

Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach

Nový chirurgický prístup v technike rozšírenej monovízie

Dana NAGYOVÁ

Košice 2026

Nový chirurgický prístup v technike rozšírenej monovízie

Monografia

Autor:

MUDr. Dana Nagyová, PhD.

Recenzenti:

doc. MUDr. Dana Tomčíková PhD., MHA

prednostka, Klinika detskej oftalmológie LF UK a NÚDCH v Bratislave

prof. MUDr. Anton Gerinec, CSc.

Klinika detskej oftalmológie LF UK a NÚDCH v Bratislave

prof. MUDr. Mgr. Marián Vidiščák, PhD., MPH, FEBPS

prednosta kliniky, IV. Chirurgická klinika LF UK a UNB v Bratislave



CC BY-NC-SA Creative Commons Attribution - NonCommercial- Share-Alike 4.0

Licencia umožňuje dielo voľne zdieľať a upravovať len s uvedením autora, bez komerčného použitia a za podmienky, že všetky odvodené diela budú šírené pod rovnakou licenciou.

Za odbornú a jazykovú stránku zodpovedá autorka monografie.

Dostupné od: 20. 02. 2026

Umiestnenie: www.unibook.upjs.sk

DOI: <https://doi.org/10.33542/NCHP-0506-1>

ISBN 978-80-574-0506-1 (e-publikácia)

Pod'akovanie

Vyjadrujem úprimné pod'akovanie doc. MUDr. Martinovi Černákovi, PhD., za odbornú pomoc a cenné pripomienky.

Podobne ďakujem recenzentom, ktorými boli doc. MUDr. Dana Tomčíková PhD., MHA, prof. MUDr. Anton Gerinec, CSc. a prof. MUDr. Mgr. Marián Vidiščák, PhD., MPH, FEBPS.

Moje pod'akovanie patrí aj Dr. med. Dimitrious Kyrourdis za inšpiratívne rady pri vypracovaní jednotlivých kapitol.

V neposlednom rade ďakujem môjmu otcovi, prof. MUDr. Vincentovi Nagyovi, PhD., MPH, pri podpore a motivácii v písaní tejto monografie.

Certifikát

Ako uznanie za vynikajúcu publikáciu v **Klinischen Monatsblättern für Augenheilkunde**, ktorá dosiahla významný pokrok v oblasti oftalmológie pre oftalmológov pracujúcich v klinikách a súkromných praxiach, sa udeľuje **Cena Theodora Axenfelda za rok 2025, udelená vydavateľstvom Georg Thieme Verlag KG** za štúdiu:

D. Nagyova, C. Tappeiner, A. Blaha, D. Goldblum, D. Kyrourdis.

Outcome of a Mix-and-Match Approach with a Monofocal Aspherical and a Bifocal Extended Depth-of-Focus Intraocular Lens to Achieve Extended Monovision

Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 2025; 242: 372 – 378

Berlín, 27. septembra 2025

Ďalšou prácou publikovanej v súvislosti s touto štúdiou je:

Dana Nagyova, Christoph Tappeiner, Andrej Blaha, David Goldblum and Dimitrios

Kyrourdis. Visual Outcomes and Patient Satisfaction with Extended Monovision—An

Innovative Strategy to Achieve Spectacle Independence in Refractive Lens Exchange, J. Clin.

Med. 2025, 14, 5684 <https://doi.org/10.3390/jcm14165684>

Urkunde

In Anerkennung einer herausragenden Veröffentlichung in den Klinischen Monatsblättern für Augenheilkunde, die wesentliche Fortschritte auf dem Gebiet der Augenheilkunde für den in Klinik und Praxis tätigen Augenarzt erbracht hat, wird der

Theodor-Axenfeld-Preis 2025

der Klinischen Monatsblätter für Augenheilkunde

gestiftet vom Georg Thieme Verlag KG verliehen für die Arbeit:

Outcome of a Mix-and-Match Approach with a Monofocal Aspherical and a Bifocal Extended Depth-of-Focus Intraocular Lens to Achieve Extended Monovision

Klinische Monatsblätter für Augenheilkunde 2025; 242: 372 – 378

von

D. Nagyova, C. Tappeiner, A. Blaha, D. Goldblum, D. Kyroudis

Berlin, den 27. September 2025



Die Schriftleitung



Georg Thieme Verlag KG

Obsah

1. Úvod do vedeckého problému- súčasný stav poznatkov o danej téme.....	14
1.1 Presbyopia	14
1.1.1 Definícia, príznaky a rozdelenie	14
1.1.2 Nechirurgická liečba presbyopie	15
1.1.2.1 Optické pomôcky	15
1.1.2.2 Očné kvapky	15
1.1.3 Chirurgická liečba presbyopie na úrovni rohovky	16
1.1.3.1 Využitie excimera	16
1.1.3.2 Konduktívna keratoplastika (Conductive Keratoplasty, CK)	17
1.1.3.3 Intracorneal inlays (vnútrorohovkové inlay implantáty)	18
1.1.4 Implantácia IPCL (Presbyopia implantable Phakic Contact lens)	20
1.1.5 Extrakcia šošovky v presbyopickom veku	20
1.2 Katarakta, definícia a epidemiológia	21
1.2.1 Stručný prehľad vnútroočných šošoviek	22
1.2.1.1 Monofokálne sférické IOL	22
1.2.1.2 Prémiové IOL	23
1.2.2 Výsledky po implantácii vnútroočných šošoviek	43
1.2.3 Defokusačná krivka	46
1.2.4 Výber pacientov	47
1.3 Monovízia (monovision)	48
1.3.1 Definícia a rozdelenie	48
1.3.2 Monovízia a stereopsia	51
1.3.3 Vplyv monovízie na zrakovú ostrosť	53
1.3.4 Vplyv monovízie na kontrastnú citlivosť	54
1.3.5 Fúzia/supresia pri monovízii	55
1.3.6 Zohľadňujúce faktory pri aplikácii monovízie	55
1.3.6.1 Očná dominancia	55
1.3.6.2 Neuroadaptácia	57
1.3.6.3 Psychologický profil a selekcia pacientov	57

1.3.7 Kontraindikácie monovízie	58
1.3.8 Subjektívna spokojnosť pacientov s monovíziou	60
2. Ciele novej chirurgickej techniky monovízie	61
3. Metodika vedeckej práce a metódy skúmania	62
3.1 Charakteristika objektu skúmania	62
3.2 Pracovný postup	63
3.3 Spôsob získavania údajov a ich zdroje	67
3.3.1 Predoperačné vyšetrenia	67
3.3.2 Pooperačné vyšetrenia	68
3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácia výsledkov	69
3.5 Štatistické metódy	69
4. Výsledky vedeckej práce	70
5. Diskusia	79
Záver	83
Literatúra	85

Zoznam ilustrácií

Obr. 1	Rozdiel v ablačnom vzorci medzi centrálnym a periférnym PresbyLASIK	17
Obr. 2	Kamra inlay implantát	19
Obr. 3	Princíp refrakčnej multifokálnej IOL	26
Obr. 4	Schéma ReZoom IOL	26
Obr. 5	Princíp difrakčnej multifokálnej IOL	27
Obr. 6	AcrySof ReSTOR MIOL	28
Obr. 7	Optický princíp monofokálnej, difrakčnej a refrakčnej IOL	29
Obr. 8	Šošovka s pozitívnou a negatívnou sférickou aberáciou a šošovka s chromatickou aberáciou	31
Obr. 9	Vplyv zvýšenej negatívnej sférickej aberácie povrchu šošovky na hĺbku videnia	31
Obr. 10	Mini Well Ready IOL	33
Obr. 11	Wichterle IOL	33
Obr. 12	IC-8 IOL.....	34
Obr. 13	XtraFocus IOL	34
Obr. 14	Acunex Vario AN6 V IOL	34
Obr. 15	AT LARA 829 MP IOL	34
Obr. 16	Fine-Vision Triumf POD L GF IOL	35
Obr. 17	Tecnis Symphony ZXR00 IOL	35
Obr. 18	Lucidis IOL	36
Obr. 19	Suprahob Infocus IOL	36
Obr. 20	EDEN IOL	36
Obr. 21	Harmonis IOL	36
Obr. 22	Synergy ZRF00 IOL	37
Obr. 23	EyHance ICB00 Tecnis IOL	38
Obr. 24	AE2UV – ZOE IOL	38
Obr. 25	Synthesis PLUS IOL	39
Obr. 26	Acrysoft IQ Vivity DFT015 IOL	39
Obr. 27	LuxSmart IOL	39

Obr. 28	RayOne EMV IOL	39
Obr. 29	Defokusačná krivka Düsseldorfskej schémy	46
Obr. 30	Monokulárna do diaľky korigovaná defokusačná krivka tri mesiace po implantácii panfokálnej IOL, trifokálnej IOL, EDOF IOL a SegRef IOL	47
Obr. 31	Princíp monovízie	49
Obr. 32	Model Vivinex iSert IOL a Lentis Comfort LS-313 MF15 IOL	65
Obr. 33	Obrázok znázorňujúci priemerné hodnoty halo a glare všetkých pacientov (p=50)	73
Obr. 34	Obrázok znázorňujúci priemerné hodnoty halo (p=27) a glare (p=24) v podskupine pacientov s dysfotopsiami	74

Zoznam tabuliek

Tab. 1	Parametre Lentis Comfort LS-313 MF15 a Vivinex iSert XC1 IOL	63
Tab. 2	Nekorigovaná pooperačná zraková ostrosť monokulárne a binokulárne	71
Tab. 3	Priemerná hodnota a štandardná deviácia halo a glare u všetkých pacientov (p=50)	73
Tab. 4	Priemerná hodnota a štandardná deviácia halo a glare iba u pacientov zaznamenajúcich dysfotopsie	73
Tab. 5	Numerické hodnoty binokulárnej nekorigovanej kontrastnej citlivosti za mezopických podmienok (3cd/m^2) bez glare	76
Tab. 6	Odpovede pacientov v PRSIQ dotazníku ohľadom potreby nosiť okuliare na konkrétnu vzdialenosť za posledných 7 dní	77
Tab. 7	Odpovede pacientov v PRSIQ dotazníku ohľadom častosti nosenia okuliarov na konkrétnu vzdialenosť za posledných 7 dní	77
Tab. 8	Odpovede pacientov v PRSIQ dotazníku ohľadom schopnosti pracovať bez okuliarov na konkrétnu vzdialenosť za posledných 7 dní	77
Tab. 9	Skóre NEI-RQL-42 dotazníka dané pacientom na zhodnotenie kvality života s ohľadom na refrakčnú chybu po podstúpení operácie katarakty	78

Zoznam grafov

Graf 1	Graf zobrazujúci priemerné hodnoty halo a glare všetkých pacientov (p=50)....	72
Graf 2	Graf zobrazujúci priemerné hodnoty haló (p=27) a glare (p=24) v podskupine pacientov s dysfotopsiami	72
Graf 3	Nekorigovaná binokulárna defokusačná krivka	75
Graf 4	Priemerná kontrastná citlivosť (log) priradená ku priestorovej frekvencii	76

Zoznam skratiek

AAO	Americká oftalmologická akadémia (American Academy of Ophthalmology)
ANSI	Americká národná inštitúcia pre štandardizáciu (American National Standards Institute)
BCVA	najlepšie korigovaná zraková ostrosť (best-corrected visual acuity)
BCDVA	najlepšie korigovaná zraková ostrosť do diaľky (best-corrected distance visual acuity)
BDCVA	binokulárne korigovaná zraková ostrosť do diaľky (binocular distance corrected visual acuity)
CDVA	korigovaná zraková ostrosť do diaľky (corrected distance visual acuity)
CIVA	korigovaná zraková ostrosť do strednej vzdialenosti (corrected intermediate visual acuity)
CNVA	korigovaná zraková ostrosť do blízka (corrected near visual acuity)
CK	konduktívna keratoplastika (conductive keratoplasty)
CLE	extrakcia čírej šošovky (clear lens exchange)
CSR	číslo udávajúce počet operácii šedého zákalu za rok na milión obyvateľov (Cataract surgical rate)
c/st	počet cyklov na uhlový stupeň
D	dioptria
DCIVA	zraková ostrosť do strednej vzdialenosti s korekciou na diaľku (distance-corrected intermediate visual acuity)
DCNVA	zraková ostrosť do blízka s korekciou na diaľku (distance-corrected near visual acuity)
EDOF	rozšírená hĺbka ostrosti (extended depth-of-focus)
FDA	Food and Drug Administration (Správa pre potraviny a lieky, USA)
FVR	s plným rozsahom videnia (full visual range)
HOA	aberácie vyššieho rádu (higher order aberrations)
IOL	intraokulárna šošovka (intraocular lens)
IPCL	fakická IOL v presbyopickom veku (Presbyopia implantable Phakic Contact lens)

JBV	jednoduché binokulárne videnie
KC	kontrastná citlivosť
KŠ	kontaktná šošovka
LASIK	Laser in situ keratomileusis (LasEROVÁ keratomileuza in situ)
MIOL	multifokálna intraokulárna IOL
MTF	Modulation transfer function (Funkcia prenosu modulácie)
MMV	modifikovaná monovízia
p	počet
PIOL	fakická IOL (phakic intraocular lense)
PRELEX	extrakcia presbyopickEj šošovky (presbyopic lens exchange)
PRK	fotorefraktívna keratektómia (photorefractive keratectomy)
RLE	extrakcia šošovky s cieľom korekcie refrakčnej chyby (refractive lens exchange)
SA	sférická aberácia
ŠD	štandardná deviácia
TMV	tradičná monovízia
UDVA	nekorigovaná zraková ostrosť do diaľky (uncorrected distance visual acuity)
UIVA	nekorigovaná zraková ostrosť na strednú vzdialenosť(uncorrected intermediate visual acuity)
UNVA	nekorigovaná zraková ostrosť do blízka (uncorrected near visual acuity)
ZO	zraková ostrosť
WHO	svetová zdravotnícka organizácia (World Health Organization)

Predhovor

Cieľom refrakčnej operácie katarakty bolo poskytnúť optimálne videnie do diaľky, na strednú a blízku vzdialenosť. Na dosiahnutie nezávislosti od okuliarov a optimálne videnie na všetky vzdialenosti boli prezentované rôzne stratégie, medzi inými aj využitie binokulárnej optiky. Vnútroočné šošovky (IOL) monofokálneho typu korigovali jednu vzdialenosť, poskytli dobré videnie do diaľky. Multifokálne šošovky (MIOL) rozdeľovali prichádzajúce svetlo do rôznych ohnisk. Zmeny sférickej aberácie (SA) IOL sa použili na zlepšenie hĺbky ostrosti a videnia do blízka. Rozšírená hĺbka ostrosti (EDOF) a vylepšené monofokálne IOL novej generácie poskytovali videnie do diaľky a na strednú vzdialenosť pomocou rôznych mechanizmov.

Monovízia bola bežne používaná stratégia, ktorá na dosiahnutie videnia do diaľky a do blízka využívala neuroadaptáciu pomocou implantácie monofokálnych IOL. Dominantné oko sa zvyčajne zameriavalo na videnie do diaľky a nedominantné oko na videnie na blízko. Tradične sa úplné monovízne videnie zameriavalo na dosiahnutie zamýšľanej krátkozrakosti $-2,5$ D v nedominantnom oku. Jednou z významných nevýhod monovízie bolo relatívne zníženie stereoostrosti. Modifikovaná monovízia alebo mini-monovízia sa pokúšala podkorigovať nedominantné oko o $-0,75$ až $-1,75$ D. Novšie EDOF IOL sú tolerantnejšie k reziduálnej refrakčnej chybe a často sa používali v spojení s mini alebo mikro-monovíziou, aby sa dosiahla lepšie tolerovaná hĺbka ostrosti a stereo videnie.

Cieľom tejto vedeckej monografie bolo predstaviť vedeckej komunite novú, doteraz nepublikovanú metódu liečby. Hlavným cieľom bolo po obojstrannej plánovanej očnej operácii novou kombináciou IOL dosiahnuť optimálnu ZO a nezávislosť od okuliarov v každodenných bežných činnostiach. Pacienti boli selektovaní na základe inklúzy a exklúzy kritérií. Použitím novej operačnej techniky monovízie pacienti dosiahli po operácii dostatočnú ZO na všetky tri vzdialenosti (t.j. do diaľky, strednej vzdialenosti a do blízka) s minimálnym použitím optických pomôcok a dobrou toleranciou reziduálnej refrakcie. Vďaka nízkej hodnote anizotropie sa očakával menší dopad monovízie na binokulárne videnie, teda minimálne straty v priestorovom videní. Zároveň bolo možné očakávať dobré zachovanie kontrastnej citlivosti (KC). Dôležitá bola subjektívna spokojnosť pacientov vyhodnotená štandardizovaným dotazníkom. Kombináciou dizajnu asférickej monofokálnej a rotačne asymetrickej refrakčnej

EDOF IOL sa dosiahla redukcia rušivých dysfotopsií, tak často opisovaných pri implantácii MIOL.

Súhrnne, novinkou v našom prístupe, ktorý sme nazvali „**rozšírená monovízia**“, bolo použitie rotačne asymetrickej bifokálnej EDOF IOL s nízkou adíciou v nedominantnom oku a cieľovou refrakciou -1,25 D v kombinácii s monofokálnou asférickou IOL v dominantnom oku (cieľová refrakcia bola v tomto prípade emetropia). Táto kombinácia sa snažila pokryť všetky tri vzdialenosti, konkrétne videnie do diaľky, na strednú a blízku vzdialenosť. Výhody tohto operačného prístupu a hľadanie nových ciest k riešeniu problémov pacientov, boli hlavnou motiváciou k napísaniu tejto vedeckej monografie.

Ako ocenenie a uznanie významného pokroku a prínosu v oblasti oftalmológie pre oftalmológov pracujúcich na klinikách a súkromnej praxi, počas kongresu Nemeckej oftalmologickej spoločnosti (DOG - Deutsche Ophthalmologische Gesellschaft) v Berlíne v roku 2025, vydavateľstvo **Georg Thieme Verlag KG** udelilo **Cenu Theodora Axenfelda na rok 2025** za publikovaný vedecký článok v **Klinischen Monatsblättern für Augenheilkunde**.

MUDr. Dana Nagyová, PhD.

1. Úvod do vedeckého problému- súčasný stav poznatkov o danej téme

1.1 Presbyopia

1.1.1 Definícia, príznaky a rozdelenie

Presbyopia je fyziologický jav súvisiaci s progresívnym poklesom akomodačnej amplitúdy ovplyvňujúcej videnie do blízka. Súvisí s mechanickými zmenami elasticity šošovky, starnutím proteínov šošovky, progresívnym nárastom šošovky po obvode, oslabením ciliárneho aparátu, so stratou funkcie závesného aparátu a s poklesom funkcie a elasticity ciliárneho telesa. Odhaduje sa, že približne 1,1 miliarda ľudí na celom svete trpí na presbyopiu (Koduah et.al. 2019). Postihuje 100% populácie v určitom veku, najčastejšie po 40. roku života, čím sa stáva jednou z najčastejších príčin porúch zrakovej ostrosti (ZO), predovšetkým u ľudí v produktívnom veku. Závislosť poklesu akomodačnej amplitúdy od veku vyjadruje najlepšie Dondersova krivka. Keďže presbyopia je príznakom starnutia a nemôže byť ignorovaná, pre pacientov bola často spojená s emocionálnymi okolnosťami. Prejavuje sa problémom zaostriť zrak pri práci na blízko a predlžovaním čítacej resp. pracovnej vzdialenosti. Tým sú sťažené činnosti vykonávané na blízku vzdialenosť a preto boli vnímané ako problémové a nepohodlné. Nekorigovaná presbyopia vyúsťovala v bolesť hlavy, v namáhanie očí a zrakovú únavu.

Existujú 4 druhy presbyopie (Balgos et al. 2018):

- 1 *Počiatočná presbyopia*- skoré štádium, pri ktorom čítanie malých písmen vyžaduje osobitné úsilie.
- 2 *Funkčná presbyopia*- postupný pokles akomodačnej amplitúdy s potrebou používať pomôcky na úlohy vykonávané na blízku vzdialenosť.
- 3 *Absolútna presbyopia*- schopnosť akomodácie je prakticky nulová.
- 4 *Prematúrna presbyopia*- k poklesu akomodačnej schopnosti dôjde skôr ako sa očakáva, najčastejšie pod vplyvom vonkajšieho prostredia, užívania liekov, pod vplyvom choroby alebo výživy.

1.1.2 Nechirurgická liečba presbyopie

1.1.2.1 Optické pomôcky

Najstaršou a najčastejšie používanou metódou optickej korekcie presbyopie sú okuliare. S pokrokom vedy došlo aj k zlepšeniu dizajnu okuliarov, ktoré sú v dnešnej dobe k dispozícii. Okrem jednoduchých skiel na čítanie, tzv. jednoohniskové sklá, môžu byť pacientom predpísané bifokálne, trifokálne alebo progresívne sklá, ktoré zlepšujú zrak na niekoľko vzdialeností bez toho, aby si pacient musel zložiť alebo vymeniť okuliare. Multifokálne okuliare však nie sú pre každého. Pacient sa musí pri pozeraní naučiť viac skláňať hlavu a pozerat' sa cez okuliare novým spôsobom. Adaptácia na okuliare môže trvať jeden deň, ale aj jeden mesiac. Niekedy musí optik znovu upraviť sklon okuliarov, posunúť ohniská, strednú polohu zreníc či upraviť nosníky.

Druhou možnosťou bolo použitie kontaktných šošoviek (KŠ). Do úvahy prichádzali rôzne kombinácie: a) KŠ do diaľky a použitie jednoohniskových okuliarov na čítanie, b) navodenie monovízie pomocou KŠ, c) bifokálne alebo multifokálne KŠ. Nevýhodou KŠ bola potreba dôkladnej starostlivosti o šošovky, dostatočné hygienické návyky, syndróm suchého oka či zvýšené riziko infekcie.

1.1.2.2 Očné kvapky

Atraktívnou možnosťou, ako ovplyvniť presbyopiu, boli očné kvapky, ktoré sú ešte stále súčasťou klinických hodnotení.

Kvapky s parasymphatomimetickým účinkom - navodzovali miózu, čím zvyšovali hĺbku ohniska a zlepšili nekorigovanú ZO do diaľky (UDVA) a do blízka (UNVA). Nevýhodou bolo, že účinok pominie po 4-7 hodinách, pacienti pociťovali bolesti hlavy, nauzeu a bodavú bolesť očí.

Kvapky spomaľujúce starnutie šošovky - ide napr. o očné kvapky s obsahom pirenoxínu. Zlepšovali akomodačnú amplitúdu v počiatočnom štádiu presbyopie. Môžu byť schopné „vrátiť čas“ až o 10 rokov.

1.1.3 Chirurgická liečba presbyopie na úrovni rohovky

Do tejto skupiny patrí laserová refrakčná chirurgia a rohovkové implantáty.

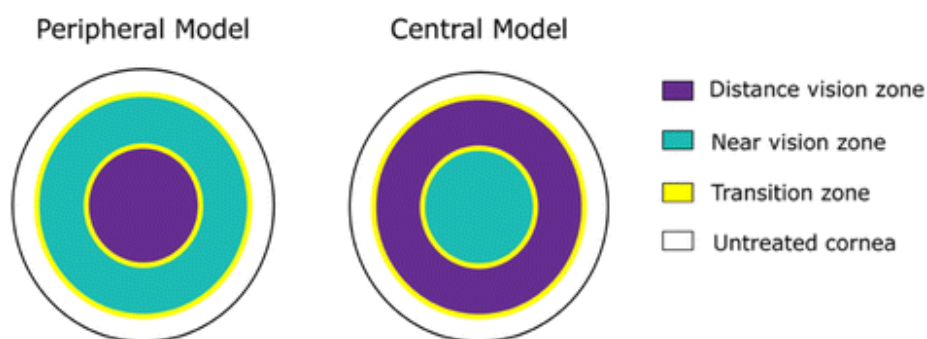
1.1.3.1 Využitie excimera

Technika **PresbyLASIK**, ktorá bola predstavená v roku 1996, využívala princípy Laser-assisted In situ Keratomileusis (LASIK) na vytvorenie multifokálneho rohovkového povrchu (**Obr. 1**) (Vargas-Fragoso a Alió 2017).

Centrálny PresbyLASIK vytváral na rohovke centrálnu hyperpozitívnu zónu na videnie do blízka a periférnu do diaľky. Keďže dôjde k odstráneniu len minimálnej časti rohovky, bol vhodný pre myopov aj hyperopov. Je závislý od dynamiky zrenice.

Periférny PresbyLASIK- centrálna zóna bola ponechaná na videnie do diaľky a ablácia periférnej zóny viedla k negatívnej asféricite rohovky, čím vytvárala hĺbku videnia do blízkej vzdialenosti. Ak bola však prítomná pozitívna sférická aberácia (SA) a dôjde k zúženiu zrenice, môže dôjsť k posunu (shift) smerom k pozitívnym sférickým hodnotám, ktoré negatívne ovplyvnia zrak do blízka. Nevýhodou bolo, že dôjde podstatne k odstráneniu rohovkového tkaniva na periférii, čím nebola vhodná pre myopov. Cieľovou skupinou boli presbyopickí pacienti s hyperopiou a nízkym stupňom myopie.

PresbyLASIK vykazoval dobrú účinnosť hlavne za vysoko mezopických podmienok alebo pri zrenici < 4 mm za fotopických podmienok. Nevýhodou oboch metód bolo, že výsledky boli len dočasné a že multifokálny povrch rohovky mohol viesť v budúcnosti k problémom pri výbere správnej optickej mohutnosti IOL. Je možné, že refrakčný zákrok na rohovke sa po implantácii IOL bude musieť zopakovať. Výhodou PresbyLASIK bola možnosť prinavrátenia multifokálneho povrchu rohovky do pôvodného stavu.



Obr. 1: Rozdiel v ablačnom vzorci medzi centrálnym a periférnym PresbyLASIK

Zdroj: (Vargas-Fragoso a Alió 2017)

Laser blended vision (Laserové zmiešané videnie) kombinovalo indukciu negatívnej SA -0,50 až -0,70 μm na zvýšenie hĺbky ostrosti a mikro-monovízie (micro monovision) na oku s videním do blízka na dosiahnutie dobrej ZO do diaľky aj do blízka. Uplatniť sa dalo u presbyopov s emetropiou, myopiou a hyperopiou. Nevýhodou môže byť znížená tolerancia anizometropie zo strany pacienta so začínajúcou presbyopiou, pretože títo pacienti vykazovali väčšiu citlivosť na anizometropiu ako pacienti s pokročilou presbyopiou.

LASIK monovision je technika, ktorá sa odporúčala najmä u pacientov s počiatočnou alebo strednou presbyopiou. Išlo o pacientov, ktorí mali súčasne aj refrakčnú chybu (hyperopiu, myopiu, astigmatizmus), ktorá bude odstránená počas operácie. Výhodou bola jednoduchosť tejto techniky, dobré klinické výsledky a čiastočná reverzibilita (touch up). Nevýhody monovízie budú opísané v ďalších kapitolách (viď obsah).

1.1.3.2 Konduktívna keratoplastika (Conductive Keratoplasty, CK)

CK využíva rádiovlny na zmenu zakrivenia rohovky u presbyopických pacientov. Na liečbu presbyopie bola schválená v USA Úradom pre kontrolu potravín a liekov (Food and Drug Administration, FDA) v marci 2004. Výsledkom bolo ostrejšie videnie do blízka na nedominantnom oku. Jednalo sa teda o určitú techniku monovízie. Princíp spočíval v aplikácii rádiovlnovej sondy na strednú periferiu rohovky v 360 stupňoch na 8 miestach rohovky (v 6, 7 a 8 mm od centra- na základe želaného výsledku bolo aplikovaných 8, 16, 24 alebo 32 stôp) po dobu 0,6 sekúnd, s energiou 0,6 W a pri 65°C teplote (Hersch 2005). Následne

dochádzalo k denaturácii a kontrakcii kolagénu, výsledkom čoho bol nárast strmosti centrálnej časti rohovky. Nevýhodou bola možná indukcia aberácii vyššieho rádu, astigmatizmus proti pravidlu ako aj fakt, že výkon bolo nutné po istom čase zopakovať.

1.1.3.3 Intracorneal inlays (vnútrorohovkové inlay implantáty)

Súčasný implantát boli vyrobené z hydrogélového materiálu. Ich permeabilita bola podobná permeabilite strómy, zabezpečovala dostatočný tok živín (glukóza a kyslík) do strómy rohovky. Tým sa zamedzí strate jej transparentie, stenčeniu, ako aj dekompenzácií epitelu a strómy rohovky. Inlay implantáty sa implantovali pod stromálnu chlopňu, (flap, lalok) alebo do puzdra vytvoreného femtosekundovým laserom. Hĺbka implantácie závisela od typu implantátu. Implantáty meniace tvar rohovky boli implantované povrchovejšie oproti ostatným používaným typom. Výhodou implantátov bolo, že nedochádzalo k odstráneniu rohovkového tkaniva, technika bola minimálne invazívna a vcelku jednoduchá a účinok bol reverzibilný. Ich cieľom bolo zlepšiť zrak na blízko s minimálnym ovplyvnením zraku do diaľky.

A *Inlay implantáty meniace tvar rohovky*

Do tejto skupiny patril **Raindrop** implantát (ReVision Optics, PresbyLens). Ide o 2 mm veľký implantát, ktorý bol vyrobený z hydrogélu. Má hrúbku 32 μm v centre a 10 μm na periférii. Bol bez refrakčnej sily. Implantoval sa do nedominantného oka pod rohovkový lalok vytvorený LASIKom minimálne do hĺbky 150 μm a bol centrován presne do stredu miotickej zrenice. Minimálna hrúbka rohovky pred operáciou musí byť 500 μm s reziduálnou hrúbkou strómy 300 μm . Raindrop menil predný povrch rohovky a vytváral hyperprolätinu (z latinčiny prolatio = predĺženie) oblasť, ktorá viedla k multifokalite rohovky. Výsledkom bolo zlepšenie hĺbky videnia a UNVA. Nevýhodou bolo glare (žiara, jas), indukcia aberácii vyššieho rádu, strata kontrastnej citlivosti (KC), decentrácia a haze (závoj, zákal) rohovky. Z týchto dôvodov bol implantát v januári 2018 stiahnutý z trhu.

B *Refrakčné inlay implantáty*

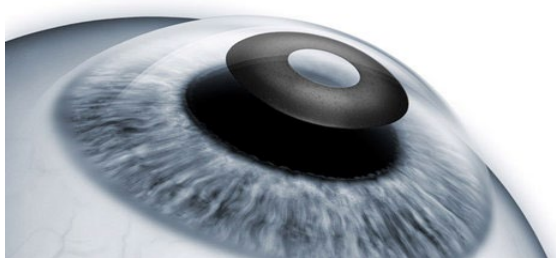
Flexivue Microlens (Presbia) je transparentný hydrofilný konkávne-konvexný implantát s veľkosťou 3,2 mm a hrúbkou 15-20 μm . Centrálna zóna 1,8 mm bola bez optickej mohutnosti s 0,15 mm otvorom na zabezpečenie toku živín cez rohovku. Periférna časť bola s adíciou, ktorá podľa typu implantátu môže dosahovať hodnoty od +1,5 D až +3,0 D s +0,25 D odstupňovaním.

Implantát bol implantovaný do intrastromálneho puzdra nedominantného oka vytvoreného femtosekundovým laserom v hĺbke 280 až 300 μm . Efekt bol závislý od veľkosti zrenice. Pri pozeraní do blízka sa lúče prechádzajúce centrálnou zónou sústredovali do ohniska za sietnicou a lúče z periférnej refrakčnej zóny sa sústredovali na sietnici. Lúče prechádzajúce periférnou časťou rohovky budú blokované zrenicou. Výsledkom bol nárast UNVA. Je vhodný najmä pre pacientov medzi 45-60 rokom. Najčastejšou príčinou explantácie implantátu boli halo (svetelný kruh, aureola), glare a redukovaná UDVA.

Icolens je 3 mm veľký implantát s bifokálnym dizajnom s periférnou pozitívnou refrakčnou zónou do blízka a centrálnou zónou do diaľky. Nevýhodou môže byť pokles UDVA, CDVA alebo decentrácia.

C Inlay implantáty s malým centrálnym otvorom

Do tejto skupiny patril najčastejšie používaný **Kamra** inlay implantát (**Obr. 2**). Bol vyrobený z polyvinylidenfluoridu v tvare prstenca, má hrúbku 5 μm , veľkosť 3,8 mm a centrálny otvor 1,6 mm. Kamra mala 8 400 mikroperforačných otvorov s veľkosťou 5 až 11 μm na zabezpečenie toku živín cez rohovku. Obsahuje nanočastice s transmisiou svetla 5%, ktoré robili implantát opacitný a viditeľný pri svetlej dúhovke. Implantovaný bol do hĺbky 200 - 220 μm , buď pod lalok (flap) LASIKu alebo do LASIKom vytvoreného puzdra. Nebol príčinou skotómov ani nezhoršoval vizualizáciu sietnice či snímky optickej koherentnej tomografie. Inlay fungoval na princípe stenopeickej dierky, ktorá zvyšovala hĺbku videnia, čím mohla vyrovnať až 2 dioptrie. Výsledkom bola zlepšená ZO na strednú a blízku vzdialenosť s minimálnym vplyvom na zrak do diaľky. Môže byť použitý v kombinácii s alebo po LASIKu, či po IOL implantácii. Nevýhodou implantátu bolo, že môže spôsobovať glare, halo, zhoršovať nočné videnie či byť príčinou nedostatočného videnia do blízka.



Obr. 2: Kamra inlay implantát

Zdroj: (<https://www.harrisonmediaholdings.com/hmh-blog/2019/3/4/kamra-inlay-put-down-those-reading-glasses-for-good>)

1.1.4 Implantácia IPCL (Presbyopia implantable Phakic Contact lens)

Fakická vnútroočná šošovka (phakic IOL, PIOL) je IOL implantovaná do oka bez predchádzajúcej extrakcie vlastnej šošovky. Hlavnou indikáciou implantácie bola pôvodne korekcia myopie alebo myopického astigmatizmu u pacientov, ktorí neboli vhodní na laserovú refrakčnú chirurgiu (Pineda a Chauhan 2016). Táto myšlienka bola neskôr rozšírená aj na presbyopických pacientov. Cieľom nebolo ani tak obnoviť akomodáciu, ako skôr možnosť poskytnúť pacientom nezávislosť od okuliarov do diaľky a do blízka. „Presbyopia Implantable Phakic Contact Lens (IPCL)“ je multifokálna zadnokomorová PIOL pre pacientov s presbyopiou medzi 40 - 55 rokom s myopiou, hyperopiou (+10 D až – 25 D) a astigmatizmom (8D cylinder). PIOL disponuje adíciou do blízka v rozsahu +1,5 D až +3,5 D. Je vyrobená z hydrofilného akrylového materiálu a bola implantovaná cez 2,8 mm rohovkový rez. Výhodou je možnosť jej explantácie. Nevýhodou bol optický defekt, halo, znížená KC a komplikácie spojené s implantáciou PIOL. Potrebné sú však ešte výsledky implantácie z dlhodobého hľadiska, ktoré zatiaľ neboli k dispozícii. Narastajúca popularita „refractive lens exchange“ (RLE) viedla v pomalú stratu záujmu o tento typ operácie.

1.1.5. Extrakcia šošovky v presbyopickom veku

RLE (refractive lens exchange) znamená chirurgické odstránenie šošovky v akomkoľvek veku s cieľom korekcie refrakčnej chyby, zahrňujúc aj presbyopiu. Na rozdiel od chirurgie katarakty, bola RLE vykonaná ešte predtým, než dôjde k tvorbe šedého zákalu. Implantované môžu byť monofokálne, multifokálne (MIOL) či akomodačné IOL.

PRELEX (presbyopic lens exchange) má za cieľ korekciu presbyopie u pacientov s kataraktou alebo čírou šošovkou s implantáciou MIOL alebo akomodačnej IOL. Jednotlivé modely IOL boli podrobnejšie opísané v nasledujúcich kapitolách.

1.2. Katarakta, definícia a epidemiológia

Katarakta bola opisovaná ako akékoľvek skalenie v šošovke, ktoré spôsobilo poruchu priehľadnosti a rozptylu prechádzajúceho svetla. Katarakta stojí na čele najčastejších príčin slepoty vo svete. Odhaduje sa, že postihuje až 52,6 miliónov ľudí na celom svete, pričom až v 33% je príčinou narušenia ZO a v 51% príčinou úplnej slepoty (Sieburth a Chen 2019).

K rizikovým faktorom katarakty zaraďujeme fajčenie, UV-B žiarenie, diabetes mellitus, alkohol, hnačkové ochorenia a oxidatívne poruchy (Kuchynka et al. 2007). Hoci sú príčiny vzniku šedého zákalu multifaktoriálne, neboli doteraz úplne vysvetlené. Proteíny šošovky sa menia na vysokomolekulárne proteíny, ktoré vedú k zmene refrakčného indexu, zníženiu transparentie, k zmenám optickej aberácie a k zväčšujúcej sa pigmentácii jadra šošovky. Tým, že doteraz nebol nájdený žiaden konzervatívny spôsob ako zabrániť vzniku a progresii katarakty, jedinou možnosťou ostáva chirurgické odstránenie skalenej šošovky a jej nahradenie intraokulárnou šošovkou.

„Cataract surgical rate (CSR)“ je číslo, ktoré udáva počet operácii šedého zákalu za rok na milión obyvateľov (Wang et al. 2016). V každej krajine dosahuje iné hodnoty. Hodnoty ovplyvňuje veková štruktúra populácie ako aj možnosť poskytnutia kataraktových služieb v krajine. Spomedzi 198 nezávislých krajín sveta boli CSR údaje vyzbierané medzi rokmi 2005 až 2014 zo 152 štátov. Podľa svetovej zdravotníckej organizácie (WHO) dosahovali priemerné CSR hodnoty v ekonomicky rozvinutých krajinách (ako je USA, Európa, Austrália, Japonsko) 4000 až 10 000 operácií za rok, pričom slepota ako následok katarakty bola veľmi zriedkavá. V rozvojových krajinách Latinskej Ameriky (Peru, Mexiko a Paraguay) a Ázii (Čína a Vietnam) dosahovali CSR hodnoty 500-2000. Vo väčšine afrických krajín, ako je Etiópia a Keňa, boli hodnoty CSR nižšie ako 500. CSR hodnota v Českej republike bola v roku 2009 7800/milión obyvateľov a v Maďarsku v roku 2014 8372/milión obyvateľov za rok. Údaje o Slovenskej republike neboli k dispozícii.

Pacienti, či už s kataraktou alebo s presbyopiou, majú v súčasnej dobe širokú paletu možností implantácie rôznych IOL. Tým, ktorí chcú získať nezávislosť od okuliarov v každodenných činnostiach, ponúkal trh na výber prémiové IOL alebo techniku monovízie. V ďalších kapitolách bližšie rozoberieme obe spomínané možnosti a zameriame sa na ich výhody a nevýhody pre pacienta.

1.2.1 Stručný prehľad vnútroočných šošoviek

Existuje niekoľko rôznych kategórií, na základe ktorých možno IOL klasifikovať. Medzinárodná Organizácia pre Štandardizáciu (International Organisation for Standardisation, ISO 11979-7) zverejnila najnovšiu IOL klasifikáciu v roku 2024 (Ribeiro et al. 2024). Tá rozdeľuje IOL na základe optického dizajnu a klinickej charakteristiky či výkonnosti do štyroch hlavných kategórií: na monofokálne IOL, tórické IOL, IOL so simultánnym rozsahom videnia a akomodačné IOL.

Vnútroočné šošovky so simultánnym rozsahom videnia boli subklasifikované na 3 typy:

- 1 *multifokálne IOL(MIOL)* – zdôrazňuje ZO do diaľky a do blízka
- 2 *IOL s rozšírenou hĺbkou ostrosti* – tzv. *EDOF IOL* (extended depth-of-focus IOL)- zdôrazňuje ZO do diaľky a na strednú vzdialenosť
- 3 *IOL s plným rozsahom videnia* (FVR- full visual range) - zdôrazňuje ZO z diaľky do blízka cez strednú vzdialenosť.

Klasifikácia má však aj svoje limitácie. Jednotlivé kategórie IOL sa navzájom nevylučujú a klasifikácia je založená na funkčných koncových bodoch videnia, ktorá si vyžaduje porovnanie s monofokálnymi IOL v rámci randomizovaných klinických štúdií.

1.2.1.1 Monofokálne sférické IOL

Monofokálne IOL implantované po extrakcii katarakty majú fixnú ohniskovú vzdialenosť. To znamená, že ponúkajú videnie iba na jednu vzdialenosť (do diaľky, na strednú vzdialenosť alebo do blízka). Napríklad pri emetropii dosiahnu pacienti dobrú UDVA, väčšina pacientov však potrebuje okuliare na čítanie alebo na iné aktivity odohrávajúce sa v blízkej vzdialenosti.

1.2.1.2 Prémiové IOL

Prémiové IOL majú oproti štandardným IOL ďalšie optické vlastnosti. Zlepšujú videnie za znížených svetelných podmienok (asférické IOL), korigujú astigmatizmus rohovky a šošovky (tórické IOL) alebo umožňujú videnie v rôznych vzdialenostiach bez pomoci okuliarov (MIOL). Špeciálnym typom sú akomodačné IOL.

Biomateriál využívaný pre prémiové IOL by mal mať dobrú dlhodobú biokompatibilitu s uveálnym tkanivom a šošovkovou kapsulou určenú vzhľadom IOL k reziduálnym šošovkovým epitelovým bunkám v rámci vaku kapsuly. Dnes sa už vie, že rôzne IOL materiály vykazujú aj rôzne adhezívne vlastnosti, pričom hydrofóbny materiál patrí k najadhezívnejším materiálom. Takisto po implantácii IOL dochádza k fúzii prednej a zadnej kapsuly s IOL, čím sa zabraňuje jej decentracii alebo rotácii.

A Asférické IOL

Pozitívna SA rohovky je asi do 40. roku života korigovaná negatívnou SA vlastnej šošovky. Na sietnici vzniká jedno ohnisko svetelných lúčov a KC je normálna. Starnutím šošovky sa SA šošovky blíži nule (zmena negatívnej SA na pozitívnu) a celková SA oka sa posunuje do pozitívnych hodnôt. Cieľom asférickej IOL s negatívnou SA- „hyperasférická IOL“ (aberration correcting lens) - je priblížiť sa po operácii k nulovej celkovej SA a tým zlepšiť KC za znížených svetelných podmienok.

Holladay et al. (2024) sa vo svojej štúdii zaoberali vplyvom SA na ZO a hĺbku videnia. Ukázalo sa, že nulová SA dosiahla najjasnejší obraz do diaľky a ZO sa klinicky ukázala byť približne o 1 logMAR lepšia ako pri $SA \pm 0,3 \mu m$ pri normálnej zrenici ($\sim 4,5 mm$) za mezopických podmienok. Pre emetropiu, negatívna očná SA mala najjasnejší obraz na strednú vzdialenosť a do blízka na účet straty jedného riadku BCDVA. Nedokázala sa žiadna výhoda vplyvu pozitívnej SA na strednú vzdialenosť a do blízka a zároveň sa ukázala rovnaká strata ZO do diaľky ako pri negatívnej očnej SA. Zúženie zrenice pri meraní ZO do blízka sa ukázalo byť prospešné pri negatívnej očnej SA.

Asférické šošovky sú v dnešnej dobe už neoddeliteľnou súčasťou chirurgie katarakty. Sú však aj štúdie, ktoré tvrdili, že aj keď došlo po implantácii asférickej IOL k poklesu SA,

pacienti nedokázali rozoznať ich prínos pre kvalitu videnia (Semeraro et al. 2014). Jedným z vysvetlení bolo, že fyziologická mióza a korekcia okuliarmi neumožňovali pacientom využiť pozitívne vlastnosti asférickej optiky.

Schuster et al. (2013) porovnávali výsledky sférickej a asférickej IOL. Zistili, že pacienti s asférickou IOL dosiahli lepšiu KC za znížených svetelných podmienok. Najlepšie korigovaná ZO (BCVA) neukázala v oboch skupinách žiaden klinicky relevantný rozdiel. Výsledky subjektívneho vnímania zrakovej kvality sa ukázali byť heterogénne bez jednoznačnej preferencie konkrétneho typu IOL.

V ďalšej štúdii bol meraný vplyv veľkosti zrenice na účinok asférickej IOL. Korekcia SA použitím asférickej IOL bola neúčinná, ak bol priemer zrenice menší ako 3,4 mm pre Tecnis ZCB00 a 3,71 mm pre HOYA NY-60 IOL (Eom et al. 2013).

B Multifokálne IOL (MIOL)

Cieľom MIOL je zabezpečiť nezávislosť od okuliarov na blízku, strednú a ďalekú vzdialenosť. Práve pacienti s vysokou hypermetropiou, presbyopi a pacienti s hraničným nálezom katarakty predstavujú najideálnejších kandidátov pre tento typ implantácie. Čoraz viac sa táto možnosť presadzuje aj u operácii čírej šošovky.

Prvý koncept MIOL pochádzal z roku 1983 od Hoffer, implantácia prvej bifokálnej IOL sa datuje do roku 1986 (Pearce). Jednalo sa o IOL s dvomi zónami, centrálna zóna bola určená do blízka (s adíciou +4 D) a periférna do diaľky. Vychádzala z predstavy, že pri pohľade do blízka dôjde k mióze, čím sa prejaví účinok IOL do blízka a pri pohľade do diaľky sa zrenica rozšíri, čím sa môže uplatniť periférna časť IOL.

MIOL s viacerými ohniskami boli schválené FDA v roku 1997 (Cao et al. 2019). MIOL sú dizajnované tak, aby rozdelili svetlo vstupujúce do oka na niekoľko ohnisk, čím spôsobia, že mozog vníma viacero obrazov simultánne. Rozdelenie svetla do viacerých ohnisk je optickou príčinou určitého zníženia kvality obrazu, tzv. funkcie MTF (Modulation transfer function), ktorá je pre MIOL príznačná. Prejavuje sa poklesom KC. Spracovanie týchto disparátnych obrazov sa uskutočňuje procesom neuroadaptácie.

MIOL môžeme na základe optického dizajnu a fyzikálnych princípov klasifikovať na **refrakčné, difrakčné IOL** alebo **kombinované**.

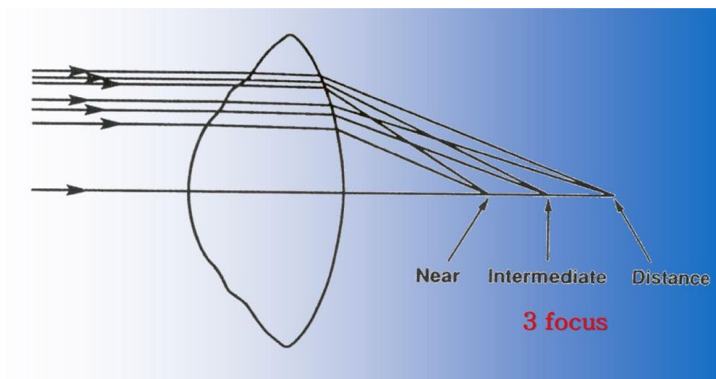
Optika MIOL môže byť **rotačne symetrická** (všetky difrakčné modely a väčšina refrakčných modelov) alebo **rotačne asymetrická** (niektoré refrakčné modely). Aj tu existuje asférický dizajn, ktorého cieľom je redukovať SA a zvyšovať KC.

Na základe fokality rozdeľujeme MIOL na **bifokálne, trifokálne, panfokálne a EDOF** IOL. Bifokálne MIOL obsahujú fokus do diaľky a do blízka, trifokálne IOL majú dodatočný fokus do strednej vzdialenosti. Panfokálne IOL poskytujú aj rozšírenú strednú vzdialenosť. Meta-analýza ukázala, že neexistoval signifikantný rozdiel v UNVA, KC, medzi subjektívnymi zrakovými poruchami, nezávislosťou od okuliarov a spokojnosťou pacientov medzi bifokálnymi a trifokálnymi IOL. UIVA sa ukázala byť rovnaká alebo lepšia u trifokálnych IOL v porovnaní s bifokálnymi (Yang et al. 2018). V ďalšej porovnávacíj štúdií Jin et al. (2019) takisto preukázali, že nebol žiaden signifikantný rozdiel v UDVA, korigovanej ZO do diaľky (CDVA) a UNVA, ZO do blízka s korekciou na diaľku (DCNVA) medzi bifokálnymi a trifokálnymi IOL. Bifokálne IOL však mali signifikantne horšie výsledky v nekorigovanej ZO na blízko (UIVA) v porovnaní s trifokálnymi IOL. V ZO na strednú vzdialenosť s korekciou na diaľku (DCIVA) sa nepreukázal žiaden rozdiel.

Refrakčné MIOL

Progresívne alebo zonálne refrakčné MIOL využívali koncentrické zóny zvyšujúcej sa dioptrickej sily na prednej ploche IOL s najvyššou dioptrickou silou v centre šošovky (**Obr. 3**). Ináč povedané, majú dve alebo viac sférických zón s rôznou refrakciou na prednej ploche IOL. Cieľom tohto dizajnu bolo zvýšiť akomodačnú silu vo vzťahu k mióze, keďže malá zrenica dovolí prejsť svetelným lúčom cez refrakčné zóny s vyššou dioptrickou silou lokalizovanou v centre. Distribúcia svetla cez IOL varíruje medzi rôznymi vzdialenosťami (vzdialené a blízke videnie) na základe rozdielnej veľkosti zrenice. Analýza bifokálne refrakčnej AMO Array SSM 26NB IOL preukázala 50-60% distribúciu svetla do diaľky, 22-38% do blízka a 15-18% na strednú vzdialenosť (Sieburth a Chen 2019).

Refrakčné MIOL môžeme rozdeliť na: dvojzonálne, trizonálne a päťzonálne. *Dvojzonálna* MIOL má centrálnu časť určenú na blízko, periférnu do diaľky. Všeobecne sa považuje za dominantnú do blízka. Pri úzkej zrenici však vykazuje zhoršené videnie.

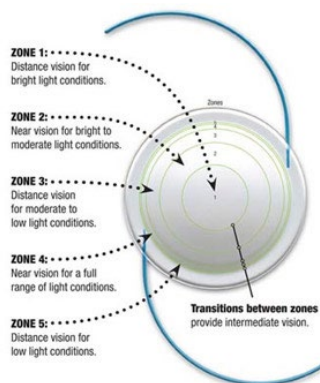


Obr. 3: Princíp refrakčnej multifokálnej IOL

Zdroj: (<https://slideplayer.com/slide/13385112/>)

Trizonálna MIOL využíva centrálnu a periférnu zónu na videnie do diaľky a stredná zóna má adíciu na videnie do blízka. Takisto je veľmi závislá od šírky zrenice.

Päťzonálna MIOL má päť koncentrických refrakčných prstencov na prednej ploche IOL so striedavou adíciou na rôzne vzdialenosti. Prstence sú prispôbené na rôzne svetelné podmienky a vzdialenosti ohnísk. Medzi jednotlivými prstencami sú prechodové asférické zóny k redukcii nežiadúcich svetelných efektov. Príkladom je trojkusová **ReZoom** IOL určená predominantne na diaľku s adíciou + 3,5 D (**Obr. 4**). Pri úzkej zrenici poskytuje 80% svetla na videnie do diaľky a 20% na blízky bod. Pri zrenici s priemerom 4-5 mm je 60% svetla použitého na diaľku, 30% na blízko a 10% na strednú vzdialenosť (Rozsival et al. 2008).



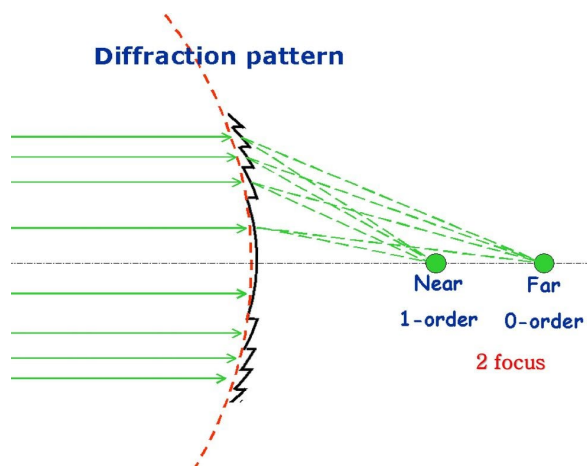
Obr. 4: Schéma ReZoom IOL

Zdroj: (<https://delawareeyeclinics.com/Rezoom.php>)

Difrakčné MIOL

Prednosťou difrakčných MIOL (full-optic alebo difrakčne-refrakčné IOL) je menšia závislosť od šírky zrenice a schopnosť navodiť excelentné videnie na diaľku a do blízka. Na

rozdiel od refrakčných MIOL, ktoré fungujú na princípe štandardného lomu svetelných lúčov, sa svetlo u difrakčných MIOL šíri formou vlnoplôch a dáva tak vznik ohniskám pre rôznu vzdialenosť (**Obr. 5**).



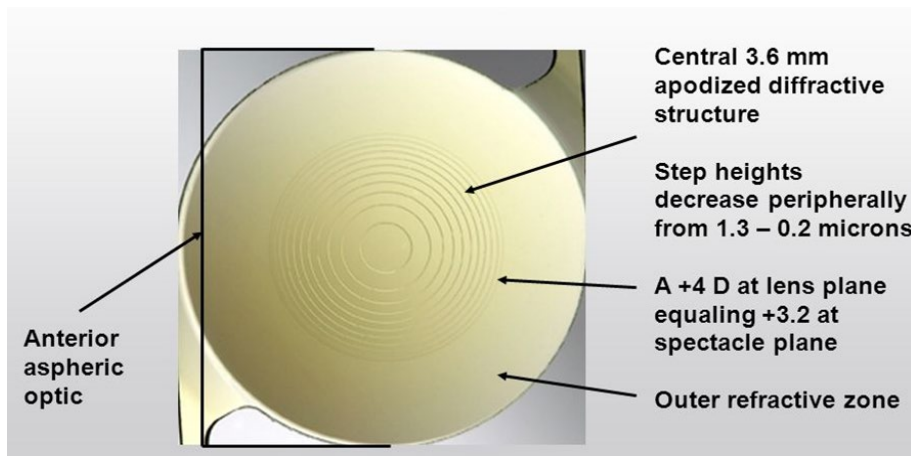
Obr. 5: Princíp difrakčnej multifokálnej IOL

Zdroj: (<https://slideplayer.com/slide/13385112/>)

Difrakčné IOL pozostávajú z cca 30 koncentrických difrakčných prstencov na zadnej ploche IOL, ktoré ohýbajú svetlo pod rôznym uhlom a koncentrujú ho tak do dvoch ohnísk, blízkeho a ďalekého. Preto ich radíme medzi bifokálne šošovky. Z fyzikálnych dôvodov môže dôjsť rozptylom až k strate 20% svetla. Výhodou difrakčného princípu je, že na každom mieste optického systému dôjde pri konštantnom osvetlení k rovnakému zobrazeniu. Tým sa stáva nezávislý od veľkosti zrenice a centrácie IOL (Auffarth et al. 2008). Po implantácii difrakčných IOL sa môžu objavovať väčšie problémy počas večerného šoférovania. Zástupcom difrakčne-refrakčných MIOL je **Acrysoft ReSTOR (Obr. 6)**. Má predný konvenčný refrakčný povrch určený na videnie do diaľky a koncentrický difrakčný (schodovitý) povrch pre videnie na diaľku a blízko s adíciou 4 D. Fokussácia svetla sa uskutočňuje pomocou apodizovaného povrchu šošovky.

Apodizáciu si môžeme vysvetliť ako postupnú redukciu výšky a vzdialenosti jednotlivých difrakčných štruktúr od centra smerom do periférie. Takáto optika má menší vplyv na pokles KC a znižuje prítomnosť svetelných fenoménov, ako sú halo a glare. Výsledkom je vyššia nezávislosť od okuliarov.

Refrakčná periférna časť ReSTOR MIOL je dizajnovaná pre ohnisko iba na diaľku. Optika tak uprednostňuje pri videní na diaľku zrenicu s väčším priemerom a pri videní do blízka úzku zrenicu. Nevýhodou MIOL je slabšie videnie na strednú vzdialenosť.



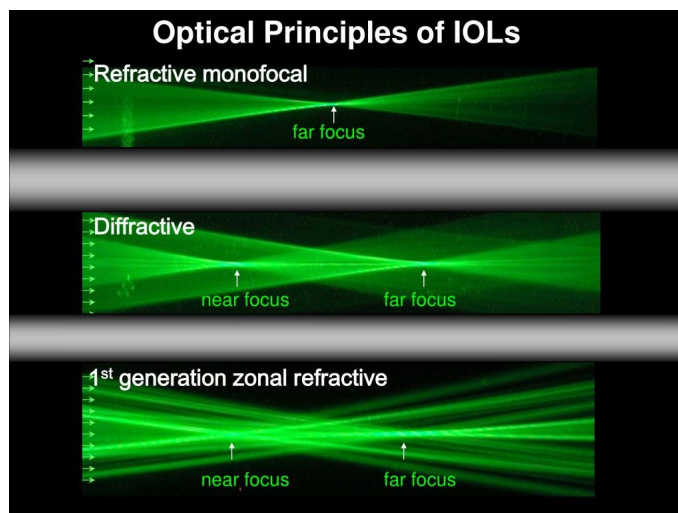
Obr. 6: AcrySof ReSTOR MIOL

Zdroj: (<https://slideplayer.com/slide/9284680/>)

Apodizované difrakčné IOL sa spoliehajú na veľkosť zrenice, ktorá ovplyvňuje distribúciu svetla medzi ďalekým a blízkym bodom. Svetlo prechádzajúce cez šošovku je distribuované medzi ohniskami do diaľky, blízka a ostatnými ohniskami.

V štúdií Xu et al. (2014) sa v porovnaní s difrakčnými IOL, refrakčné IOL vyznačovali častejším glare, halo a aberáciami vyššieho rádu. Takisto vykazovali lepšiu UDVA. Difrakčné IOL naproti tomu vykazovali lepšiu UNVA, ostrosť a rýchlosť čítania, nezávislosť od okuliarov, stupeň halo a glare. V UIVA nebol žiaden signifikantný rozdiel medzi oboma typmi IOL.

Alió et al. (2017) naproti tomu uviedli, že refrakčné modely IOL poskytovali vhodnú ZO do diaľky a na strednú vzdialenosť, no niekedy nie je ZO na blízko dostatočná. Okrem toho boli refrakčné IOL závislé od dynamiky zrenice a citlivé na jej centráciu. Difrakčné modely majú poskytovať dobrú ZO do diaľky a do blízka, s nedostatočnosťou do strednej vzdialenosti (**Obr. 7**). Súčasne nie sú tieto IOL tak závislé od dynamiky zrenice a sú viac tolerantné na jej centráciu. Decentrácia IOL a veľkosť pupily ovplyvňuje refrakčný výsledok nonapodizovaných a apodizovaných difrakčných IOL, ako aj progresívnych a neprogresívnych refrakčných IOL. V porovnaní s MIOL sú monofokálne IOL menej citlivé na veľkosť zrenice a IOL centráciu.



Obr. 7: Optický princíp monofokálnej, difrakčnej a refrakčnej IOL

Zdroj: (<https://www.slideserve.com/iona-daniel/accomodative-and-multifocal-iol-implantations>)

Rotačne asymetrické refrakčné MIOL

Prvé refrakčné MIOL boli prevažne rotačne symetrické. Svoju multifokalitu dosahovali dizajnom anulárnych prstencov, ktoré mali rôznu refrakčnú hodnotu. Tieto modely však mali aj rôzne limitácie, ako je závislosť od veľkosti pupily, vysoká senzitivita od centrácie IOL, intolerancia kappa uhla, strata KC či halo a glare. S cieľom eliminovať tieto nežiadúce vlastnosti, boli na trh predstavené rotačne asymetrické šošovky. Tento typ šošoviek koncentroval jeden lúč svetla do fokálneho bodu v určitom sektore na blízko a druhý lúč do diaľky. Tým sa dosiahne dobrá ZO do oboch vzdialeností s podobnou KC ako je to u monofokálnych šošoviek (Moore et al. 2017), nezávislosťou od veľkosti zrenice, nízkou citlivosťou na decentráciu IOL a s menším množstvom nežiadúcich optických fenoménov (dysfotopsii) ako u refrakčných koncentrických MIOL (Venter et al. 2014).

Pedrotti et al. (2018a) a Alió et al. (2011) nenašli žiaden rozdiel vo fotopickej KC medzi rotačne asymetrickými MIOL a monofokálnymi IOL. Alió et al. (2022) takisto zistili, že fotopická KC v priestorovej frekvencii 12 a 18 c/st (počet cyklov na uhlový stupeň) bola u asymetrických MIOL signifikantne lepšia ako u difrakčných bifokálnych IOL. Podľa Na et al. (2022) bola fotopická KC s a bez glare takisto signifikantne lepšia v priestorovej frekvencii 12

a 18 c/st u asymetrických MIOL (LS-313 MF30) v porovnaní s trifokálnymi MIOL (AT LISA tri 839MP).

Decentrácia a sklon MIOL zohrávali dôležitú úlohu pri kvalite zraku po implantácii asymetrickej MIOL. Na dosiahnutie rotačnej stability boli haptiky pôvodných asymetrických IOL nahradené plochými haptikami. Podľa Ventera et al. (2013) haptiky asymetrických IOL (LS 313) sú stabilné vo vaku kapsuly a u 9366 pacientov nevykazovali žiadne vychýlenie alebo decentráciu.

Lentis Mplus IOL má iba jednu prechodovú zónu medzi oboma segmentami, ktorá súvisí s redukciou disperzie svetla a zlepšenou KC (Venter et al. 2014). Napriek tomuto dizajnu IOL sa u pacientov s veľkým posunom centra zrenice nachádza zrenica práve v tejto prechodovej zóne. Tchah et al. (2017) našli pozitívnu koreláciu medzi dysfotopsiami a predoperačným uhlom kappa a posunom centra zrenice a navádzali k zváženiu implantácie takejto MIOL práve u tejto skupiny pacientov.

Yoo et al. (2016) zistili, že Lentis Comfort LS-313 MF15 bola asociovaná so signifikantne nižšou hladinou glare a halo ako rovnaký dizajn IOL s adíciou +3,0 D do blízka (Lentis M plus LS-313).

EDOF IOL

V roku 2014 FDA organizovala seminár, kde predstavila novú kategóriu prémiových **EDOF IOL** (Kohnen a Suryakumar 2020). Odvtedy sa medzinárodné organizácie snažili navrhnuť návody (guidelines) na demonštráciu bezpečnosti a účinnosti EDOF IOL v klinických štúdiách a štandardizovať testovacie kritéria na zvýšenie objektívnych údajov pre FDA a lekárov.

Na základe odporúčaní pracovnej skupiny Americkej oftalmologickej akadémie (AAO-American Academy of Ophthalmology) definovala FDA niekoľko klinických kritérií v spojitosti s EDOF IOL v Americkom Národnom Inštitúte pre Štandardizáciu (ANSI/AO Standard), Z80.35-2018 (Kohnen 2024). Kritéria uvedené ANSI/AO poskytovali merateľný návod, ktorý odlišuje EDOF od monofokálnych IOL. Zahŕňali nasledujúce body:

- a EDOF IOL by mala monokulárne zabezpečiť negatívnu hĺbku fokusu s hodnotou 0,2 logaritmu minimálneho uhla rozlíšenia (logMAR) alebo 6/9,6 Snellenových optotypov s najmenej o 0,5 D viac ako kontrolná skupina s monofokálnou IOL.
- b Monokulárna fotopická DCIVA na 66 cm by mala byť nadradená kontrolnej skupine s monofokálnou IOL a najmenej 50% očí by malo dosiahnuť ZO 0,2 logMAR (6/9,6 Snellenových optotypov) alebo lepšie.
- c Priemerná monokulárna fotopická BCDVA by nemala byť podradená kontrolnej skupine s monofokálnou IOL.

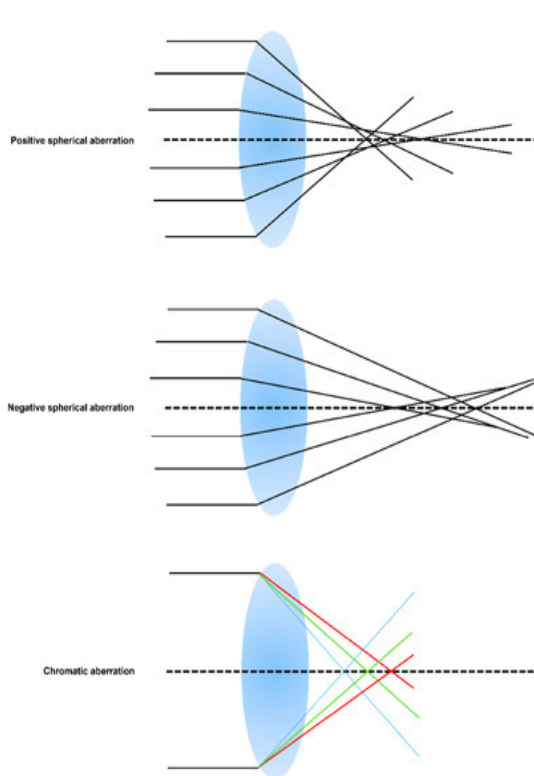
ISO súhlasí so štandardmi zavedenými ANSI pre EDOF IOL vo všetkých bodoch. No zároveň dodáva úlohu absolútnej hodnoty rozsahu hĺbky ostrosti (RoF, range of depth of field) na úrovni ZO 0,2 logMAR 1,5 dioptrií.

EDOF IOL by tak mohli preklenúť medzeru medzi monofokálnymi a MIOL a zároveň vykazovať menšiu mieru vedľajších zrakových rušivých vplyvov, ktoré by viedli k lepšej KC. EDOF IOL poskytuje výhody, ako je relatívne dobrá až excelentná ZO do diaľky, zlepšená ZO na strednú vzdialenosť a funkčná ZO na blízko. Vlastnosti, ako strata KC, sú špecifické pre konkrétny dizajn EDOF IOL (Kohnen a Suryakumar 2020).

Na základe optického dizajnu môžeme EDOF IOL rozdeliť do niekoľkých subkategórií (Alió 2022):

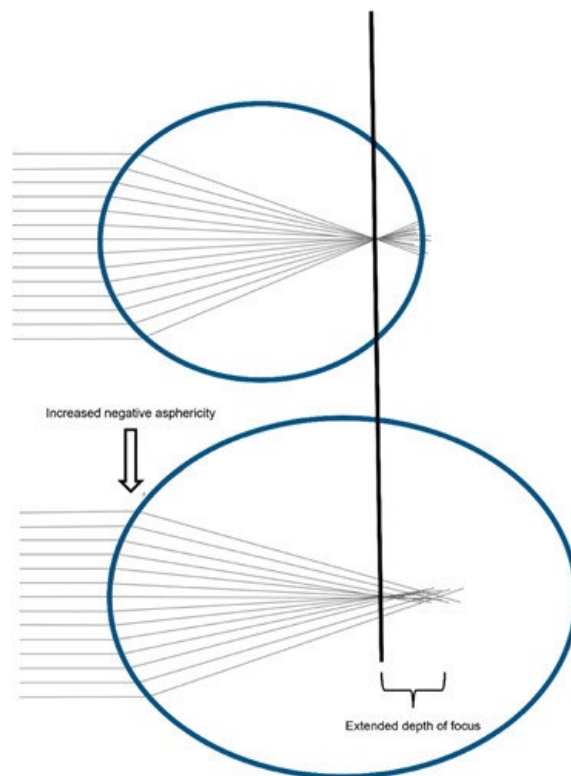
1 *EDOF IOL založené na sférickej aberácii (SA)*

Monochromatické aberácie môžeme rozdeliť na aberácie nižšieho a vyššieho rádu. K aberáciám vyššieho rádu, tzv. higher order aberrations (HOA), patrí sekundárny astigmatizmus, coma, trefoil, quadrafoid a SA. SA je založená na rozdielnej dĺžke svetelného lúča, ktorý sa láme v centrálnej a na okrajovej časti šošovky (**Obr. 8**). Aj keď prítomnosť HOA znižuje kvalitu videnia, niekedy prítomnosť HOA zlepšuje hĺbku videnia a na tom je založený optický mechanizmus EDOF IOL. EDOF IOL, ktoré sú založené na asféricite, modulujú asféricitu optického systému na zvýšenie hĺbky videnia a to zvýšením negatívnej asféricity predného a zadného povrchu IOL, čím sa SA posúva k viac negatívnym hodnotám (**Obr. 9**).



Obr. 8: Obrázok zobrazuje šošovku s pozitívnou a negatívnou SA a šošovku s chromatickou aberáciou

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



Obr. 9: Obrázok zobrazuje vplyv zvýšenej negatívnej SA povrchu šošovky na hĺbku videnia

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

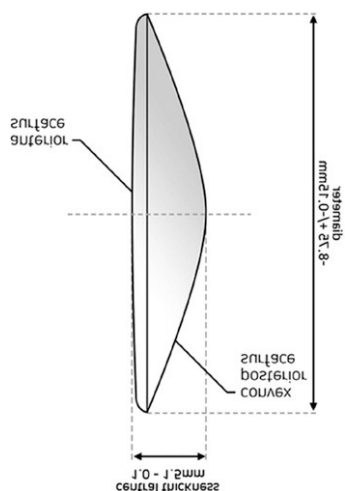
Chromatické aberácie sú založené na rozdielnej vlnovej dĺžke medzi farebnými lúčmi viditeľnej časti svetelného spektra. Ľudská rohovka indukuje chromatické aberácie, keďže modré svetlo sa na rohovke láme viac ako červené. Refrakčná optika IOL udržiava rohovkou indukovanú chromatickú aberáciu, čím sa celková aberácia zvyšuje. Na druhej strane, difrakčná optika IOL môže redukovať chromatické aberácie oka. Redukcia chromatickej aberácie zvyšuje KC a tým hĺbku videnia a kvalitu videnia. Tento princíp sa využíva v pravých EDOF IOL. Do tejto skupiny patria nasledujúce IOL:

- Mini Well Ready (SIFI; Medtech) (**Obr. 10**)
- Wichterle IOL- Continuous Focus (Medicem) (**Obr. 11**)



Obr.10: Mini Well Ready IOL (SIFI; Medtech)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



Obr. 11: Wichterle IOL (Medicem)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

2 EDOF založené na princípe centrálnej dierky

Tento princíp je založený na predpoklade, že so zväčšujúcou sa zrenicou klesá hĺbka videnia. Ak do oka vstúpi rovnaká intenzita svetla v blízkosti centra zrenice, odpoveď fotoreceptorov je väčšia, ako keby svetlo vstúpilo do oka na okraji zrenice. Do tejto EDOF skupiny patria nasledujúce IOL:

- IC-8 (AcuFocus Inc.) (**Obr. 12**)
- XtraFocus (Morchner) (**Obr. 13**)

Technológia EDOF IOL s malým otvorom, ako je IC-8 a Xtrafocus Pinhole Implant redukuje KC a umožňuje tak väčšiu toleranciu reziduálneho pooperačného astigmatizmu v porovnaní s monofokálnymi IOL. U týchto pacientov veľkosť zrenice nenarušuje signifikantne ZO, čím by mohla byť dobrou voľbou u tých pacientov s kataraktou, ktorí majú vizuálne poruchy v spojitosti s traumatickou mydriázou (Dick et al. 2017).



Obr. 12: IC-8 IOL (AcuFocus Inc.)
Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

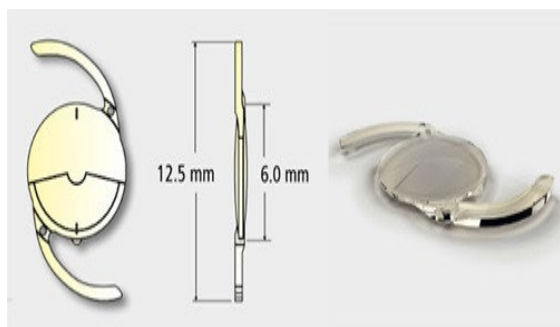


Obr. 13: XtraFocus IOL (Morcher)
Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

3 Multifokálne IOL so slabou adíciou na blízko

Do tejto skupiny patria refrakčné aj difrakčné MIOL.

- Lentis Comfort, LS-313 MF15 (Teleon Surgical)- adícia + 1.5 D
- Acunex Vario AN6 V (Teleon Surgical)- adícia + 1.5 D (**Obr. 14**)
- AT LARA 829 MP (Carl Zeiss Meditec) (**Obr. 15**)



Obr. 14: Acunex Vario AN6 V IOL
(Teleon Surgical)
Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

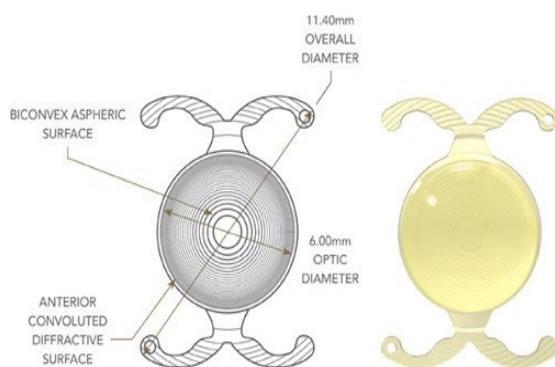


Obr. 15: AT LARA 829 MP IOL (Carl Zeiss Meditec)
Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

4 Hybridná MIOL-EDOF: so slabou adíciou na blízko a s vplyvom na HOA

Tento typ šošoviek je veľmi podobný tretej skupine, aj keď mierne zvyšuje účinok adície do blízka aberometrickým účinkom. Šošovky spôsobujú halo a glare, no v menšej miere ako tradičné MIOL.

- Fine-Vision Triumf POD L GF (PhysIOL) (**Obr. 16**)
- Tecnis Symphony ZXR00 (Johnson & Johnson Vision) (**Obr. 17**)
- Lucidis (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL SA) (**Obr. 18**)
- Suprahob Infocus IOL (Appasamy Associates) (**Obr. 19**)
- EDEN (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL SA) (**Obr. 20**)
- Harmonis (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL SA) (**Obr. 21**)
- Synergy ZRF00 (Johnson & Johnson Vision) (**Obr. 22**)



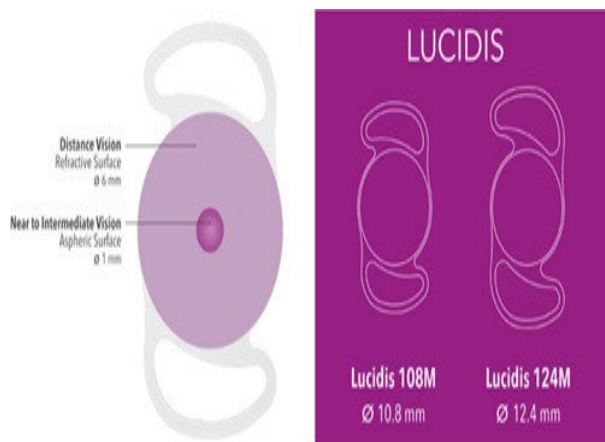
Obr. 16: Fine-Vision Triumf POD L GF
IOL (PhysIOL)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



Obr. 17: Tecnis Symphony IOL
(Johnson& Johnson Vision)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



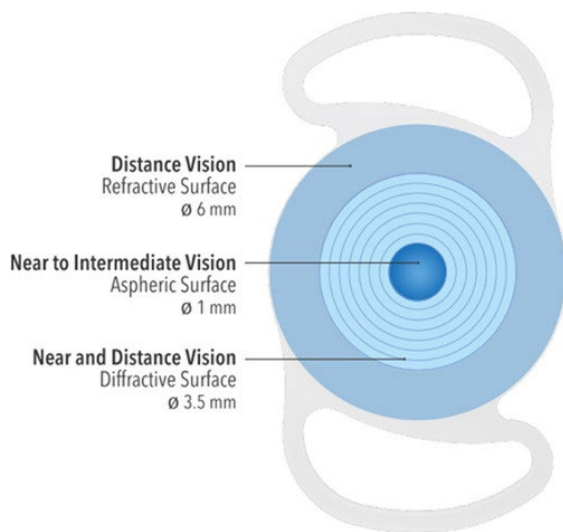
Obr. 18: Lucidis IOL (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL SA)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



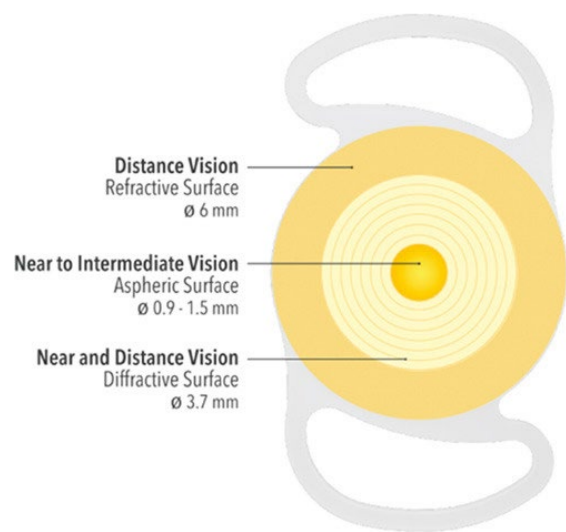
Obr. 19: Suprahob Infocus IOL (Appasamy Associates)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



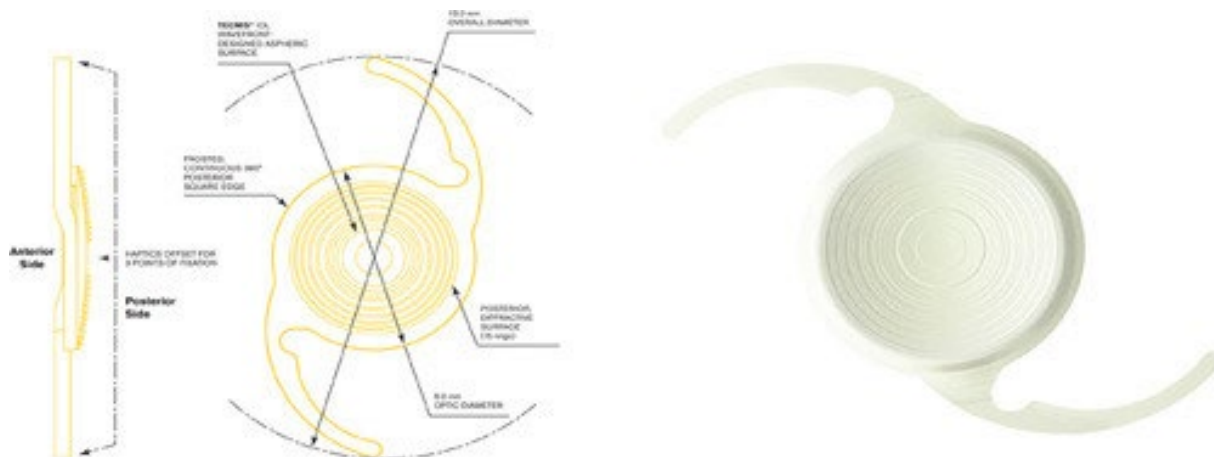
Obr. 20: EDEN IOL (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL SA)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



Obr. 21: Harmonis IOL (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL SA)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



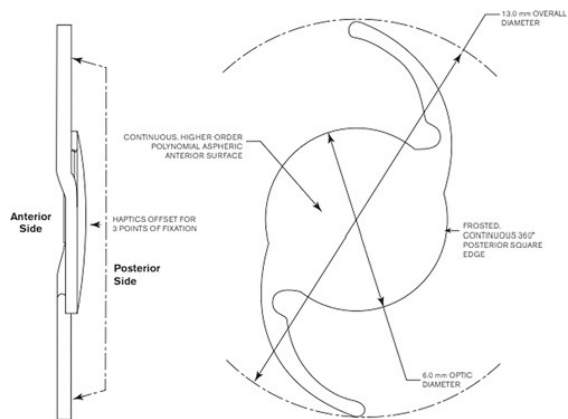
Obr. 22: Synergy ZRF00 IOL (Johnson & Johnson Vision)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

5 IOL s modifikovaným centrálnym optickým profilom

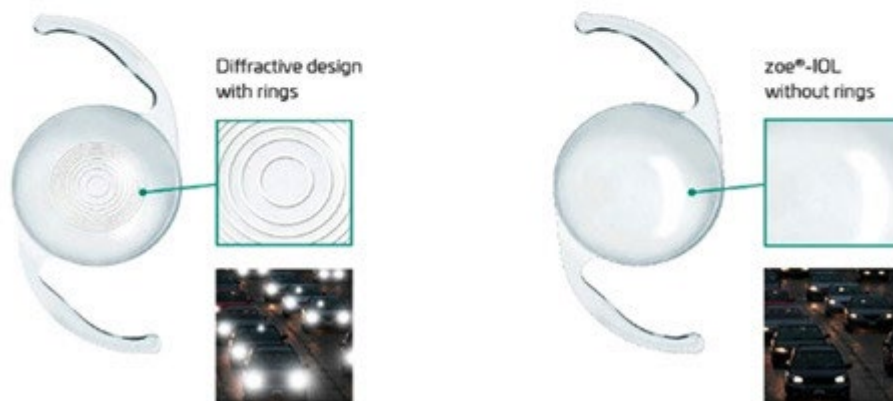
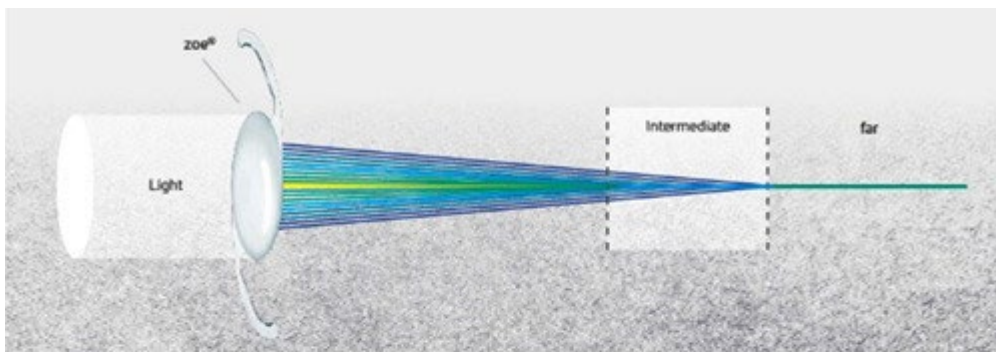
Tieto IOL spôsobujú buď zmenu optickej mohutnosti IOL od centra k periférii, čím sa zvyšuje centrálna optická mohutnosť šošovky alebo predĺženie fokusu vlnoplošným modulačným efektom. Tvorcovia týchto šošoviek ešte dobre nevysvetlili optický princíp týchto IOL. Nespôsobujú dysfopсию a vytvárajú dobrú ZO na strednú vzdialenosť a niektoré dokonca aj akceptovateľnú ZO do blízka.

- EyHance ICB00 Tecnis IOL (Johnson & Johnson Vision) (**Obr. 23**)
- AE2UV – ZOE (Eyebright Medical Technology Inc.) (**Obr. 24**)
- Synthesis PLUS (Cutting Edge) (**Obr. 25**)
- Acrysoft IQ Vivity DFT015 (Alcon) (**Obr. 26**)
- LuxSmart (Bausch & Lomb) (**Obr. 27**)
- RayOne EMV (Rayner Intraocular Lenses Limited) (**Obr. 28**)



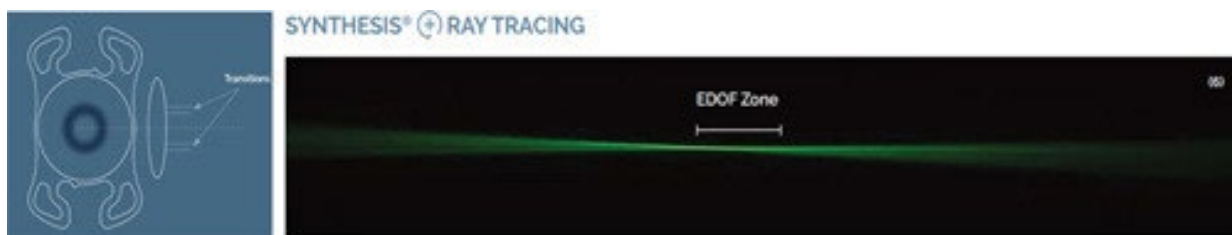
Obr. 23: EyHance ICB00 Tecnis IOL (Johnson & Johnson Vision)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

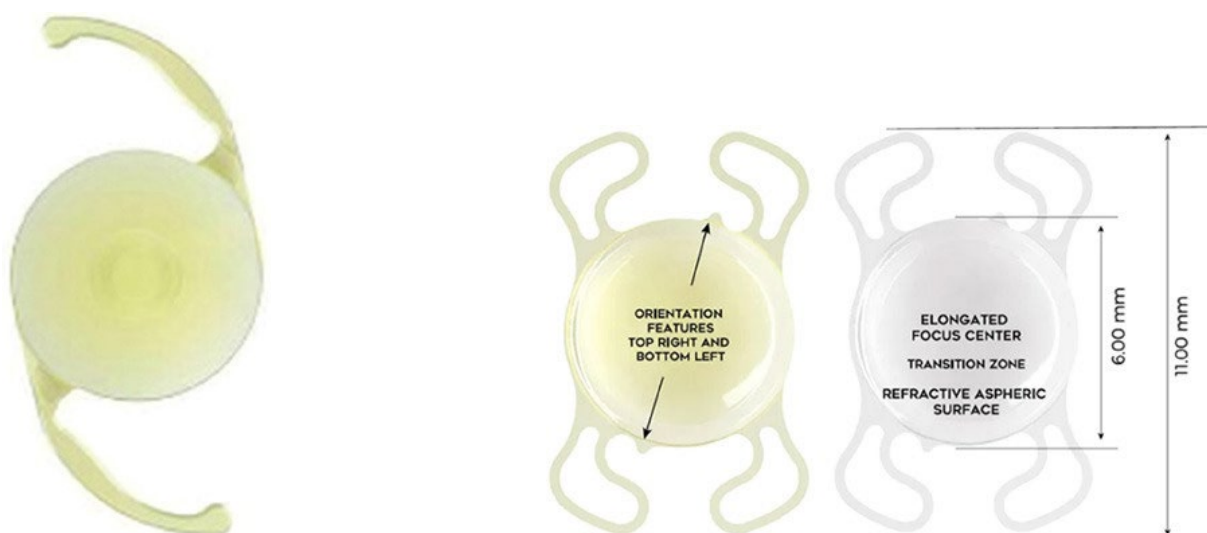


Obr. 24: AE2UV – ZOE IOL (Eyebright Medical Technology Inc.)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



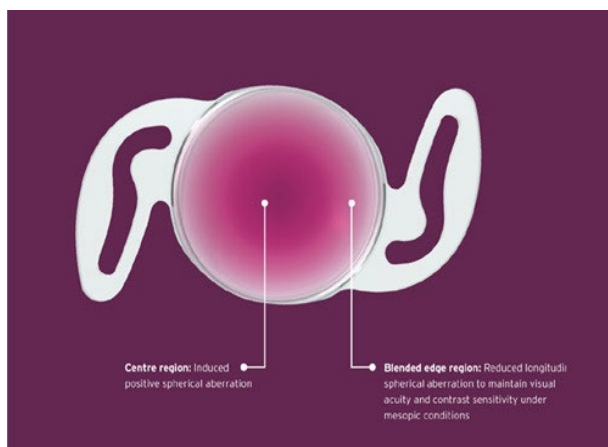
Obr. 25: Synthesis PLUS IOL (Cutting Edgence). Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



Obr. 26: Acrysoft IQ Vivity DFT015 IOL
(Alcon)

Obr. 27: LuxSmart IOL (Bausch & Lomb)
Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)



Obr. 28: RayOne EMV IOL (Rayner
Intraocular Lenses Limited)

Zdroj: (Megiddo-Barnir a Alió 2023)

Tórické IOL

15-29% pacientov prichádzajúcich na operáciu katarakty má viac ako 1,5 D rohovkového astigmatizmu. Liečba rohovkového astigmatizmu je v súčasnosti rôznorodá. Zahŕňa rohovkovú incíziu v strmom meridiáne, protiľahlú incíziu rohovky tzv. „opposite clear corneal incision“ (umiestnenie symetricky oproti operačnej incízii a v strmom meridiáne), periférnu rohovkovú relaxačnú incíziu (do 3 D), abláciu excimerovým laserom a využitie tórických IOL (do 9 D). Tórické IOL umožňujú pacientovi pri pohľade do diaľky dosiahnuť nezávislosť od okuliarov.

Celkovo sú výsledky implantácie tórickej IOL veľmi dobré s malou reziduálnou hodnotou astigmatizmu. Kessel et al. (2016) zaznamenali až u 70-95% pacientov UDVA s 0,3 logMAR. 70,3% pacientov nikdy nepotrebovali okuliare do diaľky. Tórické IOL poskytujú lepšie výsledky ako monofokálne IOL alebo limbálne relaxačné incízie.

Alternatívou pre vnútroočnú korekciu vysokej ametropie v kombinácii s astigmatizmom je implantácia fakickej tórickej šošovky, ktorá je schopná korigovať šošovkový aj rohovkový astigmatizmus.

Tórické MIOL

Tento typ IOL umožňuje pacientovi nezávislosť od okuliarov do diaľky, blízka a na strednú vzdialenosť. Na dosiahnutie excelentného refraktívneho výsledku predstavujú rotačná stabilita IOL a správne vyhodnotenie rohovkového astigmatizmu pre chirurga ešte väčšiu výzvu. Táto kombinácia sa ukázala ako dobre tolerovaná s mierou spokojnosti až u 84% pacientov (Kretz et al. 2015).

Tolerancia pooperačného astigmatizmu a jej efekt na zrakovú ostrosť

Napriek mnohým výhodám MIOL môže niekedy aj nízka hodnota reziduálnej refrakčnej chyby viesť k nespokojnosti pacientov s pooperačnou ZO. Redukcia kvality videnia je spojená s redukovanou KC a vyšším výskytom halo a glare, ktoré môžu byť práve zvýraznené prítomnosťou tejto refrakčnej chyby. Na dosiahnutie maximálneho zrakového potenciálu MIOL sa odporúča korigovať každú refrakčnú chybu. V prípade, ak sa chirurg rozhodne nekorigovať

astigmatizmus, mal by dokonale poznať vlastností rozličných typov MIOL a EDOF IOL a ich toleranciu na reziduálny astigmatizmus s cieľom dosiahnuť prijateľnú ZO na rôzne vzdialenosti. Nespokojnosť pacienta s pooperačným výsledkom môže viesť k explantácii šošovky, výmene IOL či laserovému dokorigovaniu. Odhaduje sa, že až u približne 5,24-23,66% pacientov je potrebné využiť vylepšovacie zákroky na redukciiu reziduálneho astigmatizmu po implantácii MIOL (Abdelghay a Alió 2014). Od EDOF IOL sa očakáva, že budú tolerantnejšie na refraktívny „shift“ (posun, zmena) a v tomto ohľade aj ľahšie použiteľné na rozdiel od ostatných typov IOL.

Chang et al. (2024) porovnávali toleranciu troch rôznych MIOL (bifokálna difrakčná IOL, trifokálna difrakčná IOL, EDOF rotačne asymetrická a refrakčná IOL - tzv. Lentis Comfort IOL) na experimentálne indukovaný astigmatizmus. Zistili, že indukovaný reziduálny astigmatizmus mal klinicky významný dopad na ZO do diaľky u všetkých troch IOL. ZO do blízka bola ovplyvnená najmä u bifokálnych a trifokálnych IOL, no zlepšená u EDOF skupiny. Astigmatizmus proti pravidlu v porovnaní s astigmatizmom podľa pravidla mal väčší dopad na ZO do diaľky u všetkých IOL a u bifokálnej IOL do blízka. Opačný trend bol pozorovaný pri ZO do blízka u EDOF IOL. U trifokálnej IOL ovplyvňoval astigmatizmus podľa alebo proti pravidlu ZO do diaľky a do blízka rovnako. Štúdia ukázala, že tolerancia astigmatizmu bola najvyššia u EDOF skupiny ako do diaľky, tak aj do blízka a podobná medzi bifokálnou a trifokálnou skupinou. Nameraný prah astigmatizmu dosahoval $\leq 0,5$ cylindrických dioptrií u bifokálnej aj trifokálnej IOL. Prah astigmatizmu u EDOF IOL bol $\leq 0,7$ do diaľky a presahoval dve cylindrické dioptrie do blízka.

Carones (2017) takisto porovnával dopad indukovaného astigmatizmu na ZO u štyroch typov MIOL. Najvyššiu toleranciu na astigmatické skreslenie a neostrosť obrazu indukovaním -1,5 cylindrických dioptrií dosahovala difrakčná EDOF IOL (Tecnis Symphony IOL) s dobrou ZO a strednou spokojnosťou pacientov. Prah astigmatizmu pre EDOF IOL bol 1,0 D, pre bifokálnu IOL 0,75 D a pre trifokálnu IOL $\leq 0,50$ D, čím sa trifokálna IOL ukázala ako najcitlivejšia s ohľadom na ZO a skóre spokojnosti pacientov. Všetky študované MIOL dosiahli excelentnú ZO s indukovaným astigmatizmom $\leq 0,50$ D bez ohľadu na jeho pozitívnu alebo negatívnu hodnotu. Najhoršie zo všetkých MIOL obstála Panoptix IOL. Carones (2017) vychádza z faktu, že práve distribúcia svetla MIOL do dvoch alebo viacerých bodov môže byť narušená alebo pozmenená prítomnosťou asymetrickej distribúcie svetla generovanej

nekorigovaným astigmatizmom. EDOF naproti tomu poskytuje nepretržitý rozsah videnia, tzv. „continuous range of vision.“

Hayashi et al. (2021) rovnako potvrdili, že ZO u MIOL bola zhoršená proporcionálne k výške reziduálneho astigmatizmu. Toto narušenie bolo viac viditeľnejšie v skupine s trifokálnou IOL ako s bifokálnou IOL a bolo výsledkom myopického refraktívneho „shiftu“, ktoré astigmatizmus spôsobil a ktorý najviac ovplyvňoval ZO do diaľky. Uspokojujúca ZO 0,2 logMAR na všetky vzdialenosti bola dosiahnutá, ak bol astigmatizmus $\leq 0,7$ cylindrických dioptrií v trifokálnej skupine a $\leq 1,0$ D v bifokálnej skupine.

Son et al. (2019) porovnávali toleranciu refrakčnej chyby po implantácii EDOF a monofokálnej IOL s rovnakou asférickou platformou a zistili, že Tecnis Symphony IOL (difrakčná EDOF IOL) dosiahla zakaždým lepšie výsledky monokulárnej UDVA ako monofokálna IOL. Black et al. (2024) porovnávali refrakčnú EDOF IOL (Model ZEN00V) s monofokálnou IOL (Model ICB00). Výsledky ukázali, že EDOF IOL dosiahla za prítomnosti $\pm 0,50$ D defokusu a $+ 0,75$ D astigmatizmu vysoké percento nekorigovanej ZO do diaľky s 0,10 logMAR, ktoré bolo porovnateľné s monofokálnou IOL a signifikantne lepšie ako MIOL s rovnakou platformou.

C Akomodačné IOL

Pri riešení presbyopie predstavujú akomodačné šošovky alternatívu k MIOL a sú indikované tam, kde nepredpokladáme dobrý účinok MIOL a spokojnosť pacienta. Cieľom akomodačných IOL je dynamický nárast dioptrickej sily oka pri pokuse o akomodáciu. Prvá IOL vytvorená Cummingom bola schválená FDA v roku 2003.

Spoločnou vlastnosťou všetkých akomodačných IOL je vysoká flexibilita spojenia optickej časti a haptík, čo umožňovalo predo-zadný pohyb optiky. Funkcia IOL je podmienená schopnosťou vnútroočných štruktúr podieľať sa na akomodácii, predovšetkým u hyperopických presbyopov. Kvôli oslabenej funkcii akomodácie emetropi a myopi nie sú ideálnymi kandidátmi pre implantáciu (Rozsival et al. 2008).

Existuje viacero dizajnových stratégií IOL: IOL meniace polohu (s jednoduchou alebo duálnou optikou), IOL meniace tvar, IOL modulujúce refrakčný index alebo chirurgické techniky plniace vak kapsuly so syntetickým materiálom.

Klinické štúdie rôznych akomodačných IOL vykazovali podobné výsledky ZO do diaľky a KC ako monofokálne IOL (Palikaris et al. 2011).

U MIOL v porovnaní s akomodačnými IOL sa dosiahli lepšie výsledky, čo sa týka nezávislosti od okuliarov a rozsahu akomodácie, no zároveň akomodačné IOL mali lepšie výsledky ako monofokálne IOL. Stupeň glare u akomodačných a monofokálnych IOL sa ukázal podobný a zároveň nižší ako u MIOL (Harman et al. 2008). 40-70% pacientov stále používalo na čítanie okuliare a viac ako polovica pacientov sa sťažovala na halo a glare. Na zabezpečenie väčšej spokojnosti pacientov a zhodnotenie klinických výsledkov súčasných akomodačných IOL sú preto potrebné ešte ďalšie štúdie.

1.2.2 Výsledky po implantácii vnútroočných šošoviek

Monofokálne IOL versus multifokálne IOL (MIOL)

Cochranova štúdia a metaanalýza demonštrovali vyššiu nezávislosť od okuliarov po implantovaní MIOL v porovnaní s monovíziou. MIOL však nepreukázali podstatne rozdielnu UDVA, UIVA a UNVA. Pacienti s monovíziou mali naproti tomu menej symptomatických aberácií vyššieho rádu, zatiaľ čo pacienti s MIOL opisovali častejšie glare a halo (de Silva et al. 2016).

Cao et al. (2019) porovnávali MIOL a monofokálne IOL. Výsledky ukázali, že medzi šošovkami nebol žiaden signifikantný rozdiel v UDVA a CDVA bez ohľadu na to, či sa jednalo o difrakčné alebo refrakčné IOL v skupine s MIOL. MIOL však preukázali lepšiu UIVA na vzdialenosť 60 cm a UNVA nezávisle od vzdialenosti (v 30 cm, 33 cm a 40 cm), ako aj lepšiu DCIVA (60 cm) a DCNVA. DCIVA na vzdialenosť 63 a 80 cm nepreukázala žiaden štatistický rozdiel. KC v skupine MIOL bola nižšia ako v skupine monofokálnych IOL. Väčšina pacientov v MIOL skupine nepotrebovala okuliare, vykazovali však viac problémov s glare a halo.

Buckhurst et al. (2017) preukázali pomocou halometrie uniformný nárast dysfotopsií v plne difrakčných MIOL v porovnaní s monofokálnymi IOL. Sektorové refrakčné IOL vykazovali len lokalizovaný nárast dysfotopsií v dolnom zrkovom poli. Pri subjektívnom meraní dysfotopsií boli pacienti schopní rozlíšiť difrakčné od refrakčných MIOL, neboli však schopní rozlíšiť refrakčné od monofokálnych IOL.

Alio et al. (2017) vo svojej štúdií poukázali na to, že oproti monofokálnym IOL je UNVA signifikantne zlepšená implantáciou MIOL, dosahuje menšiu závislosť od okuliarov do blízka bez zhoršenia ZO do diaľky.

Výhody monofokálnych IOL sú vo väčšine štúdií v už spomínanej KC, hlavne za nepriaznivých podmienok (Wang et al. 2017). Tým, že monofokálne IOL neznižujú výrazne KC, stávajú sa možnosťou pre pacientov s glaukómom, degeneráciou makuly alebo inými ochoreniami spôsobujúcimi jej pokles (Cillino et al. 2008). U MIOL boli pri vitrektómii u pacientov opisované problémy s vizualizáciou očného pozadia.

Technika „Mix and Match“

Pri bilaterálnej MIOL implantácii je na zlepšenie binokulárnych zrakových výsledkov na rôzne vzdialenosti možné kombinovať rôzne typy MIOL. Tento prístup sa nazýva „mix and match“ alebo „blended vision“.

Cieľom štúdie bolo porovnať dlhodobé klinické výsledky u pacientov po implantácii MIOL (Jiang et al. 2019). Prvej skupine pacientov bola obojstranne implantovaná Acrysof IQ ReSTOR +3,0 D (bifokálna apodizovaná difrakčná MIOL). V druhej (zmiešanej) skupine sa na jednom oku implantovala Acrysof IQ ReSTOR s adíciou +2,5 D a na druhom oku s adíciou +3,0 D. Výsledky ukázali, že priemerná binokulárna UIVA v 70 cm bola $0,26 \pm 0,09$ logMAR v prvej skupine a $0,10 \pm 0,07$ logMAR v zmiešanej skupine. Výsledky do diaľky a do blízka boli v oboch skupinách rovnaké. Štatistický a klinicky signifikantný rozdiel $0,16 \pm 0,08$ logMAR preukázal, že zmiešaná skupina dosahovala lepšiu UIVA bez narušenia ZO do blízka.

Karabag et al. (2018) implantovali do dominantného oka refrakčnú ReZoom NXG MIOL a do nedominantného oka difrakčnú Tecnis ZMA00 MIOL s adíciou + 4,0 D. Výsledky ukázali, že refrakčné IOL dosiahli v UDVA a UIVA signifikantne lepšie výsledky ako difrakčné IOL. V UNVA nebol žiaden štatisticky významný rozdiel medzi oboma IOL. Výsledky binokulárnej ZO dosahovali vo všetkých vzdialenostiach lepšie výsledky ako monokulárne testy pravého a ľavého oka. Počas šesť mesačného sledovacieho obdobia nebol žiaden štatisticky signifikantný rozdiel v KC, rýchlosti čítania, výskyte halo a glare medzi IOL. Na základe dotazníka 90% pacientov bolo spokojných pri bežných aktivitách do diaľky a na blízko, v sociálnom fungovaní či pri šoférovaní. Až 95% pacientov by tento mix and match prístup

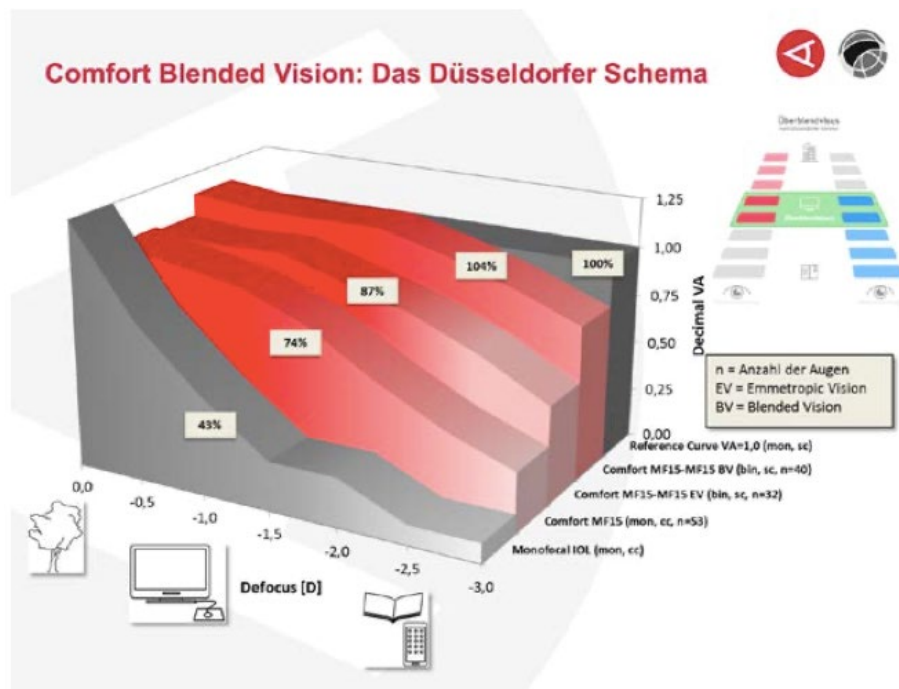
v implantácii odporúčali ďalším pacientom. Priemerný čas potrebný na neuroadaptáciu dosahoval $28,4 \pm 37,1$ dňa (0 - 120 dní).

Pri použití techniky mix and match sa obvyčajne odporúča implantovať refrakčné MIOL do dominantného oka (Knorz 2008). Napriek tomu, Yoon et al. (2013) navrhli implantovať difrakčné MIOL do dominantného oka, ak pacient často vykonáva prácu na blízko a do dominantného oka implantovať refrakčnú ReZoom IOL, ak pacient často využíva strednú pracovnú vzdialenosť.

„Düsseldorfská schéma“

V septembri 2013 predstavil Dan Reinstein z Düsseldorfu na sympóziu firmy Zeiss v Singapore koncept „Presbyond Laser Blended Vision“ (**Obr. 29**). Princípom bolo navodenie emetropie na dominantnom oku do diaľky a cieľovej refrakcie -1,5 D na dominantnom oku do blízka, s cieľom dosiahnuť väčšiu hĺbku videnia pri zvýšenej SA. Podľa neho vzniká v strednej vzdialenosti tzv. zóna prelínania, v ktorej obe oči dosiahnu dobrú ZO.

Na podobnom princípe funguje aj bifokálna šošovka **Lentis Comfort** s adíciou +1,5 D, ktorá produkuje minimálne alebo žiadne dysfotopsie. Pacientom bola do dominantného oka pre diaľku implantovaná Lentis Comfort na dosiahnutie emetropie a na druhom oku Lentis Comfort IOL s cieľovou refrakciou -1,5 D. Pacienti preukazovali nápadne rýchly čas neuroadaptácie. Predpokladalo sa, že rozhodujúcu úlohu tu zohrávalo priestorové videnie v strednej vzdialenosti, ktoré pomáhalo v procese adaptácie na nové videnie. Táto metóda sa u pacientov stretla s vysokou spokojnosťou. Šoférovanie auta, práca na počítači a čítanie novín bolo možné bez okuliarov (Breyer 2016).



Obr. 29: Defokusačná krivka Düsseldorfskej schémy

Zdroj: file: (///C:/Users/Danu%C5%A1ka/Desktop/augenspiegel_2016_08_breyer.pdf)

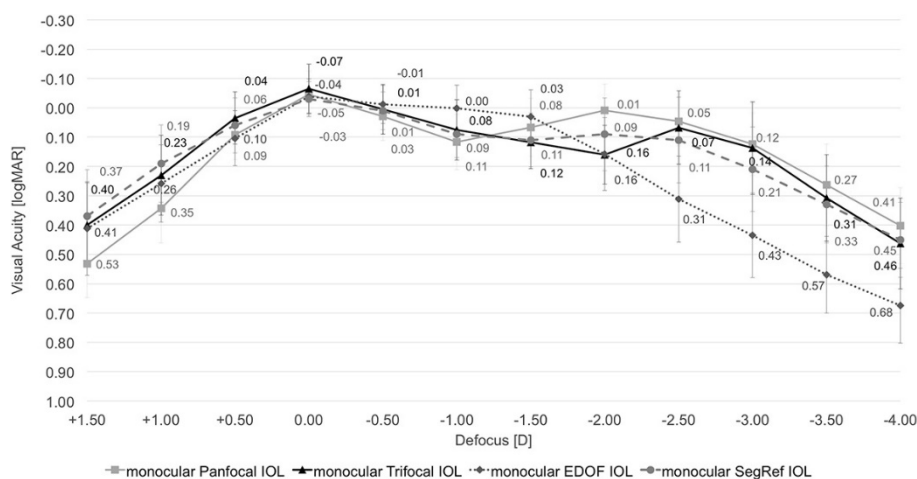
1.2.3 Defokusačná krivka

Silným objektívnym klinickým meradlom účinnosti IOL v korekcii presbyopie je defokusačná krivka. Hodnotí to, čo je pre pacientov najdôležitejšie: dobrú ZO na všetky vzdialenosti. Defokusačná krivka je takisto výborným nástrojom, ktorý pomáha klinikom pochopiť vplyv pooperačnej refrakčnej chyby na zrak pacientov po operácii. Pri analýze krivky je takisto dôležité zvážiť účinok SA na výslednú ZO, ako aj veľkosť pupily, ktorá ovplyvňuje schopnosť tolerovať defokus. Monokulárna defokusačná krivka s najlepšou možnou korekciou hodnotila samotnú IOL, pričom binokulárna defokusačná krivka bez korekcie hodnotila účinnosť metódy.

Böhm et al. (2019) sa zamerali na defokusačnú krivku u štyroch prebyopických IOL (**Obr.30**):

- 1 AcrySof PanOptix- asférická nonapodizovaná difrakčná panfokálna IOL so štyrmi ohniskami -quadrifokálna technológia (pre nekonečno, rozšírenú strednú vzdialenosť do 120 cm, strednú vzdialenosť 60 cm (add +2,17D), blízku vzdialenosť (add +3,25 D).

- 2 AT LISA tri 839 MP- asférická difrakčná trifokálna IOL s tromi ohniskami (nekonečno, stredná vzdialenosť 80 cm (add+1,66D), blízka vzdialenosť (add+3,33D)).
- 3 TECNIS Symfony ZXR00- EDOF IOL s add +1,75 D na strednú vzdialenosť.
- 4 LENTIS Mplus X LS-313 MF30- segmentovaná refrakčná IOL s add +3,0 D.



Obr. 30: Monokulárna do diaľky korigovaná defokusačná krivka 3 mesiace po implantácii panfokálnej IOL, trifokálnej IOL, EDOF IOL a SegRef IOL

Zdroj: (Böhm et al. 2019).

Všetky IOL vykazovali dobrú DCVA medzi štyrmi a dvomi metrami. EDOF IOL mala lepšie výsledky v DCIVA ako trifokálna a SegRef IOL (od jedného metra do 50 cm) a ako panfokálna IOL (v jednom metri). Panfokálna IOL dosahovala v DCIVA na 50 cm najlepšie výsledky. V DCNVA mala EDOF IOL najhoršie výsledky.

1.2.4 Výber pacientov

Pacienti nezvyknutí nosiť okuliare majú pred operáciou väčšie očakávania od pooperačnej nezávislosti od okuliarov na diaľku a na blízko. Najlepšími kandidátmi pre refrakčnú chirurgiu sú pacienti s presbyopiou a určitým stupňom hyperopie, pretože u nich sú prejavy z poklesu akomodácie už v skoršom veku a často majú zhoršenú kvalitu videnia aj do diaľky. Naopak, pacienti s ľahkou myopiou, ktorí dokážu čítať bez okuliarov, často nevedia

ocenit' po operácii s MIOL kvalitu videnia na blízko. Výnimkou môžu byť pacienti s malou myopiou a pokročilou kataraktou, ktorá spôsobuje pokles ZO do diaľky aj do blízka. Okrem toho, vysoká myopia so štrukturálnymi zmenami sietnice môže spôsobovať problémy pri spracovaní obrazu po implantácii MIOL (Rozsival et al. 2008).

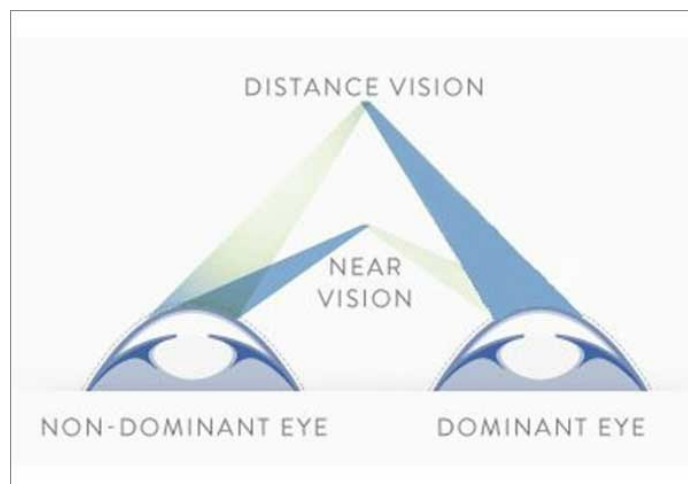
Ideálny pacient je motivovaný dosiahnuť nezávislosť od okuliarov vo videní do diaľky i do blízka, rozumie limitáciám prémiových IOL a má reálne očakávania. Na druhej strane musí byť pacient informovaný o možných optických aberáciách, ktoré by mohli ovplyvniť kvalitu videnia. Aj keď mnoho z týchto symptómov možno odstrániť procesom neuroadaptácie, pacient si musí byť vedomý toho, že možnosť ich pretrvávania môže byť trvalá.

Trifokálne modely IOL sú viac vhodné pre pacientov, ktorí vyžadujú dobrú ZO na strednú vzdialenosť. Refrakčný typ MIOL je relatívne kontraindikovaný u abnormálnych zrenicových reakcií.

1.3 Monovízia (monovision)

1.3.1 Definícia a rozdelenie

Tradičná alebo *konvenčná* monovízia je stav, kedy je dominantné oko korigované do diaľky a druhé nedominantné oko je úmyselne ponechané mierne krátkozraké, aby sme mohli vidieť blízke predmety (**Obr. 31**). Menej zaužívanou je *skrížená* monovízia, ktorá naopak koriguje dominantné oko na blízko a nedominantné do diaľky. Cieľom oboch metód je však zvýšiť hĺbku ostrosti so zachovaním dostatočného priestorového videnia. Na dosiahnutie dostatočnej ZO do diaľky a do blízka je potrebný veľký rozdiel v refrakcii medzi očami. Využívané hodnoty anizometropie sa pohybujú od -1,0 D až po - 2,75 D.



Obr. 31: Princíp monovízie

Zdroj: (<https://www.amrithospitals.com/ophthalmology/lasik/monovision-lasik>)

V prípade tradičnej, častejšie používanej monovízie, sa na základe Milesovho testu určí dominancia a toto dominantné oko je potom cielené na emetropiu. Pomocou KŠ sa predoperačne umelo vytvorí myopia na nedominantnom oku, aby sme u pacienta pred plánovaným operačným zákrokom zabezpečili toleranciu anizometropie a pridruženej anizeikónie.

Monovízia ako metóda pri predpisovaní optických pomôcok bola navrhnutá v roku 1958 Westom pre presbyopických pacientov používajúcich KŠ. Prvý klinický zápis pochádza od Fondu z roku 1966, ktorý opísal techniku monovízie použitím okuliarov a KŠ u 13 pacientov. Až v roku 1984 bola téma monovízie s použitím IOL prvýkrát publikovaná Boernerom a Thrasherom a v súčasnosti je jednou z najčastejšie používaných modalít s dobrou nezávislosťou od okuliarov a vysokou spokojnosťou pacientov (Zhang 2016).

Limitáciou monovízie je narušenie priestorového videnia, anizeikónia, subjektívne poruchy ZO a tolerancia indukovanej monovízie zo strany pacienta.

V literatúre sa môžeme stretnúť aj s termínom **pseudo-monovízia**. Je používaný niektorými autormi v situácii, ak je do každého oka implantovaná MIOL s iným fokusom, jedna je určená na videnie do diaľky alebo strednú vzdialenosť a druhá do blízka. Príkladom je, ak do dominantného oka implantujeme bifokálnu IOL, ktorá 70% lúčov láme do diaľky a 30% do blízkeho ohniska a do druhého oka implantujeme IOL s opačnou distribúciou svetla (Rozsival et al. 2005).

Monovízia dosiahnutá použitím monofokálnych šošoviek poskytuje veľa výhod MIOL bez nepriaznivých fotických fenoménov. Stock et al. (2017) preukázali, že glare sa vyskytol menej často u pacientov s monovíziou s implantovanými monofokálnymi IOL ako u pacientov s bilaterálne implantovanými MIOL. Mu et al. (2014) vo svojej porovnávacej štúdii opísali, že pacienti ktorým boli implantované MIOL sa sťažovali častejšie na dvojité videnie, problémy s nočným videním a halo ako pacienti s monovíziou s monofokálnymi IOL. Z klinických skúseností sa metóda monovízie veľmi osvedčila najmä u jedincov, ktorí už pred operáciou mali určitý stupeň anizometropie (Rozsival et al. 2005).

Techniku **mini-monovízie**, teda navodenie malej myopie (od -0,5 do -1,25 D) na nedominantnom oku, využil vo svojej štúdii Chen a Chen (2010) u pacientov so štandardnou IOL. Porovnávali nezávislosť od okuliarov u pacientov s obojstranne implantovanou monofokálnou IOL cielenou na monovíziu (AcrySof SN60WF) a u pacientov s MIOL (ReSTOR SN60D3) s adíciou +4,0 D. Výsledky ukázali, že pacienti v oboch skupinách dosiahli UDVA 20/30 a UNVA 20/40. Napriek tomu sa v ReSTOR skupine ukázala podstatne vyššia nezávislosť od okuliarov (95%) v porovnaní s AcrySof skupinou (35%). Odhliadnuť od tohto rozdielu je mini-monovízia dobrou alternatívou pre pacientov, ktorí si nemôžu dovoliť drahú MIOL a túžia sa do určitej miery oslobodiť od okuliarov.

Finkelman et al. (2009) si vo svojej štúdii na nedominantnom oku vybrali pre monovíziu cieľovú refrakciu -1,0 až -1,50 D. 96% z 26 pacientov dosiahlo UDVA 20/30 a lepšie a 92% UNVA 2/50 a viac. Asi ¼ pacientov bola nezávislá od okuliarov. Pacienti dosiahli všeobecne dobré priestorové videnie (stereopsiu) a KC. Priemerné hodnoty stereopsie boli 175,6 uhlových sekúnd.

V roku 2011 bola Iidom et al. (2011) do praxe zavedená technika **hybridnej monovízie**. Princíp spočíval v implantácii monofokálnej IOL do dominantného oka a MIOL do nedominantného oka, pričom cieľová refrakcia je obojstranne emetropia. Technika kombinuje vlastnosti oboch šošoviek. Dobré videnie bolo na diaľku s minimálnym výskytom dysfotopsií u monofokálnej IOL a dobré videnie do blízka pri MIOL. Iida et al. (2011) vo svojej štúdii implantovali monofokálnu IOL AQR10Ai a difrakčnú MIOL Tecnis ZM900 s adíciou + 4,0 D. Priemerná obojstranná ZO vo všetkých vzdialenostiach bola lepšia ako 0,1 logMAR. Obojstranná KC dosahovala lepšie hodnoty ako monokulárna pri MIOL. Stereopsia bola v rámci normálnych hodnôt až u 62,5% pacientov.

Rovnakú myšlienku využili u svojich pacientov aj Studený et al. (2017). Do dominantného oka implantovali monofokálnu asférickú Auroflex IOL a do nedominantného oka multifokálnu apodizovanú difrakčnú Seelens MF IOL s adíciou +3,0 D. Výsledkom bolo, že priemerná binokulárna UDVA bola $-0,07 \pm 0,08$ log MAR a CDVA $-0,12 \pm 0,06$. Priemerná binokulárna UNVA dosiahla hodnoty $0,15 \pm 0,11$ log MAR. Subjektívne bol výskyt dysfotopsií veľmi nízky s celkovou spokojnosťou pacientov až v 94% a nezávislosťou od okuliarov v 45%. Meranie UIVA nebolo súčasťou štúdie.

Technika monovízie bola úspešne využívaná aj u myopických pacientov, hovoríme o takzvanej **myopickej pseudofakickej monovízii**. Hayashi et al. (2018) skombinovali u pacientov cieľovú refrakciu -2,75 D na dominantnom oku a -1,75 D na nedominantnom oku. Pacienti dosahovali signifikantne lepšiu UIVA a UDVA ako pacienti s bilaterálnou cieľovou refrakciou -2,75 D, pričom UNVA bola v oboch skupinách bez veľkých rozdielov. Metóda sa ukázala ako výhodná pre myopických pacientov, ktorí chcú na blízku a strednú vzdialenosť dosiahnuť nezávislosť od okuliarov.

1.3.2 Monovízia a stereopsia

Stereopsia alebo aj senzorická fúzia je schopnosť vytvoriť hĺbkový vnem spojením ľahko horizontálne **disparátnych** častí obrazov, ktoré nedopadajú v každom oku na prísne korešpondujúce miesta sietnic. Ich splynutím tak vzniká vnem tretieho rozmeru a poskytuje zároveň priestorové stereoskopické trojrozmerné vnímanie. To radí stereopsiu medzi najvyššiu formu binokulárneho videnia. Priestorové videnie udáva vzájomnú polohu dvoch objektov v priestore a nie vzdialenosť objektu od pozorovateľa. Kvantitatívne je vyjadrené pomocou uhlových sekúnd.

Binokulárne videnie sa uplatňuje na krátke vzdialenosti a funguje len s dvomi zdravými spolupracujúcimi očami. Tie pozorujú objekt z mierne rozdielneho uhla. Uhol bude tým väčší, čím bližšie bude pozorovaný objekt. Aby bol k tomu blízky objekt videný ostro, musí ho oko zaostriť pomocou akomodácie. Obrazy, ktoré tak vznikajú na sietnici, sa prenášajú do mozgu, kde ich mozog porovná s už „naučeným a videným“. Porovnaním oboch obrazov vníma mozog

hlĺbku videnia a vzdialenosť. Stupeň akomodácie prispieva k posúdeniu vzdialenosti od objektu mozgom.

Pri monokulárnom videní nie je priestorové videnie možné. Napriek tomu sa ľudia počas bežného dňa vedia dobre orientovať. Príčinou je čiastočné **hlĺbkové videnie** (prítomné u jednookých aj dvojokých pacientov), ktoré možno dosiahnuť pomocou perspektívy, skúsenosti, porovnávaním veľkosti tieňa a zafarbenia predmetov. Hĺbkové videnie môže jednooký pacient dosiahnuť aj pohybom hlavy. Problémy môžu však nastať pri jemnej motorickej práci.

Zmenami na sietnici v staršom veku dochádza k celkovému oslabeniu binokulárneho videnia. To je dané poklesom počtu fotoreceptorov, ktoré sprostredkujú binokulárne videnie. Vplyvom veku dochádza takisto aj k poklesu akomodačnej šírky a vzniká presbyopia. Fyziologickými zmenami v šošovke klesá najmä fyzikálna akomodácia. Predpokladá sa, že pokles akomodačnej šírky má vplyv na kvalitu vnímania stereoskopických projekcií. Skalením šošovky a vznikom katarakty sa takisto znižuje ZO. Po operácii katarakty a jej nahradením pomocou IOL vidí pacient do diaľky, no akomodačná schopnosť je prakticky nulová, čím sa predpokladá, že priestorové videnie úplne vymizne.

Hoci je pseudofakická monovízia u refraktívnych chirurgov veľmi obľúbená, má aj svoje negatívne stránky. Aj keď je jej dopad na bežné denné činnosti malý, môže viesť k poklesu stereopsie. V niektorých prípadoch môže byť príčinou dvojitého videnia. Príčinou je monovíziou navodená anizometropia, teda rozdiel refrakcie medzi oboma očami. Anizometropia môže zhoršovať priestorové videnie narušením binokulárneho videnia. V prípade monovízie platí priama úmera stupňa anizometropie a poklesu binokulárnych funkcií. Presný mechanizmus nie je známy. Ako príčina sa predpokladá foveálna supresia na oku s defokusáciou.

Fawcett et al. (2001) merali účinok monovíziou navodenej sférickej anizometropie na priestorové videnie. Došli k záveru, že hladina stereopsie bola redukovaná proporcionálne stupňu anizometropie u všetkých pacientov. Pacienti s anizometriou < 1,5 D dosiahli hodnoty 100 uhlových sekúnd a pacienti s anizometriou > 1,5 D hodnoty 150 uhlových sekúnd. Kontrolná skupina vykazovala hodnoty 40 uhlových sekúnd. Okrem toho sa väčšina autorov zhoduje v tom, že sférická anizometropia môže mať signifikantne nepriaznivý dopad na stereopsiu v porovnaní s astigmatizmom (Nabie et al. 2019).

1.3.3 Vplyv monovízie na zrakovú ostrosť

Hayaschi et al. (2011) sledovali vplyv umelo navodenej monovízie u pseudofakických pacientov s monofokálnou IOL na ZO a stereopsiu. Za úspešnú monovíziu sa považovala priemerná binokulárna DCNVA 20/40, binokulárna CDVA 20/25 a priestorové videnie < 100 uhlových sekúnd. Merania ukázali, že bez navodenej anizometropie bola u pacientov nameraná binokulárna DCNVA 20/97, binokulárna CDVA 20/20 a priemerná hodnota priestorového videnia 71 uhlových sekúnd. Pri anizometrii 1,0 D bola priemerná binokulárna DCNVA iba 20/60, hoci binokulárna CDVA a stereopsia boli dostačujúce. Pri monovízii 1,5 D dosahovala DCNVA 20/38, CDVA 20/21 a stereopsia 100 uhlových sekúnd. Pri 2,0 D bola binokulárna DCNVA 20/31, ale stereopsia iba 158 uhlových sekúnd. Výsledkom bolo, že najväčší počet pacientov, ktorí splnili kritéria monovízie, bol signifikantne väčší v skupine s monovíziou 1,5 D, ako pri 1,0 alebo 2,0 D.

Collins et al. (1993) vo svojej štúdii zistili, že binokulárna ZO do diaľky pri monovízii (od 1,0 po 2,5 D) bola pri použití nízko alebo vysokokontrastných logMARových tabuliek približne rovnaká v porovnaní s monokulárnou ZO dominantného oka. Zároveň zistil, že indukovaním reziduálneho astigmatizmu na nedominantnom oku (+0,50, +1,0 a -1,0 cyl) došlo k oveľa výraznejšiemu poklesu binokulárnej ZO v porovnaní s normálnymi binokulárnymi podmienkami. Ako predpokladaná príčina sa považovala meridionálna medziočná supresia. Autori preto odporúčali korigovať každý reziduálny astigmatizmus pri monovízii na zabezpečenie dostatočnej binokulárnej ZO.

Naproti tomu Zheleznyak et al. (2013) pomocou zrakového simulátora porovnávali dopad monokulárne indukovanej SA (na nedominantnom oku) pri monovízii s anizometriou 1,5 D na zrakové funkcie. Skupina s tradičnou monovíziou (TMV) mala korigovanú celkovú SA. U pacientov s modifikovanou monovíziou (MMV) bola indukovaná SA $\pm 0,2$ a $\pm 0,4$ μm . Výsledkom bolo, že +SA (+0,2 μm) vykazovala lepšiu ZO na strednú vzdialenosť (1 D), pričom -SA (-0,2 μm) vyústila v lepšiu ZO do blízka (2 D). Najlepšia hĺbka ZO bola dosiahnutá so SA +0,4 μm (>3,5 D). Priemerná hĺbka ostrosti videnia u MMV skupiny bola $3,5 \pm 0,5$ D v porovnaní s $2,7 \pm 0,3$ D u TMV skupiny. V ZO do diaľky nebol medzi skupinami žiaden signifikantný rozdiel. V ZO do blízka vykazovala MMV skupina signifikantne lepšie výsledky.

KC pri 10 c/st. bola signifikantne redukovaná u MMV skupiny iba na strednú vzdialenosť, do diaľky ostala neovplyvnená.

Mnoho autorov porovnávalo ZO u pacientov s pseudofakickou monovíziou a MIOL. Ukázalo sa, že ZO do diaľky bola pooperačne obojstranne zlepšená po oboch technikách. Okrem toho, nebol žiaden signifikantný rozdiel medzi skupinami v UDVA (Labiris et al. 2017).

Čo sa týka UNVA, Zhang et al. (2011) vo svojej štúdii zistili, že až 90% pacientov s MIOL (AcrySof ReSTOR SN60D3) dosahovalo UNVA 20/20 v porovnaní s 59% u pacientov s monovíziou (AcrySof SN60WF). Napriek tomu, nebol žiaden signifikantný rozdiel v percentách medzi skupinami s UNVA 20/25 a viac. Okrem toho, až 73% pacientov s monovíziou dosahovalo UNVA 20/30 a lepšie (oproti MIOL skupine s 9%) a malo všeobecne menej problémov s používaním počítača bez okuliarov.

1.3.4 Vplyv monovízie na kontrastnú citlivosť (KC)

KC je schopnosť vnímať malé zmeny v jase, ktoré nie sú oddelené presne ohraničenými hranicami, preto je základnou doménou zrakových funkcií. Význam hodnotenia KC spočíva v jej schopnosti detegovať abnormality zrakových funkcií u pacientov, ktorí sa napriek dobrej ZO (na základe Snellenových optotypov) sťažujú na zrakové problémy. K jedným z faktorov ovplyvňujúcich KC patrí jednoznačne refrakčná chyba.

Nekorigovaná refrakčná chyba sa manifestuje ako pokles KC pri malej veľkosti mriežok alebo pri vysokej priestorovej frekvencii. S nárastom refrakčných chýb klesá KC pri stredných a neskôr väčších veľkostiach mriežok (stredná až nízka priestorová frekvencia). Marmor a Gawande (1988) merali KC za podmienok refrakčného zahmlenia, ktoré viedlo k rôznym poklesom ZO. Zistili, že ZO redukovaná sférickými šošovkami viedla k poklesu KC v širokom spektre priestorových hustôt (nielen pri vysokých frekvenciách).

Pardhan a Gilchrist (1990) meral binokulárnu KC metódou sínusových mriežok pri 6 c/st. pri rôznych stupňoch monokulárnej defokusácie. Za normálnych podmienok bez defokusácie bola binokulárne dosiahnutá maximálna KC. So stúpajúcou defokusáciou klesala aj KC. Pri indukovanej anizometrii nad 1,5 D došlo k silnému poklesu KC, napriek tomu bola

lepšia ako monokulárna. Pri anizometrii 2,0 - 2,5 D bola KC dokonca horšia ako monokulárna.

Wilkins et al. (2013) porovnávali KC u pacientov s monovíziou a MIOL a zistili, že štatisticky lepšie výsledky dosiahla skupina pacientov s monovíziou ($P=0.0009$).

1.3.5 Fúzia/supresia pri monovízii

Rozdiel vo veľkosti obrazu rovnakého objektu na sietnici pravého a ľavého oka je potencionálnym zdrojom „chaosu“, ak je disparita obrazov príliš veľká. Môže dôjsť k trojakému efektu: a) fúzii s väčšou hĺbkou ohniska bez vážnejších vedľajších účinkov okrem poklesu jemného priestorového videnia, ako je to u väčšiny pacientov, b) supresii jedného z obrazov a pacient vníma iba ten druhý, ako je to u amblyopie, c) ak nedôjde k fúzii alebo supresii obrazov, pacient vníma dva objekty jedného obrazu, vzniká diplopia (Zhang 2016).

Schor a Erickson (1988) vyšetřovali hĺbku ostrosti u šiestich pacientov s indukovanou anizometriou s hodnotou 1,5 D. Pacienti, ktorí mali výraznú dominanciu jedného oka, mali problémy s potlačovaním nejasného obrazu druhého oka, pretože binokulárne pozorovaný objekt bol v hĺbke ohniska nedominantného oka. Pacienti so striedavou dominanciou vykazovali kompletnú binokulárnu sumáciu monokulárnej hĺbky ohniska každého oka. Tretia skupina vykazovala len čiastočnú sumáciu monokulárnej hĺbky ohniska. Ak sa však akomodačná odpoveď merala objektívne na optometri, akomodačná odpoveď bola kontrolovaná hlavne dominantným okom. Tieto výsledky naznačovali účinnosť medziočnej supresie nejasného obrazu spôsobeného anizometriou a vplyv očnej dominancie na proces supresie. Výsledkom je, že slabá očná dominancia by mala byť výhodou v aplikácii monovízie.

1.3.6 Zohľadňujúce faktory pri aplikácii monovízie

1.3.6.1 Očná dominancia

Očná dominancia je tendencia preferovať zrkový podnet z jedného oka na úkor druhého. Výberom obrazu z dominantného oka sa mozog bráni fyziologickej diplopii. Približne

2/3 ľudí (64%) má dominantné pravé oko a 1/3 ľavé oko (34%), pričom iba malá menšina (2%) nemá žiadnu dominanciu.

Prvé zmienky o očnej dominancii pochádzajú z roku 1593 od Giovanni Battista della Porta, ktorý vo svojej práci „De Retrations“ opísal test na určenie očnej dominancie. Táto téma sa stala znova aktuálnou až v 20. storočí. Klinický význam očnej dominancie spočíva v zvažovaní spokojnosti pacientov a celkovom úspechu pri aplikovaní monovízie pri operácii katarakty. Monovízia môže byť aplikovaná pri nosení KŠ, v rohovkovej refrakčnej chirurgii a chirurgii katarakty. Technika vychádza z predpokladu, že je ľahšie potlačiť neostré videnie v nedominantnom oku spôsobené anizometropiou ako v dominantnom oku a tým minimalizovať diskomfort pacienta. Problém určenia dominancie môže napr. nastať u pacientov s pokročilou kataraktou (Puri a Sethi 2017). Test očnej dominancie možno rozdeliť do 3 skupín:

- 1 Zrakový test (test podľa Milesa, Porta)
- 2 Senzorický test (test binokulárnej rivality) - dominantné je to oko, v ktorom súperiaci stimulus je vnímaný častejšie. V klinickom použití je známy napr. Worthov test.
- 3 Test na základe asymetrie v ZO a KC - dominantné bude oko s lepšou ZO, KC alebo na základe iných meraní zrakovéj funkcie. Tento typ dominancie môže zohrávať úlohu u pacientov s očným ochorením.

Preferencia obrazu vedie k rôznym efektom vnímania: subjekty vnímané dominantným okom sú vnímané presnejšie, obrazy sa javia ostrejšie a väčšie a obraz na sietnici vymizne pomalšie. Okrem iného, dominantné oko je pri čítaní funkčne aktivované pred nedominantným okom nasledované horizontálnou sakádou (kmitanie oka). Tieto fenomény naznačujú, že impulz z dominantného oka môže byť citlivejší, vnímavejší a početnejší a vedie tak k dokonalejšiemu vnemu. Výskum ukázal, že aj keby mohol mozog ľahko využiť informáciu z oboch očí a vytvoriť jeden ucelený obraz, dochádza zo strany mozgu k uprednostňovaniu informácii z dominantného oka. Alternatívnym vysvetlením by mohlo byť väčšie zastúpenie kortikálnych neurónov prijímajúcich informáciu z dominantného oka (Shneor a Hochstein 2006).

Napriek týmto poznatkom o očnej dominancii nemôžeme povedať, že by skrížená monovízia nemohla dosiahnuť uspokojujúce výsledky. Jain et al. (2001) aplikovali techniku skríženej monovízie pomocou LASIK/PRK u 12 zo 42 pacientov. Všetci 12 pacienti boli spokojní s dosiahnutým výsledkom.

1.3.6.2 Neuroadaptácia

Definícia: Neuroadaptácia je proces učenia, v ktorom mozog reaguje na predtým neexistujúci zmyslový podnet a je to zároveň schopnosť mozgu adaptovať sa naň buď jeho zamietnutím alebo využitím vo svoj prospech. Ak dôjde k procesu neuroadaptácie, vnímaný obraz bude podobný skutočnému obrazu. Tento proces je časovo náročný a závisí od individuálnych faktorov, pričom niektoré z nich, ako je vek, sú predpovedateľné, kým ostatné sú neznáme.

MIOL a adaptácia: Neuroadaptácia je hlavným problémom pri implantácii MIOL, keďže tieto šošovky pri zabezpečení multifokality redukovávajú KC a robia minimálne jedno z ohnísk zahmleným. Vysvetliť tento fenomén pacientovi a ak je to potrebné 'vytréňovať' pacienta po operácii katarakty, môže dopomôcť a pravdepodobne viesť k jeho pooperačnej spokojnosti. Väčšina pacientov sa adaptuje na MIOL za šesť až 12 mesiacov. Približne u 10% pacientov nedôjde k tomuto procesu nikdy. Neexistuje takmer nikto, kto by sa na vnútroočnú zmenu disparity adaptoval automaticky alebo rýchlo. Ak neuroadaptácia zlyhá, jedinou možnosťou chirurga je explantácia IOL. Rohovkové refrakčné operácie si takisto vyžadujú istú neuroadaptáciu. Tá je pomerne rýchla, pretože sa jedná väčšinou o mladých pacientov a je veľmi podobná adaptácii na nové okuliare (Phillips 2007).

Monovízia a adaptácia: Štúdie zaoberajúce sa monovíziou vykazujú rôzne časové obdobia potrebné na neuroadaptáciu: tri mesiace (McGill a Erickson 1991; Erickson a Schor 1990), štyri týždne (Josephson a Caffery 1987), dva týždne (Collins et al. 1994; Du Toit et al. 1998), 15 minút (Collins et al. 1989; Back et al. 1992) alebo žiadnu adaptáciu (Robboy et al. 1990). Z dostupných dát je ťažko urobiť nejaký ucelený záver, či dôjde u pacienta k adaptácii a ak áno, v akom časovom období. Pravdepodobne nie je účinok adaptácie taký silný, keďže každá štúdia vykazovala iné výsledky.

1.3.6.3 Psychologický profil a selekcia pacientov

Dôsledná selekcia pacientov pred presbyopiou korigujúcim refrakčným zákrokom zostáva naďalej dôležitým prvkom predoperačnej prípravy. Výber pacientov pre pseudofakickú monovíziu sa veľmi nelíši od výberu pacientov pred implantáciou MIOL. Avšak tým, že

prostredníctvom monovízie dôjde k ovplyvneniu priestorového videnia a poklesu KC, čo môže napr. ovplyvniť prácu za znížených svetelných podmienok či šoférovanie auta v nočných hodinách, je dôkladný výber a oboznámenie pacienta s možnými nežiadúcimi účinkami nevyhnutný.

Motivácia zo strany pacienta dosiahnuť nezávislosť na viac ako jednu vzdialenosť zohráva takisto dôležitú úlohu. Psychologický rozbor pacientov ukázal, že práve introvertní pacienti častejšie odmietali monovíziu v porovnaní s ostatnými (Erickson a Erickson 2000). Záverom Westinovej štúdie (Westin et al. 2000) bolo, že chirurgovia, ktorí u svojich pacientov zohľadnili ich zamestnanie pred použitím techniky monovízie, dosiahli u svojich pacientov lepšiu spokojnosť s pooperačným výsledkom.

Ďalším dokázaným vplyvným faktorom na spokojnosť pacientov bol špeciálny psychologický profil pacienta, tzv. „superego“ podľa Freuda. Súvisí s cnostnými vlastnosťami ako je ctižiadostivosť, poriadkumilovnosť, vytrvalosť, cieľavedomosť a i. Títo pacienti majú spravidla dostatočnú vytrvalosť na proces adaptácie, sú však aj dostatočne realistickí, aby akceptovali nežiadúce efekty monovízie (Du Toit et al. 1998).

1.3.7 Kontraindikácie monovízie

Pseudofakická monovízia nie je vhodná u pacientov po operácii či pri reštrikcii extraokulárnych svalov, u pacientov s diplopiou či pri používaní priziem, so známkami tropie a pri fóríi > 8 prizmatických dioptrií (Zhang 2016). Potencionálnou kontraindikáciou sú aj nasledovné stavy:

- *dlhotrvajúca jednostranná katarakta*: napr. traumatická katarakta môže viesť k poklesu fúzie. Aj keď došlo k traume v detstve, ak si pred operáciou všimneme strabizmus, je pravdepodobné, že po operácii katarakty bude mať pacient diplopiu kvôli narušeniu fúzie.
- *Diplopia pri zmene fixácie*: jedná sa o získanú diplopiu u dospelých s anamnézou strabizmu alebo amblyopie od detstva. Pacient nemusí mať diplopiu, ak postihnuté oko nie je fixujúcim okom. K diplopii však môže dôjsť, ak amblyopické oko začne byť okom

fixujúcim, napr. ak sa pôvodne fixujúce oko stane myopickým, pri skríženej monovízii alebo pri nepresnej preskripcii okuliarov.

- *Monofixačný syndróm*: strata obojstrannej fixácie alebo foveálnej fúzie vyústi v manifestáciu absolútneho skotómu vo fovey nefixujúceho oka. Vyskytnúť sa môže pri alebo bez strabizmu, pri jednostrannej lézii makuly. Problémy môžu nastať najmä pri skríženej monovízii. Tradičná monovízia môže narušiť rovnováhu asymptomatického monofixačného syndrómu indukovaním anizometropie. Test: Worthov test alebo vyšetrenie štyrmi prizmatickými dioptriami bázou navonok.
- *Prírodná monovízia, preexistujúca anizometropia*: Pacienti môžu mať normálnu bilaterálnu zrakovú funkciu. Ak je anizometropia kongenitálna, môže sa jednať o amblyopiu alebo monofixačný syndróm. Deti s anizometriou $>1,5$ D majú 50% pravdepodobnosť monofixačného syndrómu, pri $>2,0$ D je riziko takmer 100%. Tradičná monovízia môže byť príčinou nedostatočného videnia na blízko pre prísnu očnú dominanciu. Ak je oko amblyopické, môže dôjsť k manifestnej deviácii. Skrížená monovízia môže naopak viesť k diplopii pri zmene fixácie.
- *Amblyopia*: ak bude amblyopické oko zvolené ako oko do blízka, neznamená to veľký problém, no je obmedzená nezávislosť od okuliarov. Pri amblyopii sa zdravé oko vyznačuje dominanciou, no pri práci do blízka nedokáže potlačiť nejasný obraz amblyopického oka. V prípade amblyopie a silnej dominancie zdravého oka, potláča dominantné oko informáciu z nedominantného oka na základe jasnosti obrazu.
- *Parkinsonova choroba, postihnutie očí pri Graves-Basedowovej chorobe, Menierova choroba*

Pseudofakická monovízia by nemala byť zvažovaná ako univerzálne riešenie presbyopie, ale skôr ako možnosť pre vybranú skupinu pacientov, u ktorých sme nezistili kontraindikácie. Monovízia nie je odporúčaná niektorým povolaniám ako pilotom, šoférom nákladných áut, či profesionálnym hráčom golfu a basketbalu, aj keď mini-monovízia sa zdá byť bezpečná.

Ito et al. (2009a) vo svojej štúdii neodporúčali monovíziu u pacientov, ktorí pri svojej práci vyžadujú ostrý zrak za znížených svetelných podmienok alebo pri šoférovaní auta v nočných hodinách. Odôvodňovali to tým, že pri slabej očnej dominancii, ak je cieľ vysoko kontrastný v porovnaní s pozadím za mezopických podmienok, supresia neostrého obrazu nefunguje

dostatočne. Iným príkladom, ale s rovnakým výsledkom, sú pacienti so silnou očnou dominanciou.

1.3.8 Subjektívna spokojnosť pacientov s monovíziou

Labiris et al. (2015) porovnávali nezávislosť od okuliarov u pacientov s monovíziou a implantovanými MIOL použitím dotazníka VF-14. Výsledky ukázali v oboch skupinách excelentnú nezávislosť od okuliarov do diaľky, kým do blízka bola signifikantne horšia skupina s MIOL ($P < 0.01$). V celkovom výsledku dosiahla nezávislosť od okuliarov v skupine s monovíziou 31,4% a v MIOL skupine 65,7%. Skupina MIOL však vykazovala signifikantne viac dysfotopsií.

Podobný dotazník použil vo svojej štúdii aj Wilkins et al. (2013). Skupina s MIOL (difrakčná Tecnis ZM900 MIOL) dosiahla nezávislosť od okuliarov až v 71,3% v porovnaní 25,8% v skupine s monovíziou (Akreos AO) ($P < 0.001$). Okrem iného, pacienti s MIOL sa častejšie sťažovali na glare ($P < 0.0001$). Symptómy ako rušivé obrazy alebo neželané tieň sa v skupinách nelíšili.

Podľa ďalších výsledkov pacienti s monovíziou mali menšie problémy bez okuliarov pri práci s počítačom a vykazovali mierne lepšie výsledky pri šoférovaní (Zhang et al. 2011).

Najčastejšou príčinou nespokojnosti pacientov s monovíziou bola závislosť od okuliarov, astenopia a nedostatočná ZO na strednú a blízku vzdialenosť (Ito a Shimizu 2009b). Odporúčali zvážiť pseudofakickú monovíziu u pacientov mladších ako 60 rokov, lebo práve v tejto skupine zaznamenali najčastejšie používanie okuliarov po operácii a astenopické obtiaže, ktoré odrážali ich aktívny životný štýl.

2. Ciele novej chirurgickej techniky monovízie

Hlavným cieľom tejto novej chirurgickej techniky monovízie bolo u pacientov selektovaných na základe inklúzných a exklúzných kritérií, po obojstrannej plánovanej operácii vnútroočnej šošovky novou kombináciou IOL, dosiahnuť optimálnu ZO a nezávislosť od okuliarov v každodenných bežných činnostiach.

Na základe literárnych údajov sme predpokladali, že použitím novej techniky monovízie, dosiahnu pacienti po operácii dostatočnú ZO na všetky tri vzdialenosti (t.j. do diaľky, strednej vzdialenosti a do blízka) bez použitia optických pomôcok s dobrou toleranciou reziduálnej refrakcie. Subjektívna spokojnosť pacientov sa vyhodnotila dotazníkom. Vďaka nízkej hodnote anizometropie sa očakával menší dopad monovízie na binokulárne videnie: teda minimálne straty v priestorovom videní. Zároveň možno očakávať dobré zachovanie KC. Kombináciou dizajnu asférickej monofokálnej a rotačne asymetrickej refrakčnej EDOF IOL sme chceli dosiahnuť redukcii rušivých dysfotopsií, tak často opisovaných pri implantácii MIOL.

Nakoľko išlo o dovtedy nepublikovanú novú metódu liečby, kládli sme si tieto hypotetické otázky:

- 1 Dosiahne pacient po operácii dostatočnú ZO vo všetkých vzdialenostiach?
- 2 Bude zo strany pacienta tolerovaná reziduálna hodnota refrakcie?
- 3 Dôjde po operácii k zachovaniu dostatočnej KC pri nízkej aj vysokej priestorovej frekvencii?
- 4 Budú po operácii minimalizované dysfotopsie tak, aby nepôsobili na pacienta rušivo?
- 5 Dôjde po operácii napriek anizometrii k uspokojivému zachovaniu priestorového videnia?
- 6 Bude pacient po operácii spokojný s dosiahnutým výsledkom ZO?

Na tieto otázky sme zodpovedali v záveroch štúdie.

3. Metodika vedeckej práce a metódy skúmania

3.1 Charakteristika objektu skúmania

Štúdia bola vykonaná na súkromnej očnej klinike, v operačných centrách „Pallas Klinik“ v Zürichu a Berne vo Švajčiarsku. Klinické vyšetrenia boli vykonané podľa zásad Helsinskej deklarácie. Etický súhlas pod protokolovým číslom BASEC #2022-02062 poskytla príslušná etická komisia v Bazileji. U každého pacienta bol pred vstupom do štúdie získaný informovaný písomný súhlas.

Do tejto štúdie bolo zahrnutých 100 očí 50-tich pacientov, ktorí sa podrobili na klinike operácii šedého zákalu v období od Septembra 2019 do Novembra 2022. Ostatní operovaní pacienti, ktorí neboli zahrnutí do štúdie, boli vylúčení z dôvodu nepodpísania informovaného súhlasu alebo nesúhlasu s vykonaním rozsiahlejších pooperačných vyšetrení potrebných pre zaradenie do výskumu.

Inklúzne kritéria zahŕňali:

- Pacientov, ktorí v predoperačnom teste s KŠ dobre tolerovali anizometriu a pridruženú anizeikóniu
- Pacientov motivovaných, s túžbou dosiahnuť nezávislosť od okuliarov
- Nekomplikovanú bilaterálnu operáciu katarakty
- Pooperačné vyšetrenie vykonané najmenej tri mesiace po operácii.

Exklúznymi kritériami štúdie boli:

- Amblyopia
- Strabizmus so stratou priestorového videnia
- Anamnéza očného ochorenia (vekom podmienená degenerácia makuly, pokročilý zelený zákal, akákoľvek rohovková dystrofia resp. iregularita rohovky)
- Nedostatočná mentálna kapacita na vykonanie simulačného testu pomocou KŠ.
- Pokročilý stupeň šedého zákalu, ktorý znižoval ZO natoľko, že nebolo možné uskutočniť simulačný test pomocou KŠ
- Peroperačné komplikácie

3.2. Pracovný postup

Vnútroočné šošovky

Na dosiahnutie dokonalej ZO do diaľky sme na dominantnom oku zvolili pre implantáciu monofokálnu asférickú intraokulárnu šošovku **Vivinex iSert XC1** (Hoya Surgical Optics, Tokyo, Japonsko) s negatívnou sférickou aberáciou $-0,18 \mu\text{m}$ (**Obr. 32a**). Jednalo sa o jednokusovú akrylovú hydrofóbnú bikonvexnú IOL s 360° ostrým okrajom. Cieľová refrakcia bola emetropia. Tórickou variáciou IOL je model Vivinex Toric XY1A.

Do druhého, nedominantného oka, sme implantovali umelú vnútroočnú šošovku **Lentis Comfort L3 - 313 MF15** (Teleon Surgical B.V, Spankeren, Holandsko) (**Obr. 32b**). Jednalo sa o bifokálnu jednokusovú rotačne asymetrickú refrakčnú MIOL s plochou haptikou, ktorá zabezpečovala rotačnú stabilitu a adíciu $+1,5 \text{ D}$ v dolnom segmente. Hladká tranzitórna zóna medzi oboma optickými zónami pomáhala potláčať rozptyl svetla. IOL má šesť mm asférickú bikonvexnú optiku s nulovou sférickou aberáciou a 360° ostrý optický okraj, ktorý redukuje tvorbu sekundárnej katarakty. Je vyrobená z hydrofilného akrylového materiálu s hydrofóbnym povrchom a vhodným injektorom môže byť implantovaná aj cez $2,0 \text{ mm}$ rez. Variáciou IOL je jej tórický model, Lentis Comfort^{toric} (T0 $+0,75 \text{ D}$, T1 $+1,5 \text{ D}$, T2 $+2,25 \text{ D}$, T3 $+3,0 \text{ D}$, T4 $+3,75 \text{ D}$, T5 $+4,5 \text{ D}$, T6 $+5,25 \text{ D}$). Cieľovou refrakciou v tomto prípade nebola emetropia, ale hodnota $-1,25 \text{ D}$. To znamená, že výška anizometropie medzi oboma očami dosiahla rozdiel $-1,25 \text{ D}$. Adícia v dolnej časti IOL tak zabezpečí dostatočnú ZO na vzdialenosť 36 cm .

V **tabuľke 1** sú zobrazené jednotlivé parametre oboch IOL.

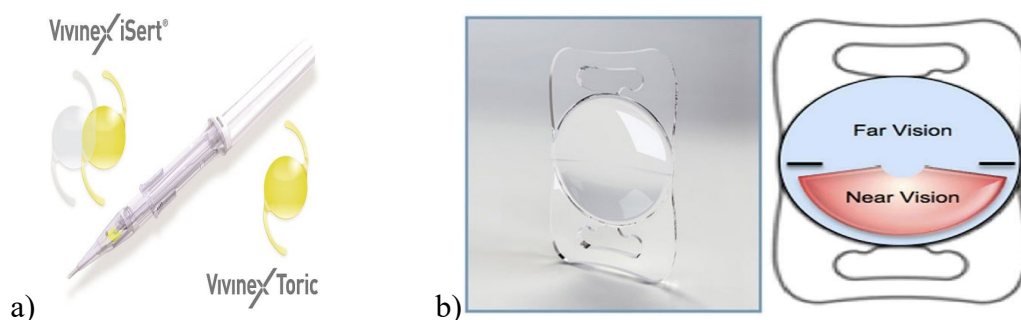
Tab. 1: Parametre Lentis Comfort LS-313 MF15 a Vivinex iSert XC1 IOL

Zdroj: (www.iol-finder.de)

Lentis Comfort LS-313 MF15	Vivinex iSert XC1
Typ: zadnokomorová jednokusová	zadnokomorová jednokusová

Extra/Zvláštnosti: KOMFORT-IOL (EDOF): optimalizovaný stredný a vzdialený pohľad, veľmi dobrá hĺbka ostrosti, zlepšené kontrastné videnie. Pooperačne nutné okuliare na čítanie	hydrofóbny akrylát bez lesku, patentovaná asférická optika pre lepšiu kvalitu obrazu
Optický materiál: akrylový hydrofilný s hydrofóbnym povrchom (HydroSmart)	akrylový hydrofóbny
Materiál haptík: akrylový hydrofilný s hydrofóbnym povrchom (HydroSmart)	akrylový hydrofóbny
Uhol odstupu haptík v stupňoch: 0	0
Dizajn haptík: plochá haptika	Modifikovaný C-loop, textúrovaný hrubý povrch
Celkový priemer v mm: 11,0	13,0
Priemer optiky v mm: 6,0	6,0
Druh optiky: EDOF asférická	monofokálna asférická
Optický tvar: bikonvexný; Low-Add- do blízka, +1,5 dpt anteriórne	Bikonvexný s ostrým, tenkým, textúrovaným okrajom
Filter pre modré resp. fialové svetlo: nie	Vivinex iSert XC1: nie, Vivinex iSert XY1: áno
360 stupňový ostrý okraj: áno	áno
Implantácia pomocou injektora: áno	áno
Preloaded: nie	Preloaded: áno
Veľkosť incízie v mm: 2,0	2,2
A-Konštanta (akusticky): 118,0	118,9
A-Konštanta (opticky): 118,32 (SRK/T)	SRK/T: 119,23
ACD-Hĺbka prednej komory v mm (opticky): 4,97	Haigis: $a_0 = -1,0453$ I $a_1 = 0,2582$ I $a_2 = 0,2292$
Rozsah dioptrií v 0,5 dpt odstupe v D 0,0 až 36,0	6,0 až 30,0

Rozsah dioptrií v 1,0 dpt odstupe v D -10,00 až -1,00	-
Adícia do blízka: Low-Add: +1,5 D	-
Výrobca/Distribúcia: Teleon Surgical Vertriebs GmbH	HOYA Surgical Optics GmbH



Obr. 32: Model Vivinex iSert IOL (a), Lentis Comfort LS-313 MF15 (b)

Zdroj: a) (www.iol-finder.de), b) (<https://simovision.com/surgical-products/refractive/premium-iol/comfort/product/67-lentis-comfort>)

Zvolenie nedominantného oka, ako prvého na operáciu katarakty, dávalo operátorovi možnosť využiť informáciu pooperačnej refrakčnej chyby na optimalizáciu hodnoty vnútroočnej šošovky na dominantnom oku a tým zabezpečiť dokonalú ZO do diaľky.

V prípade, že sa hodnota astigmatizmu pohybovala medzi 0,75 - 1,0 cylindrickými dioptriami, bola vykonaná séria protiľahlých incízií v strmšom meridiáne rohovky.

V prípade hodnoty vyššej ako 1,0 D bola zvolená tórická varianta oboch šošoviek s použitím Barettovhovho kalkulátora na výpočet sily tórickej šošovky, ktorý zohľadňuje súčasne hodnotu astigmatizmu zadnej časti rohovky.

Operačná technika

Všetky očné operácie boli vykonané za ambulantných podmienok v lokálnej anestézii alebo v sedácii (propofol, fentanyl, dormicum). Tesne pred operáciou bola podaná lokálna anestézia vo forme 0,4% kvapiek oxybuprocain hydrochloridu a mydriatické kvapky. Rohovkový rez o veľkosti 2,4 mm bol urobený v strmšom meridiáne rohovky a nasledovaný intrakamerálnym podaním 2% lidocain hydrochlorid monohydrátu na zníženie diskomfortu a zvýšenie kooperácie pacienta počas operácie. Kapsulorexia o veľkosti 5 mm bola vykonaná pomocou Utrata pinzety. Na hydrodisekciu a hydrodelineáciu bola použitá 27 gauge hydrodisekčná kanyla naplnená fyziologickým roztokom. Na rozlomenie jadra šošovky boli použité viaceré techniky (Divide and Conquer, Stop and Chop, Quick Chop), nasledované bezstehovou technikou fakoemulzifikácie s použitím fakoemulzifikačného prístroja Stellaris Elite firmy Bausch & Lomb. Nasledoval bimanuálny peeling kortexu šošovky a implantácia vnútroočnej šošovky do vaku cez hlavnú incíziu pomocou injektora vytvoreného výrobcom na tento účel.

V prípade, že si to pacient želal, bol pri operácii katarakty využitý aj femtosekundový laser (VICTUS Femtosecond Laser Platform, Bauch&Lomb, Nemecko), ktorý využíval dokovací prístup s použitím neaplanačného kvapalného rozhrania (sklerálny sací krúžok a komora s imerznou tekutinou). Trojrozmerná rekonštrukcia štruktúr predného oka bola vykonaná optickou koherentnou tomografiou.

Pre kapsulotómiu sa zvolilo nastavenie s priemerom 5 – 5,25 mm s energiou 6,0 μ J, pokiaľ nebolo nastavené manuálne. Šošovka bola fragmentovaná pomocou segmentového vzoru s ôsmymi koláčovými sektormi a s tromi sústrednými kruhovými zmäkčeniami. Predný a zadný offset šošovky bol 500 μ m, energia použitá na fragmentáciu šošovky bola nastavená na 7,8 μ J.

Typ a dĺžka pooperačnej liečby bola určená na základe preferencie a skúseností kliniky. Pacient si aplikoval lokálne antibiotické kvapky trikrát denne po dobu jedného týždňa, kortikosteroidné kvapky trikrát denne po dobu štyroch týždňov a nesteroidné antiflogistiká jedenkrát denne po dobu štyroch týždňov. Operácie neprebiehali simultánne, druhá operácia bola urobená s odstupom jedného – dvoch týždňov u všetkých pacientov.

3.3. Spôsob získavania údajov a ich zdroje

3.3.1. Predoperačné vyšetrenia

Každý pacient bol pred operáciou podrobený nasledujúcim vyšetreniam:

- Stanovenie ZO do diaľky pomocou projekčného optotypu za použitia logMARových optotypov s decimálnym zápisom, resp. pomocou hodnoty logMAR
- Dôsledné vyšetrenie predného a zadného segmentu oka na štrbinovej lampe
- Zmeranie vnútroočného tlaku pomocou Goldmannovho aplanačného tonometra
- Vyšetrenie žltej škvrny pomocou optickej koherentnej tomografie
- Vyšetrenie rohovky pomocou prístroja Galilei G6 (Zieler Ophthalmic Systems AG, Port, Švajčiarsko)
- Endotelová mikroskopia pomocou prístroja Perseus specular microscope (CSO, Firenze, Taliansko)
- Pupilometria pomocou prístroja Schwind Peramis (Mediconsult, Helsinki, Fínsko)
- Predoperačná biometria pomocou prístroja IOL - Master 700 (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Nemecko) alebo Lenstar LS900 (Haag-Streit Group, Köniz, Švajčiarsko)
- výpočet sily vnútroočnej šošovky pomocou vzorca Barrett Universal II resp. Barret Toric Calculator
- Predoperačné navodenie anizometropie pomocou multifokálnej KŠ s adíciou +1,5 D na nedominantnou oku s cieľovou refrakciou -1,25 D a monofokálnej KŠ na dominantnom oku s cieľovou refrakciou nula (0) D po dobu jedného týždňa
- Stanovenie očnej dominancie pomocou modifikovaného Milesovho testu, nazeraním cez dieru v papieri.

Očná dominancia zohrávala dôležitú úlohu v úspechu navodenej monovízie. Keďže pri pohľade do diaľky spôsobuje pacientovi zahmlenie dominantného oka viac diskomfortu ako zahmlenie nedominantného oka, je zvolenie si nedominantného oka do blízkej vzdialenosti opodstatnené.

Súčasťou vyšetrenia bola aj podrobná anamnéza, posúdenie celkového zdravotného stavu pacienta ako aj cielečné otázky zamerané na jeho životný štýl, pracovné nasadenie, záľuby či očakávania z budúcej operácie.

3.3.2 Pooperačné vyšetrenia

Pooperačné vyšetrenia boli vykonávané najskôr tri mesiace po operácii. Sledované boli nasledujúce parametre:

Vyšetrenie zrakovej ostrosti:

- Nekorigovaná ZO do diaľky (UDVA)- zo šiestich metrov (monokulárne a binokulárne)
- Nekorigovaná ZO do strednej vzdialenosti (UIVA) – v 66 cm pomocou Jägerových tabuliek (monokulárne a binokulárne)
- Nekorigovaná ZO do blízka (UNVA) - v 36 cm pomocou Jägerových tabuliek (monokulárne a binokulárne)
- Najlepšie korigovaná ZO do diaľky (CDVA) - zo šiestich metrov (monokulárne)

Vyšetrenia boli uskutočnené za fotopických podmienok.

Defokusačná krivka

Na hodnotenie zrakového výkonu sme použili defokusačnú krivku. Vyšetrenie prebiehalo za fotopických podmienok zo vzdialenosti šiestich metrov. Pacientom boli predstavené defokusačné šošovky s hodnotou od +1,5 D do -3,5 D v postupnom poradí. Šošovky boli odstupňované v 0,25 D. Hodnoty šošoviek medzi -0,5 D až +1,0 D zodpovedali vzdialenosti dvoch až šesť metrov. Stredná vzdialenosť bola definovaná hodnotami šošoviek -0,5 D až -2,0 D a zodpovedala vzdialenosti dvoch metrov až 50 cm. Blízka vzdialenosť mala hodnoty defokusu od -2,0 D až -3,5 D a korešpondovala s hodnotami 50 cm až 28 cm. Pacient nebol počas vyšetrenia korigovaný do diaľky. Výsledné hodnoty boli získavané binokulárne. Každé hodnote defokusu bola priradená priemerná hodnota ZO v logaritmickej prepočte.

Kontrastná citlivosť

Na meranie binokulárnej KC sme použili ClearChart 4 monitor (Reichert, Depew, NY, USA). Vyšetrovanie prebiehalo za mezopických podmienok (3 cd/m^2) zo vzdialenosti šiestich metrov. Nekorigovaná KC bola meraná pomocou vertikálne orientovaných sínusových mriežok v piatich priestorových frekvenciách: 1,5, tri (3) šesť (6), 12 a 18 c/st. Pacient sledoval orientáciu pruhov- zvislé či odklonené doprava alebo doľava o 15° . Zaznamenávala sa posledná

správna odpoveď. Následne bol vypočítaný logaritmus KC ako aj priemerná hodnota a štandardná deviácia získaných dát.

Stereotest

Vyšetrenie priestorového videnia bolo uskutočnené pomocou Fly Stereo Acuity Test (Vision Assessment Corporation, Elk Grove Village, IL, USA) z čítacej vzdialenosti. Test bol vykonaný bez a s korekciou za použitia polarizovaných okuliarov. Pozostával z geometrických vzorov, v našom prípade štyroch kruhov zoradených vo štvorci s odstupňovaním od 400 uhlových sekúnd po 20 uhlových sekúnd.

Vyšetrenie dysfotopsií

Na vyšetrenie intenzity a veľkosti halo a glare bol použitý Halo a Glare simulátor (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Nemecko), ktorý bol pacientovi zobrazený na monitore počítača. Na základe vlastného binokulárneho zrkového vnímania pacient aktívne prispôboval hladinu halo a glare na stupnici od 0 po 100% (100% predstavoval maximum možných dysfotopsií). Pacient si takisto mohol vybrať medzi troma rôznymi formami halo a glare.

Dotazníky

Na subjektívne vyhodnotenie kvality videnia sa použili dva dotazníky. „The National Eye Institute-Refractive Error Quality of Life-42“ (ďalej len NEI-RQL-42) pozostával z 13 podškál orientovaných do 42 otázok. Dotazník slúžil na vyhodnotenie kvality života v spojení s refrakčnou chybou. Druhým dotazníkom bol „The Patient-Reported Spectacle Independence Questionnaire“ (ďalej len PRSIQ), ktorý vyhodnocoval nezávislosť od okuliarov po operácii katarakty.

3.4 Použité metódy vyhodnotenia a interpretácie výsledkov

Výsledky vyšetrení jednotlivých pacientov boli zapisované do vopred pripraveného formulára - šablóny. Následne boli výsledky prenesené do internej databázy kliniky, Libre Clinica. Dáta boli analyzované použitím Microsoft Excel (v. 2403, Microsoft 365 MSO, Microsoft Corporation, Redmont, WA, USA).

3.5 Štatistické metódy

Numerické dáta sú vyjadrené ako priemer $\pm$ štandardná deviácia.

4. Výsledky vedeckej práce

Výber Pacientov

Do tejto retrospektívnej práce bolo zahrnutých 50 pacientov (100 očí). Veková hranica pacientov sa pohybovala medzi 43 a 87 rokom ($65 \pm 9,42$ r., priemer $\pm$ štandardná deviácia (ŠD)). Ženy a muži boli zastúpení v pomere 23:27 (1:1,17, resp. 0,85). Obdobie sledovania: 4 – 36 mesiacov (september 2019 - november 2022, priemer 19 mesiacov). Výsledky vyšetrení jednotlivých pacientov boli zapisované do vopred pripraveného formulára – šablóny (Libre Clinica - interná databáza kliniky). Analýza dát bola realizovaná pomocou Microsoft Excel.

Operácie katarakty boli plánované a v priebehu operácie či v sledovacom pooperačnom období sa nevyskytli žiadne komplikácie, čím nemusel byť zo štúdie vylúčený žiaden pacient. 12 zo 100 šošoviek bolo tórických (12%).

Výsledky zrakovej ostrosti

34 (68%) pacientov malo dominanciu pravého oka a 16 (32%) pacientov malo dominanciu ľavého oka. Priemerná axiálna dĺžka dosahovala hodnoty 23,97 mm a priemerný predoperačný sférický ekvivalent (SE) - $0,27 \pm 3,02$ logMAR. Najlepšie korigovaná ZO do diaľky predoperačne dosiahla hodnoty $0,08 \pm 0,15$ logMAR.

Kľúčovým bodom bolo dosiahnuť pooperačnú manifestnú refrakciu, ktorú sme zvolili ako cieľovú. Výsledky dominantného oka, kde bola implantovaná monofokálna IOL, dosahovali priemerný pooperačný SE $0,01 \pm 0,38$. Nedominantné oko s implantáciou EDOF IOL vykazovalo priemerný pooperačný SE $-1,56 \pm 0,45$.

Hodnotením výšky pooperačného SE vzhľadom na cieľovú refrakciu v skupine monofokálnych (50 očí) a EDOF IOL (50 očí) bola dosiahnutá cieľová refrakcia s maximálnou odchýlkou 0,5 D až u 44 (88%) očí v monofokálnej skupine a 36 (72%) očí v EDOF skupine. Šesť pacientov s monofokálnou IOL malo SE v rozmedzí +0,88 až -1,0 D a 14 pacientov s EDOF IOL malo SE v rozmedzí -0,38 až -2,5 D.

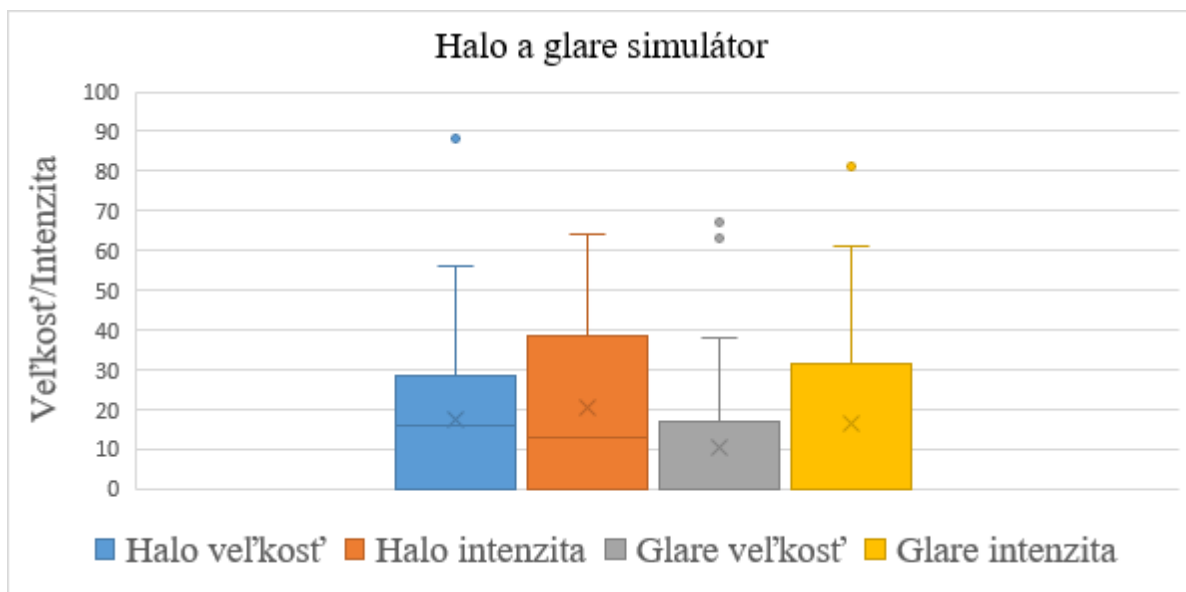
Tabuľka 2 zobrazuje výsledky nekorigovanej pooperačnej ZO. ZO bola vyhodnocovaná monokulárne a binokulárne. Priemerná monokulárna UDVA (6 m), UIVA (66 cm) a UNVA (36 cm) pre monofokálnu skupinu bola $0,03 \pm 0,09$, $0,16 \pm 0,16$ a $0,45 \pm 0,17$ logMAR. Priemerná monokulárna UDVA, UIVA a UNVA pre EDOF skupinu bola $0,41 \pm 0,21$, $-0,04 \pm 0,08$ a $0,06 \pm 0,07$ logMAR. Sumáciou binokulárneho obrazu sa zvyšuje aj ZO. Binokulárna UDVA, UIVA a UNVA tak dosiahla hodnoty $-0,01 \pm 0,09$, $-0,08 \pm 0,09$ a $0,05 \pm 0,07$ logMAR.

Tab. 2: Nekorigovaná pooperačná zrková ostrosť monokulárne a binokulárne

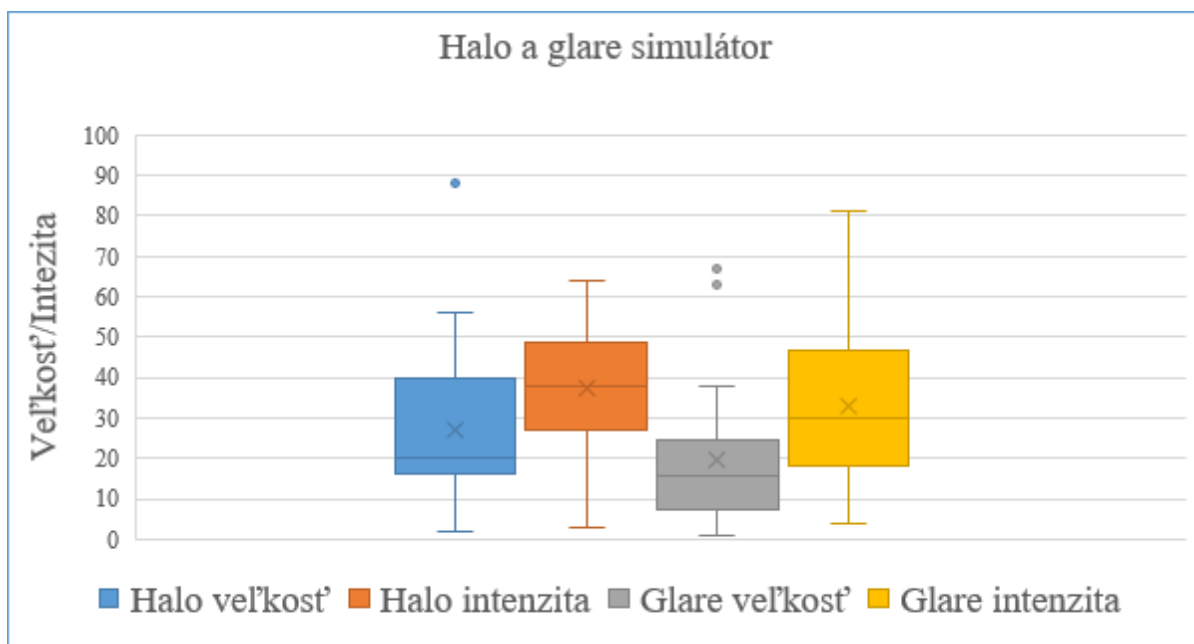
Vzdialenosť	Oči s monofokálnou IOL (Priemer $\pm$ ŠD)	Oči s EDOF IOL (Priemer $\pm$ ŠD)	Binokulárne (Priemer $\pm$ ŠD)
UDVA (logMAR)	$0,03 \pm 0,09$	$0,41 \pm 0,21$	$-0,01 \pm 0,09$
UIVA (logMAR)	$0,16 \pm 0,16$	$-0,04 \pm 0,08$	$-0,08 \pm 0,09$
UNVA (logMAR)	$0,45 \pm 0,17$	$0,06 \pm 0,07$	$0,05 \pm 0,07$

Dysfotopsie

Graf 1 a 2 a Tab. 3 a 4 zobrazujú výsledky merania dysfotopsií. Z 50-tich pacientov 27 (54%) zaznamenalo halo s priemernou veľkosťou $26,78 \pm 18,64$ a intenzitou $37,15 \pm 16,51$. 24 (48%) pacientov z 50 opisovalo glare s priemernou veľkosťou $19,67 \pm 16,95$ a intenzitou $32,83 \pm 17,58$. **Obr. 33 a 34** simuluje halo a glare za reálnych podmienok u všetkých pacientov, ako aj u podskupiny pacientov s dysfotopsiami.



Graf 1: Graf zobrazuje priemerné hodnoty halo a glare pre všetkých pacientov (p = 50)



Graf 2: Graf zobrazuje priemerné hodnoty halo (p = 27) a glare (p = 24) iba pre pacientov majúcych dysfotopsie

Tab. 3: Priemerná hodnota a štandardná deviácia halo a glare u všetkých pacientov (p = 50)

	Priemerná hodnota	Štandardná deviácia
Halo veľkosť	17,16	±20,13
Halo intenzita	20,60	±22,04
Glare veľkosť	10,34	±15,25
Glare intenzita	16,48	±20,64

Tab.4: Priemerná hodnota a štandardná deviácia halo a glare iba u pacientov zaznamenajúcich dysfotopsie

	Priemerná hodnota	Štandardná deviácia
Halo veľkosť (p=27)	26,78	±18,64
Halo intenzita (p=27)	37,15	±16,51
Glare veľkosť (p=24)	19,67	±16,59
Glare intenzita (p=24)	32,83	±17,58



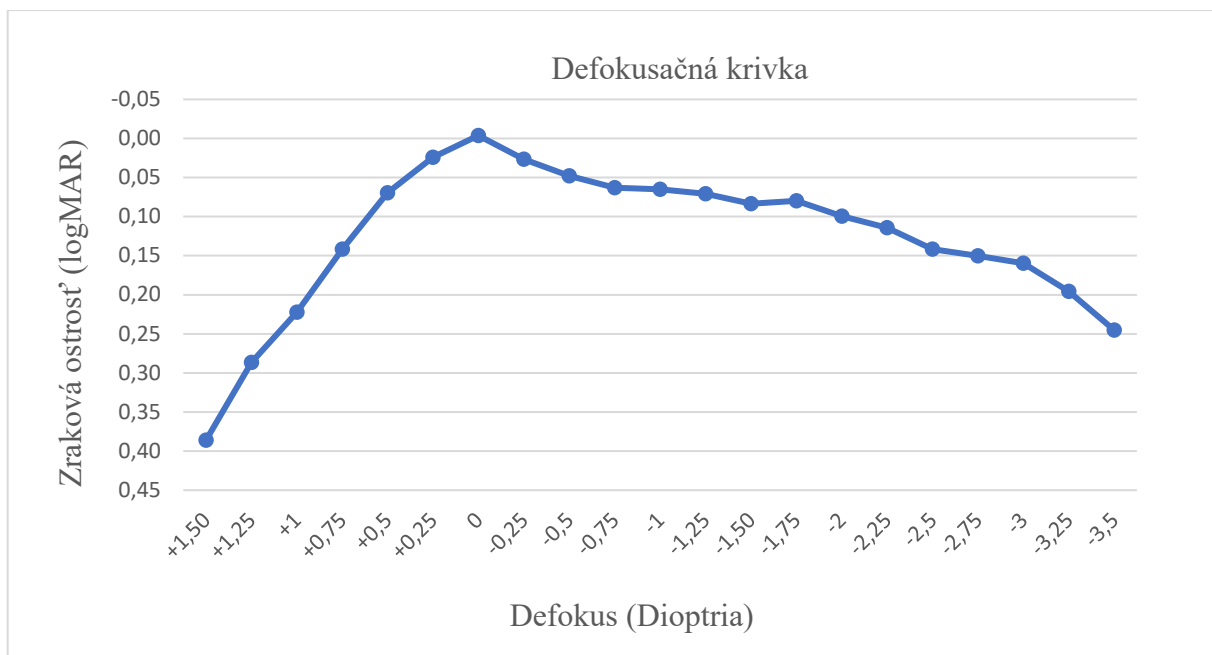
Obr. 33: Obrázok znázorňuje priemerné hodnoty halo a glare všetkých pacientov (p = 50)



Obr. 34. Obrázok znázorňujúci priemerné hodnoty halo ($p = 27$) a glare ($p = 24$) v podskupine pacientov s dysfotopsiami

Defokusačná krivka

Graf 3 zobrazuje binokulárnu defokusačnú krivku. X-os predstavuje hodnoty defokusácie od $+1,50$ D do $-3,50$ D s $0,25$ D postupnosťou. Krivka dosahuje maximum v hodnote defokusu $0,00$ D (šesť metrov) s priemernou zrakovou ostrnosťou nula (0) logMAR. Defokusu $-1,50$ D, ktorý korešponduje so strednou vzdialenosťou, zodpovedá hodnota ZO $0,08$ logMAR. V hodnote defokusu $-2,50$ a $-3,0$ D bola dosiahnutá priemerná ZO $0,14$ a $0,16$ logMAR.



Graf 3: Nekorigovaná binokulárna defokusačná krivka

Priestorové videnie

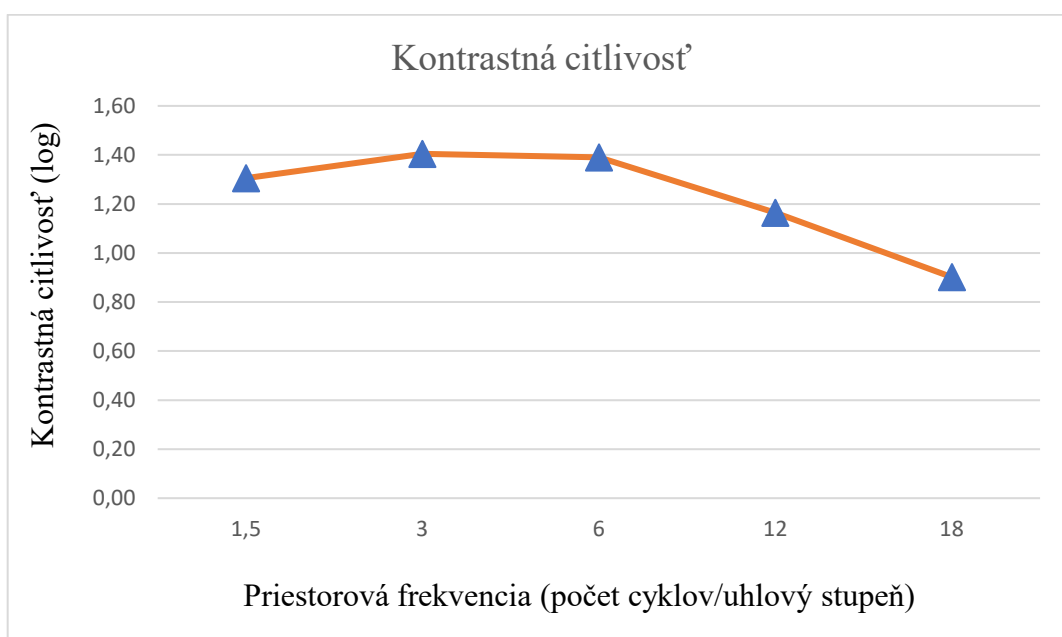
Priemerná hodnota priestorového videnia bez korekcie dosahovala u pacientov hodnotu $79,32 \pm 82,00$ uhlových sekúnd ($1,74 \pm 0,35$ logMAR). S korekciou bola priemerná hodnota $40,14 \pm 34,00$ uhlových sekúnd ($1,52 \pm 0,24$ logMAR). Z počtu 50-tich pacientov dosiahlo 40 (80%) nekorigované a 48 (96%) pacientov korigované priestorové videnie 100 uhlových sekúnd a lepšie.

Kontrastná citlivosť

Tabuľka 5 zobrazuje numerické hodnoty binokulárnej nekorigovanej KC za mezopických podmienok (3cd/m^2) bez glare. KC dosahovala priemerné hodnoty $1,31 \pm 0,15$ pri 1,5 c/s, $1,40 \pm 0,22$ pri 3 c/s, $1,39 \pm 0,22$ pri 6 c/s, $1,16 \pm 0,16$ pri 12 c/s a $0,90 \pm 0,24$ pri 18 c/s. Namerané hodnoty sa nachádzajú v rozmedzí normálnych referenčných hodnôt zdravej populácie vo veku 50 rokov a viac. **Graf 4** zobrazuje priemerné hodnoty KC v logaritmickom prepočte (log) priradené ku priestorovej frekvencii.

Tab. 5: Numerické hodnoty binokulárnej nekorigovanej kontrastnej citlivosti za mezopických podmienok (3cd/m^2) bez glare

Priestorová frekvencia (c/st)	1.5	3	6	12	18
Kontrastná citlivosť	1,31	1,40	1,39	1,16	0,90
Štandardná deviácia	$\pm 0,15$	$\pm 0,22$	$\pm 0,22$	$\pm 0,16$	$\pm 0,24$



Graf 4: Priemerná kontrastná citlivosť (log) priradená ku priestorovej frekvencii

Dotazníky

49 z 50-tich pacientov vyplnilo dotazníky na určenie subjektívnej spokojnosti po operácii. Výsledky PRSIQ dotazníka hodnotiace závislosť od okuliarov na rôzne vzdialenosti ukázali, že až 48 (98%) pacientov nepotrebovalo okuliare do diaľky a strednej vzdialenosti a 36 (73%) pacientov nepotrebovalo okuliare na žiadnu vzdialenosť (**Tab. 6**). **Tab. 7 a 8** zhrňuje odpovede pacientov ohľadom potreby a častosti nosenia okuliarov za ostatných sedem dní.

Výsledky získané z NEI-RQL - 42 dotazníka zobrazuje **Tab. 9**. Priemerné skóre jasnosti videnia dosahovalo hodnotu $84,3 \pm 26,7$. Skóre videnia do blízka a videnia do diaľky bolo 90,2

$\pm 17,0$ a $91,0 \pm 17,9$. Priemerné skóre pre glare, symptómy a závislosti od okuliarov dosiahlo hodnotu $76,5 \pm 26,7$, $81,9 \pm 26,5$ a $91,8 \pm 22,2$.

Tab. 6: Odpovede pacientov v PRSIQ dotazníku ohľadom potreby nosiť okuliare na konkrétnu vzdialenosť za posledných 7 dní

Vzdialenosť	p	Áno	Nie
Diaľka	49	1	48
Stredná vzdialenosť	49	1	48
Blízko	49	13	36

Tab. 7: Odpovede pacientov v PRSIQ dotazníku ohľadom častosti nosenia okuliarov na konkrétnu vzdialenosť za posledných 7 dní

	p	Frekvencia nosenia okuliarov podľa vzdialenosti				
		Vždy	Väčšinou	Niekedy	Zriedka	Nikdy
Diaľka	49	2	0	1	2	44
Stredná vzdialenosť	49	1	0	0	1	47
Blízka vzdialenosť	49	1	3	5	6	34

Tab. 8: Odpovede pacientov v PRSIQ dotazníku ohľadom schopnosti pracovať bez okuliarov na konkrétnu vzdialenosť za posledných 7 dní

	p	Frekvencia nosenia okuliarov podľa vzdialenosti				
		Vždy	Väčšinou	Niekedy	Zriedka	Nikdy
Diaľka	49	41	2	0	1	5
Stredná vzdialenosť	49	39	2	0	2	6
Blízka vzdialenosť	49	31	7	4	2	5

Tab. 9: Skóre NEI-RQL - 42 dotazníka dané pacientom na zhodnotenie kvality života s ohľadom na refrakčnú chybu po podstúpení operácie katarakty. Hodnoty sú zobrazené ako priemerná hodnota $\pm$ štandardná deviácia.

Meraná hodnota	Priemerná hodnota	Štandardná deviácia
Jasnosť videnia	84,3	$\pm 26,7$
Očakávania	72,4	$\pm 39,2$
Videnie na blízko	90,2	$\pm 17,0$
Videnie do diaľky	91,0	$\pm 17,9$
Denné výkyvy	84,5	$\pm 19,8$
Obmedzenia aktivity	96,8	$\pm 13,6$
Glare	76,5	$\pm 26,7$
Symptómy	81,9	$\pm 26,5$
Závislosť na korekcii	91,8	$\pm 22,2$
Obavy	78,3	$\pm 21,9$
Suboptimálna korekcia	98,5	$\pm 7,0$
Vzhľad	92,1	$\pm 23,3$
Spokojnosť s korekciou	86,5	$\pm 15,9$

5. Diskusia

Podľa našich vedomostí išlo o prvú štúdiu, ktorá opisovala efektívnosť operácie a spokojnosť pacienta s použitím monofokálnej asférickej IOL cielenej na emetropiu v dominantnom oku v kombinácii s refrakčnou asymetrickou bifokálnou EDOF IOL s cieľovou refrakciou -1,25 D na nedominantnom oku .

Keďže aktivity v oblasti strednej vzdialenosti v ostatnom desaťročí nadobudli pre pacientov na význame, naša rozšírená monovízia ponúkla nové riešenie, kedy by nedochádzalo k prísnej predoperačnej selekcii pacienta a zároveň by sme poskytli kvalitatívne dobrú ZO pre každodenné aktivity.

V nami zvolenej technike monovízie sme si vybrali asférickú monofokálnu IOL s negatívnou SA, aby sme maximalizovali KC do diaľky a minimalizovali výskyt halo za skotopických podmienok. V súlade s publikovanými údajmi v odbornej literatúre, zlepšujú asférické IOL vďaka svojmu upravenému povrchu optickú kvalitu tým, že spôsobujú menej aberácií vlnoplochy (wavefront), čím fungujú lepšie pri fotopickej aj mezopickej KC v porovnaní so sférickými IOL (Caporossi et al. 2007).

Očakávalo sa, že kombinácia monofokálnej IOL s EDOF IOL a cieľovou refrakciou -1,25 D ponúkne širší rozsah binokulárneho videnia. Výsledky ZO naznačovali, že sú porovnateľné s akoukoľvek kombináciou trifokálnych alebo iných prémiových IOL používaných na úplnú nezávislosť od okuliarov.

Ďalšou výhodou nášho prístupu bolo, že reziduálny pooperačný astigmatizmus nemal taký negatívny vplyv na kvalitu videnia ako je to pri MIOL. To potvrdzovali aj výsledky prahu reziduálneho astigmatizmu (Carones 2017), kde pacienti s IOL s rozšíreným rozsahom videnia, tzv. „extended range of vision IOL“, lepšie tolerovali neočakávané pooperačné reziduálne chyby ako pri difrakčných bifokálnych a trifokálnych IOL. Okrem toho výsledky pre rotačne asymetrickú a refrakčnú EDOF IOL od Changa et al. (2024) ukázali, že skupina EDOF mala najvyšší astigmatický prah pri teste ZO po experimentálne navodenom astigmatizme ako do diaľky, tak aj na blízko.

Pokiaľ ide o výkon MIOL, existovali dva hlavné kompromisné faktory. Prvý súvisel s distribúciou svetla na dosiahnutie zaostrenia do rôznych vzdialeností. Čím širší bol rozsah

zaostrenia, tým nižšia je KC na jeho jednotlivom ohnisku (Schallhorn et al. 2021). Druhou nevýhodou bola exacerbácia dysfotopsií, ako je halo, glare a starburst.

Náš prístup rozdeľoval rozsah zaostrenia medzi obe oči, pričom zachovával vysoký KC na dominantnom oku s nekompromisnou monofokálnou technológiou a mierny rozsah pre strednú a blízku vzdialenosť, ktorý minimalizoval negatívne fenomény vďaka asymetrickému refrakčnému dizajnu EDOF IOL. Z vyššie uvedených dôvodov vysoko aberované rohovky, či nepravidelný astigmatizmus, nemali nepriaznivý účinok na konečný výsledok v porovnaní s vplyvom na dizajn trifokálnych difrakčných IOL. Okrem toho bol refrakčný dizajn použitej EDOF menej závislý od veľkosti zrenice v porovnaní s technológiami využívajúcimi SA na zvýšenie hĺbky poľa.

Výsledky našej štúdie ukázali, že monokulárna UDVA, UIVA a UNVA pre monofokálnu skupinu bola $0,03 \pm 0,09$, $0,16 \pm 0,16$ a $0,45 \pm 0,17$ logMAR a pre skupinu EDOF $0,41 \pm 0,21$, $-0,04 \pm 0,08$ a $0,06 \pm 0,07$ logMAR, v tomto poradí. Podľa očakávania, zodpovedalo to plánovanej cieľovej refrakcii pre dominantné a nedominantné oko s postupnou degradáciou videnia z diaľky do blízka v monofokálnej skupine, pričom skupina EDOF si zachovávala dobré videnie na strednú a blízku vzdialenosť. Priemerný pooperačný SE dosiahol hodnotu 0,01 D v monofokálnej skupine a -1,56 D v EDOF skupine, čím bol o -0,36 D vyšší ako plánovaná cieľová refrakcia. Napriek tomu sú si výsledky UIVA a UNVA veľmi podobné. Kumulatívne binokulárne výsledky boli vynikajúce vo všetkých vzdialenostiach.

Böhm et al. (2019) vo svojej štúdii preukázali podobné výsledky u troch pacientov s IOL korigujúcich presbyopiu (Acrysoft PanOptix (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, Texas), AT LISA tri 839MP (Carl Zeiss Meditec AG, Jena, Germany), LENTIS Mplus X LS-313 MF30 (Teleon Surgical B.V, Spankeren, Netherlands), čo naznačovalo, že rozšírená monovízia môže dosiahnuť porovnateľný zrakový výsledok.

Vzor pozorovaný v našej defokusačnej krivke ukázal podobnosť so vzorom krivky pre IOL s plným rozsahom hĺbky videnia (tzv. „FULL-Range of the depth of Field IOLs“) s kontinuálnym profilom na základe dôkazov („evidence-based“) založenej funkčnej klasifikácie IOL so simultánnym videním, ktoré sa vyznačovali nárastom ZO od strednej do blízkej vzdialenosti (Ribeiro et al. 2024). Rozšírená monovízia však poskytla lepšiu ostrosť videnia na blízko pri úrovniach rozostrenia -1,0 až -3,5 D.

Ak vezmeme do úvahy hraničnú hodnotu (cut-off) $+0,30$ logMAR navrhovanú Buckhurstom et al. (2012), rozsah zaostrenia v našej defokusačnej krivke ležal medzi hodnotami $+1,25$ D a $-3,5$ D. Toto zistenie podporovalo dobrú funkčnosť a dobrú úroveň ZO vo všetkých vzdialenostiach.

Mierny rozdiel vo výsledkoch defokusačnej krivky a nekorigovaných binokulárnych ZO v našej štúdii, ktoré dosiahli lepšie hodnoty, by mohol byť vysvetlený rastúcou únavou pacientov počas opakovaných a zdĺhavých vyšetrení.

27 (54%) pacientov zaznamenalo halo a 24 (48%) pacientov zaznamenalo glare. V dostupnej literatúre neboli uvedené žiadne podobné objektívne merania, ktoré by sa dali použiť ako referenčné. Podľa výsledkov z dotazníkov sme ale mohli usúdiť, že neboli v rozpore s výsledkami spokojnosti pacientov.

V prípade nekorigovaného priestorového videnia boli dosiahnuté priemerné hodnoty $79,32 \pm 82,00$ uhlových sekúnd ($1,74 \pm 0,35$ logMAR). Hafez a Helaly (2019) vo svojej štúdii dosiahli priemernú hodnotu 79 ± 37 uhlových sekúnd u 30 pacientov s bilaterálnou implantáciou Akreos adapt s mini-monovíziou $-1,0$ D až $-1,5$ D. Aj keď bola anizometropia spojená s redukciou priestorového videnia, cieľená mini-monovízia nevedla k závažnej strate priestorového videnia v porovnaní s emetropiou.

KC bola meraná v piatich priestorových frekvenciách za mezopických podmienok. Vzor krivky bol porovnateľný so vzorom pre Tecnis Eyhance (ICB00) IOL (Johnson & Johnson Vision, Santa Ana, CA, USA) s mini-monovíziou ako cieľovou refrakciou (Park et al. 2022). V štúdii boli však hodnoty KC získané s najlepšou možnou korekciou. Oproti tomu boli naše hodnoty nekorigované, čím sme sa snažili simulovať podmienky každodenného života.

Heterogenita metód používaných pri meraní KC spôsobovala, že výsledky jednotlivých štúdií nemožno medzi sebou navzájom porovnávať (Schallhorn et al. 2021). Napriek tomu sa ukázalo, že KC IOL s rozšíreným rozsahom videnia („extended-range-of-vision IOL“) a monofokálnej IOL nebola rozdielna, no obe IOL vykazovali signifikantne lepšiu KC ako MIOL s adíciou $+2.0$ a $+3.0$ D (Pedrotti et al. 2018a).

Výsledky PRSIQ dotazníka ukázali vysoký stupeň nezávislosti od okuliarov pre videnie na diaľku a strednú vzdialenosť (98 % každý). V našom súbore len 27 % pacientov uviedlo používanie okuliarov pre prácu na blízko. Shatz a Potvin (2021) preukázali podobné výsledky na diaľku (97%) a strednú vzdialenosť (97%) pre trifokálnu IOL (AT Lisa tri IOL, Carl Zeiss

Meditec, Jena, Nemecko). Nezávislosť od okuliarov na čítanie bola 86% z celkového počtu 29 pacientov. Štúdia Tran et al. (2021) ukázala závislosť od okuliarov pri čítaní u 48 % a 12% pacientov pri bilaterálnej implantácii difrakčnej EDOF IOL (Tecnis Symphony, Johnson & Johnson, New Brunswick, New Jersey, USA) a trifokálnej IOL (Panoptix, Alcon Laboratories, Inc, Fort Worth, Texas, USA).

To odzrkadľovalo vysoké skóre pre videnie do diaľky a blízka v NEI-RQL-42 dotazníku, ktoré sa ukázalo spolu so skóre pre symptómy vyššie ako výsledky nedávno publikované pre Panoptix a Symphony IOL s použitím rovnakého dotazníka (Pedrotti et al. 2020). Výsledky skóre pre jasnosť videnia, symptómy a závislosti od korekcie boli lepšie, ako tie, ktoré boli uvádzané pri bilaterálnej implantácii Lucidis IOL (Swiss Advanced Vision, SAV-IOL, Neuchâtel, Switzerland) (Pedrotti et al. 2023). Priemerné skóre pre glare bolo o čosi nižšie, ako sa uvádzalo v štúdiu.

Naše výsledky dosiahli výsledky ako Pedrotti et al. (2018b) vo všetkých kategóriách NEI RQL-42 dotazníka pri bilaterálnej implantácii monofokálnej IOL a bilaterálnej implantácii rovnakej EDOF IOL s cieľovou refrakciou blízkej emetropii, okrem skóre pre glare, ktoré bolo v našej skupine nižšie, ako pre EDOF skupinu v spomínanej štúdiu.

Relatívnou limitáciou našej štúdie bol nedostatok porovnávacích údajov hodnotiacich binokulárny zrkový vnem za nekorigovaných podmienok, ktoré by odzrkadľovali reálnu situáciu. To obmedzovalo možnosť porovnať naše údaje v odbornej literatúre s inými porovnateľnými štúdiami. Väčšia vzorka účastníkov by umožňovala robustnejšiu analýzu a lepšiu validáciu našich výsledkov.

Rozšírená monovízia bola schopná dosiahnuť vynikajúce zrkové výsledky na ďalekú, strednú a blízku vzdialenosť a je spojená s vysokou úrovňou nezávislosti od okuliarov. Ide skôr o kombináciu rôznych IOL technológií, ktoré ponúkajú riešenie na nežiadúce účinky dostupných prémiových IOL. Spojenie technológie EDOF s konceptom monovízie je snahou dosiahnuť nezávislosť od okuliarov, pričom sa nespoliehame len na to, čo poskytuje priemysel, ale poskytujeme medicínske riešenie založené na syntéze optických vlastností IOL v prospech potrieb pacienta. Konceptia použitia iba jednej prémiovej šošovky a najmä jednej šošovky EDOF na zabezpečenie nezávislosti na okuliároch bola tiež cenovo veľmi efektívnou a životaschopnou alternatívou k zložitejším optickým systémom s podstatne vyššími nákladmi.

Súčasná štúdia dokazuje, že výber asymetrickej refrakčnej EDOF IOL v nedominantnom oku môže byť dobre tolerovaná a je pre pacienta veľmi prospešná s minimálnymi klinicky významnými kompromismi v požiadavke nezávislosti od okuliarov.

Záver

Novinkou v našom prístupe, ktorý nazývame „rozšírená monovízia“, bolo použitie rotačne asymetrickej bifokálnej EDOF IOL s nízkou adíciou v nedominantnom oku v kombinácii s monofokálnou asférickou IOL v dominantnom oku, ktorá sa snažila pokryť všetky tri vzdialenosti, konkrétne diaľku, strednú a blízku vzdialenosť.

Koncept bol založený na princípe, že pri rovnakom videní na blízko monofokálna IOL indukuje viac anizotropie v porovnaní s EDOF IOL, ktorá bola pôvodne cielená na strednú vzdialenosť a je to práve jej adícia, ktorou sa dosiahne rovnaké videnie na blízko.

Cieľom tejto štúdie bolo dokázať, že toto špecifické nastavenie je bezpečnou, efektívnou alternatívou nezávislosti od okuliarov, ktorá so sebou nesie minimálny počet kompromisov v porovnaní so zavedenými stratégiami. Na podporu tejto hypotézy boli vyhodnotené špecifické parametre. Na vyhodnotenie sa použili objektívne parametre ako sú korigovaná a nekorigovaná ZO vo všetkých troch vzdialenostiach, defokusačná krivka pre binokulárne videnie, priestorové videnie, KC, či meranie svetelných javov pomocou halometrie. Subjektívne parametre zrakovej kvality v každodennom živote a nezávislosť od okuliarov boli hodnotené štandardizovanými dotazníkmi.

Stanovené ciele a hypotetické otázky nového chirurgického prístupu monovízie boli úspešne splnené. Na základe získaných výsledkov sa podarilo preukázať a potvrdiť predpoklady, ktoré boli stanovené na začiatku. Pacienti dosahovali vynikajúcu ZO na všetky tri vzdialenosti, pričom okuliare potrebovali najčastejšie na čítanie. Defokusačná krivka, ako dôležitý nástroj hodnotenia zrakového výkonu na rôzne vzdialenosti, sa ukázala byť konkurujúca ostatným MIOL. Priestorové videnie sa napriek navodenej monovízii preukázalo ako dostatočné a korelovalo s dobrými výsledkami dotazníkov.

V štúdiu sa nevyskytovali žiadne subjektívne závažné rušivé symptómy a mierne dysfotopsie boli zaznamenané len u polovice pacientov, čo vysvetľovalo asymetrický dizajn EDOF IOL a jej nízka adícia.

Napriek tomu, že neexistujú dostupné štúdie, s ktorými by sa výsledky nekorigovanej KC dali porovnať, výsledky odrážajú vysokú subjektívnu spokojnosť pacientov. Štúdia potvrdila, že nová chirurgická technika monovízie je sľubnou alternatívou oproti MIOL a spĺňa požiadavky aj pre jej náročných užívateľov.

LITERATÚRA

- 1 ABDELGHAY, A.A.; ALIÓ, J.L. *Surgical options for correction of refractive error following cataract surgery*. Eye Vis (Lond), 2014, vol. 1, no.2, s.1-7.
- 2 ALIÓ, J.L.; PINERO, D.P.; PLAZA-PUCHE, A.B.; CHAN, M.J.R. *Visual outcomes and optical performance of a monofocal intraocular lens and a new-generation multifocal intraocular lens*. J Cataract Refract Surg, 2011, vol. 37, no. 2, s. 241-250.
- 3 ALIÓ, J.L.; PLAZA-PUCHE, A.B.; FÉRNANDEZ-BUENAGA, R.; PIKKEL, J.; MALDONADO, M. et al. *Multifocal intraocular lenses: an overview*. Surv Ophthalmol, 2017, vol. 62, č. 5, s. 611-634. PubMed PMID: 28366683.
- 4 ALIÓ, J.L. *Extended depth-of-field lenses: understanding a new player in cataract surgery*. Ophthalmology Times Europe, 2022, vol. 18, no. 3, s.47: 24.
- 5 AUFFARTH, G.U.; RABSILBER, T.M.; KOHNEN, T.; HOLZER, M.P. *Design und optische Prinzipien von Multifokallinsen*. Der Ophthalmologe, 2008, vol.105, č. 6, s. 522-526. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00347-008-1744-9>.
- 6 BACK, A.; GRANT, T.; HINE, N. *Comparative visual performance of three presbyopic contact lens corrections*. Optom Vis Sci, 1992, vol. 69, no.6, s. 474-480. PubMed PMID: 1641231.
- 7 BALGOS, M.J.T.D.; VARGAS, V.; ALIÓ, J.L. *Correction of presbyopia: An integrated update for the practical surgeon*. Taiwan J Ophthalmol, vol. 8, no. 3, s. 121-140. PubMed PMID: 30294526.
- 8 BLACK, A.D.; BALA, CH.; ALARCON, A.; VILUPURU, S. *Tolerance to refractive error with a new extended depth of focus intraocular lens*. Eye, 2024, vol. 38, s. 15-20.
- 9 BÖHM, M.; PETERMANN, K.; HEMKEPLER, E.; KOHNEN, T. *Defocus curves of 4 presbyopia-correcting IOL designs: Diffractive panfocal, diffractive trifocal, segmental refractive, and extended-depth-of-focus*. J Cataract Refract Surg, 2019, vol. 45, no. 11, s. 1625-1636. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2019.07.014>.
- 10 BREYER, D.R.H. *MIOL- Implantation nach dem „Düsseldorfer Schema“*. Der Augenspiegel, 2016, vol. 07-08, s. 24-28.
Dostupné z: https://augenchirurgie.clinic/content/_data/fachliteratur/miol-implantation-nach-dem-duesseldorfer-schema/augenspiegel_2016_08_breyer.pdf.

- 11 BUCKHURST, P.J.; NAROO, S.A.; DAVIES, L.N.; SHAH,S.; DREW, T.; WOLFFSOHN, J.S. *Assessment of dysphotopsia in pseudophakic subjects with multifocal intraocular lenses*. BMJ Open Ophthalmol, 2017, vol. 1, no. 1, s. 1-7. PubMed PMID: 29354708.
- 12 BUCKHURST, P.J.; WOLFFSOHN, J.S.; NAROO, S.A.; DAVIES, L.N.; BHOGAL, G.K.; KIPLOTI, A.; SHAH, S. *Multifocal intraocular lens differentiation using defocus curves*. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2012, vol. 53, s. 3920–6.
- 13 CAO, K.; FRIEDMAN, D.S.; JIN, S.; YUSUFU, M.; ZHANG, J.; WANG, J.; HOU, S.; ZHU, G.; WANG, B.; XIONG, Y.; LI, J.; LI, X.; HE, H.; CHAI, L.; WAN, X.H. *Multifocal versus monofocal intraocular lenses for age-related cataract patients: a system review and meta-analysis based on randomized controlled trials*. Surv Ophthalmol, 2019, vol. 64, no. 5, s. 647-658. PubMed PMID: 30849425.
- 14 CAPOROSSI, A.; MARTONE, G.; CASPRINI, F.; RAPISARDA, L. *Prospective randomized study of clinical performance of a 3 aspherical and 2 spherical intraocular lenses in 250 eyes*. J Refract Surg, 2007, vol. 23, no. 7, s. 639-48.
- 15 CARONES, F. *Residual Astigmatism Treshold and Patient Satisfaction with Bifocal, Trifocal and Extended Range of Vision Intraocular Lenses (IOLs)*. Open Journal of Ophthalmology, 2017, vol. 7, s. 1-7.
- 16 CILLINO, S.; CASUCCIO, A.; DI PACE, F.; MORREALE, R.; PILLITTERI, F.; CILLINO, G.; LODATO, G. *One-year outcomes with new-generation multifocal intraocular lenses*. Ophthalmology, 2008, vol. 115, no. 9, s. 1508-1516. PubMed PMID: 18538402.
- 17 COLLINS, M.J.; BROWN, B.; VERNEY, S.J.; MAKRAS, M.; BOWMAN, K.J. *Peripheral visual acuity with monovision and other contact lens corrections for presbyopia*. Optom Vis Sci, 1989, vol. 66, no. 6, s. 370–374. PubMed: 2771322.
- 18 COLLINS, M.; GOODE, A.; BROWN, B. *Distance Visual Acuity and Monovision*. Optom Vis Sci, 1993, vol. 70, no. 9, s. 723-8. PubMed PMID:8233366.
- 19 COLLINS, M.J.; GOODE, A. *Interocular blur suppression and monovision*. Acta Ophthalmol (Copenh.), 1994, vol. 72, no. 3, s. 376–380. PubMed PMID: 7976272.

- 20 DE SILVA, S.R.; EVANS, J.R.; KIRTHI, V.; ZIAEI, M.; LEYLAND, M. *Multifocal versus monofocal intraocular lenses after cataract extraction*. Cochrane Database Syst Rev, 2016, vol. 12: CD003169. PubMed PMID: 27943250.
- 21 DICK, H.B.; PIOVELLA, M.; VUKICH, J.; VILUPURU, S.; LIN, L. Prospective multicenter trial of a small-aperture intraocular lens in cataract surgery. *J Cataract Refract Surg*, 2017, vol. 43, no. 7, s. 956-968.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.04.038>.
- 22 DU TOIT, R.; FERREIRA, J.T.; NEL, Z.J. *Visual and nonvisual variables implicated in monovision wear*. *Optom Vis Sci*, 1998, vol. 75, no. 2, s. 119–125. PubMed PMID:9503437.
- 23 EOM, Y.; YOO, E.; KANG, S.Y.; KIM, H.M.; SONG, J.S. *Change in efficiency of aspheric intraocular lenses based on pupil diameter*. *Am J Ophthalmol*, 2013, vol. 155, no. 3, s. 492 - 498. PubMed PMID: 23218695.
- 24 ERICKSON, P.; SCHOR, C. *Visual function with presbyopic contact lens correction*. *Optom Vis Sci*, vol. 67, no. 1, s. 22 – 28. PubMed PMID: 2407989.
- 25 ERICKSON, D. B.; ERICKSON, P. *Psychological factor and sex differences in acceptance of monovision*. *Percept Mot Skills*, 2000, vol. 91, no. 3, Pt2, s. 1113-1119. PubMed PMID: 11219653.
- 26 FAWCETT, S.L.; HERMAN, W.K.; ALFIERI, C.D.; CASTLEBERRY, K.A.; PARKS, M.M.; BIRCH, E.E. *Stereoacuity and foveal fusion in adults with long-standing surgical monovision*. *J AAPOS*, 2001, 5(6), s. 342 - 347. PubMed PMID: 11753252.
- 27 FINKELMAN, Y.M.Q.; JONATHON, G.; BARRETT, G. *Patient satisfaction and visual function after pseudophakic monovision*. *J Cataract Refract Surg*, 2009, vol. 35, no. 6, s. 998 - 1002. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.01.035>.
- 28 HAFEZ, T.A.; HELALY, H.A. *Spectacle Independence And Patient Satisfaction With Pseudophakic Mini-Monovision Using Aberration-Free Intraocular Lens*. *Clinical Ophthalmology*, 2019, vol. 13, s. 2111 - 2117.
- 29 HARMAN, F.E.; MALING, S.; KAMPOUGERIS, G.; LANGAN, L.; KHAN, I.; LEE, N.; BLOOM, P.A. *Comparing the ICU accommodative, multifocal, and monofocal intraocular lenses: A randomized trial*. *Ophthalmology*, 2008, vol. 115, no. 6, s. 993-1001. ISSN: 0161-6420.

- 30 HAYASHI, K.; YOSHIDA, M.; MANABE, S.; HAYASHI, H. *Optimal amount of anisometropia for pseudophakic monovision*. J Refract Surg, 2011, vol. 27, no. 5, s. 332 - 338. PubMed PMID: 20839664.
- 31 HAYASHI, K.; YOSHIDA, M.; SASAKI, H.; HIRATA, A. *Binocular visual function of myopic pseudophakic monovision*. Jpn J Ophthalmol, 2018, vol. 62, no. 3, s. 357-364. PubMed PMID: 29464487.
- 32 HAYASHI, K.; YOSHIDA, M.; IGARASHI, CH.; HIRATA, A. *Effect of refractive Astigmatism on At-Distance Visual Acuity in Eyes With a Trifocal Intraocular Lens*. American Journal of Ophthalmology, 2021, vol. 221, January 2021, s. 279-286.
- 33 HERSCH, P.S. *Optics of conductive keratoplasty: Implications for presbyopia management*. Trans Am Ophthalmol Soc, 2005, vol. 103, s. 412-456. Pubmed PMID: 17057812.
- 34 HOLLADAY, J.T.; KOZHAYA, K.; KOCH, D.D.; WANG, L. *Impact of spherical aberration on visual quality and depth of focus*. J Cataract Refract Surg, 2024, vol. 50 (May 22), no. 6, s. 651–652.
- 35 CHANG, J.S.M.; LIU, S.CH.T.; CHING MA, N.T.; MAN NG, J.C. *Comparative Analysis of Tolerance to Experimentally Induced Astigmatism with Three Types of Multifocal Intraocular Lenses*. Clinical Ophthalmology, 2024, vol. 18, s. 139-149.
- 36 CHEN, M.; CHEN, M. *A study of monofocal intraocular lens (AcrySof) in mini-monovision (MMV) and premium multifocal implantation of ReSTOR*. Clinical Optometry (Auckl), 2010, vol. 2, s. 1-3.
Dostupné z: <https://doi.org/10.2147/OPTO.S7832>
- 37 IIDA, Y.; SHIMIZU, K.; ITO, M. *Pseudophakic monovision using monofocal and multifocal intraocular lenses: hybrid monovision*. J Cataract Refract Surg, 2011, vol. 37, no. 11, s. 2001-2005. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.05.032>
- 38 ITO, M.; SHIMIZU, K.; AMANO, R.; HANDA, T. *Assessment of visual performance in pseudophakic monovision*. J Cataract Refract Surg, 2009a, vol. 35, no. 4, s. 710-714.
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.12.019>
- 39 ITO, M.; SHIMIZU, K. *Pseudophakic monovision*. Cataract & Refractive Surgery Today (Europe), 2009b (Oct), s. 64–66.

- 40 JAIN, S.; OU, R.; AZAR, D.T. *Monovision outcomes in presbyopic individuals after refractive surgery*. Ophthalmology, 2001, vol. 108, no. 8, s. 1430–1433. PubMed PMID: 11470695.
- 41 JIANG, Y.; BU, S.; TIAN, F.; LIANG, J.; WANG, T.; XING, X.; ZHANG, H.; ZHANG, X. *Long- Term Clinical Outcomes after Mix and Match Implantation of Two Multifocal Intraocular Lenses with Different Adds*. Journal of Ophthalmology [online], 2019, ID 6789263, s. 1-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2019/6789263>.
- 42 JIN, S.; FRIEDMAN, D.S.; CAO, K.; YUSUFU M.; ZHANG, J.; WANG, J.; HOU, S.; ZHU, G.; WANG, B.; XIONG, Y.; LI, J.; LI, X.; HE, H.; WAN, X. *Comparison of postoperative visual performance between bifocal and trifocal intraocular lens based on randomized controlled trails: a meta-analysis*. BMC Ophthalmol, 2019, vol. 19, no. 1, s. 1-12. PubMed PMID: 30871503.
- 43 JOSEPHSON, J.E.; CAFFERY, B.E. *Monovision vs aspheric bifocal contact lenses: a crossover study*. J Am Optom Assoc, 1987, vol. 58, no. 8, s. 652–654. PubMed PMID: 3624759.
- 44 KARABAG, R.Y.; GÜNENC, Ü.; AYDIN, R.; ARIKAN, G.; ASLANKARA, H. *Visual Results Following Implantation of a Refractive Multifocal Intraocular Lens in One Eye and a Diffractive in the Cotralateral Eye*. Turk J Ophthalmol, 2018, vol. 48, no. 1, s. 6-14. PubMed PMID: 29576891.
- 45 KESSEL, L.; ANDRESEN, J.; TENDAL, B.; ERNGAARD, D.; FLESNER, P.; HJORTDAL, J. *Toric Intraocular Lenses in the Correction of Astigmatism During Cataract Surgery*. Ophthalmology, 2016, vol. 123, no. 2, s. 275-286.
- 46 KNORZ, M.C. *Multifocal intraocular lenses: overview of their capabilities limitations, and clinical benefits*. J Refract Surg, 2008, vol. 24, no. 3, s. 215-217. Dostupné z: <https://doi.org/10.3928/1081597X-20080301-01>.
- 47 KODUAH, CH.; BUNCE, C.; GILBERT, C. *Presbyopia and Other Eye Conditions in Teachers in Ghana*. Int J Environ Res Public Health, 2019, vol. 16, no. 17, s. 3209. PubMed PMID: 31484296.
- 48 KOHNEN, T.; SURYAKUMAR, R. *Extended depth-of-focus technology in intraocular lenses*. J Cataract Refract Surg, 2019, vol. 46, no. 2, s. 298-304. Dostupné z: <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000109>.

- 49 KOHNEN, T. *Current and future nomenclature and categorization of intraocular lenses*. J Cataract Refract Surg, 2024 (Aug 1) vol. 50, no. 8, s. 787-788. doi:10.1097/j.jcrs.0000000000001510.
- 50 KRETZ, F.T.; BASTELICA, A.; CARRERAS, H.; FERREIRA, T.; MÜLLER, M.; GERI, M.; GERI, R.; SAEED, M.; SCHMICKLER, S.; AUFFARTH, G.U. *Clinical outcomes and surgeon assessment after implantation of a new diffractive multifocal toric intraocular lens*. Br J Ophthalmol, 2015, vol. 99, no. 3, s. 405-411. PubMed PMID: 25249611.
- 51 KUCHYNKA, P. et al. *Oční lékství*, 1. vydanie, Praha: Grada Publishing, 2007, ISBN 978-80-247-1163-8.
- 52 LABIRIS, G.; GIARMOUKAKIS, A.; PATSIAMANIDI, M.; PAPADOPOULOS, Z.; KOZOBOLIS, V.P. *Mini-monovision versus multifocal intraocular lens implantation*. J Cataract Refract Surg, 2015, vol. 41, no. 1, s. 53–57. PubMed PMID: 24962144.
- 53 LABIRIS, G.; TOLI, A.; PERENTE, A.; NTONTI, P.; KOZOBOLIS, V.P. *A systematic review of pseudophakic monovision for presbyopia correction*. Int J Ophthalmol, 2017, vol. 10, no. 6, s. 992-1000. PubMed PMID: 28730093.
- 54 MARMOR, M.F.; GAWANDE, A. *Effect of Visual Blur on Contrast Sensitivity*. Ophthalmology, 1998, vol. 95, no. 1, s. 139-143. PubMed PMID: 3344122.
- 55 MCGILL, E.C.; ERICKSON, P. *The effect of monovision lenses on the near-point range of single binocular vision*. J Am Optom Assoc, 1991, vol. 62, no. 11, s. 828–831. PubMed PMID: 1813510.
- 56 MEGIDDO-BARNIR, E.; ALIÓ, J.L. *Latest Development in Extended Depth-of-Focus Intraocular Lenses: An Update*. Asia-Pacific Journal of Ophthalmology, 2023, vol. 12 (Jan-Feb), no. 1, s. 58-79. doi : 10.1097/APO.0000000000000590.
- 57 MOORE, J.E.; McNEELY, R.N.; PAZO, E.E.; MOORE, T.C.B. *Rotationally asymmetric multifocal intraocular lenses: preoperative considerations and postoperative outcomes*. Curr Opin Ophthalmol, 2017, vol. 28, no. 1, s. 9-15.
- 58 MU, J.; CHEN, H.; LI, Y. *Comparison study of visual function and with bilateral multifocal intraocular lenses*. Zhonghua Yan Ke Za Zhi, 2014, vol. 50, no. 2, s. 95-99. Dostupné z:

<https://www.researchgate.net/deref/http%3A%2F%2Fdx.doi.org%2F10.3760%2Fcma.j.issn.0412-4081.2014.02.004>.

- 59 NABIE, R.; ANDALIB, D.; KHOJASTEH, H.; ASLANZADEH, S.A. *Comparison of the Effect of Different Types of Experimental Anisometropia on Stereopsis Measured with Titmus, Randot and TNO Stereotests*. J Ophthalmic Vis Res, 2019, vol. 14, no. 1, s. 48-51. PubMed PMID: 30820287.
- 60 NA, H.; MEI-FANG, CH.; YAN, L.; CONG-ZI, W.; LEI, Y.; BO, M. et al. *Comparative analysis of a visual quality between unilateral implantation of a trifocal intraocular lens and a rotationally asymmetric refractive multifocal intraocular lens*. Int J Ophthalmol, 2022, vol. 15 (Sep 18), no. 9, s.1460- 1467.
- 61 PALIKARIS, I.G.; KONTAKADIS, G.A.; PORTALIOU, D.M. *Real and Pseudoaccommodation in accommodative lenses*. J Ophthalmol [online], 2011, ID 284961, 8 s. Dostupné z: <https://doi.org/10.1155/2011/284961>.
- 62 PARDHAN, S.; GILCHRIST, J. *The effect of monocular defocus on binocular contrast sensitivity*. Ophthalmic and Physiol Opt, 1990, vol. 10, no. 1, s. 33-36. PubMed PMID: 2330211.
- 63 PARK, E.S.Y.; AHN, H.; HAN, S.U.; JUN, I.; SEO, K.Y.; KIM, E.U.; KIM, T.I. *Visual outcomes, spectacle independence, and patient satisfaction of pseudophakic mini-monovision using a new monofocal intraocular lens*. Sci Rep, 2022, vol. 12 (Dec 15), no. 1, s. 21716. Dostupné z: doi: 10.1038/s41598-022-26315-7.
- 64 PEDROTTI, E.; CARONES, F.; AIELLO, F.; MASTROPASQUA, R.; BRUNI, E. et al. *Comparative analysis of visual outcomes with 4 intraocular lenses: Monofocal, multifocal, and extended range of vision*. J Cataract Refract Surg, 2018a, vol. 44 (Feb), no. 2, s. 156-167. Dostupné z: doi: 10.1016/j.jcrs.2017.11.011.
- 65 PEDROTTI, E.; CARONES, F.; TALLI, P.; BONACCI, E.; SELVI, F. et al. *Comparative analysis of objective and subjective outcomes of two different intraocular lenses: trifocal and extended range of vision*. BMJ Open Opth, 2020, s. 5, e000497.doi:10.1136/bmjhopht-2020-000497.
- 66 PEDROTTI, E.; MASTROPASQUA, R.; BONETTO, J.; DEMASI, C.; AIELLO, F. et al. *Quality of vision, patient satisfaction and long-term visual function after bilateral*

- implantation of a low addition multifocal intraocular lens*. Int Ophthalmol, 2018b, vol. 38, no. 4, s. 1709-1716.
- 67 PEDROTTI, E.; BONACCI, E.; KILIAN, R.; PAGNACCO, C.; ANASTASI, M. et al. *Quality of vision and outcomes after bilateral implantation of pseudo-non diffracting beam IOL*. Front. Med, 2023, vol. 10 no. 23.
Dostupné z: <https://doi.org/10.3389/fmed.2023.1085280>
- 68 PHILLIPS, P. *New Lens, Same Brain: The Importance of Neuroadaptation*. EyeNet Magazine [online], 2007. Dostupné z: <https://www.aao.org/eyenet/article/new-lens-same-brain-importance-of-neuroadaptation>.
- 69 PINEDA, R.; CHAUHAN, T. *Phakic Intraocular Lenses and their Special Indications*. J Ophthalmic Vis Res, 2016, vol. 11, no. 4, s. 422-428. PubMed PMID: 27994811.
- 70 PURI, V.; SETHI, A. *Determinantion of ocular dominance and its association with handedness*. Indian Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology, 2017, vol. 3, no. 4, s. 504-506. ISSN: 2395-1443.
- 71 RIBEIRO, F.; DICK, B.; KOHNEN, T.; FINDL, O.; NUIJTS, R. et al. *Evidence-based functional classification of simultaneous vision intraocular lenses: seeking a global consensus by the ESCRS Functional Vision Working Group*. J Cataract Refract Surg, 2024, vol. 50 (Aug 1), no. 8, s. 794-798. doi: 10.1097/j.jcrs.0000000000001502.
- 72 ROBBOY, M.W.; COX, I.G.; ERICKSON, P. *Effects of sighting and sensory dominance on monovision high and low contrast visual acuity*. CLAO Journal, 1990, vol. 16, no. 4, s. 299–301. PubMed PMID: 2249349.
- 73 ROZSÍVAL, P.; DOHNALOVÁ, P.; ERNEST, J.; HLOŽÁNEK, M.; HRUBÁ, D. et al. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek druhý*. Praha: Galén. 2005. ISBN: 80-7262-326-5.
- 74 ROZSÍVAL, P. et al. 2008. *Trendy soudobé oftalmologie. Svazek pátý*. Praha: Galén. 2008. ISBN: 978-80-7262-534-5.
- 75 SEMERARO, F.; ROMANO, M.R.; DUSE, S.; COSTAGLIOLA, C. *Quality of vision in patients implanted with aspherical and spherical intraocular lens: Intraindividual comparison*. Indian J Ophthalmol, 2014, vol. 62, no. 4, s. 461-463. PubMed PMID: 24008781.

- 76 SHNEOR, E.; HOCHSTEIN, S. *Eye dominance effects in feature search*. Vision Research, 2006, vol. 46, no. 25, s. 4258-4269. PubMed PMID: 17014886.
- 77 SCHALLHORN, J.M.; PANTANELLI, S.M.; LIN, C.C.; AL-MOHTASEB, Z.N.; STEIGLEMAN, W.A. et al. *Multifocal and Accommodating Intraocular Lenses for the Treatment of Presbyopia*. Ophthalmology, 2021, vol. 128 (Oct), no. 10, s.1469-1482. doi: 10.1016/j.ophtha.2021.03.013. Epub 2021 Mar 17.
- 78 SHATZ, A.C.; POTVIN, R. *Spectacle Independence and quality of vision after bilateral implantation of a trifocal intraocular lens*. Clin Ophthalmol. 2021, vol. 17 (Jun), no. 15, s. 2545-2551. doi: 10.2147/OPTH.S318203. eCollection 2021.
- 79 SCHOR, C.; ERICKSON, P. *Patterns of binocular Suppression and Accommodation in Monovision*. Am J Optom Physiol Opt, 1988, vol. 65, no. 11, s. 853-861. PubMed PMID: 3252731.
- 80 SCHUSTER, A.K.; TESARZ, J.; VOSSMERBAEUMER, U. *The impact on vision of aspheric to spherical monofocal intraocular lenses in cataract surgery: a systematic review with meta-analysis*. Ophthalmology, 2013, vol. 120, no. 11, s. 2166-2175. PubMed PMID: 23751220.
- 81 SIEBURTH, R.; CHEN, M. *Intraocular lens correction of presbyopia*. Taiwan J Ophthalmol, 2019, vol. 9, no. 1, s. 4-17. PubMed PMID: 30993062.
- 82 SON H.S.; KIM, S.H.; AUFFARTH, G.U.; CHOI, CH.Y. *Prospective comparative study of tolerance to refractive errors after implantation of extended depth of focus and monofocal intraocular lenses with identical aspheric platform in Korean population*. BMC Ophthalmology, 2019, vol. 19, no. 1, s. 1-10. doi: 10.1186/s12886-019-1193-z.
- 83 STOCK, R.A.; THUME, T.; PAESE, L.G.; BONAMIGO, E.L. *Subjective evaluation of uncorrected vision in patients undergoing cataract surgery with (diffractive) multifocal lenses and monovision*. Clin Ophthalmol, 2017, vol. 11, no. 7, s. 1285-1290. Dostupné z: [https://doi.org/ 10.2147/OPTH.S134541](https://doi.org/10.2147/OPTH.S134541).
- 84 STUDENÝ, P.; KACEROVSKÝ, M.; KACEROVSKÁ, J.; GAJAROVÁ, N.; STRAŇÁK, Z. *Hybridní monovision*. Čes. a slov. Oftal, 2017, vol. 73, no. 1, s. 13-16.
- 85 TCHAH, H.; NAM, K.; YOO, A. *Predictive factors for photic phenomena after refractive, rotationally asymmetric, multifocal intraocular lens implantation*. Int J Ophthalmol, 2017, vol. 10 (Feb 18), no.2, s. 241- 245.

- 86 TRAN, D.B.; OWYANG, A.; HWANG, J.; POTVIN, R. *Visual Acuity, Quality of Vision, and Patient-Reported Outcomes After Bilateral Implantation with a Trifocal or Extended Depth of Focus Intraocular Lens*. Clin Ophthalmol, 2021, vol. 3 (Feb), no. 15, s. 403-412.
- 87 ZHANG, F.; SUGAR, A.; JACOBSEN, G.; COLLINS, M. *Visual function and patient satisfaction: Comparison between bilateral diffractive multifocal intraocular lenses and monovision pseudophakia*. J Cataract Refract Surg, 2011, vol. 37, no. 3, s. 446–453. PubMed PMID: 21333868.
- 88 ZHANG, F. *Potential Concerns and Contraindications for IOL Monovision*. Clin Surg, 2016, no.1, s. 1084.
- 89 ZHELEZNYAK, L.; SABESAN, R.; OH, J.S.; MACRAE, S.; YOON, G. *Modified monovision with spherical aberration to improve presbyopic through-focus visual performance*. Invest Ophthalmol Vis Sci, 2013, vol. 54, no. 5, s. 3157-3165. PubMed PMID: 23557742.
- 90 VARGAS-FRAGOSO, V.; ALIÓ, J.L. *Corneal compensation of presbyopia: PresbyLASIK: an updated review*. Eye and Vis, 2017, vol. 4, no. 11, s. 1-8. Dostupné z: <https://doi.org/10.1186/s40662-017-0075-9>.
- 91 VENTER, J.A.; PELOUSKOVA, M.; COLLINS, B.M.; SCHALLHORN, S.C.; HANNAN, S.J. *Visual outcomes and patient satisfaction in 9366 eyes using a refractive segmented multifocal intraocular lens*. J Cataract Refract Surg, 2013, vol. 39, no. 10, s. 1477-1484.
- 92 VENTER J.A.; BARCLAY, D.; PELOUSKOVA, M.; BULL, C.E.L. *Initial experience with a new refractive rotationally asymmetric multifocal intraocular lens*. J Refract Surg, 2014, vol. 30, no. 11, s. 770-776.
- 93 WANG, W.; YAN, W.; FOTIS, K.; PRASAD, N.M.; LANSINGH, V.C. et al. *Cataract Surgical Rate and Socioeconomics: A Global Study*. IOVS, 2016, vol. 57, no. 14, s. 5872- 5881.
- 94 WANG, S.Y.; STEM, M.S.; OREN, G.; SHTEIN, R.; LICHTER, P.R. *Patient-centered and visual quality outcomes of premium cataract surgery:a systematic review*. Eur J Ophthalmol, 2017, vol. 27, no. 4, s. 387-401.
Dostupné z: <https://doi.org/10.5301%2Fejo.5000978>.

- 95 WESTIN, E.; WICK, B.; HARRIST, R.B. *Factors Influencing Success of Monovision Contact Lens Fitting: Survey of Contact Lens Diplomates*. Optometry, 2000, vol. 71, no. 12, s. 757-763. PubMed PMID: 11145300.
- 96 WILKINS, M.R.; ALLAN, B.D.; RUBIN, G.S.; FINDL, O.; HOLLICK, E.J. et al. *Randomized trial of multifocal intraocular lenses versus monovision after bilateral cataract surgery*. Ophthalmology, 2013, vol. 120 n(Dec), no. 12, s. 2449-2455.e1. doi: 10.1016/j.opthta.2013.07.048. Epub 2013 Sep 23.
- 97 XU, X.; ZHU, M.M.; ZOU, H.D. *Refractive Versus Diffractive Multifocal Intraocular Lenses in Cataract Surgery: A Meta-analysis of Randomized Controlled Trials*. Journal of Refractive Surgery, 2014, vol. 30, no. 9, s. 634–644.
- 98 YANG, J. J.; LIU, Q.P.; LI, J. M.; QIN, L. *Comparison of visual outcomes with implantation of trifocal versus bifocal intraocular lens after phacoemulsification: A meta-analysis*. Int J Ophthalmol, 2018, vol. 11, no. 3, s. 484-492. PubMed PMID: 29600184.
- 99 YOO, A.; KWAG, J.I.; SONG, I.S.; KIM, M.J.; JEONG, H. et al. *Comparison of visual function after implantation of inferior sector-shaped intraocular lenses: Low-add+1.5 D vs + 3.0 D*. Eur. J. Ophthalmol, 2016, vol. 26 (Nov 4), no. 6, s. 607-611. doi: 10.5301/ejo.5000771. Epub 2016 Sep 7.
- 100 YOON, S.Y.; SONG, I.S.; KIM, J.Y.; KIM, M.J.; TCHAH, H. *Bilateral mix-and-match versus unilateral multifocal intraocular lens implantation: Long-term comparison*. J Cataract Refract Surg, 2013, vol. 39, no. 11, s. 1682-1690. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.04.043>.

Nový chirurgický prístup v technike rozšírenej monovízie

Monografia

Autor: MUDr. Dana Nagyová, PhD.

Vydavateľ: Univerzita Pavla Jozefa Šafárika v Košiciach
Vydavateľstvo ŠafárikPress

Rok vydania: 2026
Počet strán: 96
Rozsah: 5, 55 AH
Vydanie: prvé



DOI: <https://doi.org/10.33542/NCHP-0506-1>
ISBN 978-80-574-0506-1 (e-publikácia)