozsáhle nastavitelnými parametry s mnohem menším a pravidelným krokem poklesu kontrastu optotypů.

Existují dva typy oslnění: prvním je nepříjemný pocit způsobený oslněním (discomfort glare), zatímco druhý označuje pokles zrakových funkcí v důsledku oslnění (disability glare) (34). Ke snížení zrakových funkcí dochází následkem rozptylu světla v nitru oka dopadajícího na sítnici mimo osu vidění. Citlivost k oslnění lze testovat dvěma základními metodikami. Jednak lze citlivost k oslnění odvodit od výsledků testování ZO a KC a je pak dána rozdílem hodnot ZO nebo KC při a bez oslnění dané intenzity (34). Tohoto principu využívá většina existujících metodik jejich nevýhodou je závislost ZO a KC i na dalších aspektech např. stavu adaptace oka nebo sítnicové patologie. Druhým typem přístrojů je "Test rozptylu světla" (STL: Stray light meter), který vyvinul van den Berg v roce 1991 (67). Ten zjišťuje skutečnou fyzikální veličinu, a sice množství rozptýleného světla v oku. Množství rozptýleného světla je vypočítáno jako rozdíl množství světla dopadajícího do centrální foveoly sítnice při použití kruhového zdroje oslnění o frekvenci 8 Hz a množství dopadajícího světla bez přítomnosti oslnění (34).

Moderním zdrojem snížení kontrastní citlivosti a zvýšené citlivosti k oslnění je právě refraktivní chirurgie, a to jak rohovková, tak nitrooční s rozličnými implantáty. Řadou studií byla popsána zvýšená citlivost k oslnění i po naprosto bezproblémových zákrocích, a to buď současně s poklesem KC (38), nebo při normálních hodnotách KC (9, 45, 47), méně často jsou zaznamenány statisticky nevýznamné rozdíly (44, 52).

Hodnocení subjektivních obtíží pacientů, změn zrakové ostrosti a kontrastové citlivosti za různých hladin osvětlení a citlivosti k oslnění mohou významně přispět k porovnání výsledků jednotlivých operačních technologií a technik, a tím zvýšení spokojenosti pacientů. V naší studii jsme se proto zaměřili právě na uvedené parametry objektivizující kvalitu zrakového vnímání pacientů a porovnávali výsledky refrakčních zákroků provedených na dvou typech laserů: na laseru 5. generace Esiris (Schwind, Německo) a na laseru 6. generace Amaris (Schwind, Německo).

V. Cíle práce

1. Hodnocení kvality zrakového vnímání 55 pacientů (110 očí) s myopií v rozmezí od -0,5 dpt do -6,00 dpt po laserové korekci fotorefraktivní keratektomií (PRK) a laser in situ keratomileusis (LASIK).
2. Porovnání výsledků po zákroku na 2 typech excimerových laserů:
 - a. Skupina A s 23 pacienty (Esiris; Schwind, Německo).
 - b. Skupina B s 32 pacienty (Amaris; Schwind, Německo).
3. Vyšetření zrakových funkcí pacientů předoperačně a za 1, 3, 6, 12, a 24 měsíců pooperačně prostřednictvím následujících metod:
 - a. Subjektivní obtíže: dotazníkem s 21 otázkami zaměřenými na vidění při různém typu a intenzitě osvětlení, na různé vzdálenosti a při různých činnostech včetně povrchové citlivosti předního segmentu oka.
 - b. Zraková ostrost na standardizovaných optotypových tabulích s Landoldtovými prstenci za fotopických (85 cd m^{-2}) a za mezopických podmínek (3 cd m^{-2}).
 - c. Kontrastová citlivost adjustační metodou s ascendentním a descendentním postupem přizpůsobení prahovému kontrastu počítačovou metodou (Contrast sensitivity 8010 System; Neuroscientific Corp., Farmingdale, USA) v 6 prostorových frekvencích v rozmezí 0,74 a 29,55 c/deg za fotopických (85 cd m^{-2}) a za mezopických podmínek (3 cd m^{-2}).
 - d. Citlivost k oslnění Straylight Meterem (C-Quant; Oculus Optikgeräte GmbH, Německo).

4. Statistické zpracování dat neparametrickými testy (Mannův - Whitneyův test a Kruskalova - Wallisova analýza).

VI. Metodika

VI. 1. Soubor pacientů

Soubor tvořilo 55 pacientů (110 očí) s myopií v rozmezí od -0,5 dpt do -6,00 dpt. Pacienty jsme rozdělili do dvou skupin podle typu použitého laseru. Skupinu A tvořilo 23 osob (14 žen, 9 mužů) průměrného věku 32,7 let (medián 31 let, rozmezí 21 - 52 let), s průměrným sférickým ekvivalentem $-3,13$ dpt . Z této skupiny 10 pacientů (20 očí) se sférickým ekvivalentem $-2,83 \pm 0,27$ podstoupilo fotorefraktivní keratektomii (PRK) a 13 pacientů (26 očí) se sférickým ekvivalentem $-3,43 \pm 0,2$ metodou LASIK za použití excimerového laseru Esiris (Schwind, Německo). Do skupiny B bylo zařazeno 32 osob (21 žen a 11 mužů) průměrného věku 33,4 let (medián 31 let, rozmezí 22 - 48 let). Průměrný sférický ekvivalent před operací dosáhl hodnoty $-2,89$ dpt. Sedmnáct pacientů (34 očí) se sférickým ekvivalentem $-2,36 \pm 0,25$ bylo operováno metodou PRK a 15 pacientů (30 očí) se sférickým ekvivalentem $-3,41 \pm 0,25$ metodou LASIK za použití excimerového laseru Amaris (Schwind, Německo). Počty vyšetřených pacientů v jednotlivých termínech jsou uvedeny v tabulce 1.

V průběhu 33 měsíců bylo provedeno 506 určení ZO s Landoltovými prstenci, a stejný počet vyšetření KC. Pacienti byli vyšetřeni před zákrokem a za 1, 3, 6, 12 a 24 měsíců pooperačně nejprve za fotopických podmínek při osvětlení 85 cd m^{-2} a po 5-minutové adaptaci na tmu také za mezopických podmínek při osvětlení 3 cd m^{-2} v zatemněné místnosti. Pro malý počet pacientů vyšetřených za 6 měsíců pooperačně, jsme v tomto termínu získané výsledky nehodnotili.

Všichni pacienti podstoupili předoperačně kompletní oftalmologické vyšetření

a byli důkladně poučeni o výhodách, ale i o možných rizicích laserové operace, měli možnost seznámit se s podrobným informačním textem a před operací podepsali informovaný souhlas.

Tabulka 1.

Počet očí pacientů v jednotlivých skupinách a termínech vyšetření.

Skupina	Před operací	1M poop.	3M poop.	6M poop.	12M poop.	24M poop.
A	46	34	32	16	36	38
B	64	50	48	26	56	60
Celkem	110	84	80	42	92	98

VI. 2. Přístrojové vybavení a chirurgický zákrok

Esiris patří k 5. generaci excimerových laserů. Při použití tohoto laseru byla vlnová délka 193nm s frekvencí pulzů 200 Hz a s hustotou energie pulzů 800 mJ/cm². Frekvence eye trackeru registrujícího mimovolní pohyby bulbu byla 330 Hz a reakční čas byl do 36 ms. Laser Amaris je nejnovějším typem excimerových laserů německé firmy Schwind a patří k 6. generaci laserů skupiny “Total Tech Laser.”

Vlnová délka byla 193 nm s frekvencí pulzů 500 Hz. Frekvence eye trackeru registrujícího mimovolní pohyby bulbu byla 1050 Hz a reakční čas menší než 3 ms.

Důležitým parametrem, který ovlivňuje výslednou kvalitu abladovaného povrchu, je tvar laserových pulzů a velikost laserové stopy, která definuje přesnost zákroku ve smyslu schopnosti korekce i drobných individuálních lokálních defektů (aberrací). U Esirisu je tvar laserových pulzů gaussovský a velikost stopy je 0,9 mm a

u Amarisu je tvar supergaussovský s velikostí stopy 0,54 mm. Energie laserových pulsů u Esiris laseru je fixní, tj. při každém dopadu laserového pulsu je z rohovky odstraněno stejné množství tkáně, zatímco u laseru Amaris je energie laserových pulsů duální - přibližně 80% hloubky ablace je provedeno vysokou energií (typicky 1,50 mJ) a zbývajících 20% nízkou energií (0,67 mJ). Zatímco vysoká energie zákrok urychlí, působení nízké energie zajišťuje extrémně vysokou výslednou kvalitu (hladkost) abladovaného povrchu.

Ablační zóna je celková oblast, která je prací laseru remodelována. Její velikost je dána součtem optické zóny a přechodové zóny. Optická zóna je oblast, ve které laser provede vlastní korekci refrakce (přesně definovanou změnu zakřivení rohovky) a její velikost je vždy volena uživatelem pro každý konkrétní případ po zvážení mnoha faktorů (hodnota korigované refrakční vady, pachymetrie, velikost zornice za různých světelných podmínek, struktura a velikost jednotlivých aberací atd.). Smyslem přechodové zóny je zajistit geometricky hladký přechod mezi optickou zónou a laserem neovlivněným zbytkem rohovky. Klinickým benefitem přechodové zóny je minimalizace negativních světelných fenoménů limitujících spokojenost pacienta se zákrokem. Velikost přechodové zóny je u laseru Esiris volena uživatelem, u laseru Amaris jsou velikost a tvar přechodové zóny optimalizována řídicím počítačem laseru (tj. uživatel ji nemůže aktivně ovlivnit) pro každý konkrétní tvar plánovaného laserového profilu. Matematickým podkladem je nalezení ideální spline funkce.

Amaris se tedy vyznačuje třemi hlavními výhodami. S metodou „Advanced Fluence Level Adjustment“ je zákrok kratší a velmi přesný s následným „superhladkým“ povrchem ablace. „Intelligent Thermal Effect Control“ poskytuje

optimální teplotu, dynamickou adaptaci distribuce laserových pulzů a chrání stroma rohovky. “1050 Hz turbo eyetracker“ sledováním statické a dynamické cyklotorze s kompenzací při pohybu oka, unikátní rovnováhou a „limbus trackingem“ zajišťuje vysokou přesnost umístění každého z individuálních laserových pulzů.

K lamelární keratektomii jsme použili u obou typů laserů mechanický keratom Supratom s průměrem lamely od 6,0 do 6,5 mm. Wave front analýzu jsme nepoužili u žádného pacienta. Operace byla provedena v lokální anestezii.

VI. 3. Hodnocení subjektivního zrakového vnímání dotazníkem

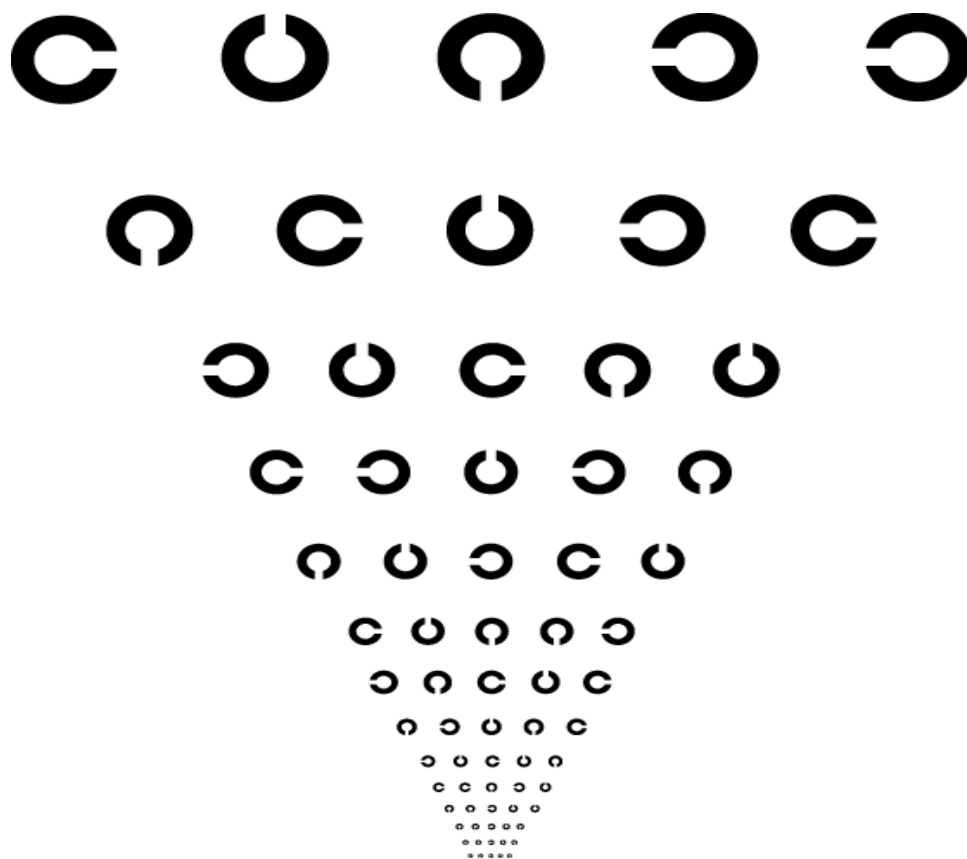
Dotazníkové šetření probíhalo prospektivně, a to v období před operací a dále 1., 3. a 12. měsíc po zákroku. Námí vytvořený dotazník s 21 otázkami, byl zaměřen především na spokojenost pacientů s provedeným zákrokem a na eventuální přetrvávající obtíže po operaci. Otázky se týkaly vidění při různém typu a intenzitě osvětlení, vidění na různé vzdálenosti, při různých činnostech a také jsme zjišťovali povrchovou citlivost předního segmentu oka. Zvláštní důraz jsme věnovali obtížím za změněných světelných podmínek a u řidičů motorového vozidla jsme se zaměřili na obtíže při řízení v noci nebo za šera. Pacienti své odpovědi zaznamenávali na číselnou osu, kde označení 10 znamenalo „zcela souhlasím s daným výrokem“ neboli „zcela bez obtíží“. Naopak označení 0 udávalo „absolutní nesouhlas s výrokem“ nebo „výrazné obtíže“. Tyto odpovědi byly dále rozděleny do čtyř podskupin podle skóre (0,00 - 10,00): 1) velmi pozitivní (7,51 - 10,00) ++; 2) pozitivní (5,01 - 7,50) +; 3) negativní (2,51 - 5,00) - a 4) velmi negativní (0,00 - 2,50) -- (viz. příloha 1).

VI. 4. Testování zrakové ostrosti

Zrakovou ostrost jsme testovali na standardizovaných optotypových tabulích s Landoltovými prstenci. Landoltovy prstence mají mezeru vždy v jednom z 8 základních směrů (35) a vyšetřovací vzdálenost je 4 m. V každém řádku je 10 optotypů o kontrastu vyšším než 0,9. Změna velikosti optotypů v sousedních řádcích je dána násobením (nejblíže větší řádek) nebo dělením (nejblíže menší řádek) faktorem 1,2589 ($= \log 0,1$). Logaritmická hodnota 0,1 tedy definuje standardní řádek. Optotypová tabule obsahuje řádky s minimálním úhlem rozlišení (MÚR) optotypů od 10 minut do 0,5 minut, tedy od vízu 0,1 do vízu 2. Celkově jde o 14 řádků s označením $\log MÚR$ 1 až -0,3 v krocích po 0,1. Při vyšetření jsme zaznamenali počet správných určení pro každý řádek (14) a získali tak prahovou zrakovou ostrost (49). Předoperačně jsme vyšetřovali nejlépe korigovanou zrakovou ostrost (NKZO) a pooperačně nekorigovanou zrakovou ostrost (NZO). Vyšetření jsme za pomoci externího zdroje osvětlení provedli za fotopických (85 cd m^{-2}), a také za mezopických podmínek (3 cd m^{-2}).

Obrázek 1.

Landoltovy tabule.



VI. 5. Testování kontrastové citlivosti

Pro měření kontrastové citlivosti počítačovou metodou jsme použili počítačem podporované zařízení firmy Neuroscientific Corp. (Farmingdale, USA) typu Contrast sensitivity 8010 System, jehož součástí jsou jednak generátor prostorových struktur, vytvářející na speciálním monitoru s vysokou rozlišovací schopností tmavé a světlé pruhy o proměnlivé šířce a kontrastu, jednak programy, umožňující volbu různých testů pro KC s rozsáhle nastavitelnými parametry. Zvolili jsme pozorovací vzdálenost 2,2 m, z níž při úhlové velikosti monitoru $5^\circ \times 3,5^\circ$ je možné měnit

úhlovou velikost světlých a tmavých pruhů od 0,74 c/deg do 29,55 c/deg. Kontrast může být měněn v rozsahu 70 % - 0,03 %. Jas obrazovky má hodnotu 88 cd/m².

Vyšetření jsme provedli za fotopických (85 cd m⁻²), a také za mezopických podmínek (3 cd m⁻²). Mezopické podmínky jsme dosáhli použitím speciálního filtru předsazeného před monitor. KC jsme testovali v 6 prostorových frekvencích: dvou nízkých: 0,74 a 1,97 c/deg, dvou středních: 3,69 a 7,39 c/deg a dvou vysokých: 14,77 a 29,55 c/deg.

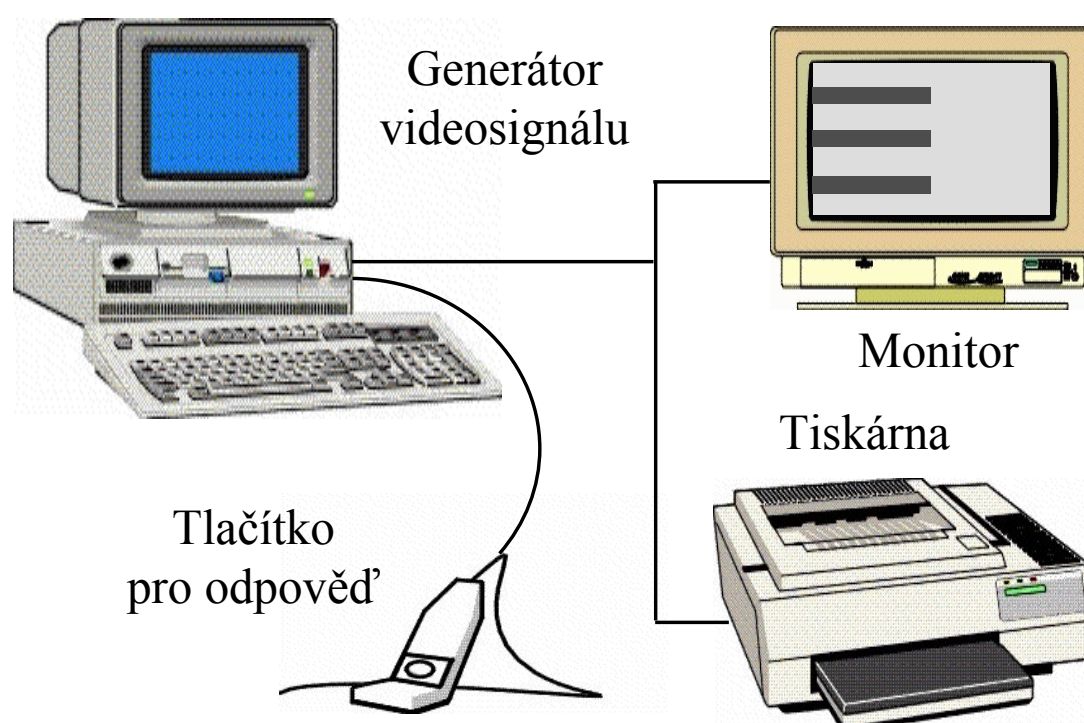
Z různých variant testů, které počítačový program nabízí, jsme zvolili adjustační metodu (ADJ), kombinující ascendentní a descendentní postup přizpůsobení prahovému kontrastu. Při vyšetření je pacientovi předložena zřetelná kontrastní struktura. Vidí-li ji pacient, zmáčkne levé tlačítko, v tom případě mu program předloží strukturu s kontrastem o 1 dB nižším (asi o 11 %). Nevidí-li pokusná osoba strukturu, zmáčkne pravé tlačítko, a to vede k prezentaci další struktury s kontrastem o 1 dB vyšším. Tak pokračuje tato ascendentní část adjustačního testu až do té doby, kdy subjekt strukturu právě ještě vidí. O ukončení této fáze rozhodne pacient stisknutím třetího tlačítka. Program pak nabídne nejbližší vyšší zvolenou frekvenci a postup se opakuje tak dlouho, dokud se nevystřídají všechny zvolené frekvence. Vyšetření pak pokračuje descendentní fází adjustace, při níž se začíná strukturou s velmi slabým kontrastem a postupuje se ke kontrastům vyšším a k určování prahové hodnoty kontrastu pro každou zvolenou frekvenci. Test ADJ končí vytisknutím výsledků na tiskárně a jejich uložením do databáze. U metody ADJ se kontrastová struktura objevuje vždy ve stejné polovině obrazovky. Subjekt sám nastavuje svou prahovou hodnotu kontrastu. Přesnější určení není možné, protože každá pokusná osoba volí svou vlastní strategii pro definici toho, co

znamená "právě ještě viditelný kontrast".

Všechny výpočty byly provedeny s pomocí programu Microsoft Excel s logaritmy (dB) naměřených hodnot KC ($dB = 20 * \log KC$), protože s těmito jednotkami použité programy pracují.

Obrázek 2.

Schéma zařízení Contrast sensitivity 8010 System (Neuroscientific Corp., Farmingdale, USA).



VI. 6. Testování citlivosti k oslnění měřením rozptylu světla

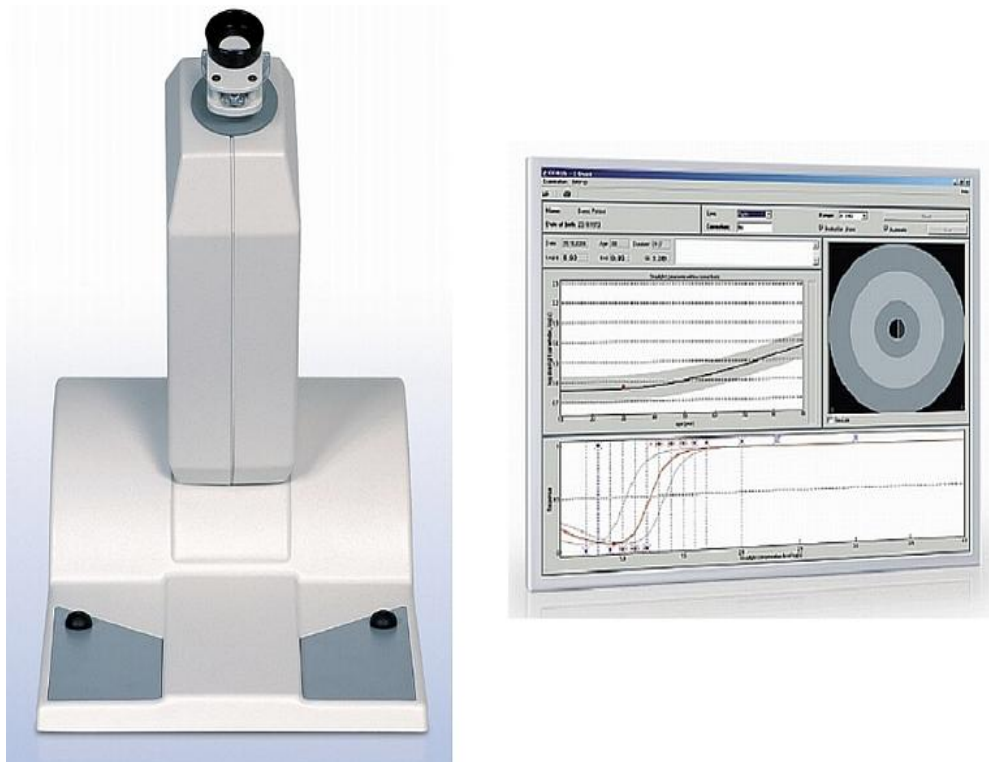
Citlivost k oslnění jsme testovali na přístroji zvaném Straylightmeter (SLT; C-Quant, Oculus Optikgeräte GmbH, Německo). Ten zjišťuje skutečnou fyzikální veličinu, a sice množství rozptýleného světla v oku.

Při vyšetření je kruhový zdroj oslnění v SLT zapínán a vypínán ve frekvenci 8 Hz. Během testu fixuje pacient foveou centrum osvětlené plochy. Při zapnutém

zdroji oslnění dopadne světlo na sítnici, protože bude v oku rozptýleno a odkloněno od fovey. Při vypnutí zdroje oslnění není rozptýlené světlo v oku přítomno, a tudíž do fovey dopadne jen to světlo, které je přítomno v centru osvětlené plochy. Pokud je centrum plochy černé při zapnutém i vypnutém oslnění, subjekt bude vnímat “blikání plochy” při zapnutém zdroji oslnění. Pokud bude do centra obrazu při vypnutém zdroji oslnění doplněno “kompenzační světlo”, bude toto světlo dopadat do fovey během zapnutého i vypnutého oslnění a “vjem blikání” bude slabší. Z tohoto stavu je vypočítáno množství rozptýleného světla v oku. “Blikající” kruh je rozdělený na dvě poloviny a každá “bliká” s odlišnou intenzitou. Pro každou polovinu má pacient k dispozici jedno tlačítko (jedno v pravé a jedno v levé ruce) a zmáčkne to, kde se mu zdá “blikání” více intenzivní, přičemž se intenzita “blikání” postupně snižuje. Použili jsme výrobcem doporučené standardní nastavení. Výrobce také stanovil normální rozmezí hodnot citlivosti k oslnění pro každou věkovou skupinu po dekádech. Zaznamenali jsme hodnotu rozptylu světla udávanou v jednotkách log s (viz obrázek 3). Jednotkou citlivosti k oslnění je parametr [s]. Ten vyjadřuje poměr mezi “nechtěným” rozptýleným světlem, které snižuje kontrast obrazu na sítnici a „chtěným“ nerozptýleným světlem, které formuje pozorovaný sítnicový obraz. Logaritmus této jednotky [s] je v humánní medicíně v oblasti percepce s výhodou používán, vyšší hodnoty znamenají více rozptýleného světla a tedy „horší“ zrakový vjem (34).

Obrázek 3.

Straylightmeter (SLT; C-Quant, Oculus Optikgeräte GmbH, Německo).



Vlevo je přístrojové vybavení s okulárem, ve kterém se zobrazuje světelný stimulus.

Na přední ploše stojanu přístroje jsou umístěna 2 tlačítka na ovládání pacientem.

Vpravo je zobrazen monitor notebooku, kterým je Straylightmetr řízen, a na kterém je zobrazen průběh a výsledek vyšetření.

VI. 7. Statistické zpracování dat

Ke statistickému zpracování výsledků jsme použili Mannův - Whitneyův neparametrický test a Kruskalovu - Wallisovu analýzu. Výsledky subjektivního hodnocení pacientů jsou vyjádřeny v procentech pacientů podle udávaného skóre.

VII. Výsledky

VII. 1. Subjektivní obtíže

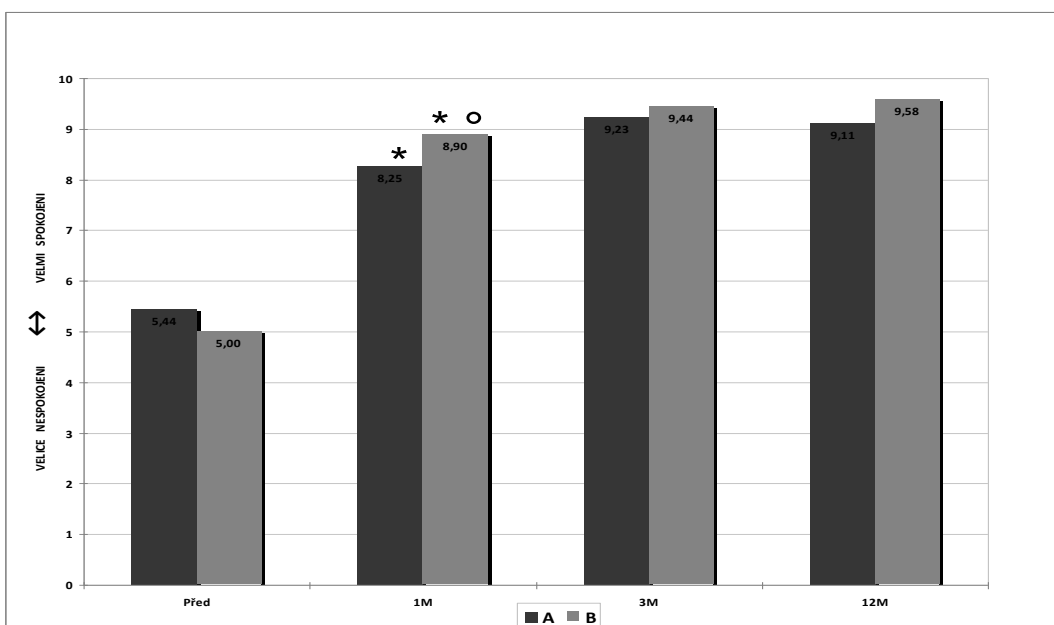
Výsledky odpovědí na dané otázky jsou zaznamenány na následujících grafech.

Ve skupině A používalo předoperačně pouze brýle 60% a pouze kontaktní čočky 40% pacientů. Ve skupině B preferovalo pouze brýlovou korekci 62,50%, jen kontaktní čočky 16,70% pacientů, střídání obou typů korekce udávalo 21,70% pacientů.

Průměrná hodnota odpovědí, které se týkaly kvality vidění, se postupně zvyšovala ve skupině A z hodnoty 5,44 na 9,11 a ve skupině B z hodnoty 5,00 na 9,58 (obrázek 4). V této otázce byl zaznamenán statisticky signifikantní rozdíl mezi oběma skupinami jeden měsíc po operaci ($p = 0,03$). Pouze jeden pacient (4,76%) ze skupiny B byl s kvalitou vidění mírně nespokojen jeden měsíc po zákroku. Při následných pooperačních vyšetřeních jsme zaznamenali 100% spokojenost.

Obrázek 4.

Změna kvality vidění.

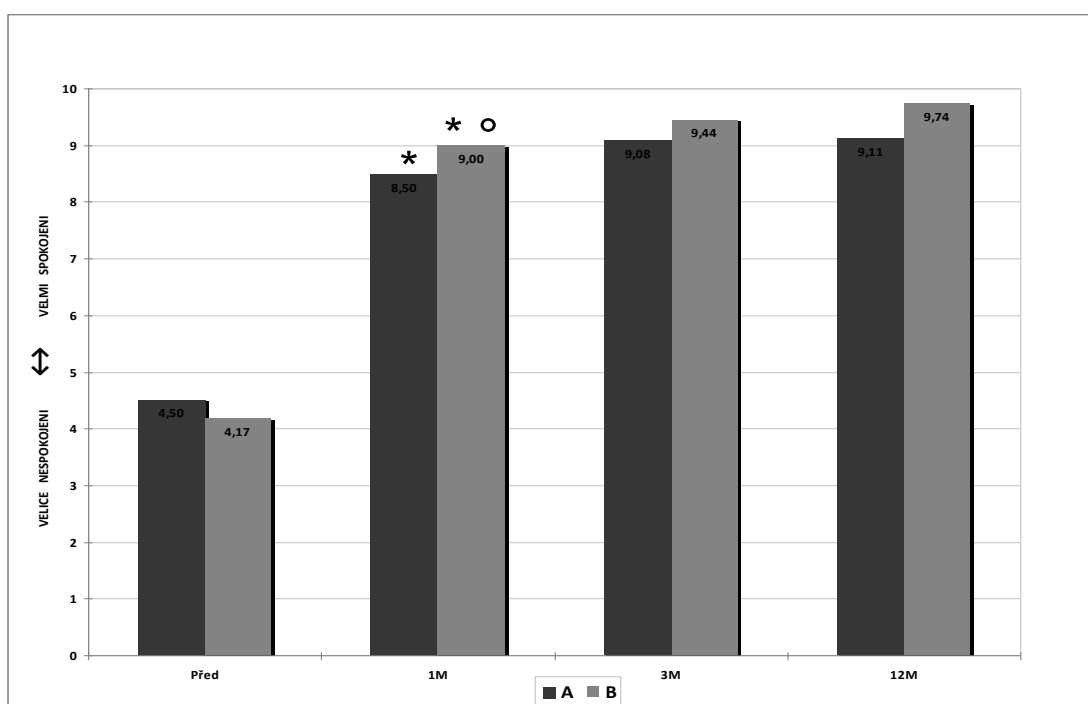


Statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami je pouze v časném pooperačním období ($p=0,03$), (° rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu, * rozdíl ve skupině A nebo B před a po operaci).

Průměrná hodnota odpovědí na otázku kvality zraku do dálky rok po operaci dosahuje hodnoty 9,11 ve skupině A a dokonce 9,74 ve skupině B. Žádný pacient nebyl nespokojený (obrázek 5). Ve skupině A jsme zaznamenali mírnou nespokojenost s viděním do blízka 1 měsíc pooperačně u jednoho pacienta (12,50%), ve skupině B u 4 pacientů, z nich ve třech případech výraznou (14,29%), rozdíly mezi skupinami byly jen nevýznamné.

Obrázek 5.

Míra zrakové kvality do dálky.



Statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami je pouze v časném pooperačním období ($p=0,03$), (° rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu, * rozdíl ve skupině A nebo B před a po operaci).

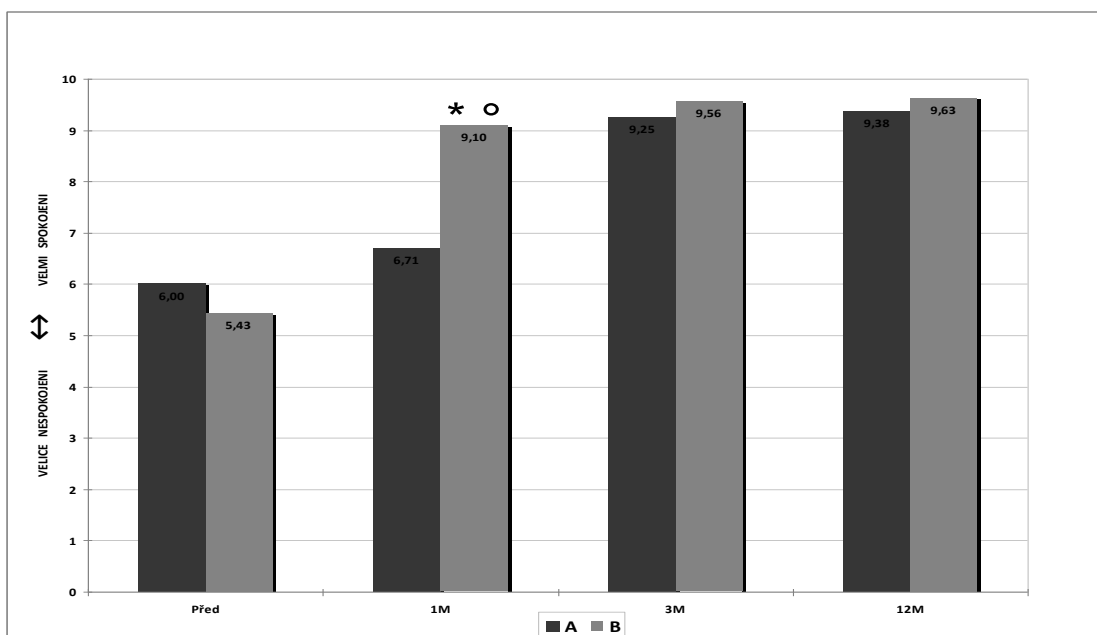
Pokud se týká výsledků zjišťování povrchní citlivosti předního očního segmentu pak pouze ve skupině B udávali 4 pacienti (21,50%) mírný pocit pálení a 1 pacient (5,26%) tlak v očích. Umělé slzy trvale užívá jeden pacient ve skupině A (11,10%) a 3 pacienti ve skupině B (15,79%). V jednotlivých otázkách nebyl nalezen statisticky signifikantní rozdíl mezi oběma skupinami. Mírné potíže v zakouřeném prostředí popisovali pacienti zvláště ve skupině A, tyto obtíže se ale s vývojem času snižovaly a rok po zákroku byl nespokojen pouze jeden pacient. Ve skupině B se medián odpovědí také zlepšoval, až na výslednou hodnotu 8,50.

Průměrná hodnota odpovědí týkajících se schopnosti čtení při běžném osvětlení 12 měsíců po operaci se pohybovala ve skupině A v rozmezí $9,00 \pm 0,53$ a ve skupině B $9,00 \pm 0,79$. Nezaznamenali jsme žádné problémy se čtením při běžném osvětlení. V dlouhodobém sledování jsme rovněž nezjistili problémy se čtením při umělém osvětlení. Nebyl nalezen statisticky významný rozdíl mezi skupinami ani při porovnání spokojenosti v čase.

V obou skupinách si stěžoval na mírné obtíže při práci na počítači pouze jeden pacient (11,11%, resp. 5,26%) za 12 měsíců po zákroku. V ostatních termínech nikdo významné obtíže neudával. Při porovnání obou skupin byl zjištěn statisticky signifikantní rozdíl ($p = 0,02$) spokojenosti se zrakovými schopnostmi při sportu pouze krátkodobě po operaci s významně vyšší spokojeností ve skupině B (obrázek 6).

Obrázek 6.

Spokojenost se zrakovými schopnostmi při sportu.



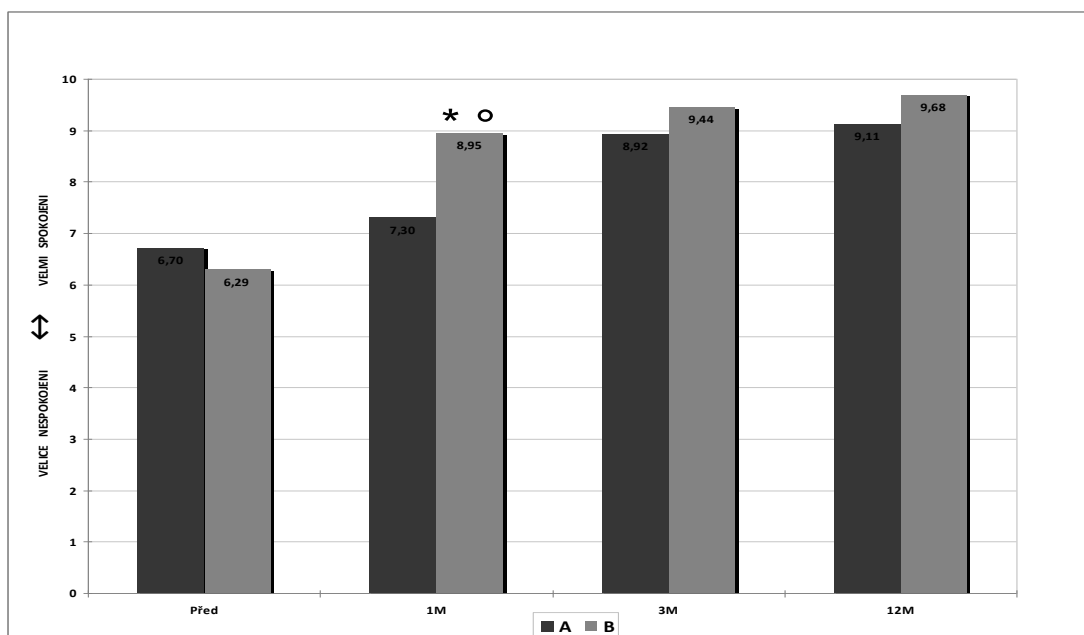
Statisticky signifikantní rozdíl v odpovědích na úrovni ($p = 0,02$) měsíc po operačním zákroku ($^{\circ}$ rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu, * rozdíl ve skupině B před a po operaci).

Pocit zhoršeného vidění těsně po probuzení byl shodný v obou skupinách (ve skupině A v rozmezí $9,00 \pm 0,78$ a ve skupině B byl medián $9,00 \pm 0,98$).

Měsíc po operaci většina pacientů (87,50% - skupina A a 95,24% - skupina B) nepopisuje obtíže při sledování televize, přesto při porovnání odpovědí v obou skupinách byl nalezen statisticky signifikantní rozdíl ($p = 0,006$) za 1 měsíc po zákroku (spokojenější jsou pacienti ve skupině B), jak ukazuje obrázek 7.

Obrázek 7.

Zrakové obtíže při sledování TV.

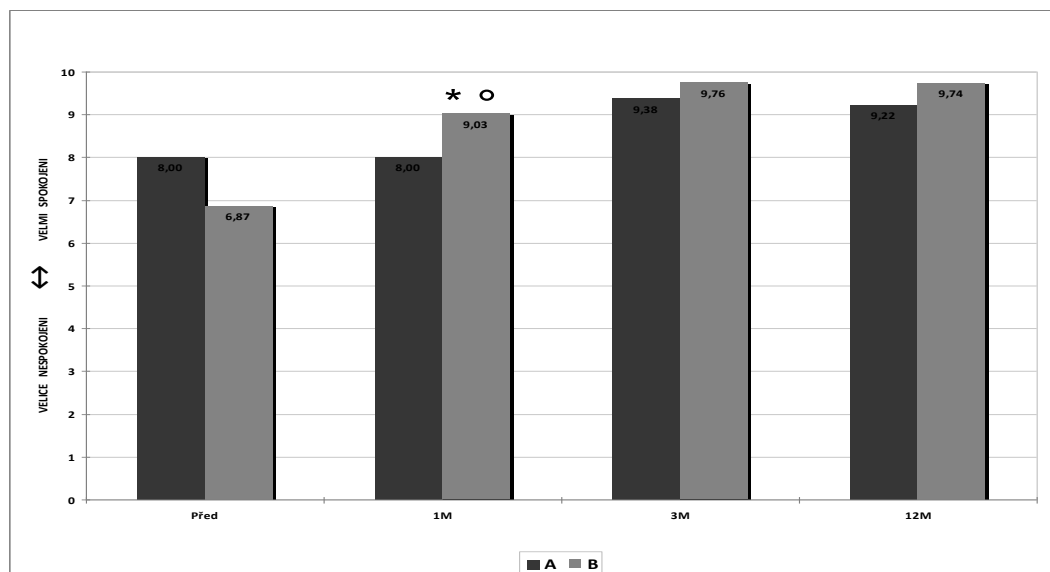


*Statisticky signifikantní rozdíl ($p=0,02$) časně po zákroku ve prospěch skupiny B (° rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu, * rozdíl ve skupině B před a po operaci).*

Při porovnání obou laserových technologií jsme zjistili statisticky významný rozdíl v kvalitě vidění při řízení motorového vozidla ve dne měsíc po operaci ($p = 0,004$); naproti tomu za 12 měsíců po zákroku nepopisovali pacienti žádné obtíže při řízení automobilu během dne a rozdíly mezi skupinami byly jen nevýznamné (obrázek 8).

Obrázek 8.

Schopnost řízení motorového vozidla ve dne.

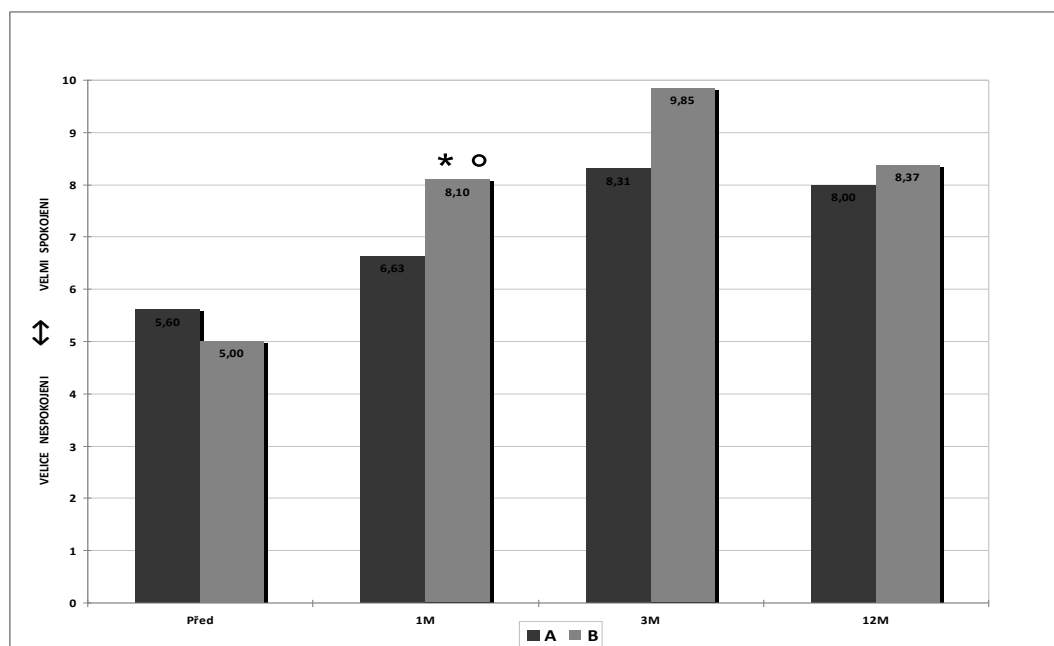


*Statisticky významný rozdíl v kvalitě vidění pouze jeden měsíc po operaci ($p=0,004$), ($^{\circ}$ rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu, * rozdíl ve skupině B před a po operaci).*

Také v otázce hodnocení schopnosti řízení motorového vozidla v noci jsme zaznamenali statisticky významný rozdíl mezi oběma skupinami pacientů ($p=0,012$) v časném pooperačním období (1 měsíc). Pouze jeden pacient ve skupině A udával obtíže už krátce po zákroku a tyto obtíže přetrvávaly i za 12 měsíců (12,50 %). Ve skupině B pak udávali problémy 2 pacienti (10%) měsíc po operaci, v dlouhodobém sledování byli všichni pacienti bez obtíží. (obrázek 9).

Obrázek 9.

Schopnost řízení motorového vozidla za zhoršených světelných podmínek (v noci).



Statisticky významný rozdíl mezi skupinou A a B pouze v časném pooperačním období ($p = 0,012$); (° rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu, * rozdíl ve skupině B před a po operaci).

V otázce vnímání kruhů kolem světél jsme nezaznamenali statisticky signifikantní rozdíl mezi skupinami v žádném ze sledovaných termínů.

Významný rozdíl mezi skupinami jsme zjistili 1 měsíc pooperačně v otázce vidění v noci ($p = 0,025$). Následně jsme tyto obtíže neprokázali ani u jednoho pacienta. Naproti tomu kvalita vidění v mlze a za šera byla srovnatelná v obou skupinách, stejně tak jako za slunečného počasí, kdy byl medián odpovědí vysoký (ve skupině A: $9,00 \pm 1,00$, ve skupině B: $9,00 \pm 0,94$) za 12 měsíců po zákroku.

VII.2. Zraková ostrost

Pro větší názornost bylo v textu použito grafické znázornění hodnot ZO a KC uvedených v tabulkách a obrázcích. Porovnávali jsme výsledky pacientů skupiny A (laser Esiris) se skupinou B (laser Amaris).

Vyšetřili jsme předoperační nejlépe korigovanou prahovou zrakovou ostrost (NKZO) a pooperační nekorigovanou prahovou ZO (NZO) do 24 měsíců po laserové korekci myopie.

VII. 2.1. Fotopická zraková ostrost

Předoperační fotopická NKZO se mezi skupinami A a B lišila jen nevýznamně, (tabulka 2).

Tabulka 2.

Porovnání předoperační fotopické NKZO mezi skupinami A a B.

Zraková ostrost	Skupina A	Skupina B	P
Průměr	0,95	1,01	n.s.
SD	0,24	0,25	n.s.

Pozn. SD: směrodatná odchylka, P (statistická významnost), n.s.: statisticky nevýznamné rozdíly.

Pooperační změny fotopické ZO ve skupině A byly převážně jen nevýznamné s výjimkou prvního měsíce po operaci, kdy se ZO přechodně významně snížila ($p = 0,03$). Ve skupině B se ZO do 3 měsíců mění jen nevýznamně a za 12 a 24 měsíců se dokonce významně zvyšuje v porovnání s předoperačními hodnotami ($p < 0,01$ a $p < 0,05$), jak je znázorněno v tabulce 3 a na obrázcích 10 a 11.

Tabulka 3.

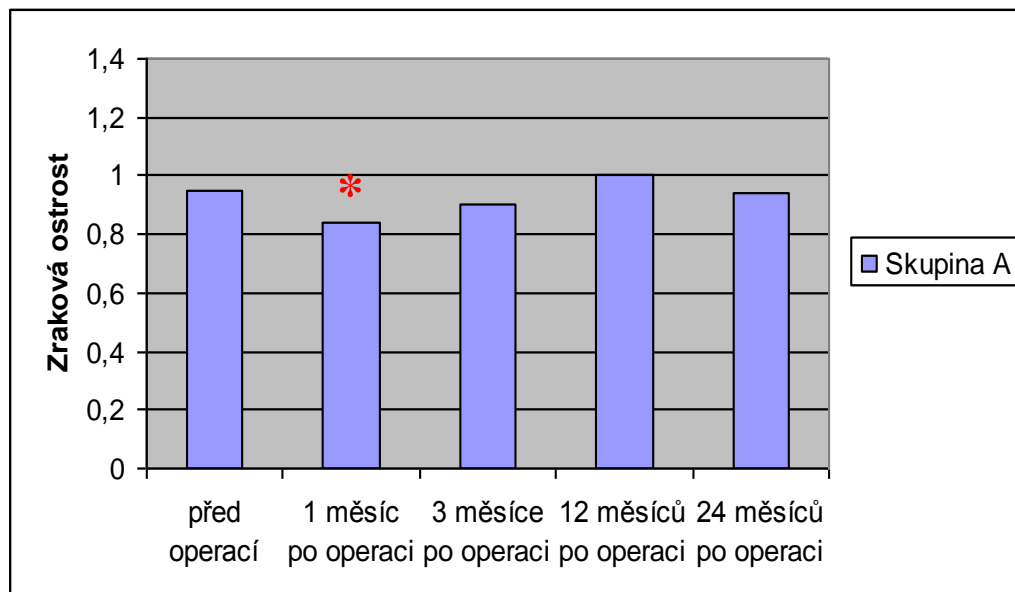
Fotopická zraková ostrost (decimální vízus).

Skupina	Zraková ostrost	před operací	1 M poop.	3 M poop.	12 M poop.	24 M poop.
A	Průměr	0,95	0,84	0,90	1	0,94
	SD	0,24	0,19	0,33	0,23	0,2
	P		*	n.s.	n.s.	n.s.
B	Průměr	1,01	1,00	1,01	1,18	1,33
	SD	0,25	0,25	0,22	0,24	0,23
	P		n.s.	n.s.	**	*

*Pozn. SD: směrodatná odchylka; P (statistická významnost) představuje rozdíl zrakové ostrosti v odpovídajícím čase po operaci proti hodnotám zrakové ostrosti před operací v téže skupině pacientů: n.s. = nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.*

Obrázek 10.

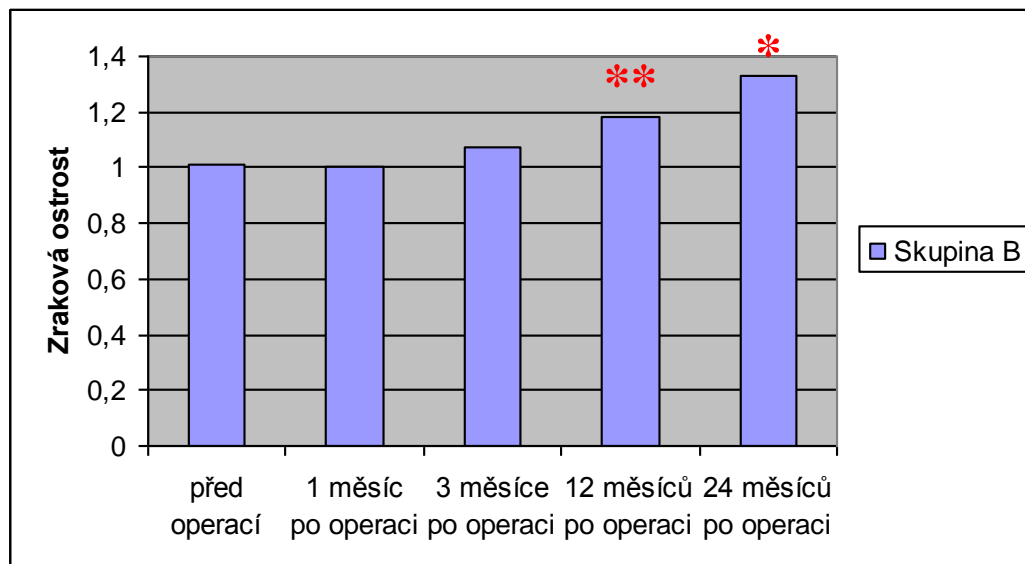
Grafické znázornění vývoje fotopické průměrné zrakové ostrosti ve skupině A.



Pozn. P (statistická významnost): bez označení: nevýznamné rozdíly, * = $p < 0,05$.

Obrázek 11.

Grafické znázornění vývoje fotopické zrakové ostrosti ve skupině B.



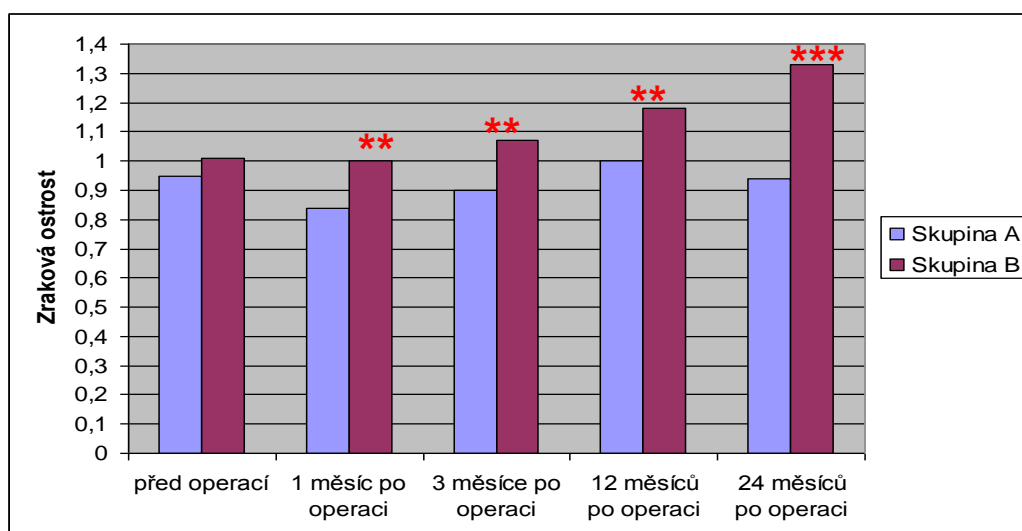
Pozn. P (statistická významnost): bez označení: nevýznamné rozdíly, * = $p < 0,05$,

** = $p < 0,01$.

Rozdíly fotopické ZO mezi skupinami A a B byly statisticky významné v celém pooperačním období s vyššími hodnotami ve skupině B ($p < 0,01$ a $p < 0,001$; obrázek 12).

Obrázek 12.

Grafické znázornění vývoje středních hodnot fotopické zrakové ostrosti ve skupinách A a B.



*Pozn. Statisticky významný rozdíl mezi skupinami A a B byl zjištěn od prvního měsíce po operaci s významně vyššími hodnotami ZO ve skupině B. * rozdíl ve skupině A nebo B před a po operaci, ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.*

VII. 2. 2. Mezopická zraková ostrost

Předoperační mezopická NKZO se mezi skupinami A a B lišila jen nevýznamně, jak je patrné z tabulky 4.

Tabulka 4.**Porovnání předoperační mezopické NKZO mezi skupinami A a B.**

Zraková ostrost	Skupina A	Skupina B	P
Průměr	0,54	0,60	n.s.
SD	0,14	0,13	n.s.

Pozn. SD: směrodatná odchylka, P (statistická významnost), n.s.: statisticky nevýznamné rozdíly.

Pooperační mezopická ZO se ve skupině A po měsíci přechodně významně snížila ($p = 0,04$), a poté se zvýšila mírně a od původní úrovně se lišila jen nevýznamně. Ve skupině B mezopická ZO pooperačně také narůstá, za 1 měsíc nevýznamně a v následujících termínech již statisticky významně v porovnání s předoperačními hodnotami (tabulka 5, obrázky 13 a 14).

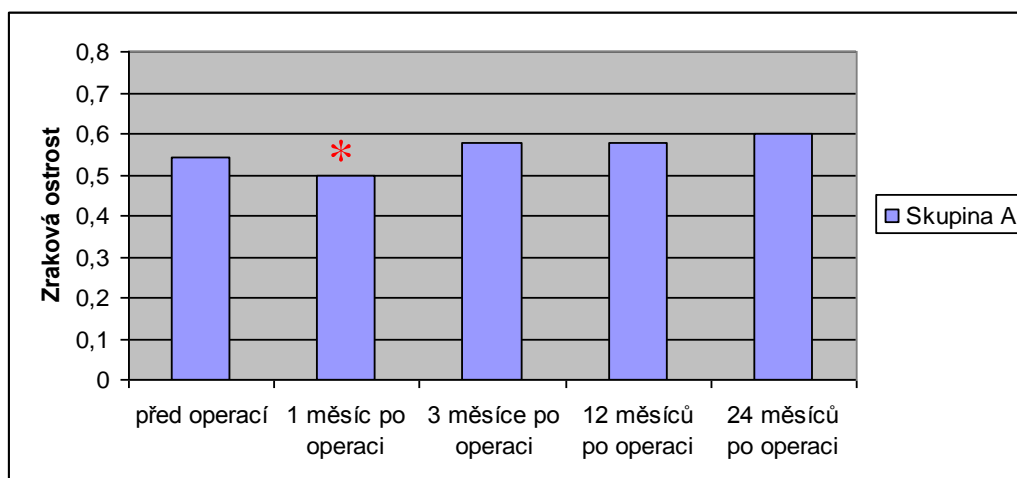
Tabulka 5.**Mezopická zraková ostrost (decimální vízus) v obou skupinách pacientů.**

Skupina	Zraková ostrost	před operací	1 M poop.	3 M poop.	12 M poop.	24 M poop.
A	Průměr	0,54	0,50	0,58	0,58	0,60
	SD	0,14	0,14	0,2	0,15	0,18
	P		*	n.s.	n.s.	n.s.
B	Průměr	0,60	0,62	0,67	0,73	0,73
	SD	0,13	0,14	0,13	0,21	0,13
	P		n.s.	***	**	*

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P (statistická významnost) představuje rozdíl zrakové ostrosti v odpovídajícím čase po operaci proti hodnotám zrakové ostrosti před operací v téžeskupině pacientů; n.s. = statisticky nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Obrázek 13.

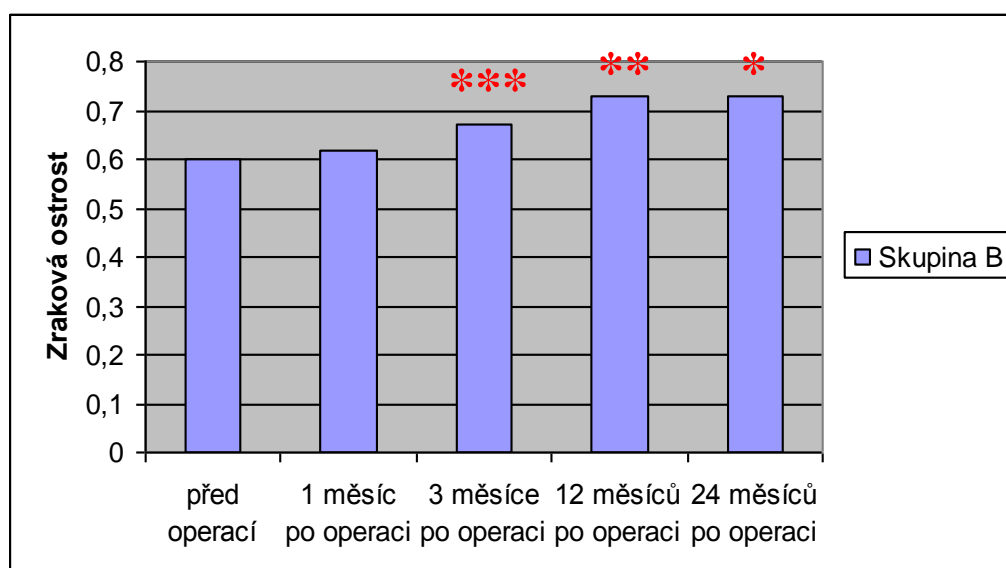
Grafické znázornění vývoje mezopické zrakové ostrosti skupiny A.



Pozn. P (statistická významnost): bez označení: statisticky nevýznamné rozdíly, * = $p < 0,05$.

Obrázek 14.

Grafické znázornění vývoje mezopické zrakové ostrosti skupiny B.



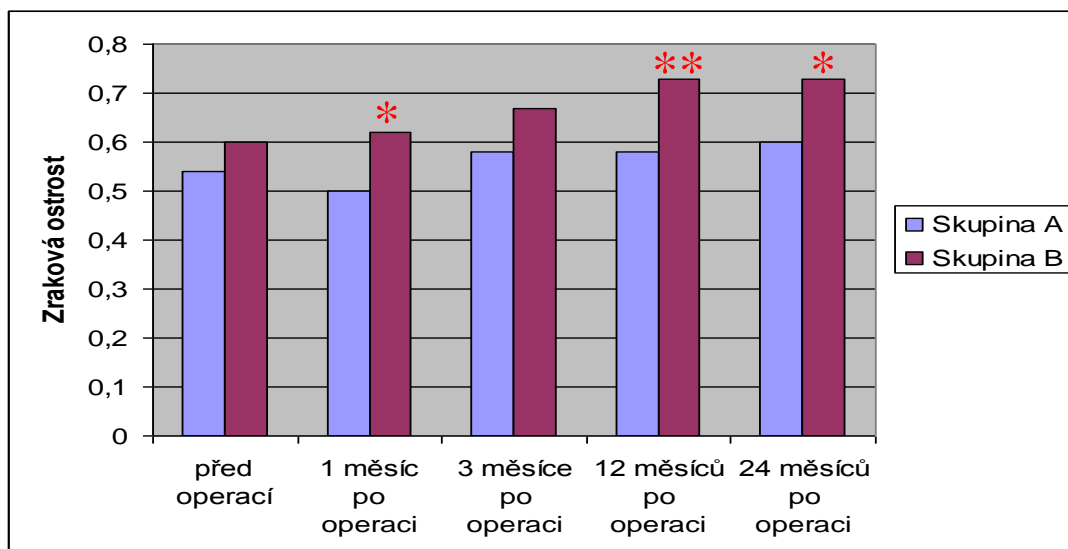
Pozn. P (statistická významnost): * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Rozdíly mezopické ZO mezi skupinami A a B byly statisticky významné v celém pooperačním období s vyššími hodnotami ve skupině B ($p < 0,05$ a $p <$

0,01), viz. obrázek 15.

Obrázek 15.

Grafické znázornění vývoje středních hodnot mezopické zrakové ostrosti ve skupinách A a B.



Pozn. Statisticky významný rozdíl mezi skupinami A a B byl zjištěn od prvního měsíce po operaci s významně vyššími hodnotami ZO ve skupině B; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.

VII. 3. Kontrastová citlivost

Kontrastovou citlivost (KC) jsme vyšetřili předoperačně s korekcí a pooperačně do 24 měsíců bez korekce.

VII. 3.1. Fotopická kontrastová citlivost

Předoperační fotopická KC se mezi skupinami A a B lišila v převážné většině prostorových frekvencí jen nevýznamně, s výjimkou nejnižší frekvence 0,74 c/deg s vyšší hodnotou ve skupině B ($p < 0,05$).

Pooperační fotopická KC se ve skupině A mění jen statisticky nevýznamně, ve

většině prostorových frekvencí se hodnoty za 1 měsíc pooperačně nejprve nevýznamně snižují a v dalších termínech vyšetření narůstají mírně nad původní úroveň (tabulka 6 a obrázek 16).

Tabulka 6.

Fotopická kontrastová citlivost [dB] ve skupině A (Esiris).

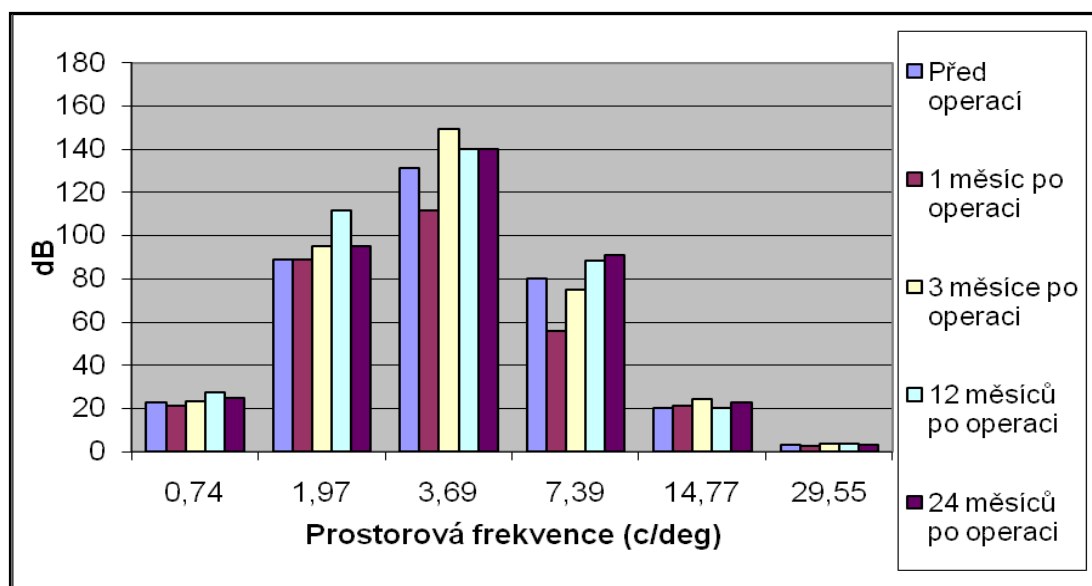
Vyšetření	n	Kontrastní citlivost	c/deg					
			0,74	1,97	3,69	7,39	14,77	29,55
před operací	46	Průměr	22,91	89,13	131,45	80,01	20,1	3,07
		SD	7,22	28,04	44,4	26,81	6,97	0,7
1 měsíc po operaci	34	Průměr	21,23	89,13	131,86	81,08	21,04	2,7
		SD	7,64	27,34	43,60	27,23	7,02	1,12
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
3 měsíce po operaci	32	Průměr	23,37	95,09	149,62	84,99	24,41	3,73
		SD	9,13	30,39	48,72	25,24	7,96	1,19
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
12 měsíců po operaci	36	Průměr	27,5	111,86	140,24	88,22	24,1	3,5
		SD	9,54	32,37	42,61	20,24	8,78	1,17
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
24 měsíců po operaci	38	Průměr	24,94	95,9	140,24	91,07	23,88	3,28
		SD	9,13	38,11	52,05	32,32	8,29	1
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P(statistická významnost) představuje rozdíl

proti hodnotám před operací; n.s. = statisticky nevýznamné rozdíly.

Obrázek 16.

Grafické znázornění vývoje fotopické kontrastové citlivosti ve skupině A.



Ve skupině B je trend obdobný pouze v nízkých prostorových frekvencích (0,74 a 1,97 c/deg). Ve středních a vysokých prostorových frekvencích se fotopická KC pooperačně zvyšuje, za 1 měsíc nevýznamně a v následujících termínech již převážně statisticky významně nad předoperační úroveň ($p < 0,05$ až $p < 0,001$), jak je znázorněno v tabulce 7 a na obrázku 17.

Tabulka 7.

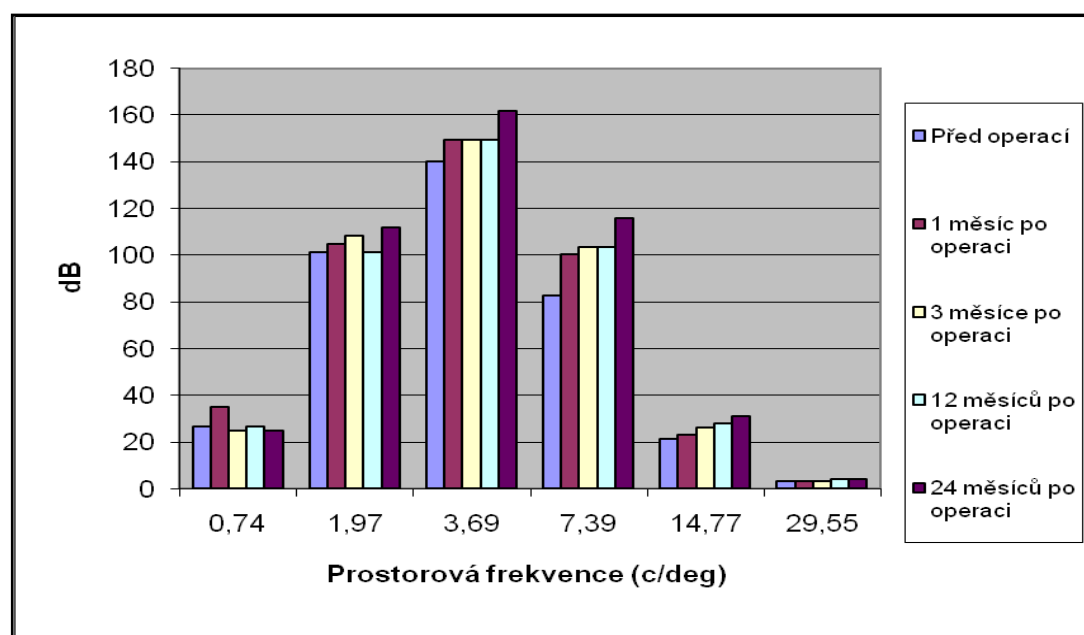
Fotopická kontrastová citlivost [dB] ve skupině B (Amaris).

Vyšetření	n	Kontrastní citlivost	c/deg					
			0,74	1,97	3,69	7,39	14,77	29,55
před operací	64	Průměr	26,61	101,45	140,24	82,69	21,44	3,07
		SD	7,31	23,9	42,08	33,57	12,53	0,82
1 měsíc po operaci	50	Průměr	24,94	104,85	149,62	100,41	22,88	3,07
		SD	8,85	30,88	52,83	42,1	11,55	1,86
		P	n.s.	n.s.	*	n.s.	n.s.	n.s.
3 měsíce po operaci	48	Průměr	24,94	108,24	149,62	103,66	26,04	3,28
		SD	7,57	24,54	43,65	30,75	11,44	1,28
		P	n.s.	n.s.	*	*	n.s.	*
12 měsíců po operaci	56	Průměr	26,61	101,45	149,62	103,66	27,78	3,98
		SD	6,42	18	33,56	32,45	10,58	1,75
		P	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	**
24 po operaci	60	Průměr	24,94	111,86	161,71	115,89	30,87	3,98
		SD	5,61	24,71	31,12	32,43	12,04	1,53
		P	n.s.	n.s.	**	**	**	**

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P (statistická významnost) představuje rozdíl proti hodnotám před operací.: n.s. = nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.

Obrázek 17.

Grafické znázornění vývoje fotopické kontrastové citlivosti skupiny B.



Pooperačně jsou rozdíly ve fotopické KC mezi skupinami A a B v nízkých prostorových jen nevýznamné. Ve středních frekvencích jsou hodnoty převážně významně vyšší ve skupině B a ve vysokých frekvencích jsou do 12 měsíců vyšší jen nevýznamně, za 24 měsíců významně (tabulka 8).

Tabulka 8.

Statistická významnost rozdílů fotopické KC mezi skupinou A a B.

Vyšetření	c/deg					
	0,74	1,97	3,69	7,39	14,77	29,55
před operací	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 měsíc po operaci	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.
3 měsíce po operaci	n.s.	n.s.	n.s.	**	n.s.	n.s.
12 měsíců po operaci	n.s.	n.s.	n.s.	*	*	n.s.
24 měsíců po operaci	n.s.	n.s.	**	**	**	*

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P (statistická významnost) představuje rozdíl KC v odpovídajícím čase a prostorové frekvence mezi skupinou A a B; n.s. = nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.

VII. 3.2. Mezopická kontrastová citlivost

Předoperační mezopická KC se mezi skupinami A a B lišila v převážné většině prostorových frekvencí jen nevýznamně, s výjimkou nejnižší frekvence 0,74 c/deg s vyšší hodnotou ve skupině B ($p < 0,05$).

Pooperační mezopická KC ve skupině A se za měsíc pooperačně snižuje, významně v nízkých a středních frekvencích ($p < 0,05$), nevýznamně ve vysokých frekvencích. Následně hodnoty KC narůstají a liší se od předoperačních již jen

nevýznamně, avšak ve většině prostorových frekvencí zůstávají nižší v porovnání s výchozí úrovní (tabulka 9 a obrázek 17).

Tabulka 9.

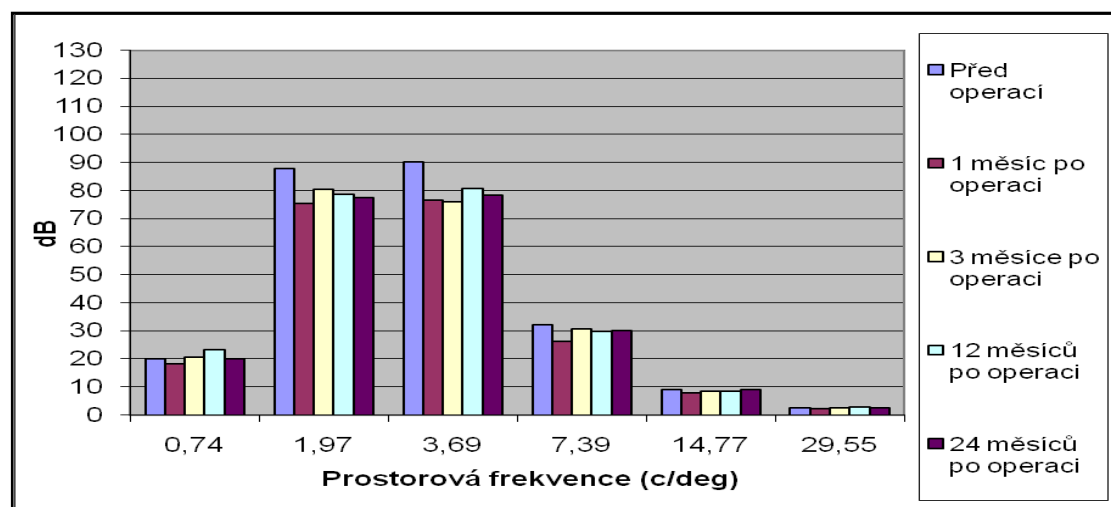
Mesopická kontrastová citlivost [dB] ve skupině A (Esiris).

Vyšetření	n	Kontrastní citlivost	c/deg					
			0,74	1,97	3,69	7,39	14,77	29,55
před operací	46	Průměr	20,04	87,79	90,3	32,31	9,13	2,53
		SD	5,93	19,12	33,16	15,12	4,91	0,47
1 měsíc po operaci	34	Průměr	18,23	75,34	76,63	26,29	7,93	2,22
		SD	5,77	21,7	18,87	9,46	2,28	1,11
		P	*	*	*	*	n.s.	n.s.
3 měsíce po operaci	32	Průměr	20,54	80,39	76,09	30,85	8,63	2,53
		SD	6	29,62	19,51	10,22	3,22	0,61
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
12 měsíců po operaci	36	Průměr	23,37	78,85	80,92	29,82	8,66	2,88
		SD	7,36	35,85	23,86	10,3	3,97	0,6
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
24 měsíců po operaci	38	Průměr	20,04	77,39	78,47	30,24	9,04	2,7
		SD	6,45	20,2	20,89	11,32	2,13	0,88
		P	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P(statistická významnost) představuje rozdíl proti hodnotám před operací.: n.s. = nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$.

Obrázek 18.

Grafické znázornění vývoje mezopické kontrastové citlivosti skupiny A.



Ve skupině B se za 1 měsíc mezopická KC v prostorových frekvencích 0,74 a 29,55 c/deg významně snižuje ($p < 0,05$), v ostatních frekvencích se mění jen nevýznamně. V nízkých frekvencích se následně navrácí na původní úroveň. Ve středních a vysokých prostorových frekvencích se od 3. měsíce pooperačně zvyšuje převážně statisticky významně ($p < 0,01$ a $p < 0,001$) nad výchozí stav (tabulka 10 a obrázek 19).

Tabulka 10.

Mezopická kontrastová citlivost [dB] ve skupině B (Amaris).

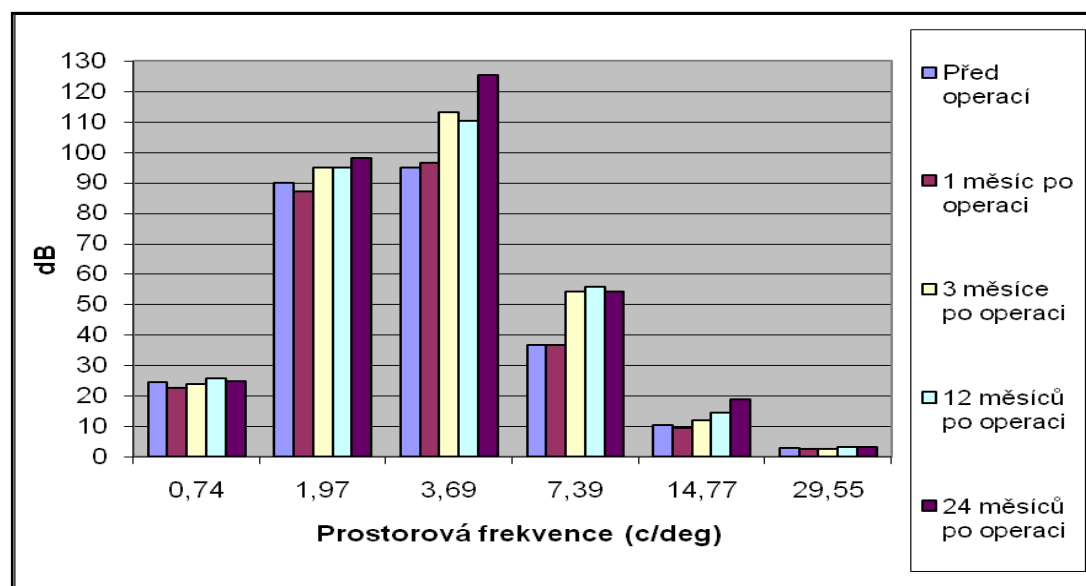
Vyšetření	n	Kontrastní Citlivost	c/deg					
			0,74	1,97	3,69	7,39	14,77	29,55
před operací	64	Průměr	24,61	90,09	95,09	36,78	10,52	2,88
		SD	7,41	27,38	36,49	13,67	3,01	0,72
1 měsíc po operaci	50	Průměr	22,64	87,13	96,45	36,78	9,55	2,53
		SD	8,49	35,83	46,34	10,63	10,29	0,61
		P	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	*
3 měsíce po operaci	48	Průměr	23,91	95,09	113,20	54,25	11,97	2,70
		SD	5,65	32,49	58,43	13,92	8,87	0,83
		P	n.s.	n.s.	n.s.	***	n.s.	n.s.
12 měsíců po operaci	56	Průměr	25,71	95,07	110,20	55,76	14,57	3,18
		SD	6,95	24,51	45,55	28,89	9,79	0,82
		P	n.s.	n.s.	n.s.	***	**	**
24 měsíců po operaci	60	Průměr	24,94	98,27	125,45	54,25	18,84	3,28
		SD	7,6	27,66	49,99	19,29	8,83	0,86
		P	n.s.	n.s.	**	**	***	***

Pozn.: P „statistická významnost“ představuje rozdíl proti hodnotám před operací.:

n.s. = nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$; *** = $p < 0,001$.

Obrázek 19.

Grafické znázornění vývoje mezopické kontrastové citlivosti skupiny B.



Pooperačně jsou rozdíly v mezopické KC mezi skupinami A a B převážně statisticky významné s vyššími hodnotami ve skupině B s výjimkou vysokých frekvencí za 1 a 3 měsíce pooperačně ($p < 0,05$ a $p < 0,01$).

Tabulka 11.

Statistická významnost rozdílů mezopické KC mezi skupinami A a B.

Vyšetření	c/deg					
	0,74	1,97	3,69	7,39	14,77	29,55
před operací	*	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
1 měsíc po operaci	*	**	*	*	n.s.	n.s.
3 měsíce po operaci	n.s.	*	*	*	n.s.	n.s.
12 měsíců po operaci	*	*	**	*	**	*
24 měsíců po operaci	n.s.	*	**	**	**	*

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P., „statistická významnost“ představuje rozdíl KC

v odpovídajícím čase a prostorové frekvence mezi skupinou A a B; n.s. = nevýznamné rozdíly; * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$.

VII. 4. Citlivost k oslnění

Citlivost k oslnění jsme u pacientů testovali jen pooperačně, protože v předoperačním období jsme neměli Straylight Meter k dispozici.

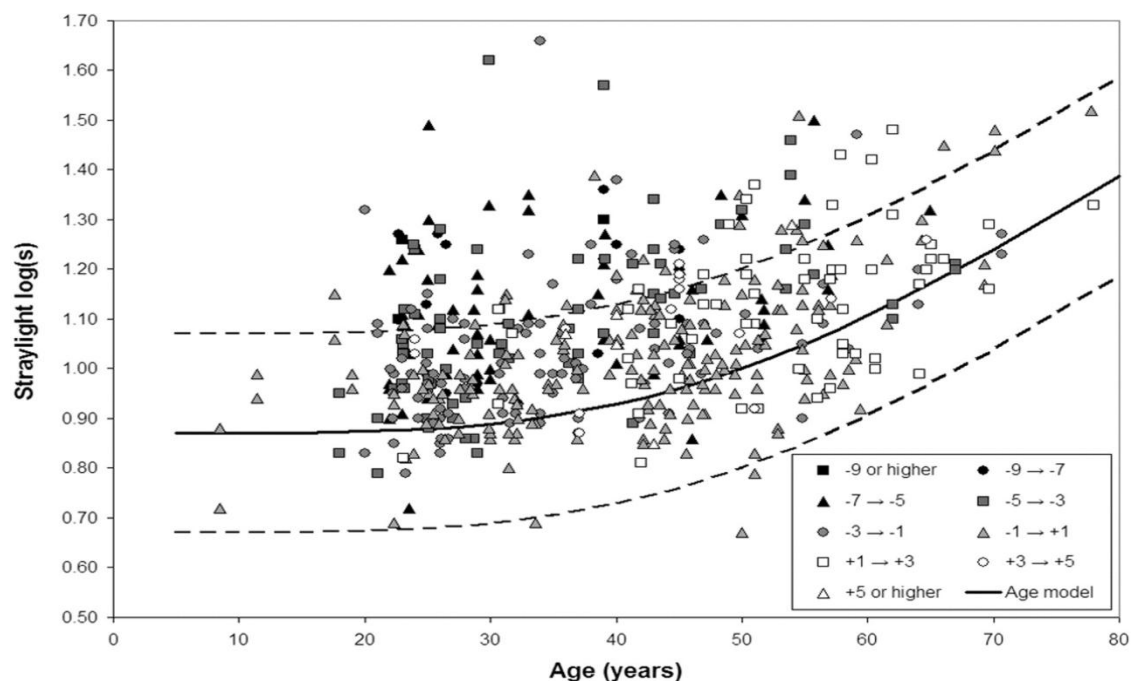
Normální rozmezí citlivosti k oslnění pacientů v závislosti na věku poskytnutých výrobcem přístrojového vybavení jsou znázorněny na obrázku 20.

Z grafu je patrné progresivní narůstání citlivosti k oslnění se zvyšujícím se věkem a rostoucí refrakční vadou.

Obrázek 20.

Graf s normálními hodnotami citlivosti k oslnění na přístroji

Straylightmeter(C-Quant, Oculus Optikgeräte GmbH, Německo).

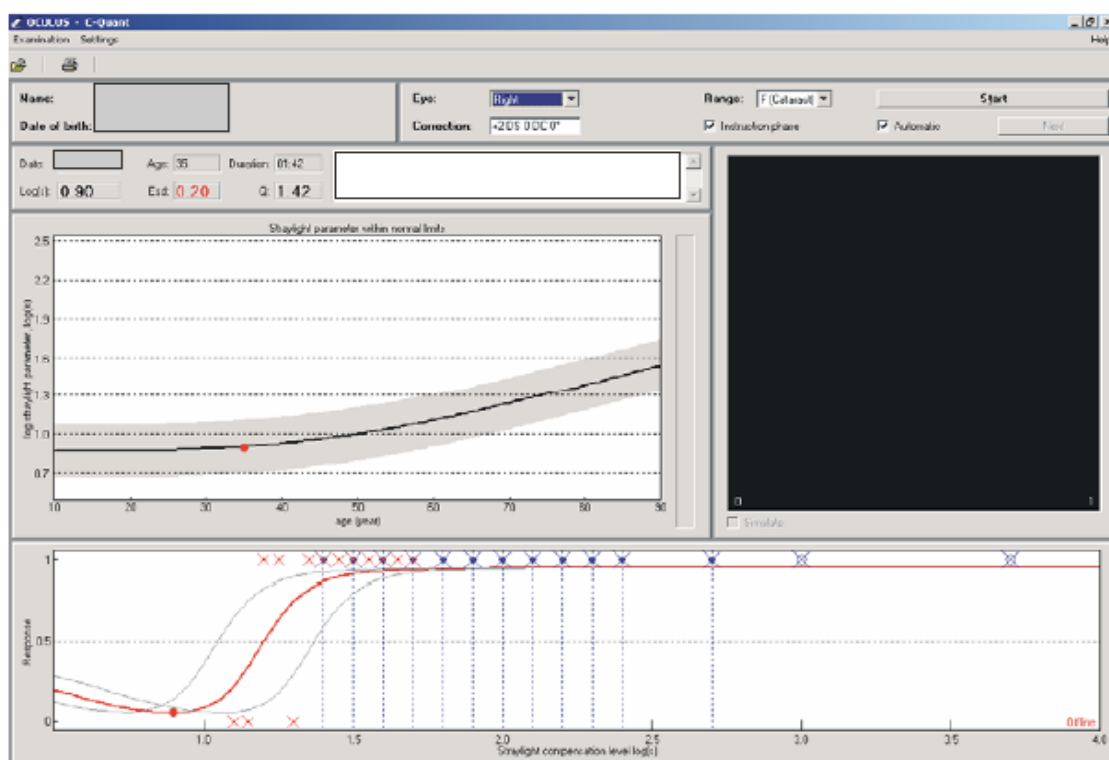


Na ose x je věk, na ose y pak citlivost k oslnění [log(s)]; Legenda obrázku popisuje různé symboly pro pacienty dle refrakce (RetinalStraylight as a function of age and ocular biometry in healthy eye; čerpáno z literatury č. 56).

Citlivost k oslnění pacientů skupin A i B se v obou termínech vyšetření za 12 a 24 měsíců pooperačně nacházela v normálním rozmezí. Příklad výsledku konkrétního pacienta je na obrázku 21. Hodnoty citlivosti k oslnění jsou prakticky shodné za 12 i 24 měsíců ve skupině A ($0,97 \pm 0,17$ logs a $0,96 \pm 0,35$ logs) i ve skupině B ($0,88 \pm 0,15$ logs a $0,88 \pm 0,17$ logs). Hodnoty ve skupině B byly statisticky významně nižší než ve skupině A v obou termínech vyšetření ($p < 0,05$), viz tabulka 12 a obrázek 22.

Obrázek 21.

Příklad výsledku testování citlivosti k oslnění na přístroji Straylightmeter (C-Quant, Oculus Optikgeräte GmbH, Německo).



Na ose x je věk pacienta a na ose y je citlivost k oslnění [log(s)]. Horní obrázek: Červený bod označuje hodnotu citlivosti k oslnění daného pacienta. Černá linie označuje medián a šedivý pruh pak normální rozmezí hodnot pro daný věk (5 a 95% percentil). Dolní obrázek: znázorňuje průběh vyšetření pacienta.

Tabulka 12.

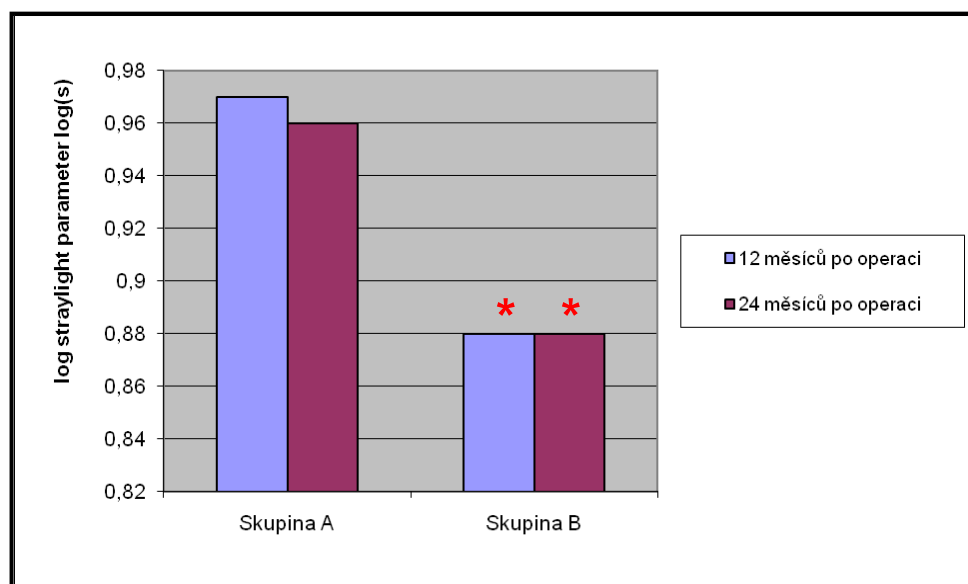
Citlivost k oslnění obou skupin pacientů za 12 a 24 měsíců pooperačně a statistická významnost rozdílů mezi skupinou A a skupinou B.

Termín vyšetření		Skupina A	Skupina B	P
12 měsíců po operaci	Průměr	0,97	0,88	*
	SD	0,17	0,15	
24 měsíců po operaci	Průměr	0,96	0,88	*
	SD	0,35	0,17	

Pozn. SD: směrodatná odchylka; P (statistická významnost) představuje rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu. * = $p < 0,05$.

Obrázek 22.

Grafické znázornění výsledků citlivosti k oslnění v obou skupinách pacientů.



Pozn. P (statistická významnost) představuje rozdíl mezi skupinou A a B ve stejném termínu. * = $p < 0,05$.

VIII. Diskuze

S rozvojem refrakční chirurgie a s rozvíjejícím se povědomím ve společnosti o této možnosti léčby refrakčních vad rostou i nároky pacientů na výsledek dané operace. V poslední době jsou také častější soudní procesy, které se zabývají touto problematikou. Proto je snahou současné refraktivní chirurgie nejen nejlepší objektivní výsledek, ale i vysoká míra spokojenosti pacientů. Tento fakt se odráží i v novějších zahraničních studiích, které se zabývají zjištěním předoperačních rizikových faktorů, které mohou negativně ovlivnit jinak výborný výsledek refrakčního zákroku.

VIII. 1. Subjektivní obtíže

V našem souboru jsme se zaměřili na sledování vývoje subjektivních obtíží pacientů po provedeném laserovém zákroku a zároveň na porovnání jejich četnosti při použití dvou typů laserů. Dále jsme sledovali výskyt poruch nočního vidění - tzv. "night vision disturbances" (NVD). Při vytváření dotazníku jsme vycházeli z předpokladu, že spokojenost pacientů po provedeném operačním zákroku není jen jednorozměrnou veličinou. Zatímco pacienti mohou být na jedné straně spokojeni s výsledkem refrakčního zákroku, mohou být na druhé straně nespokojeni v jednotlivých oblastech jako jsou skotopické vizuální symptomy nebo pocit suchého oka.

Při hodnocení spokojenosti pacientů s kvalitou vidění pooperačně jsme rok po operaci našli 100% celkovou spokojenost v obou skupinách pacientů. Statisticky významný rozdíl byl pouze ve sledovaných odpovědích v krátkém časovém období po operaci. Podobné výsledky se týkají i vidění do dálky, kde zaznamenáváme téměř

100% spokojenost pacientů, podobně jako ve studii Baileyho a Tuana (6, 66).

Celková spokojenost pacientů úzce souvisí zejména s nekorigovanou zrakovou ostrostí (NZO). Po refrakční operaci dosáhlo 100% pacientů NZO 1,0 a lepší, což je ve shodě s publikovanými studiemi (19, 41). Zajímavé bylo zjištění, že ve skupině pacientů, u kterých byl proveden zákrok s použitím novější laserové technologie bylo více pacientů nespokojených s viděním do blízka krátce po operaci; tento rozdíl však nebyl statisticky významný.

Symptomy suchého oka se vyskytují ve 4 - 9% u pacientů po refrakční operaci (6). Pocit pálení a tlaku v očích u našich pacientů byl v dlouhodobém sledování vyšší ve skupině B, ale rozdíl nebyl statisticky signifikantní. Umělé slzy musí trvale používat jen 4 pacienti (14,80%) z celého sledovaného souboru. Obdobných příznivých výsledků bylo dosaženo i v otázce týkající se potíží v zakouřeném prostředí, na rozdíl od předchozích studií (19).

Téměř žádné problémy neměli naši pacienti s následujícími běžnými denními aktivitami jako je čtení při normálním denním světle a při umělém osvětlení. Rovněž 89% našich pacientů v jednotlivých skupinách nemělo žádné problémy při práci na počítači, naproti tomu ve studii Mc Gheea a spol. (41) neudávaly obtíže pouze dvě třetiny pacientů. Zajímavé bylo statistické vyhodnocení odpovědí, které se týkaly sledování televize a sportu. Zde byl nalezen statisticky signifikantní rozdíl ale pouze měsíc po operaci, při srovnání obou použitých technologií převažovala vyšší spokojenost ve skupině B.

V druhé části dotazníkového šetření jsme se zaměřili především na výskyt obtíží s nočním viděním, které souvisí s problémy při řízení motorového vozidla.

Významně spokojenější byli pacienti ve skupině B také v pocitu zhoršeného vidění v noci pouze měsíc po operaci, kdy ve skupině B mělo v této době obtíže jen 5,26% pacientů. S delším časovým odstupem od operace se tyto obtíže snižovaly. S tím také souvisí nárůst průměrných hodnot odpovědí v obou skupinách (8,33 a 8,37 resp.). Zajímavé bylo zjištění, že po provedení laserového zákroku novější technologií měli pacienti častěji problémy při vidění v mlze (10,53%) a za šera (10,53%) v časném pooperačním období na rozdíl od starší technologie. Tento rozdíl nebyl ale statisticky významný. Se změněnými světelnými podmínkami jsou jistě spojeny i problémy při řízení motorového vozidla v noci. Překvapující bylo i zjištění, že se významně lišily odpovědi, které se týkaly řízení motorového vozidla i za denního světla. Měsíc po operaci byli spokojenější pacienti, kteří byli ošetřeni novějším typem laseru; zde nalzáme souvislost s kolísáním zrakové ostrosti pooperačně. Avšak v dlouhodobém sledování (12 měsíců pooperačně) už byly odpovědi v obou skupinách srovnatelné. Tím se liší naše výsledky od studií předchozích dotazníkových šetření (19, 26, 41), kde problémy udávala v průměru jedna desetina pacientů po refrakčním zákroku provedeném klasickou metodou.

Termín poruchy nočního vidění - tzv. „*night vision disturbance*“ (NVD) popisuje pokles kvality vidění v důsledku pocitu oslnění, snížené kontrastní citlivosti a následné degradaci obrazu. Terminologie týkající se NVD je v anglické literatuře někdy matoucí. Jako „*glare*“ se označuje prudké ostré světlo, „*dazzle*“ znamená pocit částečného přechodného oslnění při rozptylu nebo nadměrného množství světla. Tyto dva fenomény způsobují přechodné zhoršení vidění v noci. Dále „*starburst*“ znamená pravidelný radiální rozptyl bodu světla (55). Bailey udává výskyt jednotlivých aspektů NVD takto: glare 30%, starburst 24,50% (6). Příčiny

vzniku problémů s nočním viděním jsou multifaktoriální. Za rizikové faktory pro vznik subjektivních obtíží v noci nebo za sníženého osvětlení označují Pop a kol. (53) věk pacienta vyšší než 50 let, hodnotu dosaženého sférického ekvivalentu pooperačně přesahující $\pm 0,5$ D a předoperační refrakci vyšší než -5,00 dpt. Negativní vliv vyšší předoperační refrakce na NVD zjistil také Bamashmus a kol. (7), který popsal glare u 34% pacientů a zhoršení nočního vidění u 3,5% pacientů. Na každou jednu dioptrii myopie byl zaznamenán nárůst pocitu oslnění o 9% a na každých 12 μm ablace subjektivní nárůst „halo fenoménu“ o 17 % (5, 37) a starburst o 13%. Bailey (5) považuje také nižší hodnoty předoperační keratometrie za další rizikový faktor NVD.

V současné době není mnoho studií, které se zabývají porovnáním subjektivních obtíží při provedení refrakčního zákroku za použití standardního ablačního profilu a za použití wavefront analýzy. Zlepšení subjektivních obtíží je zaznamenáno především u pacientů po klasickém LASIKu, kteří podstoupili reoperaci za využití wavefront analýzy (1, 2, 54, 60).

Yu (71) zjistil především významný rozdíl v rychlosti zlepšení subjektivních potíží tehdy, pokud byla provedena ablace dle wavefront analýzy. Indukované změny se sice zlepšují v čase, ale nedosáhnou předoperační úrovně během 12 pooperačních měsíců (10).

Mezi další nepříjemné funkční poruchy vidění, na které si pacienti po laserových zákrocích stěžují, patří kruhy kolem světelného zdroje, ve světové literatuře označované jako „halo“. Klasická teorie předpokládá, že tento fenomén po refrakčním zákroku vzniká, pokud je průměr ablační zóny menší než průměr zornice

měřený za mezopických podmínek. Při průchodu světelného paprsku rohovkou tak vzniká jedno ohnisko na sítnici (při průchodu centrální částí rohovky) a druhé ohnisko před nebo za sítnicí (při průchodu světelného paprsku neošetřenou částí rohovky). Tím vzniká na sítnici druhý obraz, který překrývá tzv. „správný“ obraz a způsobí tvorbu kruhů kolem světelného zdroje (33). Z našeho sledování vyplynulo, že výskyt tohoto problému byl těsně po operaci 50,00% (skupina A) a 33,00% (skupina B); ve skupině A postupně obtíže ustupují s výslednou hodnotou 22,20%, naproti tomu ve skupině B narůstají a jsou přítomné u 52,60% pacientů za 12 měsíců pooperačně. Také Schallhorn a spol. (58), a Lackner a spol. (33), zjistili subjektivními i objektivními metodami výrazné zhoršení tohoto jevu v prvním měsíci pooperačně a postupné mírné zlepšování. Obecně se udává výskyt tohoto fenoménu asi u jedné třetiny pacientů (5, 6, 16). Po wavefront - guided refrakčním zákroku zatím mnoho údajů k dispozici není, ale také Tahzib (63) v dlouhodobém sledování pacientů zjistil překvapující incidenci „halo fenoménu“ (až v 52,80%).

I když předoperační měření průměru zornice představuje nesmírně důležitý parametr jak pro vlastní laserový zákrok, tak pro predikci pooperačních subjektivních obtíží pacientů (23, 42, 58), nověji se ve světové literatuře objevují odlišné názory ohledně podílu průměru zornice na vzniku subjektivních obtíží za podmínek sníženého oslnění nebo v noci. V několika sděleních (5, 20, 53, 68) nebyla statisticky prokázána korelace mezi subjektivními obtížemi (tzn. pocitu oslnění a „halo fenomén“) a velikostí zornice po provedení refrakčního zákroku bez a s použitím wavefront technologie (66). Pravděpodobně příznivý vliv na redukci vlivu zornice má u modernějších laserů maximalizace optické zóny a použití tzv. přechodové zóny, která zajišťuje hladký přechod do periferní, laserem neošetřené

rohovky (30). Určit rizikovou velikost zornice pro případný pooperační dyskomfort pacientů je obtížné. Ze statistických výsledků vyplývá, že do skupiny s tzv. vysokým rizikem výskytu „haló fenoménu“ pooperačně patří především pacienti se zornicemi širšími než 6 mm měřenými za skotopických podmínek (16, 20). Přesto užší zornice automaticky neznamena, že pacient bude zcela bez obtíží (20). Helgesen a spol. (20) ve své studii dává těsnou korelaci výskytu potíží s nočním viděním a velikostí tzv. skotopické zornice, podobnou korelaci mezi glare a velikostí zornice udává i Kerizian a spol. (29).

V hodnocení subjektivních obtíží pacientů je nutné také zohlednit jistou míru adaptace na nově vzniklou situaci (6, 63) a individuální subjektivní zpracování nové kvality vidění (57) po provedeném laserovém zákroku. Tyto dva aspekty nelze v některých případech zlepšit ani optimálně provedenou operační technikou.

VIII. 2. Zraková ostrost, kontrastová citlivost a citlivost k oslnění

Testování vysokokontrastní ZO představuje základní oční vyšetření, které je stále pokládáno za zlatý standard jak v klinické praxi, tak i ve výzkumu. K citlivějším metodám patří testování ZO za nízkých hladin osvětlení (za mezopických podmínek s osvětlením 3 cdm^{-2}), určování KC a citlivosti k oslnění, které napodobují podmínky reálného života a poskytují „objektivizaci“ každodenního zrakového vnímání pacienta. Svě uplatnění mají všude tam, kde dochází k minimálním změnám zrakového vnímání subjektivně popisovaných pacientem a jednou z takových oblastí je jistě i refrakční chirurgie. Uvedené veličiny spadají do oblasti poruchy nočního vidění - tzv. „*night vision disturbance*“, a byly již částečně prodiskutovány v předchozí kapitole VIII.1.

VIII. 2. 1. Zraková ostrost

V našem souboru se fotopická ZO ve skupině A za měsíc po operaci přechodně významně snížila, a poté dosáhla předoperační úrovně. Ve skupině B se ZO do tří měsíců změnila jen nevýznamně a za 12 a 24 měsíců se dokonce významně zvýšila nad předoperační úroveň. Mezopická ZO se ve skupině A pooperačně nevýznamně zvyšuje a ve skupině B se zvyšuje od 3. měsíce dokonce statisticky významně oproti předoperačním hodnotám. Pooperační hodnoty ZO jsou významně vyšší ve skupině B v porovnání se skupinou A. Zvýšení ZO ve skupině B pooperačně v našem souboru si vysvětlujeme šetrnějším zákrokem, který je zkrácen a je zvýšena jeho přesnost s následným „superhladkým“ povrchem ablace a s počítačem „na míru“ vypočítanou přechodovou zónou optimalizovaného asférického profilu ablace. Rohovka byla navíc chráněna zajištěním optimální teploty a dynamické adaptace distribuce laserových pulzů, což snižuje riziko rozvoje mikrostrií. A konečně vysoká přesnost umístění každého z individuálních laserových pulzů byla zajištěna použitím turbo eyetrackeru.

Naše výsledky fotopické ZO ve skupině A jsou srovnatelné se studií Junga a kol. (25), kteří použili Wave Eye-Q laser system (Alcon, Fort Worth, TX, USA) a také popisují signifikantní snížení NKZO na standardizovaných log MÚR tabulích u 108 očí s myopií od -0,5 dpt do -5,75 dpt za 1 měsíc po operaci a jejich zvýšení za 3 měsíce, kdy se ZO lišila jen nevýznamně od předoperačních hodnot. Také Manche a kol. (40) zaznamenali významný pokles ZO při 25% a 5% kontrastu za 1 měsíc po zákroku (VISX Star Custom Vue S4 IR excimer laser; Abbott Medical Optics, Santa Anna, California) a následné zvýšení ZO po 3 měsících na ETDRS tabulích u 68 očí s myopií od -0,75 dpt do -8,13 dpt. Jako důvod pro přechodné snížení zrakových

funkcí po zákroku uvádějí autoři kromě mikrostrií také povrchní eroze epitelu, haze, pomalou normalizaci epiteliálních adhezí a optickou aberaci na okrajích ablační zóny. Za 12 měsíců stejní autoři popisují NZO 20/20 u 94% očí po LASIKu a u 97% očí po PRKu (40). Obdobný trend vývoje NZO zjistili Hatch a kol. (18) u 52 očí s myopií od -1,5 dpt do -8,5 dpt ošetřených na stejném typu laseru. Barreto a kol. (9) zaznamenal u 22 očí s myopií do -5,0 dpt (NIDEK Advanced Vision Excimer Laser System) výskyt haze za 1 měsíc po operaci, který progreduje do 3. měsíce, a poté se postupně se snižuje do 6 měsíců po zákroku. Tomu odpovídal i vývoj pooperační ZO, kdy se její hodnoty nejprve snižují a od 6. měsíce opět narůstají(9). Podobně jako my ve skupině B, zjistil Jabbarvand a kol. (24) zlepšení ZO za 1 i 3 měsíce za fotopických i mezopických podmínek u 82 očí s myopií v rozmezí -0,75 dpt do -4,0 dpt ošetřených na excimerovém laseru NidekEC-5000. Popsal také slabou korelaci mezi haze a mezopickou ZO s i bez oslnění. Lasery VISX, NIDEK a Wave Eye-Q umožňují použití optimalizovaných asférických profilů a mají turbo eyetracker.

VIII. 2. 2. Kontrastová citlivost

Při vyšetřování KC je třeba vzít v úvahu, že testování je prováděno u pacientů, kteří nemají žádné zkušenosti s psychofyziologickým testováním. Na okolnost, že naivní pozorovatelé mohou reagovat jinak, než zkušení, upozorňují Woods a Thomson (69), kteří podobná měření prováděli na skupině osob, majících rozsáhlé zkušenosti s psychofyziologickým měřením. Proto je třeba k určování KC zvolit jednoduchou, spolehlivou, dobře reprodukovatelnou, a také dostatečně citlivou metodu.

Kontrastová citlivost stále není obligátní součástí vyšetřování zrakových

funkcí v refrakční chirurgii a testování zrakových funkcí za mezopických podmínek je stále spíše výjimkou. Autoři používají rozdílné metody, převažují různé typy tabulí s nebo bez vlastního zdroje osvětlení. Na principu sinusových pruhů jsou založeny CSV-1000 tabule (15, 18, 24), Ginsburgovy tabule MCT 8000 (15, 51) a VCTS 6500 (9, 51). Písmenovou KC určují Pelliho-Robsonovy tabule (64). K počítačovým metodám patří například Mentor B-VAT (15), Holladay Contrast Test a Holladay Near test (22), Optec 6500 (21) a námi použitá Contrast sensitivity 8010 system, jejíž reprodukovatelnost a senzitivitu jsme opakovaně potvrdili (32, 35).

V našem souboru se ve skupině A mění pooperační fotopická KC jen statisticky nevýznamně, ve většině prostorových frekvencí se hodnoty za 1 měsíc nevýznamně snižují a v dalším průběhu narůstají mírně nad původní úroveň. Mezopická KC se nejprve snižuje, ve většině frekvencí významně. Následně hodnoty KC narůstají, avšak zůstávají nižší v porovnání s výchozím stavem. Ve skupině B se KC přechodně snižuje pouze v nízkých prostorových frekvencích, ve středních a vysokých frekvencích se fotopická i mezopická KC pooperačně zvyšuje, za 1 měsíc nevýznamně a v následujících termínech již převážně významně nad předoperační úroveň. Pooperační fotopická i mezopická KC je pooperačně vyšší ve skupině B v porovnání se skupinou A, a to převážně statisticky významně. Lepší výsledky KC ve skupině B v porovnání se skupinou A v našem souboru si vysvětlujeme stejně jako u ZO (viz kapitola VI. 2. 1.). Nelze vyloučit, že naše výsledky KC mohlo pozitivně ovlivnit opakované vyšetřování, jak uvádějí Woods a Thompson (69), kdy se u pacientů zřejmě projevila mírnější kritéria posouzení právě viditelné struktury. Ovšem obdobný vliv lze předpokládat i v ostatních uvedených studiích, kde byla KC také testována vícekrát.

Naše výsledky jsou srovnatelné se studií Barreta a kol. (9) u 22 očí s myopií do -5,0 dpt, kteří uvádějí jen nevýznamné změny fotopické a mezopické KC na VCTS 6500 (Vistech Consultants Inc, Dayton, Ohio) do 12 měsíců po zákroku. Upozorňují však na poměrně malý soubor pacientů a nižší reprodukovatelnost výsledků testování na VCTS tabulích, což mohlo získaná data ovlivnit. Hatch a kol (18) vyšetřili 54 očí (26 očí po PRK a 26 očí po LASIKu na VISX Star Custom Vue S4 IR excimer laseru) s myopií od -1,5 dpt do -8,5 dpt na CSV-1000E tabuli (VectorVision). U LASIKu zjistili jen nevýznamné změny KC pooperačně. Po PRK se však KC za 1 měsíc významně snížila ve frekvencích 3 a 12 c/deg, a poté se navrátila na původní úroveň jen ve frekvenci 12 c/deg. Naproti tomu Jabbarvand a kol. (24) zjistili signifikantní snížení fotopické KC ve všech prostorových frekvencích za 1 týden a 1 měsíc pooperačně u 82 očí s myopií v rozmezí od -0,75 dpt do -4,0 dpt na CSV-1000E tabuli. Za tři měsíce se KC zvyšuje v prostorové frekvenci 3 c/deg, v ostatních frekvencích (6, 9 a 12 c/deg) přetrvávají nižší hodnoty KC ($p = 0,001$). Za 6 měsíců po zákroku KC nadále roste a ve všech frekvencích se liší jen nevýznamně od předoperačních hodnot.

O poklesu mezopické ZO a KC i v případě, kdy se jejich hodnoty za fotopických podmínek mění jen nevýznamně referuje řada publikovaných prací (25, 26, 29, 43, 44, 45, 53, 55) včetně naší studie. Hloubka poklesu KC a její trvání přitom koreluje s výší refrakční vady. Lee a kol. (36) porovnávali výsledky LASIKu a PRKu mezi skupinami 80 myopů $< -6,0$ dpt a 40 myopů $\geq -6,25$ dpt. Zjistili, že pokles mezopické KC ve všech prostorových frekvencích za 1 a 3 měsíce je obdobný po PRK i LASIKu, zatímco za 6 měsíců byly výsledky mezopické KC horší po PRK než po LASIKu ve frekvencích 6, 9 a 12 c/deg u pacientů s nižší

myopií, zatímco ve skupině $\geq -6,25$ dpt se lišily jen nevýznamně. Také Manche a kol. (40) popisují významně nižší mezopickou KC za 1 měsíc pooperačně pro rohovkové mikrostrie, keratitis punctata a haze.

Na variabilitě výsledků jednotlivých studií se jistě podílí používání různých typů excimerových laserů, rozdílných operačních technik s odlišnou hloubkou ablace, velikostí ablační zóny, rozdílnými profily ablace, dále pak rozdílná pooperační lokální medikace a v neposlední řadě zkušenost operátora.

Za příčinu poklesu KC po PRK je považován nepravidelný rohovkový astigmatismus a u vyšších stupňů refrakční vady také rozptyl světla související s haze. Po LASIKu se KC může snížit zřejmě následkem změn normální fyziologické struktury rohovkových buněk a extracelulární matrix se vznikem vakuol intracelulárně a s nerovnoměrným rozmístěním kolagenních fibril, což způsobuje nepravidelnost povrchu rohovky s nestejnou optickou kvalitou.

Novější studie prokazují, že důležitým negativním faktorem pro vznik problémů při nižších stupních osvětlení je indukce aberací vyšších řádů, zvláště SA po standardní refrakční operaci, a to především v důsledku změny asféricity rohovky, kdy se tvar rohovky mění z původního vyklenutého na plošší. Byla zjištěna korelace především mezi velikostí cílené hodnoty refrakce, tím tedy změněného tvaru rohovky, a vyšší incidencí sférických aberací (3, 10, 68). Čím vyšší je incidence SA, tím vyšší je pravděpodobnost obtíží pacientů (1, 3). Zvýšený výskyt aberací je dáván do souvislosti s nevhodně zvoleným algoritmem ablace, tvorbou lamely, decentrací nebo ztrátou efektivity periferního laserového paprsku, může být také důsledkem remodelace stromatu při hojivém procesu. Proto jsou novější lasery

vybaveny mechanismy, které zabraňují vzniku aberací vyšších řádů. Jedná se o tzv. „optimalizované asférické profily,“ které jsme použili i u našich pacientů, nebo o tzv. „individualizovanou ablaci“ s použitím wavefront analýzy. Gatell a kol. (13) potvrdili významně nižší výskyt SA pacientů po zákroku s asférickým profilem ablace na laseru Amaris v porovnání s klasickým profilem ablace na laseru Esiris. Řada studií (8, 46, 48, 61) popsala, že individualizovaná ablace má pozitivní vliv na zachování KC a nezvyšuje ani citlivost k oslnění vedoucí k rozvoji NVD. Pokud se jedná o tzv. rizikové aberace, Sharma (60) a spol. a Chalita a spol. (10) ve svých studiích zjistili silnou korelaci tzv. horizontální comy a monokulární diplopie, a dále sférické aberace a tzv. starburst a glare.

VIII. 2. 3. Citlivost k oslnění

V našem souboru pacientů byla citlivost k oslnění v obou skupinách a v obou termínech vyšetření za 12 a 24 měsíců pooperačně v normálním rozmezí v závislosti na věku. Citlivost k oslnění ve skupině B byla statisticky významně nižší než ve skupině A v obou termínech vyšetření.

Barreto a kol. (9) nezaznamenali významné rozdíly mezi předoperačními a pooperačními hodnotami citlivosti k oslnění na Straylight Metru u 22 očí s myopií do -5,0 dpt za 12 měsíců pooperačně (NIDEK Advanced Vision Excimer) s hodnotami $1,01 \pm 0,1 \log s$ pro wavefront-guided LASIK a $0,97 \pm 0,12 \log s$ pro wavefront-guided PRK, které byly vyšší v porovnání s našimi výsledky. Zvýšení citlivosti k oslnění o více než $0,2 \log s$ zjistili jen u 2 pacientů mezi 3. a 6. měsícem pooperačně pro výskyt mikrostrií. Také Franssen a kol. (4) popsal jen nevýznamné změny citlivosti k oslnění na Straylightmetru u 24 myopů za 1 měsíc po LASIKu

(Technolas 217Z; Bausch & Lomb). Ke zvýšení citlivosti k oslnění o 0,2 log s došlo u dvou pacientů s NZO 20/20 opět pro mikrostrie. Potíže s nočním viděním však udával jen jeden z pacientů.

IX. Příloha

Dotazník pro pacienty podstupující laserový zákrok na rohovce pro odstranění refrakční vady

1. Jakou korekci Vaší brýlové vady používáte nejčastěji?
 - a. brýle
 - b. kontaktní čočky
 - c. střídám brýle a kontaktní čočky
 - d. nenosím žádnou korekci

2. Jak jste nyní spokojen/na s kvalitou Vašeho vidění?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

3. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění do dálky?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

4. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění do blízka?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

5. Pálí Vás oči? Ano - Ne

6. Máte pocit tlaku v očích? Ano - Ne

7. Používáte umělé slzy? Ano - Ne

Pokud ano - jak často.....x denně

8. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění v zakouřeném prostředí?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
9. Jak byste hodnotili Vaši schopnost čtení při normálním osvětlení?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
10. Jak byste hodnotil/la Vaši schopnost čtení při umělém osvětlení?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
11. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění při práci na PC?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
12. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění při sledování TV?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
13. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění při řízení ve dne?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
14. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění při řízení v noci?
Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni
15. Vnímáte při jízdě v autě kruhy kolem světél u protijedoucích automobilů?

Ano - Ne

16. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění při sportování?

Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

17. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění po probouzení?

Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

18. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění v noci?

Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

19. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění v mlze?

Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

20. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění za šera?

Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

21. Jak byste hodnotil/la Vaše vidění za slunečného počasí?

Velmi spokojeni 10 – 9 – 8 – 7 – 6 – 5 – 4 – 3 – 2 – 1 velice nespokojeni

X. Literatura

1. Alió J.L., Pinero D., Muftuoglu O. Corneal wavefront- guided retreatments for significant night vision symptoms after myopic laser refractive surgery. *Am. J. Ophthalmol.* 2008 Jan; 145(1): 65-74.
2. Alió J.L., Pinero D., Puche A.B. Corneal wavefront- guided enhancement for high levels of corneal coma aberration after laser in situ keratomileusis. *J. Cataract Refract Surg.* 2008 Feb; 34(2): 222-231.
3. Arbelaez M.C., Mosquera S. A., The Schwind Amaris total-tech laser as an all-rounder in refractive surgery. *Middle East African Journal of Ophthalmology* 2009 Jan-Mar; 16(1): 46-53.
4. Aslanides I.M., Padroni S., Arba-Mosquera S. Aspheric photorefractive keratectomy for myopia and myopic astigmatism with the Schwind Amaris laser: 2 years postoperative outcomes. *Journal of Optometry* 2013; 6: 9-17.
5. Bailey M.D. Patient Satisfaction and Visual Symptoms after Laser in Situ Keratomileusis. *Ophhtalmology.* 2003 Jul; 110(7): 1371-1378.
6. Bailey M.D., Mitchell G.L., Dhaliwal D.K., Wachler B.S., Olson M.D., Shovlin J.P., Pascucci S.E., Zadnik K. Reasons patients recommend laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract. Surg.* 2004 Sep; 30(9): 1861-1866.
7. Bamashmus M.A., Hubaish K., Alawad M., Alakhlee H. Functional outcome and patient satisfaction after Laser In Situ Keratomileusis for correction of myopia and myopic astigmatism. *Middle East African Journal of ophthalmology* 2015 Jan-Mar; 22(1): 108-114.

8. Barboni M.T.S., Feitosa-Santana C., Barreto J.J., Lago M., Bechara S.J., Alves M.R., Ventura D.F. Longitudinal measurements of luminance and chromatic contrast sensitivity: comparison between wavefront-guided LASIK and contralateral PRK for myopia. *Arq Bras Oftalmol.* 2013; 76(5): 270-273.
9. Barreto J. Jr., Barboni M.T., Feitosa-Santana C., Sato J.R., Bechara S.J., Ventura D.F., Alves M.R. Intraocular straylight and contrast sensitivity after contralateral wavefront-guided LASIK and wavefront-guided PRK for myopia. *J Refract Surg.* 2010 Aug; 26(8): 588-593.
10. Chalita M.R., Krueger R.R. Correlation of aberrations with visual acuity and symptoms. *Ophthalmol. Clin. N. Am.* 2004 Jun; 17(2): 135-142.
11. Fan-Paul N.I., Li J., Miller J.S., Florakis G.J. Night Vision Disturbances after Corneal Refractive Surgery. *Surv. of Ophthalmol.* 2002 Nov-Dec; 47(6): 533-546.
12. Ferris F. L., Krasoff A., Bresnick G. H., Bailey I. New visual charts for clinical research. *Am. J. Ophthalmol.* 1982 July; 94(1):91-96.
13. Gatell J., Mosquera S.A. Comparison of the induced anterior corneal spherical and comatic aberrations between the classic profiles of the ESIRIS system and the aspheric profiles of the AMARIS system. *J Emmetropia* 2011; 2: 37-44.
14. Ginsburg A.P. A new contrast sensitivity vision test chart. *Am J Optom Physiol Opt.* 1984; 61: 403-407.
15. Grosvenor T., Grosvenor T.P. Primary Care Optometry. USA 2007. *Elsevier BV* ISBN 9780750675758.

16. Hammond S.D, Puri A.K., Ambati B.K. Quality of vision and patient satisfaction after LASIK. *Curr. Opin. Ophthalmol.* 2004 Aug; 15(4): 328-332.
17. Han D.CY., Chen J., Htoon H.M., Tan D.TH., Mehta J.S. Comparison of outcomes of conventional WaveLight® Allegretto Wave® and Technolas® excimer lasers in myopic laser in situ keratomileusis. *Clinical Ophthalmology* 2012; 6: 1159-1168.
18. Hatch B.B., Moshirfar M., Ollerton A.J., Mifflin M.D. A prospective, contralateral comparison of photorefractive keratectomy (PRK) versus thin-flap LASIK: assessment of visual function. *Clin Ophthalmol.* 2011; 5: 451–457.
19. Hejzmanová M., Horáčková M., Vlková E. Subjektivní zhodnocení zrakových funkcí a změněné kvality života po laserových refrakčních zákrocích. *Česká a slovenská oftalmologie* 2005 Jan; 61(1): 50-56.
20. Helgesen A., Hjortdal J., Ehlers N. Pupil size and night vision disturbances after LASIK for myopia. *Acta Ophthalmol. Scand.* 2004 Aug; 82(4): 454-460.
21. Hohberger B., Laemmer R., Adler W., Juenemann A.G., Horn F.K. Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC 6500: influence of age and glare. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2007 Dec; 245(12): 1805-1814.
22. Holladay J.T. Advancing contrast testing. *Ophthalmology Management eUpdate.* USA 4/1/2009. Citace 10/7/2015.
23. Holladay J.T. Optical Quality and Refractive Surgery. *Int. Ophthalmol. Clin.* 2003 Spring; 43(2): 119-136.

24. Jabbarvand M., Bakhshi J., Rajabi M.T. Contrast sensitivity after excimer laser photorefractive keratectomy for myopia. *Int J Ophthalmol* 2008; 1(2): 171-174.
25. Jung H.G., Lim T.H. The Recovery of Optical Quality after Laser Vision Correction. *Korean J Ophthalmol*. 2013; 27(4): 249-255.
26. Kahle G., Seiler T., Wollensak J. Report on psychosocial findings and satisfaction among patients 1 year after excimer laser photorefractive keratectomy. *Refr. and Corneal Surg*. 1992 Jul-Aug; 8(4): 286-289.
27. Kanellopoulos A.J., Asimellis G. Long-term bladeless LASIK outcomes with the FS200 Femtosecond and EX500 Excimer Laser workstation: the Refractive Suite. *Clinical Ophthalmology* 2013; 7: 261-269.
28. Kanellopoulos A.J., Asimellis G. Refractive and keratometric stability in high myopic LASIK with high – frequency femtosecond and excimer lasers. *J Refract Surg*. 2013 Dec; 29(12): 832-7.
29. Kezirian G.M., Stonecipher K.G. Subjective assessment of mesopic visual function after laser in situ keratomileusis. *Ophthalmol. Clin. N. Am.* 2004 Jun; 17(2): 211-224.
30. Klyce S. D. Night Vision after LASIK: The Pupil Proclaims Innocence. *Ophthalmology*. 2004 Jan; 111(1): 1-2.
31. Kyprianou G., Macháčková M., Feuermannová A., Rozsival P., Langrová H. Subjektivní zrakové vnímání po laserové operaci myopie provedené na dvou typech laserů. *Česká a slovenská oftalmologie*. 2010; 66(5): 213-219.

32. Kyprianou G., Langrová H., Rozsival P., Feuermannová A. Kontrastní citlivost v refrakční chirurgii. *Česká a slovenská oftalmologie*. 2009; 65(2): 68-70.
33. Lackner B., Pieh S., Schmidinger G., Hanselmayer G., Simader C., Reitner A., Skorpik C. Glare and halo phenomena after laser in situ keratomileusis. *J. Cataract Refract Surg*. 2003 Mar; 29(3): 444-450.
34. Langrová H., Kyprianou G. Citlivost k oslnění a její klinický význam. *Česká a slovenská oftalmologie*. 2007; 63(2): 129-133.
35. Langrová H., Kyprianou G. Nové metody testování zrakové ostrosti, citlivosti na kontrast a citlivosti k oslnění a jejich použití v klinické praxi. In: Rozsival P. *Trendy soudobé oftalmologie*. Praha: Galén, 2007. Svazek 4, s. 73 - 98. ISBN 978-80-7262-470-6.
36. Lee J.E., Choi H.Y., Oum B.S., Lee J.S. A comparative study for mesopic contrast sensitivity between photorefractive keratectomy and laser in situ keratomileusis. *Ophthalmic Surgery Lasers and Imaging*. 2006; 37(4): 298-303.
37. Lee YC., Hu F.R., Wang I.J. Quality of vision after laser in situ keratomileusis. Influence of dioptric correction and pupil size on visual function. *J. Cataract Refract. Surg*. 2003 Apr; 29(4): 769-777.
38. Malecaze F.J., Hulin H., Bierer P., Fournié p., Grandjean H., Thalamas c., Guell J.L. A randomized paired eye comparison of two techniques for moderately high myopia: LASIK and Artisan phakic lens. *Ophthalmol*. 2002 Sep; 109(9): 1622-1630.

39. Manche E.E., Carr J.D., Haw W.W., Hersh P.S. Excimer laser refractive surgery. *West J Med.* 1998 Jul; 169(1): 30–38.
40. Manche E.E., Haw W.W. Wavefront-guided laser in situ keratomileusis (LASIK) versus wavefront-guided photorefractive keratectomy (PRK): A prospective randomized eye-to-eye comparison (An American Ophthalmological Society Thesis). *Trans Am Ophthalmol Soc.* 2011 Dec; 109: 201–220.
41. McGhee C.N.J., Craig J.P., Sachdev N., Weed K.H., Brown A.D. Functional, psychological, and satisfaction outcomes of laser in situ keratomileusis for high myopia. *J. Cataract Refract. Surg.* 2000 Apr; 26(4): 497-509.
42. McGrath D. Pre-op pupillometry reduces post- unhappiness. *EuroTimes.* 2003; 8: 11.
43. Montes-Mico R., Charman WN. Mesopic contrast sensitivity function after excimer photorefractive keratectomy. *J Refract. Surg.* 2002 Jan-Feb; 18(1): 9-13.
44. Montes-Mico R., Espana E., Bueno I., Charman W.N., Menezo J.L. Visual performance with multifocal intracocular lenses: mesopic contrast sensitivity under distance and near conditions. *Ophthalmology.* 2004 Jan; 111(1): 85-96.
45. Montes-Mico R., Espana E., Menezo J.L. Mesopic contrast sensitivity function after laser in situ keratomileusis. *J Refract. Surg.* 2003 May-Jun; 19(3): 353-356.
46. Moshirfar M., Schliesser J.A., Chang J.C., Oberg T.J., Mifflin M.D., Townley R., Livingston M.K., Kurz. C. Visual outcomes after wavefront-guided

- photorefractive keratectomy and wavefront-guided laser in situ keratomileusis: Prospective comparison. *J Cataract Refract Surg* 2010; 36: 1336-1343.
47. Nagy Z.Z., Munkacsy G., Krueger R.R. Changes in mesopic vision after photorefractive keratectomy for myopia. *J Refractive Surg.* 2002 May-Jun; 18(3): 249-252.
48. O'Brart D. PS. Excimer laser surface ablation: a review of recent literature. *Clinical and Experimental Optometry* 2014; 97: 12-17.
49. Peregrin J., Hejčmanová D., Svěráková H., Svěrák J. Měření a hodnocení zrakové ostrosti. *Česká a slovenská oftalmologie.* 1987; 43(2): 75-87.
50. Peregrin J., Svěrák J., Hartmann M. Citlivost na kontrast u člověka. *Česká a slovenská oftalmologie.* 1988; 44: 389-399.
51. Pesudovs K., Hazel C.A., Doran R.M.L., Elliott D.B. The usefulness of Vistech and FACT contrast sensitivity charts for cataract and refractive surgery outcomes research. *Br J Ophthalmol* 2004 Jan; 88(1): 11-16.
52. Pesudovs K., Marsack J.D., Donnelly W.J. 3rd, Thibos L.N., Applegate R.A. Measuring visual acuity – mesopic or photopic conditions and high or low contrast letters? *J Refract. Surg.* 2004 Sep-Oct; 20(5): S508-514.
53. Pop M., Payette Y. Risk Factors for Night Vision Complaints after LASIK for Myopia. *Ophthalmology.* 2004 Jan; 111(1): 3-10.
54. Reinstein D.Z., Archer T.A., Couch D., Schroeder E., Wottke M. A new night vision disturbances parameter and contrast sensitivity as indicators of success in wavefront-guided enhancement. *J. Refract. Surg.* 2005 Sep-Oct; 21(5): S535-540.

55. Rosen E.S. Night vision disturbance. *J. Cataract. Refract. Surg.* 2005 Feb; 31(2): 247-249.
56. Rozema J.J., Van den Berg T.J., Tassignon M.J. Retinal straylight as a function of age and ocular biometry in healthy eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2010 May; 51(5): 2795-2799.
57. Salz J.J., Wachler B. SB., Holladay J.T. Night vision complaints after LASIK. *Ophthalmology.* 2004 Aug; 111(8): 1620-1621.
58. Schallhorn S.C., Kaupp S.E., Tanzer D.J. et al. Pupil Size and Quality of Vision after LASIK. *Ophthalmology.* 2003 Aug; 110(8): 1606-1614.
59. Seiler T., Kahle G., Krigerowski M. Excimer laser (193 nm) myopic keratomileusis in sighted and blind human eyes. *Refr. Corn. Surg.* 1990 May-Jun; 6(3): 165-173.
60. Sharma M., Wachler B.S.B., Chan C.C.K. Higher order aberrations and relative risk of symptoms after LASIK. *J. Refract. Surg.* 2007 Mar; 23(3): 252-256.
61. Smadja D., Reggiani-Mello G., Santhiago R.S., Krueger R.R. Wavefront ablation in refractive surgery: Description, results and limitations. *J Refract Surg.* 2012 Mar; 28(3): 224-232.
62. Taboada J., Mikesel G.W., Reed R.D. Response of the corneal epithelium to KrF excimer laser pulses. *Health. Phys.* 1981 May; 40(5): 677-683.
63. Tahzib N.G., Bootsma S.J., Eggink F.A.G.J, Nabar V.A., Nuijts R.M. Functional outcomes and patient satisfaction after laser in situ keratomileusis

- for correction of myopia. *J. Cataract Refract. Surg.* 2005 Oct; 31(10): 1943-1951.
64. Thayaparan K., Crossland M.D., Rubin G.S. Clinical assessment of two new contrast sensitivity charts. *Br J Ophthalmol* 2007 Jun; 91(6): 749-752.
65. Trokel S.L., Srinivasan R., Braren B. Excimer laser surgery of cornea. *Am. J. Ophthalmol.* 1983 Dec; 96(6): 710-715.
66. Tuan K.A. Visual experience and patient satisfaction with wavefront-guided laser in situ keratomileusis. *J Cataract Refract. Surg.* 2006 Apr; 32(4): 577-583.
67. Van den Berg T.J.T.P. On the relation between glare and straylight. *Doc Ophthalmol.* 1991; 78(3-4): 177-181.
68. Villa C., Gutiérrez R., Jiménez J.R. González-Méijome J.M. Night vision disturbances after successful LASIK surgery. *Br. J. Ophthalmol.* 2007 Aug; 91(8): 1031-1037.
69. Woods R.L., Thomson W.D. A comparison of psychometric methods for measuring the contrast sensitivity of experienced observers. *Clin. Vision Sci.* 1993; 8: 401-415.
70. Yu E.Y.W., Jackson W.B. Recent advances in refractive surgery. *CMAJ* 1999 May 4; 160(9): 1329-1337.
71. Yu J., Chen H., Wang F. Patient satisfaction and visual symptoms after wavefront-guided and wavefront-optimized LASIK with the wavelight platform. *J. Refract. Surg.* 2008 May; 24(5): 477-486.