

LIETUVOS SVEIKATOS MOKSLŲ UNIVERSITETAS

Renata Vaičiulienė

**INTRAOKULINIŲ LĘŠIŲ DISLOKACIJOS
PO KATARAKTOS OPERACIJOS
GYDYMO METODŲ EFEKTYVUMO
REGOS KOKYBEI IR AKIES
MORFOLOGIJAI VERTINIMAS**

Daktaro disertacija
Medicinos ir sveikatos mokslai,
medicina (M 001)

Kaunas, 2025

Disertacija rengta 2015–2024 metais Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos akademijos Akių ligų klinikoje.

Mokslinis vadovas

Prof. habil. dr. Vytautas Jašinskas (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Disertacija ginama Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos mokslo krypties taryboje:

Pirmininkė

prof. dr. Ingrida Ulozienė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Nariai:

prof. dr. Ingrida Balnytė (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001);

dr. Albertas Kriaučiūnas (Lietuvos sveikatos mokslų universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, odontologija – M 002);

prof. dr. Janina Tutkuvienė (Vilniaus universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001);

prof. dr. Miriam Kolko (Kopenhagos universitetas, medicinos ir sveikatos mokslai, medicina – M 001).

Disertacija ginama viešajame Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Medicinos mokslo krypties tarybos posėdyje 2025 m. rugsėjo 19 d. 14 val. Lietuvos sveikatos mokslų universiteto Akių ligų klinikos Prof. P. Avižonio auditorijoje.

Disertacijos gynimo vietos adresas: Eivenių g. 2, LT-50161 Kaunas, Lietuva.

LITHUANIAN UNIVERSITY OF HEALTH SCIENCES

Renata Vaičiulienė

**EVALUATION OF THE EFFECTIVENESS
OF TREATMENT METHODS FOR
INTRAOCULAR LENS DISLOCATION
AFTER CATARACT SURGERY
ON VISUAL QUALITY AND EYE
MORPHOLOGY**

Doctoral Dissertation
Medical and Health Sciences,
Medicine (M 001)

Kaunas, 2025

Dissertation has been prepared at the Department of Ophthalmology of the Medical Academy of Lithuanian University of Health Sciences during the period of 2015–2024 year.

Scientific Supervisor

Prof. Habil. Dr. Vytautas Jašinskas (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001).

Dissertation is defended at the Medical Research Council of Lithuanian University of Health Sciences:

Chairperson

Prof. Dr. Ingrida Ulozienė (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001);

Members:

Prof. Dr. Ingrida Balnytė (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001);

Dr. Albertas Kriaučiūnas (Lithuanian University of Health Sciences, Medical and Health Sciences, Odontology – M 002);

Prof. Dr. Janina Tutkuvienė (Vilnius University, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001);

Prof. Dr. Miriam Kolko (University of Copenhagen, Medical and Health Sciences, Medicine – M 001).

Dissertation will be defended at the open session of the Medical Research Council of Lithuanian University of Health Sciences on 19th of September 2025 at 2 p.m. in the Prof. P. Avižonis Auditorium of the Department of Ophthalmology of Lithuanian University of Health Sciences.

Address: Eivenių 2, LT-50161 Kaunas, Lithuania.

TURINYS

SANTRUMPOS	7
IVADAS	9
1. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI.....	11
1.1. Darbo tikslas.....	11
1.2. Uždaviniai	11
1.3. Mokslinis naujumas.....	11
1.4. Autorės indėlis.....	12
2. LITERATŪROS APŽVALGA	13
2.1. Kataraktos paplitimas ir jos chirurgijos dažnis	13
2.2. Šiuolaikinė kataraktos chirurgijos technika ir dažniausiai naudojami IOL.....	14
2.3. Kataraktos operacijos komplikacijos.....	15
2.4. Intraokulinio lęšio dislokacijos tipai: ankstyvoji ir vėlyvoji	15
2.4.1. Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos paplitimas	17
2.5. Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos rizikos veiksniai	18
2.5.1. Priešoperacinis ir/ar pooperacinis Zinn raiščių silpnumas/defektai (rizikos veiksniai).....	19
2.5.2. Zinn raiščių–kapsulės maišelio komplekso pakitimų svarba IOL dislokacijai.....	22
2.5.3. Kapsulės maišelio pakitimus įtakojantys veiksniai, susiję su IOL.....	23
2.5.4. Kapsulės maišelio pakitimams darantys įtaką veiksniai ir jų sąsaja su kataraktos chirurgine technika.....	25
2.6. Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso patogenezės aspektai.....	27
2.6.1. Fibrozinų kapsulės maišelio pakitimų sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymui.....	28
2.6.2. Regeneracinio tipo kapsulės maišelio pakitimų sąsajos su IOL– kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymu.....	29
2.6.3. Degradacinio tipo kapsulės maišelio pakitimų sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymu	30
2.7. IOL dislokacijos sukeliami simptomai ir akies morfologiniai pakitimai	31
2.7.1. Regėjimo ir refrakcijos pokyčiai	31
2.7.2. Aukštesnės eilės aberacijų pokyčiai	32
2.7.3. Intraokulinis uždegimas, sukeltas IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos ir intraokulinio spaudimo pokyčiai	36
2.7.4. Ragenos endotelio ląstelių tankio pokyčiai	37
2.8. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo metodai	39
2.8.1. IOL pašalinimas ir vienmomentis naujo IOL implantavimas.....	40
2.8.2. Dislokuoto IOL–kapsulės maišelio atstatymas su papildoma fiksacija.....	42
2.9. Automatizuota IOL fiksacija prie rainelės.....	44
3. TYRIMO METODAI.....	45
3.1. Įtraukimo į tyrimą kriterijai.....	45
3.2. Tiriamųjų grupių charakteristika	46
3.3. Tyrimo eiga.....	46
3.4. Anketiniai apklausos duomenys	47

3.5. Oftalmologinis ištyrimas	47
3.5.1. Autorefraktometrija	47
3.5.2. Regos aštrumo įvertinimas	47
3.5.3. Biomikroskopija ir oftalmoskopija	48
3.5.4. Priekinio segmento fotografija ir IOL dislokacijos laipsnio vertinimas.....	48
3.5.5. Aberometrija	49
3.5.6. IOL pasvirimo ir decentracijos matavimas.....	50
3.5.7. Oftalmotonometrija	53
3.5.8. Užpakalinio segmento optinė koherentinė tomografija.....	53
3.5.9. Ragenos endotelio ląstelių tankio matavimai	53
3.6. Operacijos metodika.....	54
3.7. Statistinė duomenų analizė.....	55
3.8. Imties dydis	56
4. REZULTATAI.....	57
4.1. Rizikos veiksniai, susiję su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija.....	57
4.1.1. Intraokulinis spaudimas ir su glaukoma susiję aspektai.....	60
4.2. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnis ir jo sąsajos su intraokuliniu spaudimu.....	63
4.3. IOS ir vartojamų antiglaukominių vaistų kiekio pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo	64
4.4. Regos aštrumo pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo.....	68
4.5. Refrakcijos ir rageninio astigmatizmo pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo	73
4.5.1. Sferinio ekvivalento pokyčiai.....	73
4.5.2. Rageninio astigmatizmo pokyčiai	74
4.6. Aberacijos, esant IOL–kapsulės maišelio dislokacijai, ir jų pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo	78
4.7. Ragenos endotelio ląstelių tankio sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir jų pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo.....	94
4.8. IOL decentracijos ir pasvirimo vertinimas IOL fiksacijos prie rainelės grupėje.....	99
4.9. Kitos pooperacinės išeitys	107
5. REZULTATŲ APTARIMAS	108
IŠVADOS.....	119
PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS	120
SUMMARY	121
LITERATŪROS SĄRAŠAS	167
STRAIPSNIAI, KURIUOSE SKELBIAMI DISERTACIJOS REZULTATAI.....	187
KONFERENCIJOS, KURIOSE BUVO SKELBTI DISERTACIJOS REZULTATAI.....	188
PATENTAS	189
DISERTACIJOS TEMA SPAUSDINTI DARBAI.....	190
CURRICULUM VITAE	221
PADĖKA	222

SANTRUMPOS

AEA	– aukštesnės eilės aberacijos
AI	– ašies ilgis
ES	– Europos sąjunga
CME	– cistinė makulos edema
D	– dioptrija
FAF	– fibroblastų augimo faktorius
IOL	– intraokulinis lęšis
IOL–MKD	– intraokulinio lęšio–maišelio komplekso dislokacija
IOS	– intraokulinis spaudimas
JAV	– Jungtinės Amerikos Valstijos
KLA	– kontralateralinė akis
KRAT	– koreguotas regos aštrumas į tolį
KTŽ	– kapsulės tempimo žiedas
LLEL	– likutinės lęšiuko epitelio ląstelės
NRAT	– nekoreguotas regėjimo aštrumas į tolį
OKT	– optinė koherentinė tomografija
P	– pakeitimas
PE	– pseudoeksfoliacijos
PES	– pseudoeksfoliacinis sindromas
PF	– pseudofakija
PFT	– pseudofakijos trukmė
PK IOL	– priekinės kameros intraokulinis lęšis
PKSS	– priekinės kapsulės susitraukimo sindromas
plg.	– palyginti
PMMA	– polimetilmetakrilatas
PI	– pasikliautinasis intervalas
PS	– perspektyvinė studija
RELT	– ragenos endotelio ląstelių tankis
RF	– rainelės fiksacija
RMS	– <i>angl. root mean square</i> (kvadratinės šaknies vidurkis)
RS	– retrospektyvinė studija
RTA	– ragenos topografinė ašis
SE	– sferinis ekvivalentas
SN	– standartinis nuokrypis
ŠS	– šansų santykis

T	– trumparegystė
TAFβ	– transformuojantis augimo faktorius beta
TB	– trabekulektomija
TKI	– tarpkvartilinis intervalas
UGH	– uveitas–glaukoma–hifema
V	– vyrai
VK	– vitrektomija
ŽEA	– žemesnės eilės aberacijos

IVADAS

Pasaulio sveikatos organizacijos duomenimis, katarakta yra pagrindinė aklumo ir antra pagal dažnį (po nekoreguotų refrakcijos ydų) blogėjančio regos aštrumo priežastis pasaulyje, sukelianti didelę socialinę bei ekonominę naštą [1]. Vienintelis efektyvus kataraktos gydymo būdas – chirurginė intervencija, kurios metu pašalinamas drumstas lęšiukas ir implantuojamas intraokulinis lęsis (IOL) [2]. Ši operacija ne tik atkuria regą, reikšmingai pagerina pacientų gyvenimo kokybę, bet gali turėti ir antrinę naudą. Tyrimai parodė, kad kataraktos operacija sumažina mirtingumą dėl visų priežasčių ir pailgina vyresnio amžiaus žmonių išgyvenamumą [3–7].

Šiuo metu aukso standartu laikoma fakoemulsifikacijos technika ir sulankstomo IOL implantacija į kapsulės maišelį, likusį po natūralaus lęšiuko pašalinimo. Paskutiniaisiais dešimtmečiais sparčiai tobulėjančios mikrochirurginės priemonės – kapsulės tempimo žiedai, rainelės ir kapsulės maišelio kabliukai bei pažangūs mikrochirurginiai instrumentai – leidžia saugiai atlikti operacijas net sudėtingais klinikiniais atvejais [8–11]. Šie pokyčiai žymiai pagerino operacijų saugumą ir efektyvumą, o kasmet atliekamų kataraktos operacijų skaičius vis didėja [8–11].

Nepaisant įspūdingos chirurgijos pažangos, komplikacijų po kataraktos operacijų išvengti nepavyksta. Viena sunkiausių yra IOL dislokacija, kuri gali atsirasti tiek ankstyvuju pooperaciniu laikotarpiu, tiek praėjus daugeliui metų po sėkmingos kataraktos operacijos [12]. Literatūros duomenimis, šios komplikacijos dažnis svyruoja nuo 0,2 proc. iki 3,0 proc., tačiau tiksli statistika nėra iki galo aiški, nes tyrimai neretai apjungia įvairių tipų (intraoperacines, ankstyvas ir vėlyvas) dislokacijas [13–21].

Vėlyva spontaniinė IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija lemia reikšmingus regos funkcijos sutrikimus ir kelia nemažai iššūkių oftalmologams, turintiems pasirinkti tinkamiausią gydymo strategiją. Galimi du pagrindiniai gydymo būdai: (1) pašalinti dislokuotą IOL ir pakeisti jį nauju arba (2) bandyti atstatyti dislokuoto IOL padėtį ir jį fiksuoti. Nors kai kurie autoriai pabrėžia, kad to paties dislokuoto IOL fiksacija gali padėti išvengti papildomų chirurginių intervencijų (pvz., vitrektomijos) ir sumažinti pooperacinio astigmatizmo riziką, kiti nurodo didesnę techniškai sudėtingų procedūrų pavojų ir išaugusią galimų komplikacijų riziką [22]. Taigi, chirurgui iškyla klausimas, koks sprendimas kiekvienu individualiu atveju geriausiai atitiktų paciento būklę.

Naujausios publikacijos rodo augantį susidomėjimą IOL fiksavimo metodų rezultatais bei pastangas išsaugoti esamą, bet dislokuotą IOL [23–25]. Tačiau literatūroje vis dar trūksta duomenų, kaip palyginamieji gydymo būdai

veikia regos funkcijas ir akies morfologiją. Todėl šio tyrimo tikslas – įvertinti ir palyginti dviejų skirtingų chirurginių metodų (dislokuoto IOL fiksacijos prie rainelės bei dislokuoto IOL pašalinimo ir pakeitimo nauju priekinės kameros IOL) pooperacinius rezultatus, siekiant nustatyti, kuris metodas užtikrina geresnę regos aštrumą, mažesnę komplikacijų riziką ir palankesnę akies būklę.

1. DARBO TIKSLAS IR UŽDAVINIAI

1.1. Darbo tikslas

Įvertinti IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos sukeltus regos bei akies morfologinius pakitimus, bei palyginti jų pokyčius po skirtingų IOL dislokacijos chirurginio gydymo metodų.

1.2. Uždaviniai

1. Nustatyti rizikos veiksnius tiriamiesiems, kuriems pasireiškė IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, ir šios patologijos sukeltus intraokulinio spaudimo, regos ir akies morfologinius pakitimus.
2. Palyginti intraokulinio spaudimo ir regos pokyčius po IOL fiksacijos prie rainelės ir po IOL eksplantacijos ir pakeitimo į priekinės kameros IOL.
3. Palyginti akies morfologinius pokyčius po IOL fiksacijos prie rainelės ir po IOL eksplantacijos ir pakeitimo į priekinės kameros IOL.
4. Įvertinti pooperacinių komplikacijų dažnį ir pobūdį po IOL fiksacijos prie rainelės ir po IOL eksplantacijos ir pakeitimo į priekinės kameros IOL.

1.3. Mokslinis naujumas

Šiame moksliniame darbe buvo vertintos ne tik pooperacinės išeitys, taikant du skirtingus chirurginius metodus tiriamiesiems, kuriems pasireiškė IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, bet ir analizuoti su šia patologija susiję rizikos veiksniai. Gauti rezultatai buvo lyginami ne tik tarp chirurgiškai gydytų grupių, bet ir su tų pačių tiriamųjų kontralateralinėmis pseudofakinėmis akimis bei su sveikais tiriamaisiais, kurie neturėjo IOL dislokacijos požymių.

Literatūros duomenimis tai yra pirmasis ir kol kas vienintelis perspektyvinis tyrimas, kuriame vertintas dislokuoto IOL fiksavimas prie rainelės. Literatūros analizė parodė, kad dauguma iki šiol publikuotų tyrimų šia tema buvo retrospektyvūs, o dalis jų – aprašomojo pobūdžio, be statistiškai pagrįsto chirurginių metodų palyginimo [23,26–33]. Keliuose tyrimuose IOL fiksacija prie rainelės buvo nagrinėjama tik kaip viena iš technikų platesniame chirurginių strategijų kontekste, o ne kaip atskiras analizės objektas [34,35]. Ši perspektyvinė studija – viena pirmųjų, kuri sistemiškai lygina IOL fiksaciją prie rainelės su alternatyviu chirurginiu metodu (IOL eksplantacija ir

pakeitimu į priekinės kameros IOL (PK IOL)) įvertinant ne tik regos, bet ir morfologinius akies pokyčius.

Šis mokslinis darbas unikalus tuo, kad imtį sudarė pacientai su vėlyvąja IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija.

Tyrimo metu mes įvertinome aberacijas atsirandančias dėl IOL–kapsulės maišelio dislokacijos. Tai gali duoti naujų žinių apie aberacijas ir naujas diagnostines galimybes. Mums žinomoje literatūroje nėra atliktų panašių studijų, kuriose būtų vertinami aberacijų pokyčiai po IOL fiksacijos prie rainelės.

Pirmą kartą nustatytas galimas biomechaninis IOL dislokacijos vystymosi krypties dėsningumas.

1.4. Autorės indėlis

Autorė atliko išsamią literatūros analizę. Tyrimo metu atliko oftalmologinių akių ištyrimą, tokius tyrimus kaip akies užpakalinio segmento optinės koherentinės tomografijos (OKT), ragenos endotelio ląstelių tankio, akies biometrijos ir aberometrijos tyrimus, taip pat asistavo tiriamųjų chirurginio gydymo metu. Autorė rinko ir sistemino duomenis, atliko statistinę analizę ir duomenų interpretaciją. Taip pat atlikusi literatūros analizę, išrinkusi tinkamiausią metodą IOL pasvirimo ir decentracijos matavimui, praktiškai pritaikė šiuos matavimus savo tyrime. Ji išanalizavo apie 600 priekinio akies segmento vaizdų, atrinko 380 vaizdų ir su „Image J“ programine įranga (Image J versija 1.52, NIH, JAV) atliko IOL pasvirimo ir decentracijos matavimus. Kartu su bendraautoriais parašė ir išleido 3 straipsnius leidiniuose, turinčiuose Clarivate Analytics Web of Science cituojamumo rodiklį, dalyvavo tarptautinėse ir Lietuvos konferencijose, kuriose pristatė savo tyrimo rezultatus. Padėjo paruošti ir pateikti paraišką „Method and device for fixation of a sinking intraocular lens in the eye field“ Pasauliniam ir Europos patentų biurams (WO2019016648A1 ir EP3674879(A1)).

2. LITERATŪROS APŽVALGA

2.1. Kataraktos paplitimas ir jos chirurgijos dažnis

Katarakta yra vienpusis arba abipusis lęšiuko skaidrumo mažėjimas, lemiantis matymo blogėjimą [2,36]. Nepaisant to, kad ši liga gali būti sėkmingai gydoma chirurginiu būdu, visame pasaulyje ji išlieka viena pagrindinių vidutinio ir sunkaus regos sutrikimo bei aklumo priežasčių [37–41]. Pasaulinio ligų naštos tyrimo (angl. *Global Burden of Disease Study*) duomenys atskleidė, kad 2020 m. regos negalią pasaulyje turėjo 295 mln. asmenų, o aklųjų skaičius siekė 43,3 mln. [42]. Prognozuojama, jog iki 2050 m. šie skaičiai dar labiau išaugs: 474 mln. žmonių turės regos sutrikimų, o 61 mln. žmonių bus akli [42]. Iš ataskaitos paaiškėjo ir tai, kad katarakta yra pagrindinė aklumo priežastis ir antra pagal regos sutrikimų dažnumą visame pasaulyje po nekoreguotų refrakcijos ydų [43]. Vien katarakta sudaro 45,4 proc. (15,2 mln.) aklumo ir 38,9 proc. (78,8 mln.) regos sutrikimo atvejų [43]. Bourne ir bendraautorių tyrimai parodė, jog Rytų Europos regione (jam buvo priskiriama ir Lietuva) katarakta 1990 m. sudarė 24,8 proc., o 2010 m. – 22,4 proc. iš visų aklumą sukeliančių priežasčių [37]. Nuo 2015 m. ji užėmė antrą vietą tarp dažniausių aklumo (20,9 proc.) ir pirmą vietą tarp dažniausių vidutinio ar sunkaus regos sutrikimo (26,4 proc.) atvejų [38]. Taigi, katarakta ir jos gydymas išlieka aktualia pasauline problema, kadangi sukelia didelę socialinę ir ekonominę naštą [1].

Dėl senstančios populiacijos kataraktos paplitimas nuolat didėja: 65–74 m. amžiaus grupėje ji nustatoma 31,0 proc. asmenų, o tarp vyresnių negu 75 m. – net 53,4 proc. [41]. Tai prisideda prie sparčiai augančio kataraktos chirurgijos dažnio [41]. Įtakos turi ir gerėjanti šalių socialinė, ekonominė padėtis bei sveikatos priežiūros paslaugų prieinamumas, be to, atsirado naujų indikacijų, ir padidėjo antrosios akies kataraktos operacijų dažnis [44]. Visa tai lemia, kad kataraktos operacija yra dažniausiai atliekama chirurginė intervencija išsivysčiusiose šalyse ir skaičiai vis didėja [45–47]. Kasmet atliekama apie 3,7 mln. kataraktos operacijų Jungtinėse Amerikos Valstijose (JAV), 7 mln. – Europoje ir 20 mln. – visame pasaulyje [48]. Schein ir kt. prognozuoja, kad vien JAV 2030 m. bus atlikta apie 4,4 mln. kataraktos operacijų asmenims, vyresniems nei 65 m. [8]. Eurostat duomenimis, 2022 m. Europos Sąjungos (ES) šalyse iš viso atlikta 4,73 mln. kataraktos operacijų (Malta ir Nyderlandai pateikė 2021 m. duomenis, o Graikija duomenų nepateikė) [49]. Net 16 ES šalių (įskaitant Lietuvą) kataraktos operacijų skaičius 2022 m. viršijo 1000 atvejų 100 000 gyventojų, o Prancūzijoje siekė 1493 atvejus 100 000 gyventojų [49]. Augantį kataraktos chirurgijos dažnį patvirtina ir įvairios studijos. Švedijoje šis rodiklis padidėjo nuo 4,5 iki 9,0 atvejų 1000

gyventojų per metus laikotarpiu nuo 1992 m. iki 2009 m. [50], o vėlesnė analizė atskleidė tolesnį augimą iki 10,0 atvejų 1000 gyventojų per metus 2008–2012 m. [51]. Kataraktos chirurgijos dažnis taip pat kilo Minesotoje (nuo 8,5 iki 11,0 atvejų 1000 gyventojų per metus 2005–2011 m.) [52], Lenkijoje (nuo 5,22 iki 6,17 atvejų 1000 gyventojų per metus 2010–2015 m.) [53], Prancūzijoje (nuo 9,86 iki 11,08 atvejų 1000 gyventojų per metus 2009–2012 m.) [54] ir kt. šalyse [55,56]. Lietuvoje kataraktos chirurgijos dažnis taip pat kasmet didėjo (nuo 8,0 iki 10,3 atvejų 1000 gyventojų per metus 2016–2022 m.) [49].

Tačiau nepaisant didėjančio kataraktos chirurgijos dažnio, kataraktos chirurgijos aprėptis (angl. *cataract surgical coverage*) (*rodiklis, rodantis, kiek iš visų žmonių, kenčiančių nuo reikšmingai regą bloginančios kataraktos, gauna chirurginį gydymą*) tik nedaugelyje šalių yra pakankama (t.y. 80,0 proc.) [46]. 2021 m. įvykusi Pasaulio sveikatos asamblėja patvirtino pasaulinius tikslus ir vienas iš jų buvo iki 2030 m. 30,0 proc. padidinti kataraktos chirurgijos aprėptį [57].

Aptartos epidemiologinės tendencijos leidžia daryti išvadą, kad kataraktos chirurginės intervencijos skaičius ateityje tik didės, taip pat augs ir vėlyvų komplikacijų, tokių kaip IOL dislokacija, skaičius. Todėl tai yra labai aktuali tema.

2.2. Šiuolaikinė kataraktos chirurgijos technika ir dažniausiai naudojami IOL

Chirurginis kataraktos gydymas per pastaruosius kelis dešimtmečius sparčiai tobulėjo. Įdiegus naujus metodus ir instrumentus, ši procedūra tapo minimaliai invazinė, reikšmingai sumažėjo pooperacinių komplikacijų tikimybė, o paciento regą atkurama kur kas greičiau [46]. Dabartinėje klinikinėje praktikoje „aukso standartu“ laikoma fakoemulsifikacijos technika [2,44,48]. Operacijos metu dažniausiai ragenoje atliekamas 1,8–3,2 mm pjūvis, priekinėje lęšiuko kapsulėje suformuojama apvali anga (kapsuloreksis). Per suformuotą kapsuloreksį lęšiukas yra susmulkinamas ultragarso pagalba ir išsiurbiamas. Po to į likusią tuščią kapsulės maišelį implantuojamas IOL [2,44]. Tokia operacija yra saugi ir tausojanti paciento akį [14].

Mažas pjūvis užtikrina greitą gijimą ir sumažina pooperacinio astigmatizmo tikimybę [58]. Operacijos metu yra naudojama viskoelastinė medžiaga, kuri palaiko akies priekinę kamerą nuo subliušimo ir apsaugo ragenos endotelį nuo pažeidimo [2]. Baigiantis procedūrai, viskoelastinė medžiaga yra išsiurbiamą. Taip užtikrinama, kad kataraktos pašalinimas būtų atliekamas kuo saugiau, kartu siekiant geriausių refrakcijos ir regos rezultatų.

Gerus refrakcijos rezultatus daugiausiai lemia implantuotas IOL. Šiuolaikiniai ir dažniausiai naudojami IOL yra sudaryti iš optinės dalies (skersmuo

6 mm), kuri yra atsakinga už refrakcijos funkciją, ir atraminių elementų [2]. Dauguma IOL gaminami iš minkštų medžiagų, pavyzdžiui, silikono arba akrilo, kad būtų galima juos sulenkti ir implantuoti per mažą pjūvį. Rečiau naudojamas polimetilmetakrilatas (PMMA) yra kietas ir nesulankstomas, todėl reikalauja didesnio pjūvio [44]. Standartinis vieno židinio IOL koreguoja sferinę refrakciją žiūrint į tolį arba iš arti (priklausomai nuo pasirinkto židinio nuotolio), tuo tarpu astigmatizmą koreguojantys (toriniai) IOL padeda ištaisyti rageninį astigmatizmą. Presbiopiją koreguojantys (daugiažidiniai) IOL leidžia reikšmingai sumažinti po kataraktos operacijos korekcijos poreikį [44].

2.3. Kataraktos operacijos komplikacijos

Kataraktos operacija laikoma itin saugia ir efektyvia chirurgine intervencija. Skirtingi šaltiniai nurodo, kad bendras komplikacijų dažnis po kataraktos operacijos šiuolaikinėmis sąlygomis svyruoja 1,0–2,0 proc. ribose [59–66]. Dažniausiai pasitaikančios pooperacinės komplikacijos yra užpakalinės kapsulės padrumstėjimas (antrinė katarakta) (dažnis 0,3–28,4 proc.) ir cistinė makulos edema (CME) (1,2–11,0 proc.) [2,63].

Viena iš sudėtingiausių pooperacinių komplikacijų yra IOL dislokacija, kurios gydymui dažniausiai reikia papildomos sudėtingos intervencijos. Clark ir kt. ištyrė pagrindinių kataraktos operacijos komplikacijų tendencijas Vakarų Australijos populiacijoje per 22 metų laikotarpį. Jie nustatė, kad visų komplikacijų rizika po fakoemulsifikacijos įdiegimo (t.y. 1990 m.) sumažėjo perpus, išskyrus IOL dislokaciją, kuri nuo 1995 m. išaugo [14]. Atsižvelgiant į tai, kad IOL dislokacijos dažnis priešingai nei kitų komplikacijų nemažėja, ši komplikacija tampa vis svarbesnė problema kataraktos chirurgijoje.

2.4. Intraokulinio lęšio dislokacijos tipai: ankstyvoji ir vėlyvoji

Atsižvelgiant į tai, kiek laiko praėjo nuo kataraktos operacijos, IOL dislokacija gali būti skirstoma į ankstyvąją ir vėlyvąją (2.4.1 lentelė) [13,17,18,67].

2.4.1 lentelė. IOL dislokacijos tipai (adaptuota iš [18])

	Ankstyvoji IOL dislokacija	Vėlyvoji IOL dislokacija
Laikas nuo kataraktos operacijos	< 3 mėn. (įskaitant ir operacijos metu įvykusias dislokacijas)	≥ 3 mėn.
IOL dislokacijos pobūdis	Dažniausiai iš maišelio (angl. <i>out-of-the-bag</i>)	IOL su kapsulės maišeliu (angl. <i>in-the-bag</i>)
Patogeneizė	Netinkama IOL fiksacija	Progresuojantis Zinn raiščių nepakankamumas ir kapsulės maišelio susitraukimas
Predisponuojantys faktoriai	Mechaninis kapsulės maišelio ir/ar Zinn raiščių pažeidimas	Senėjimas, pseudoeksfoliacinis sindromas, didelio laipsnio trumparegystė, glaukoma, uveitas, akies trauma, pigmentinis retinitas, jungiamojo audinio sutrikimai, praeityje atlika vitrektomija ar antiglaukominė operacija

Ankstyvoji dislokacija pasireiškia per pirmuosius tris mėnesius po kataraktos operacijos ir yra susijusi su netinkama IOL fiksacija (IOL turi būti implantuojamas į kapsulės maišelį) [68]. Tai gali nutikti, jei fakoemulsifikacijos ar IOL implantacijos metu įplyšta kapsulės maišelis (dažniausiai užpakalinėje dalyje arba ties ekvatoriumi) ir/ar pažeidžiami Zinn raiščiai. Tokiu atveju IOL „išslysta“ iš kapsulės maišelio pro atsiradusį defektą į stiklakūnį [15,68]. Jei operacijos metu atliktas per didelis kapsuloreksis ar implantuotas IOL, turintis atraminių elementų defektą, IOL gali išnirti iš kapsulės maišelio į priekinę akies kamerą [15,68].

Vėlyvoji IOL dislokacija apibrėžiama kaip dislokacija atsirandanti praėjus trimis ar daugiau mėnesių po kataraktos operacijos [13,18]. Vis dėlto literatūroje dažniausiai aprašoma, kad vėlyvoji IOL dislokacija dažniausiai pasireiškia praėjus keleriems ar net keliolikai metų (vidutiniškai 1,87–11,5 m.) po operacijos [67]. Mayer-Xanthaki ir kt. atliktoje didelės apimties studijoje (68 199 pacientai su pseudofakija) nustatyta, jog vidutinė pseudofakijos trukmė (PFT) – laikas nuo kataraktos operacijos iki IOL dislokacijos – yra apie 6,8 metų [69]. Vėlyvoji IOL dislokacija dažniausiai įvyksta dėl progresuojančio Zinn raiščių silpnumo [15,16,70]. Tokiais atvejais IOL dislokuojasi kartu su kapsulės maišeliu, todėl tai vadinama IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija [68].

Literatūroje nurodoma, kad šios komplikacijos dažnis didėja, todėl gali greitai tapti socialine problema ir didesne našta visuomenės sveikatos priežiūrai [64]. Toliau tekste kalbama tik apie vėlyvąją IOL–kapsulės maišelio dislokaciją.

2.4.1. Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos paplitimas

Remiantis įvairių studijų duomenimis, vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos metinis dažnis po kataraktos operacijos yra 0,0–0,032 proc. [15,71–73]. Bendras 10–25 metų dažnis siekia 0,1–3,0 proc. [14,15,21,64,71–75]. Tačiau šios komplikacijos paplitimas varijuoja priklausomai nuo geografinės padėties. Europoje atlikti populiaciniai tyrimai pažymi, kad 10 metų bendras dažnis yra apytiksliai 1,0 proc. [21,76]. JAV atliktoje populiacinėje studijoje Pueringer ir kt. nurodė, kad 10 metų bendras dažnis yra 0,1 proc. (praėjus 5, 10, 15, 20 ir 25 metams po kataraktos operacijos, kumuliacinė IOL dislokacijos rizika yra atitinkamai 0,1 proc., 0,1 proc., 0,2 proc., 0,7 proc. ir 1,7 proc.) [76]. Neseniai Azijoje atlikto visos šalies populiacijos (51 307 821 gyventojų, Pietų Korėja) tyrimo rezultatai parodė, kad per 20 metų laikotarpį 39 965 iš 4 848 125 pseudofakiją turinčių pacientų (0,82 proc.) buvo diagnozuota IOL dislokacija, dėl kurios reikėjo chirurginės intervencijos [77]. Tačiau pabrėžiama, kad pseudoeksfoliacinis sindromas (PES), kaip gerai žinomas IOL dislokacijos rizikos veiksnys, Azijoje yra mažiau paplitęs nei Vakarų šalyse [72]. Mönestam Švedijoje atliktoje studijoje nustatyta, kad bendras 20 metų IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos dažnis buvo 3 proc., o pacientų, sergančių PES – 6,0 proc. [74]. Lietuvoje PES paplitimas yra vienas didžiausių Europoje tarp vyresnių nei 65 metų amžiaus asmenų (34,7 proc. *plg.* 23,0 proc. Švedijoje, Suomijoje – 22,0 proc., Islandijoje – 10,7 proc.) [78]. Todėl IOL dislokacija yra taip pat reikšminga problema.

Spėjama, kad didėjantis IOL dislokacijos dažnis tiesiogiai atspindi augančią populiaciją asmenų, turinčių pseudofakiją [64]. Visgi Dabrowska-Kloda su kolegomis Švedijoje atliktu retrospektyviu kohortos tyrimu parodė, kad vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos dažnis auga nepaisant to, jog analizėje buvo taikyta korekcija dėl didėjančios pseudofakijos populiacijos tirtame regione [73].

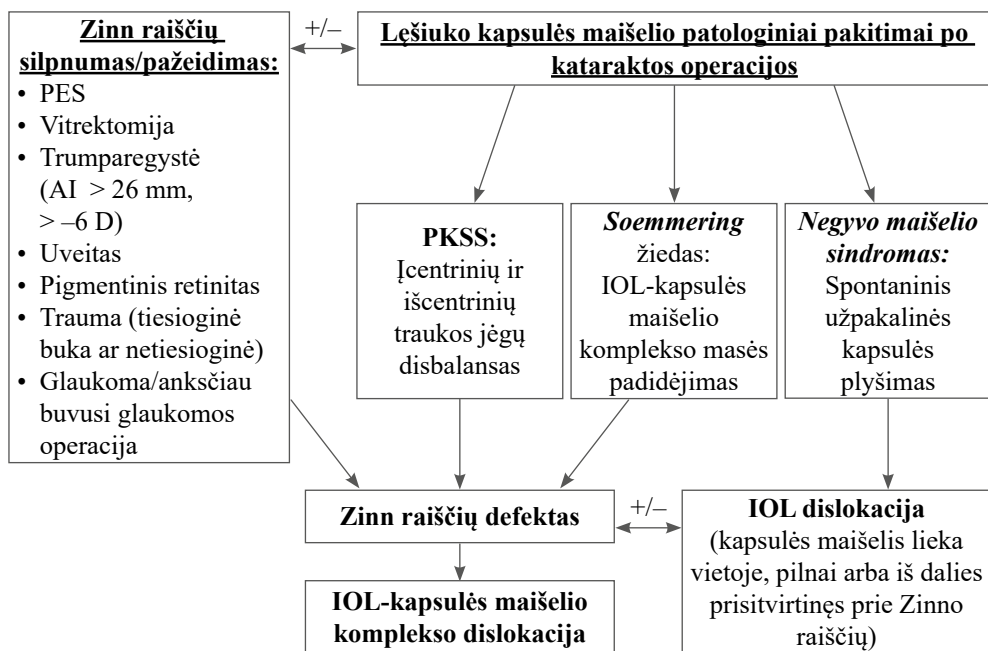
Bendra 5, 10, 15 ir 20 metų vėlyvosios IOL dislokacijos rizika akims, kurioms 1992–2012 m. buvo atlikta kataraktos operacija, buvo atitinkamai 0,09 proc., 0,55 proc., 1,0 proc. ir 1,0 proc. Jie taip pat nustatė, kad bendra 10 metų vėlyvosios IOL dislokacijos rizika buvo didesnė akims, kurioms kataraktos operacija atlikta nuo 2002 m. iki 2012 m., nei nuo 1992 m. iki 2001 m. (atitinkamai 0,89 proc., 0,39 proc.) [73]. Autoriai atkreipė dėmesį, kad regione vidutinė PFT nuo 1992 m. iki 2012 m. pailgėjo maždaug 4 metais [73]. Kadangi rizika didėja su kiekvienais metais po kataraktos operacijos, ilgėjant PFT, didėja ir tikimybė sulaukti vėlyvosios dislokacijos. Vis dėlto tai nebuvo tiesiogiai susiję su bendru gyvenimo trukmės ilgėjimu – jį eliminavus iš sta-

tistinės analizės, rezultatai išliko panašūs [73]. Kitas veiksnys – sparčiai tobulėjanti fakoemulsifikacijos technika ir chirurgų patirtis, leidžianti operuoti vis sudėtingesnius atvejus, kurie anksčiau būtų buvę netinkami įprastinei kataraktos operacijai. Tokie pacientai gali turėti didesnę vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio dislokacijos riziką. Tai didina bendrą komplikacijų dažnį pseudofakijos populiacijoje [73].

Ši problema kelia susirūpinimą, nes pasaulyje didėja skaidraus lęšiuko operacijų skaičius, refrakcijos ydų ar presbiopijos korekcijos [79]. Kadangi dauguma šių pacientų operuojami jaunesnio amžiaus, bendra PFT jiems gali būti gerokai ilgesnė nei įprastai, todėl išauga ir vėlyvosios IOL dislokacijos galimybė [79]. Svarbu, kad prieš tokias operacijas būtų įvertinami visi reikšmingi rizikos veiksniai, o paciento lūkesčiai – derinami su galimomis ilgalaimėmis komplikacijomis [73].

2.5. Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos rizikos veiksniai

Praėjus beveik trims dešimtmečiams nuo pirmosios publikacijos apie vėlyvąją IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją, sukaupta nemažai duomenų, aiškinančių galimus šios komplikacijos mechanizmus [80]. Šiai komplikacijai atsirasti gali turėti įtakos vienas ar keli veiksniai: prieš- ar pooperacinis Zinn raiščių silpnumas, chirurginė trauma, ir kapsulės maišelio pakitimai [70] (2.5.1 paveikslas). Tikslus šių veiksnių santykis ir įtaka kiekvienu konkrečiu atveju gali skirtis.



2.5.1 pav. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymo etiologija ir pataloginiai mechanizmai (remtasi [18,64,67,81–83])

AI – ašies ilgis; IOL – intraokulinis lęšis; PES – pseudoeksfoliacinis sindromas; PKSS – priekinės kapsulės susitraukimo sindromas.

2.5.1. Priešoperacinis ir/ar pooperacinis Zinn raiščių silpnumas/ defektai (rizikos veiksniai)

Literatūroje labiausiai išanalizuoti vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos rizikos veiksniai, kurie sukelia priešoperacinį ir/ar pooperacinį Zinn raiščių silpnumą [19,68]. Tyrimai rodo, kad PES yra vienas iš dažniausiai pasitaikančių rizikos veiksnių (2.5.1.1 lentelė).

2.5.1.1 lentelė. Pacientų, įtrauktų į įvairias studijas dėl IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos, pagrindinės charakteristikos (amžius, lytis, laikas nuo kataraktos operacijos iki IOL dislokacijos, pagrindiniai rizikos veiksniai)

Studija	Studijos dizainas	IOL–MKD, n (proc.)	Amžius (m)	Lytis (V), proc.	PFT (m)	Rizikos veiksnys (dažniausias), proc.
Iranipour ir kt., 2024 [84]	RS	87 (79)	80	44	—	PES, 67
Mayer-Xanthaki ir kt., 2021 [69]	RS (kohortos)	111 (76)	71	50	6,8	PES, 43
Artzen ir kt., 2020 [85]	PS (serijos atvejų)	165 (100)	79	43	9,3	PES, 80
Faramarzi ir kt., 2020 [86]	RS	11 (100)	67	—	—	PES, 64
Subasi ir kt., 2019 [87]	RS	39 (100)	70	67	7,2	PES, 31
Bulnes ir kt., 2019 [35]	RS	134 (100)	82	43	8,2	PES, 79
Mönestam, 2019 [74]	PS (kohortos)	10 (100)	79	60	12,5	PES, 50
Vounotrypidis ir kt., 2019 [88]	RS	112 (62)	63	57	8,4	VK, 43
Fujikawa ir kt., 2018 [89]	RS	36 (69)	69	78	10,0	VK, 33
Giansanti ir kt., 2018 [90]	RS	22 (71)	76	—	—	PES, 48
Kristianslund ir kt., 2017 [91]	Randomizuota	104 (100)	82	39	10,3	PES, 83
Bande ir kt., 2016 [92]	RS	36 (100)	69	75	11,5	PES, 39
Rey ir kt., 2016 [93]	RS	83 (100)	72	44	10,9	T, 40
Dabrowska-Kloda ir kt., 2015 [73]	RS (kohortos)	140 (100)	—	—	8,0	PES, 68
Krěpřtě ir kt., 2013 [94]	RS	51 (88)	72	67	5,3	PES, 57
Jakobsson ir kt., 2013 [95]	PS (kohortos)	80 (88)	80	40	8,1	PES, 59
Fernandez–Buenaga ir kt., 2013 [34]	RS	61 (100)	71	69	7,5	T, 20
Matsumoto ir kt., 2012 [96]	RS	21 (100)	68	57	7,9	VK, 40
Jakobsson ir kt., 2010 [15]	RS	63 (75)	79	44	6,8	PES, 60
Lorente ir kt., 2010 [97]	RS	45 (100)	81	57	8,0	PES, 67
Davis ir kt., 2009 [13]	RS	86 (100)	75	54	8,9	PES, 50
Hayashi ir kt., 2007 [68]	RS	38 (61)	71	71	8,3	PES, 45
Chan ir kt., 2006 [98]	RS	15 (50)	63	50	3,4	PES, 20
Gross ir kt., 2004 [19]	RS	25 (100)	75	68	6,9	PES, 44

IOL–MKD – intraokulinio lęšio–kapsulės maišelio komplekso dislokacija; m – metai; n – atvejų skaičius; PES – pseudoeksfoliacinis sindromas; PFT – pseudofakijos trukmė (laikas nuo kataraktos operacijos iki IOL dislokacijos); PS – prospektyvi studija; PT – populiacinis tyrimas; RS – retrospektyvi studija; T – trumparegystė; V – vyriška; VK – vitrektomija.

Šios patologijos metu akies audiniuose (ant ragenos endotelio, trabekulinio tinklo, rainelės, vyzdžio krašto, priekinės lęšiuko kapsulės, Zinn raiščių ir krumplyno ataugų) kaupiasi pataloginė fibrilinė tarpląstelinė medžiaga (pseudoeksfoliacijos (PE)), sukeldama struktūrinius pažeidimus [99,100]. PES randamas 20–80 proc. vėlyvųjų IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos atvejų [13,15,17,35,68,69,73,74,84–87,90–92,94,95,97,98]. Tokia didelė paplitimo amplitudė susijusi su pacientų įtraukimo kriterijų, amžiaus ir geografinės padėties skirtumais bei retrospektyviais tyrimų dizainais.

PES požymius gali būti sudėtinga identifikuoti pacientams su pseudofakija, nes ryškiausiai jie matomi ant lęšiuko kapsulės bei vyzdžio krašto prieš kataraktos operaciją. Liu ir bendraautorių studijoje, kurios metu buvo atliekamas pašalintų IOL (dėl IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos) histologinis vertinimas, nustatyta, kad PES paplitimas yra reikšmingai didesnis nei klinikiškai diagnozuojama [101]. PES buvo nustatytas remiantis objektyvios apžiūros duomenimis prieš operaciją 32,5 proc. atvejų. Tačiau PE buvo rastos 65,0 proc. atvejų po histologinio IOL–kapsulės maišelių kompleksų įvertinimo [101].

Nustatyta, kad pacientų, kuriems pasireiškia vėlyvoji IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, vidutinis amžius svyruoja tarp 63 ir 82 metų [13,15,17,35,68,69,73,74,84–87,90–92,94,95,97,98] (2.5.1.1 lentelė). Manoma, jog vyresnis amžius didina dislokacijos tikimybę dėl su amžiumi susijusios Zinn raiščių degeneracijos, ilgesnės PFT bei didėjančio PES paplitimo senstant [78,102].

Be PES, rečiau pasitaikantys, bet taip pat svarbūs rizikos veiksniai yra: anksčiau atlikta vitrektomija, aukšto laipsnio trumparegystė, uveitas, pigmentinis retinitas, akies obuolio trauma, glaukoma/anksčiau buvusi glaukomos operacija, ragenos endotelio pažeidimai (dažnai nurodo sudėtingą kataraktos operacijos eigą), jungiamojo audinio sutrikimai (Marfano sindromas, homocistinurija, Ehlers-Danlos sindromas, sklerodermija, Weill-Marchesani sindromas), darbas su vibracijos šaltiniais bei akių trynimo įprotis [13,18,64,67,71,91,93,97,101,103–105].

Lyties įtaka vėlyvajai IOL–kapsulės maišelio dislokacijai išsivystyti ilgai buvo aiškinama didesniu traumų dažniu tarp vyrų, tačiau moksliniai rezultatai šiuo klausimu išlieka nevienareikšmiai (2.5.1.1 lentelė). Vienuose tyrimuose dominuoja vyrai, kituose – moterys; pastaruoju atveju nurodoma, kad tai gali būti paaiškinama didesniu PES paplitimu tarp moterų, ilgesne gyvenimo trukme ir lyties skirtumais populiacijoje, asmenų su pseudofakija (kataraktos operacija dažniau atliekama moterims) [67]. Visgi, keli neseniai paskelbti didelės apimties tyrimai atskleidė, jog vyriškoji lytis išliko rizikos veiksnys net ir statistiškai pakoregavus kitus rizikos veiksnius [71,106].

Pažymėtina, kad maždaug ketvirtadalis atvejų, kuriems nustatyta vėlyvoji IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, gali neturėti jokių rizikos veiksnių [67]. Tai pagrindžia ir studija, kurios metu mikroskopu buvo vertinti pašalinti IOL dėl dislokacijos. 23 proc. atvejų nepavyko nustatyti jokios aiškos dislokacijos priežasties [13].

2.5.2. Zinn raiščių–kapsulės maišelio komplekso pakitimų svarba IOL dislokacijai

Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos etiologija dažniausiai siejama su aptartais rizikos veiksniais, sukeliančiais progresuojanti Zinn raiščių silpnumą. Tačiau šį procesą gali paskatinti ir po kataraktos operacijos atsiradę kapsulės maišelio patologiniai pokyčiai [69]. Šiuolaikinės kataraktos operacijos metu yra išsaugomas lęšiuko kapsulės maišelis, kurį sudaro dalis priekinės kapsulės ir visa užpakalinė kapsulė. Jis yra panaudojamas IOL fiksacijai. Tačiau kaip ir kiekviena intervencija taip ir kataraktos operacija yra traumuojanti, po jos neišvengiamai kyla uždegiminė reakcija ir vyksta imuninis atsakas [107]. Pastarasis yra esminis biologinis procesas, įgalinantis pažeistų ląstelių pakeitimą naujomis, tačiau jam užsitęsus ar esant perdėtam gali sukelti komplikacijas [108]. Viena pagrindinių problemų yra tai, kad pašalinus lęšiuką, vidiniame priekinės kapsulės maišelio paviršiuje likusios lęšiuko epitelio ląstelės (LLEL) pakinta sąveikaudamos su intraokulinio skysčio biologiškai aktyviomis medžiagomis [81]. Kitą vertus normos atvejais šie pakitimai yra svarbūs ir naudingi, nes užtikrina kapsulės maišelio sutvirtėjimą ir IOL stabilų padėtį [83]. Tačiau pernelyg išreikšti LLEL pokyčiai yra pagrindinė patogenezės ašis kapsulės maišelio patologijos išsivystyme. Šiuos patologinius pakitimus galima suskirstyti į fibrozės (priekinės kapsulės susitraukimo sindromas (PKSS)), regeneracinio (perlų) (antrinė katarakta) ir degradacinio (negyvo kapsulės maišelio) tipo pokyčius [109–111]. Regeneracinio tipo pakitimai yra susiję su LLEL diferenciacija į lęšiuko skaidulines ląsteles, todėl atsiranda Soemmering žiedas ir/ar Elschnig perlai [111]. Šie požymiai atsiranda vėliau nei fibrozinio tipo atvejais [111]. Fibroziniai pakitimai vyksta tokia eiga: LLEL hiperproliferacija, transdiferenciacija į miofibroblastų fenotipą ir ekstraląstelinės matricos remodeliacija [111]. Abiejų tipų procesai atskirai, o dažnai ir jų kombinacija, gali lemti vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymą, ypač tais atvejais, kai pacientai turi rizikos veiksnių, sukeliančių Zinn raiščių silpnumą [110].

Tam tikro laipsnio lęšiuko kapsulės fibrozė ir susitraukimas yra stebimas daugumoje akių po kataraktos operacijos, tačiau buvo aprašytas ryškus susitraukimas sergant PES, cukriniu diabetu, uveitu, pigmentiniu retinitu, ir miotonine distrofija [81]. Kita vertus LLEL žūtis ar funkcijos sutrikimas gali

sukelti kapsulės maišelio degradacinius pokyčius, tokius kaip kapsulės išplėnėjimas ir išsisluoksniavimas [82]. Tai veda į vėlyvą užpakalinės kapsulės plyšimą ir IOL dislokaciją (negyvo maišlio sindromas) [82]. Be to, su amžiumi susiję kapsulės maišelio pokyčiai ir proteazių disfunkcija gali lemti Zinn raiščių–kapsulės maišelio komplekso struktūrinius pakitimus, kurie ilgainiui taip pat kelia IOL dislokacijos rizikos didėjimą [83].

Kapsulės patologinių pokyčių svarbą vėlyvajai IOL–kapsulės maišelio dislokacijai patvirtina ir histologinės studijos, kurių metu analizuoti pašalinti IOL–kapsulės maišelio kompleksai. Werner su kolegomis 2012 m. ištyrė 23 mėginius, iš kurių 11 nustatyti PKSS požymiai [112]. Viename iš šių mėginių, nepaisant implantuoto kapsulės tempimo žiedo, dėl ryškios lęšiuko kapsulės fibrozės hidrofilinio akrilinio IOL atraminiai elementai buvo pritraukti prie optinės dalies [112]. Liu ir kt. tyrime atlikus 40-ies IOL–kapsulės maišelio kompleksų histopatologinę analizę, 24 iš jų buvo aptiktas reikšmingas lęšiuko kapsulės susitraukimas [101].

Išsamesnę analizę pateikė Bisevac ir kolegos, kurie ne tik atliko histopatologinį tyrimą (18 pašalintų IOL–kapsulės maišelio kompleksų), bet ir taikė eksperimentinius *ex vivo* kultivavimo metodus [110]. Visi mėginiai pasižymėjo fibrozės požymiais bei antrinės kataraktos elementais. Visuose mėginiuose buvo pastebėtas Soemmering žiedo formavimasis periferijoje, supančioje IOL optinės dalies ir atraminių elementų kraštą, su užpakalinės kapsulės drumstumu arba be jo. Imunohistocheminiais tyrimais visuose kapsulės maišeliuose buvo identifikuoti miofibroblastai. Šios ląstelės pasižymėjo aktyvumu ir gebėjo sutraukti kolageno matricą, intensyviai gaminti ekstraląstelinės matricos komponentus, migruoti ir daugintis. Autorių teigimu, šių procesų visuma (miofibroblastų susidarymas, judėjimas, ekstraląstelinės matricos reorganizacija) lemia kapsulės raukšlėjimąsi, fibrozę bei padidėjusią masę, todėl Zinn raiščiai galėjo nutrūkti, o IOL–kapsulės maišelis – dislokuotis [110].

Šie procesai atskleidžia, kad kapsulės maišelio būklė po operacijos yra dinamiška ir ją gali veikti endogeninių (prieš tai aprašyti Zinn raiščių silpnumą/defetus sukeliantys rizikos veiksniai) ir egzogeninių veiksnių (pvz., IOL medžiaga ir dizainas, kapsuloreksio dydis, LLEL pašalinimas kataraktos operacijos metu) kombinacija.

2.5.3. Kapsulės maišelio pakitimus įtakojoantys veiksniai, susiję su IOL

PKSS intensyvumas ir klinikinė eiga gali priklausyti nuo IOL savybių [81]. Dauguma tyrimų patvirtina, kad didžiausią įtaką priekinės kapsulės susitraukimui daro IOL medžiagos, iš kurios jie pagaminti, savybės. Tačiau kiti

veiksniai (IOL optinės dalies krašto konfigūracija ar atraminių elementų dizainas) taip pat gali turėti papildomą reikšmingą poveikį [113].

Dauguma tyrimų rodo, kad silikoniniai, hidroželio ir hidrofiliniai akriliniai IOL labiau linkę skatinti priekinės kapsulės fibrozę ir susitraukimą nei polimetilmetakrilato ar hidrofobiniai akriliniai IOL [114–116]. 2024 m. Chen ir kolegų paskelbta metaanalizė parodė, kad priekinės kapsulės susitraukimo mastas hidrofilinių IOL grupėje buvo didesnis nei hidrofobinių IOL, praėjus 1, 3, 6 mėn. ir 1 metams po kataraktos operacijos [113]. Tai galima paaiškinti IOL medžiagos sukibimo su kapsule skirtumais. Per kelias valandas po kataraktos operacijos IOL absorbuoja sudėtingą baltymų bioplėvelę [117]. Geresnis biologinis suderinamumas bei absorbcija su ekstraląstelinės matricos baltymais, ypač fibronektinu, leidžia hidrofobiniams IOL tvirtiau prilipti prie kapsulės [118]. Nustatyta, kad tarp įvairių dažniausiai naudojamų IOL medžiagų (hidrofobinis ir hidrofilinis akrilatas, polimetilmetakrilatas ir silikonas), hidrofobiniai akrilatai turi didžiausią afinitetą fibronektinui [119]. Fibronektino adsorbcija padidina hidrofobinių akrilinių IOL ir kapsulės sukibimo jėgą, taip paliekant mažiau vietos LLEL proliferacijai, migracijai ir ekstraląstelinės matricos sintezei bei mažinant priekinės kapsulės susitraukimo riziką [118]. Be to, medžiagos, iš kurios pagamintas IOL skiriasi standumu, t.y. kuo medžiaga minkštesnė tuo didesnė IOL deformacija įvyksta traukiantis kapsulės maišeliui [120].

Šiuolaikinių IOL optinės dalies kraštas dažniausiai būna status, nes tai mažina užpakalinės kapsulės drumsčių susidarymą [111]. Vis dėlto, kol kas nėra vieningos nuomonės, kaip status optinės dalies kraštas veikia priekinės kapsulės fibrozę ir fimozę – kai kurie duomenys rodo neaiškų ar minimalų efektą PKSS dažniui [81]. Priekinio IOL optinės dalies krašto dizaino patobulinimai, pavyzdžiui, smailės formos (angl. *peak-like*) ir 360° besitęsiantis status kraštas, leidžia nepertraukiamai ir tvirtai kontaktuoti su priekine kapsule net ir optinės dalies jungties vietoje su atraminiais elementais [121]. Tai gali padėti išlaikyti taisyklingesį kapsuloreksį ir apriboti fibrozės plitimą [122,123]. Maximilian ir kt. 2025 m. paskelbta sisteminė analizė atskleidė papildomus rizikos veiksnius. Vienas tokių – IOL dizainas, kurio optinės dalies jungimosi su atraminiais elementais vietoje susidaro tam tikro laipsnio kampas (angl. *haptic-angulation IOL*) [67].

Manoma, kad IOL atraminiai elementai taip pat turėtų būti vienas iš svarbesnių veiksnių, darančių įtaką priekinės kapsulės susitraukimo laipsniui po kataraktos operacijos, tačiau duomenys yra nevienareikšmiai [113]. Kim ir koligos, palyginę trijų grupių pacientus, kuriems buvo implantuoti akriliniai IOL su skirtingais atraminiais elementais (1 grupė: IOL su dviem atraminiais elementais; 2 grupė: IOL su keturiais atraminiais elementais; 3 grupė: trijų dalių IOL su PMMA atraminiais elementais), nenustatė reikšmingos įta-

kos kapsuloreksio susitraukimo laipsniui [124]. Tačiau kiti tyrimai rodo, kad atraminių elementų skaičius bei tarpusavio padėtis kapsulės maišelyje lemia, ar kapsulė bus tolygiai įtempta visame 360° perimetre [125]. Pavyzdžiui, IOL, kurie neturi atskirų “kojelių” ir primena vientisą plokštelę (angl. *plate haptic IOL*) (buvo populiarūs pirmosios kartos sulankstomuose silikoniniuose IOL), sukelia žymų lęšiuko kapsulės susitraukimą [126]. Jei atraminiai elementai neužtikrina tolygaus kapsulės ištempimo, priekinė kapsulė gali susitraukti labiau tose srityse, kuriose traukos pasipriešinimas yra menkesnis [126]. Priešingai, didesnis atraminių elementų skaičius ir tolygus jų išsidėstymas padidina kontaktinį plotą su kapsulės ekvatoriumi bei padeda išlaikyti reguliarių kapsuloreksio kraštą [113,125]. Daugelis standartinių šiuolaikinių IOL turi du C formos atraminius elementus (angl. *C-loop*), kurie tinkamai ištempia kapsulę 180° vienas nuo kito priešingais taškais [127]. Šie IOL suteikia patikimą atramą ir užtikrina gerą IOL stabilumą. Be to, toks dizainas kartu su hidrofobinės akrilinės medžiagos privalumais sumažina priekinės kapsulės fibrozės bei PKSS tikimybę [127]. Todėl šie IOL yra vieni iš dažniausiai pasirenkamų klinikinėje praktikoje [127].

2.5.4. Kapsulės maišelio pakitimams darantys įtaką veiksniai ir jų sąsaja su kataraktos chirurgine technika

Kapsuloreksis

Kapsuloreksis (priekinės kapsulės apvali kapsulotomija) yra vienas iš svarbiausių kataraktos operacijos žingsnių. Jo dydis, forma ir centruotumas turi lemiamą įtaką PKSS vystymuisi [128]. Neapvalus ar ekscentriškas (ypač atraminių elementų kryptimi (x ašis)) kapsuloreksis didina pooperacinį IOL pasvirimą ir decentraciją [129]. Nors ankstyvuoju periodu paciento regai tai gali neturėti reikšmingos įtakos, tačiau vėliau mechaninės įtampos disbalansas tarp kapsulės ekvatoriaus ir kapsuloreksio kraštų gali skatinti kapsulės susitraukimo procesus [129,130]. Per mažas kapsuloreksis (<5,0 mm) didina kapsulės susitraukimo riziką, kita vertus pernelyg didelis (>6,5 mm) – gali pažeisti Zinn raiščių tvirtinimosi vietas [81]. Todėl optimalus kapsuloreksio skersmuo, ypač implantuojant 6,0 mm optinės dalies skersmens IOL, yra 5,0–5,5 mm (24–27) [131]. Tvirtas sukibimas tarp IOL ir priekinės kapsulės mažina užpakalinės kapsulės drumstumo dažnį, nes sudaro barjerą LLEL migracijai [111]. Taip pat tai svarbu ir norint užtikrinti centrinę IOL padėtį, todėl patariama pasiekti 360° IOL optinės dalies krašto perdengimą priekine kapsule [130]. Kapsuloreksis dažniausiai atliekamas naudojant sulenktą 26 G adatą arba reksinį pincetą [131]. Lazerių asistuojama kataraktos operacija leidžia atlikti tiksliai centruotą ir apvalią priekinę kapsulotomiją [123,132–136]. Šie privalumai itin svarbūs toriniams, daugiažidiniams ir akomoduojantiems

IOL, kadangi kapsuloreksio konstrukcija tiesiogiai lemia efektyvią IOL padėtį ir gali sumažinti IOL galios skaičiavimo klaidų riziką [123,132–136].

Lęšiuko epitelio ląstelių pašalinimas

Kitas svarbus kataraktos operacijos momentas, tiek kapsulės susitraukimo, tiek antrinės kataraktos vystymosi prevencijai, yra LLEL pašalinimas (prieikinės kapsulės poliravimas). Nekokybiškai pašalinta lęšiuko žievė gali sukelti ankstyvuojų pooperaciniu periodu uždegimą, endoftalmitą, o vėlyvuojų – kapsulės susitraukimą, antrinės kataraktos, Soemmering žiedo ir Elschnig perlų susidarymą [109,111,137,138]. LLEL gali skatinti asimetrišką, fibrozinį kapsulės susitraukimą, dėl kurio ilgainiui galimi nepageidaujami IOL padėties pokyčiai – decentracija, pasvirimas ar net viso IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija [81]. Klinikinių tyrimų duomenys rodo, kad LLEL pašalinimas reikšmingai sumažina kapsuloreksio angos susitraukimą pooperaciniu laikotarpiu, be to didina IOL ašinės padėties stabilumą ir mažina hiperopinį refrakcijos poslinkį [137,139]. Wang ir kt. palygino IOL pasvirimą, decentraciją ir kapsuloreksio plotą po 1, 3 ir 6 pooperacinių mėnesių pacientams, kuriems buvo atliktas 360° vienos akies priekinės kapsulės poliravimas, o priešingos akies poliravimas nebuvo atliktas. Jie nustatė, kad abiejų grupių IOL pasvirimas ir decentracija reikšmingai skiriasi. Be to, jie padarė išvadą, kad 360° priekinės kapsulės poliravimas apsaugo nuo priekinės kapsulės susitraukimo ir padidina IOL stabilumą [140]. Nors visiškai LLEL pašalinimas praktiškai neįmanomas (ypač kapsulės ekvatoriaus srityje), tačiau kapsulės maišelyje atliekama irigacija/aspiracija padeda reikšmingai sumažinti jų kiekį ir taip kontroliuoti nepageidaujamų kapsulės maišelio komplikacijų išsivystymą [107].

Kapsulės tempimo žiedas

Kapsulės maišelį palaikantys prietaisai, tokie kaip kapsulės tempimo žiedai (KTŽ) yra specializuoti C formos PMMA implantai, kurių paskirtis – stabilizuoti kapsulės maišelį, esant Zinn raiščių silpnumo rizikos veiksniams ar jų defektams [8]. Esama įvairių KTŽ modifikacijų, tačiau visi yra suprojektuoti taip, kad jų skersmuo būtų didesnis už kapsulės maišelio [8]. Todėl tinkamo dydžio ir gerai implantuotas į kapsulės maišelio ekvatorių KTŽ, perskirsto išcentrines traukos jėgas tarp sveikų zoniulių, taip kad Zinn raiščių defekto srityje įtampa sumažėtų [81]. KTŽ nėra implantuojamas visiems pacientams (apie 1,0 proc. atvejų), nes tai yra papildoma intervencija, turinti komplikacijų riziką (implantacija ne į kapsulės maišelį ar akies struktūrų pažeidimas) [141,142]. Klinikiniai stebėjimai rodo, kad KTŽ gali sumažinti kapsulės maišelio susitraukimo ir IOL decentracijos riziką, esant Zinn raiščių defektams ar Zinn raiščių silpnumo rizikos veiksniams (PES, aukšto laipsnio

trumparegystė, trauma, pigmentinis retinitas ir kt.) [143–145]. Tačiau KTŽ neapsaugo nuo tolimesnės Zinn raiščių degradacijos (zonulopatijos), kuri gali lemti IOL–KTŽ–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją [8,146].

Shingleton su kolegomis vertino KTŽ efektyvumą IOL dislokacijos prevencijai PES turintiems pacientams. Studijos rezultatai atskleidė, kad esant Zinn raiščių defektams (lęšiuko subliuksacijos požymiai) KTŽ neapsaugo nuo IOL–kapsulės maišelio komplikacijų, dėl progresuojančios zonulopatijos po kataraktos operacijos [147]. Kita didelės apimties kohortinė studija iš dalies patvirtino šį teiginį. Akyse, kuriose operacijos metu buvo pastebėta lęšiuko subliuksacija, KTŽ reikšmingai neapsaugojo nuo IOL dislokacijos. Tačiau esant Zinn raiščių silpnumo rizikos veiksniams be akivaizdžios lęšiuko subliuksacijos požymių daugiaveiksnė regresinė analizė atskleidė, kad KTŽ implantavimas reikšmingai sumažino vėlyvosios IOL dislokacijos riziką. Atvejų pogrupio analizė parodė, kad PES (be Zinn raiščių silpnumo požymių) turintiems pacientams KTŽ žymiai sumažino dislokacijos riziką. Šiame tyrime atskleistas ir kontraversiškas rezultatas. Jei IOL dislokacija įvykdavo KTŽ turintiems pacientams, ji vidutiniškai pasireikšdavo anksčiau (mediana ~4,3 metų) nei pacientams be KTŽ (7,0 metų). Šis paradoksas gali būti paaiškinamas studijos metodologijos trūkumais (KTŽ dažniau implantuotas rizikingiems atvejams, kurie ir taip linkę dislokuoti anksčiau) [148]. Neabejotina KTŽ implantacijos nauda yra stebima esant Zinn raiščių defektams, kurie nelinkę progresuoti pvz., dėl traumos [149]. Taip pat įrodyta, kad KTŽ yra veiksmingi pacientams, turintiems aukšto laipsnio trumparegystę (akies ašies ilgis >26 mm). Kelios 2024 m. publikuotos randomizuotos studijos vieningai paskelbė, kad papildoma KTŽ implantacija kataraktos operacijos metu pacientams su aukšto laipsnio trumparegyste reikšmingai sumažina kapsulės susitraukimą ir fibrozę [150,151]. O pacientams, kurių akies ašies ilgis >30 mm KTŽ implantacija sumažina ne tik IOL decentraciją, pasvirimą, užtikrina IOL padėties stabilumą, bet ir pagerina regos kokybę [150].

Žvelgiant į ateitį, tikimasi, kad tolimesni tyrimai atskleis KTŽ optimalų naudojimą ir veiksmingumą užkertant kelią PKSS ir IOL dislokacijai. Be to, pastaraisiais metais atsirado KTŽ fiksacijos prie skleros technikų ir modifikuotų KTŽ modelių. Jie gali būti naudojami kataraktos operacijos metu, esant dideliame saitų defektui ($\geq 180^\circ$) [8,152,153]. Tačiau jų naudai įvertinti reikia detalių klinikinių studijų [8,153].

2.6. Vėlyvosios IOL–kapsulės maišelio komplekso patogenezės aspektai

Toliau tekste bus analizuojama kapsulės maišelio pokyčių įtaka IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai, atsižvelgiant į patologinių pakitimų tipus (fibrozinis, regeneracinis (perlo) ir degradacinis).

2.6.1. Fibrozinių kapsulės maišelio pakitimų sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymui

Priekinės kapsulės susitraukimo sindromas (angl. *anterior capsular contraction syndrome*, sinonimai – kapsulės fibrozė, fimozė, kapsulės susitraukimo sindromas) pasitaiko apie 1,4–14,0 proc. pacientų po kataraktos operacijos [81]. Jis gali lemti IOL decentraciją ar pasvirimą, o tam tikrais atvejais – ir vėlyvąją IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją [81]. Remiantis ankstyvaisiais tyrimais, manyta, kad PKSS išsivysto per kelias savaites po operacijos ir stabilizuojasi maždaug po trijų mėnesių [81]. Vis dėlto eksperimentiniai tyrimai parodė, jog patologiniai procesai kapsulės maišelyje gali tęstis daugelį metų [110]. Tai patvirtina ir literatūroje išskiriamos dvi žaizdos gijimo fazės po kataraktos operacijos: (1) ūminė fazė, kai LLEL proliferuoja ir migruoja ant kapsulės maišelio priekinės kapsulės ir kapsulės maišelio ekvatoriuje, reaguodamos į biologiskai aktyvių veiksnių antplūdį po operacijos; (2) lėtinė fazė, kai kapsulėje persistuojantys miofibroblastai toliau skatina fibrozę [110]. Be to, aprašyti atvejai, kai dėl PKSS IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija įvyko praėjus keliems metams po operacijos [101].

PKSS veiksniai gali būti skirstomi į dvi pagrindines patogenezės grandis: (1) ląstelinę, kai operacijos trauma (audinių vientisumo pažeidimas) inicijuoja LLEL proliferaciją ir jų transformaciją į miofibroblastus; (2) mechaninę, kai ilgainiui dėl kapsulės maišelio susitraukimo ir fibrozinio standumo padidėjimo susilpnėja Zinn raiščių stabilumas, atsiranda jų defektai, kurie lemia IOL–kapsulės maišelio dislokaciją [81].

Po kataraktos operacijos akyje padaugėja citokinų ir augimo faktorių, o ypač tada jeigu operacijos metu buvo pažeistas kraujo–intraokulinio skysčio barjeras [154,155]. Tarp svarbiausių išskirtinų veiksnių yra transformuojantis augimo faktorius beta (TAFβ), aktyvinantis LLEL virtimą miofibroblastais ir skatinantis kapsulės fibrozę [156]. Įdomu tai, kad didesnis šio faktoriaus aktyvumas ir koncentracija intraokuliniame skystyje yra stebimi pacientams, kurie turi PES ar aukšto laipsnio trumparegystę [157,158]. Kitas reikšmingas veiksnys – fibroblastų augimo faktoriaus (FAF). Mažesnė jo koncentracija skatina LLEL proliferaciją, didesnė – jų diferenciaciją [159,160]. Be to, FAF gali skatinti kristalino gamybą ir taip turėti daryti įtaką Soemmering žiedo formavimuisi [159,160]. LLEL proliferaciją taip pat aktyvina hepatocitų augimo faktorius ir tam tikri citokinai (interleukinas 1 ir interleukinas 6) [109]. Tuo tarpu epitelio augimo faktorius reguliuoja LLEL migraciją [109].

Bendras šių veiksnių poveikis skatina LLEL transdiferenciaciją į miofibroblastus (epitelio–mezenchiminis perėjimas), pasižyminčius kontraktilinėmis savybėmis ir intensyvia ekstraląstelinės matricos komponentų gamyba [81]. Kapsulės maišelio raukšlės gali atsirasti per vieną mėnesį po kataraktos ope-

racijos ir yra proporcingos LLEL kiekiui [110]. Be to, priekinė kapsulė sustorėja ir fibrozuojasi, mažėja kapsulės maišelio ekvatorinis skersmuo, siaurėja kapsuloreksio anga [161]. Kadangi šie pokyčiai dažnai būna netolygūs skirtingose kapsulės maišelio vietose, sutrinka pusiausvyra tarp išcentrinių jėgų, veikiančių iš Zinn raiščių pusės, ir įcentrinių, kylančių iš kapsuloreksio pusės [107]. Jei Zinn raiščiai silpni (pvz., dėl PES, trumparegystės ar priešoperacinės traumos), jos gali neatlaikyti padidėjusio tempimo ir įtrūkti [120]. Be to, fibrozės paveiktose srityse dėl makrofagų ir fibroblastų išskiriamų matricos metaloproteinazių gali degeneruoti Zinn raiščiai [107,162]. Kapsulės maišelio fibrozė ir susitraukimas veikia Zinn raiščius tiek mechanškai (traukos mechanizmais), tiek biochemiškai (metaloproteinazių aktyvumu). Abu šie procesai gali ardyti Zinn raiščius, o jų esant nepakankamai priekinė kapsulė dar labiau linkusi susitraukti. Taip užvedamas uždaras ratas, vedantis į IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją [107].

Vadinasi, vėlyvoji IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija gali būti ne tik dėl progresuojančio Zinn raiščių silpnumo, bet ir dėl patologinio proceso, susijusio su fibrozės formavimusi bei priekinės kapsulės susitraukimu. Toks kompleksinis mechanizmas pabrėžia būtinybę pooperaciniu laikotarpiu stebėti rizikos veiksnių turinčius pacientus todėl, kad laiku būtų pastebėti minėti pokyčiai.

2.6.2. Regeneracinio tipo kapsulės maišelio pakitimų sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymu

Soemmering žiedas yra neskaidri, į lęšiuką panaši struktūra, atsirandanti po kataraktos operacijos iš LLEL, diferencijuotų į lęšiuko skaidulines ląsteles [163]. Hiramatsu ir kt. išskyrė žmogaus lęšiuko epitelio ląstelių liniją (iHLEC–NY1s) ir sukūrė trijų dimensijų ląstelių modelį (3D–iHLEC–NY1s) panašų į Soemmering žiedą [163]. Jie nustatė, kad Soemmering žiedas turi tokius baltymus kaip α A–kristalinas, β B2–kristalinas ir vimentinas. Tai rodo, kad jo baltymų sudėtis labai panaši į lęšiuko sudėtį [163,164]. Jis pasireiškia kaip žiedo formos drumstis kapsulės maišelio periferijoje aplink IOL optinės dalies kraštą ir atraminius elementus [163].

Vis dar nėra iki galo aišku kokie veiksniai sukelia Soemmering žiedo formavimąsi, tačiau manoma, kad labiausiai tam įtakos turi TAF β ir FAF [159]. Studijos rodo, kad vien TAF β gali sukelti LLEL transformaciją į miofibroblastus (kapsulės susitraukimas) arba į lęšiuko skaidulines ląsteles panašias ląsteles, stimuliuodamas du atskirus molekulinis kelius [156]. FAF gali skatinti kristalino gamybą ir taip pat daryti įtaką Soemmering žiedo formavimuisi [159,160].

Nors pradžioje Soemmering žiedas dažniausiai nesukelia klinikinių požymių (yra kapsulės maišelio periferijoje už rainelės), bet ilgainiui jis gali sukelti IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymą. Pastebėta, kad dauguma vėlyvųjų IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos atvejų kapsulės maišelyje randamas Soemmering žiedas ar į jį panašūs dariniai [166]. Vieno histopatologinio tyrimo, analizavusio pašalintus IOL–kapsulės maišelio kompleksus dėl dislokacijos, rezultatai parodė, jog visi tirtieji atvejai turėjo LLEL proliferacijos požymius (kapsulės fibrozė, susitraukimas) ir susiformavusį Soemmering žiedą [101]. Kaip jau minėta, tikėtina, kad nuolatinis ekstraląstelinės matricos pertvarkymas, LLEL proliferacija ir transformacija sukelia įcentrinių jėgų persvarą, kas lemia Zinn raiščių defektus [101]. Manoma, kad augantis Soemmering žiedas vystosi lęšiuko kapsulės maišelyje aplink IOL ir gali daryti jam mechaninį spaudimą. Be to, didelė žiedo masė kapsulės maišelio periferijoje papildomai sukelia netolygią apkrovą Zinn raiščiams [70]. Tai leidžia manyti, kad kapsulės maišelio regeneracinio tipo patologiniai procesai per metus ar dešimtmečius gali prisidėti prie Zinn raiščių nestabilumo, pasibaigiančio spontanine IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija [70,110].

2.6.3. Degradacinio tipo kapsulės maišelio pakitimų sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymu

Naujausi literatūros duomenys teigia, kad yra 2 atskiri vėlyvos IOL dislokacijos tipai [82]. Dažniau pasitaiko IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija dėl progresuojančios zonulopatijos [82]. Kitas IOL dislokacijos tipas yra vėlyvas spontaniškas užpakalinės kapsulės plyšimas, dėl kurio atsiranda tik IOL dislokacija [82]. Šį IOL dislokacijos tipą daktaras Samuelis Masketas 2022 m. pavadino „negyvo maišelio sindromu“ (angl. *dead bag syndrome*) [167]. Šio sindromo ypatybė yra ta, kad IOL dislokuojasi, o kapsulės maišelis lieka vietoje, visiškai arba iš dalies pritvirtintas prie Zinn raiščių [167].

Šio sindromo etiologija ir patofiziologija vis dar nėra aiškiai suprantama. Vyriška lytis, jaunas amžius ir trumparegystė yra susiję su negyvo maišelio sindromu [82,168]. Be to, nustatytas ryšys su akių trynimu [168–170]. Pacientui, turinčiam negyvo maišelio sindromą, dėl padidėjusio užpakalinės kapsulės trapumo gali atsirasti savaiminis užpakalinės kapsulės plyšimas net ir po nedidelės traumos, pvz., akies trynimo [171]. Manoma, kad dėl šiuolaikinės IOL medžiagos adhezinių savybių aštrus optinės dalies ir atraminių elementų kraštas tvirtai prilimpa prie silpnos užpakalinės kapsulės. Trinant akis, sukeltos spaudimo jėgos stumia IOL, todėl jo stataus krašto ir užpakalinės kapsulės adhezijos vietoje įvyksta plyšimas ir atsiranda IOL nestabilumas. Be to, per didelis IOL judėjimas gali pažeisti Zinn raiščius [168–170].

Taip pat manoma, kad yra ir genetinė predispozicija, kadangi šis sindromas dažnai pasireiškia abiejose akyse [82,171]. Kai kurie autoriai rekomenduoja pernelyg nepoliruoti užpakalinės lęšiuko kapsulės tam, kad LLEL dauginėtųsi, o užpakalinė kapsulė taptų tvirta [172]. Tačiau nėra patikimų duomenų, kad užpakalinės kapsulės poliravimas kataraktos operacijos metu gali būti rizikos veiksnys, lemiantis šį sindromą [82].

Kita vertus, nors šio sindromo patogenezė nėra aiški, tačiau manoma, kad ji siejasi su LLEL ekvatoriaus srityje sunykimu ar sutrikusia funkcija, palaikančia lęšiuko kapsulės struktūrą ir Zinn raiščių vientisumą [82]. Culp ir kt. atliko pašalintų kapsulės maišelių histopatologinį tyrimą 7 atvejams su negyvo maišelio sindromu [172]. Analizė atskleidė, kad tokiuose maišeliuose nebuvo arba buvo labai nedaug LLEL ir kapsulės fibrozinų pokyčių [172]. Stebėtuose atvejuose kapsulės turėjo degradacijos požymių, tokių kaip išplėnėjimas ir (arba) įtrūkimai [172]. Hirata ir kt. studijoje atliko histologinį tyrimą 12-oje su PES nesusijusių IOL–kapsulės maišelio kompleksų, pašalintų dėl dislokacijos. Analizė parodė kapsulės įtrūkimus ir atsisiuoksniavimą kapsulės maišelio ekvatoriaus regionuose bei labai mažus fibrozinio užpakalinės kapsulės drumstumo komponentų kiekius [173,174]. Be to, jie iškėlė hipotezę, kad Zinn raiščių defektai negyvo maišelio sindromo atveju buvo antriniai dėl kapsulės atsisiuoksniavimo [173]. Vandana ir kolegės didesnės apimties studijoje (46 atvejai) pastebėjo, kad nors kapsulės nebuvo fibrozuotos, tačiau 71,7 proc. atvejų turėjo daugiau ar mažiau išreikštą Soemmering žiedą [82]. Vadinas, patologinis procesas yra susijęs su LLEL disfunkcija ir vienpusišku žaizdos gijimu, neįtraukiant fibrozinų procesų.

Šiame moksliniame tyrime tokių pacientų nepasitaikė arba nebuvo atpažinti, kadangi tai visiškai naujas vėlyvos IOL dislokacijos aspektas. Į tai verta atkreipti dėmesį tolimesnėse studijose.

2.7. IOL dislokacijos sukelti simptomai ir akies morfologiniai pakitimai

2.7.1. Regėjimo ir refrakcijos pokyčiai

Vykstant Zinn raiščių–kapsulės maišelio komplekso patologiniams procesams, keičiasi IOL geometrinė padėtis, o tai gali turėti tiesioginę įtaką refrakcijos pokyčiams bei regėjimo kokybei. Ankstyvoje PKSS stadijoje pacientui pasireiškia kapsuloreksio krašto fibrozė, kartu su nedideliu priekinės kapsulės sustorėjimu ir drumstumu. Taip pat vystosi kapsulės maišelio susiraukšlėjimas, todėl kapsuloreksio plotas šiek tiek sumažėja. Regėjimo aštrumas lieka nepakitęs [81]. Procesui progresuojant skirtinguose kvadrantuose susitraukimo laipsnis skiriasi ir atitinkamuose kvadrantuose kapsuloreksis linkęs labiau

susitraukti. Tai veda prie nežymios IOL padėties (decentracija ir pasvirimas) ir refrakcijos pasikeitimo bei vidinio astigmatizmo didėjimo [175]. Toliau traukiantis kapsulės maišeliui, spaudžiami atraminiai elementai gali susilenkti ir/ar deformuotis optinė dalis [176–178]. Tokiais atvejais vystosi IOL optinės dalies pasislinkimas ašine kryptimi. Todėl didėja ametropija ir vidinis astigmatizmas [177,179]. IOL padėties poslinkis į priekį sukelia refrakcijos pokytį į trumparegystę, poslinkis atgal – į toliaregystę [180]. Apskaičiuota, kad 1,00 mm vidutinės galios IOL optinės dalies ašinis poslinkis sukelia maždaug 1,25 D refrakcijos pokytį [180]. Be to, kapsulės susitraukimas skatina užpakalinės kapsulės raukšlėjimąsi, kuris gali sukelti atspindžius (angl. *glare*) [81]. Galop, kai Zinn raiščiai nebeatlaiko kapsulės maišelio susitraukimo, jie gali nutrūkti, o IOL–kapsulės maišelio kompleksas dislokuotis [81]. Kliniškai matymo pablogėjimas tiesiogiai susijęs su dislokacijos laipsniu. Jei priekinės kapsulės periferinė dalis su fibroze ir/ar Soemmering žiedu atsiduria regėjimo ašyje, tai gali sąlygoti išplaukusį vaizdą, matomus atspindžius bei dvejinimąsi žiūrint viena akimi [181]. Jei IOL–kapsulės maišelio kompleksas yra žemiau regėjimo ašies, tai žymiai pablogina matymą, atsiranda afakijai būdinga refrakcija [91].

2.7.2. Aukštesnės eilės aberacijų pokyčiai

Šviesos bangos, sklindančios per bet kokią terpę, išskyrus vakuumą, patiria aberacijų dėl terpių lūžio rodiklių skirtumo [182]. Taip pat ir per akies optinę sistemą perėjusi šviesa patiria aberacijų, dėl kurių nesutampa fokusuojamų pluoštų optiniai keliai tinklainėje, todėl gaunamas vaizdas tampa neryškus ar iškraipytas [183]. Kai kurios aberacijos/aberacijų derinys yra naudingi, nes gali padidinti fokusavimo gylį ir gylio suvokimą [184,185]. Tačiau esant didesniems nuokrypiais jos gali pabloginti regėjimo aštrumą ir jo kokybę [183].

Akies optinės sistemos trūkumai gali būti išmatuoti ir išreikšti kaip šviesos bangos aberacinės paklaidos [186]. Idealus šviesos bangos frontas yra sferinės formos, tačiau atsiradus aberacijoms, tampa iškraipytas. Todėl šviesos bangos fronto aberacijas apibūdina skirtumas tarp tikrojo analizuojamo šviesos bangos fronto ir idealaus [186]. Zernike polinomial – tai vienas iš metodų aprašančių sistemos šviesos bangos frontą ir jo aberacijas pasinaudojant skirtingų polinomų suma [186].

Zernike polinomial yra ortogonalūs (gr. *orthogonios* – *statmenas, status*) ir turi apskritiminę simetriją [186]. Jie paprastai apibrėžiami polinėmis koordinatėmis (ρ ir θ), kur ρ yra radialinė koordinatė, svyruojanti nuo 0 iki 1, o θ yra azimutinė komponentė, svyruojanti nuo 0 iki 2π [186]. Kiekvienas Zernike polinomas susideda iš 3 komponentų: normalizavimo koeficiento, nuo radia-

linės komponentės priklausomo komponento (polinomas) ir nuo azimutinės komponentės priklausomo komponento (sinusoidas) [186]. Paprastai šioms funkcijoms apibūdinti rekomenduojama naudoti dvigubo indeksavimo schemą, kai apatinis indeksas n nusako polinomo laipsnį (tvarką), o viršutinis indeksas m – sinusoidinio komponento kampinį (meridianinį) dažnį [186]. Patogu yra Zernike polinomus išdėstyti piramidėje, kurios eilutės numeris atitinka n , o stulpelio numeris m , kaip parodyta 2.7.2.1 paveiksle.

		m, kampinis dažnis								
		-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4
Žemesnės eilės aberacijos	n, polinomo eilė									
	0									
	1									
	2									
	3									
Aukštesnės eilės aberacijos	4									

2.7.2.1 pav. Zernike polinomiali iki 4 radialinės eilės

A – astigmatizmas, H – horizontalus; I – įstrižas; V – vertikalus; Zernike piramidė, vaizduoja polinomus iki 4 eilės. Dvigubo indeksavimo schemeje Z_n^m , n apibūdina radialinio polinomo tvarką (nuo 0 viršuje ir einanti žemyn), o m – sinusoidinio komponento kampinį dažnį (keli meridianai paveikti). m indeksas gali būti (–) arba (+). Teigiamas ženklas reiškia, kad aberuotas šviesos bangos frontas yra prieš idealią plokštumą, o neigiamas ženklas – už idealios plokštumos. Be to iš polinomų atitinkamo išsidėstymo matyti, kad jei pokrypis labiau orientuotas vertikaliai, jis žymimas minuso ženklu, o horizontaliai – pliuso. Pvz., Z_2^{-2} Zernike polinomas yra įstrižas astigmatizmas, jo $m = -2$ (veikiami 2 meridianai link vertikalios krypties), indeksas $n = 2$ nurodo, kad tai yra antros eilės aberacija; Z_3^3 Zernike polinomas yra trifoil, jo $m = 3$ (veikiami 3 meridianai), indeksas $n = 3$ nurodo, kad tai yra trečios eilės aberacija; Z_2^0 ir Z_4^0 Zernike polinomų indeksai $n = 0$ (visi meridianai yra vienodai paveikti), indeksai $n = 2$ ir $n = 4$ ir tai atitinkamai nurodo, kad tai yra antros ir ketvirtos eilės aberacijos.

Aberacijos klasifikuojamos į žemesnės ir aukštesnės eilės aberacijas (2.7.2.1 paveikslas). Žemesnės eilės aberacijos (ŽEA) apima nuo 0 iki 1 eilės aberacijas, kurios įtakos matymo kokybei neturi bei 2 eilės aberacijas, tokias kaip defokusą (trumparegystę arba toliaregystę) ir taisyklingą astigmatizmą [184]. Žemesnės eilės aberacijos sudaro didžiąją dalį (apie 90,0 proc.) akies optinės sistemos aberacijų [188]. Aukštesnės eilės aberacijos (AEA) – tai sudėtingesni optiniai iškraipymai, kurie išlieka net ir iškoregavus ŽEA (sferiniais ar sferocilindriniais lęšiais) [188,189]. AEA priskiriami trečios ir aukštesnių eilių Zernike polinomial, o dažniausiai pasitaikantys ir reikšmingiausi yra koma, trefoil, tetrafoil, sferinė aberacija ir antrinis astigmatizmas [190].

AEA lemia regos kokybės pablogėjimą: pacientai gali skųstis akinimu, šviesos blyksniais, aureolės efektais aplink šviesos šaltinius ar net vienos akies dvejinimusi [191]. Nors įprastomis sąlygomis nedidelis AEA kiekis egzistuoja kiekvieno žmogaus regos sistemoje ir dažnai nesukelia pastebimų simptomų, didesnės AEA (pvz., atsiradus patologijai ar po chirurginių intervencijų) gali pabloginti matymo kokybę, sumažinti naktinio matymo aštrumą ir sukelti minėtus vaizdo iškraipymus [192]. Esminis skirtumas tas, kad ŽEA labiausiai veikia regos aštrumą dienos šviesoje (sukeldamos vaizdo išsiliėjimą, kurį galima koreguoti lęšiais), o AEA labiau pasireiškia kaip kokybiniai iškraipymai, ypač pastebimi prieblandoje [192].

Eksperimentiniai tyrimai rodo, kad kiekviena AEA turi skirtingą poveikį regėjimui ir gali sąveikauti su kitomis aberacijomis, kad teigiamai arba neigiamai paveiktų regėjimo efektyvumą [193]. Zernike polinomų piramidės centre esantys polinomial (pvz., defokusas, sferinė aberacija, koma, antrinis astigmatizmas) turi didesnę poveikį regėjimui nei polinomial, esantys piramidės kraštuose (t.y. polinomial, turintys didelį kampinį dažnį) [187]. Taip pat buvo nustatyta, kad režimai, kurie skiriasi polinomo eile, bet turi tą patį kampinį dažnį (pvz., defokusas ir sferinė aberacija) yra linkę susiderinti tam, kad pagerėtų regėjimo kokybė. Tuo tarpu tos pačios eilės polinomial (pvz., sferinė aberacija ir tetrafoil) linkę sumažinti regėjimo kokybę [193].

Aberacijos gali atsirasti dėl optinės sistemos (ragenos, lęšiuko/IOL, stiklakūnio) netobulumo [187]. Atsižvelgiant į tai, jos gali būti skirstomos į ragenines ir vidines aberacijas [187]. Didžioji dalis vidinių aberacijų atsiranda dėl lęšiuko/IOL patologijos [194]. Bendrosios akies aberacijos yra ragenos ir vidinių aberacijų derinio rezultatas [190]. Bendrųjų aberacijų kiekis visoje akyje dažniausiai yra mažesnis nei paėmus atskirai ragenines ar vidines aberacijas [187,195]. Keli ankstesni tyrimai parodė, kad ragenines aberacijas iš dalies kompensuoja (neutralizuoja) vidinės aberacijos [190,196]. Dažniausiai bendrųjų akies ir rageninių aberacijų koeficientai turi tą patį ženklą (dažniausiai teigiamą), o vidinės aberacijos priešingą (neigiamą) b [197]. Jauniems asmenims rageninės aberacijos tokios, kaip horizontalus/vertikalus/įstrižas

astigmatizmai, koma ir sferinės aberacijos, iš dalies gali būti kompensuojamos vidine optine sistema (t.y. lęšiuku) [195,197–199]. Pastebėta, kad sferinių aberacijų kompensacija yra paremta ragenos ir lęšiuko geometrinėms savybėms, kuri įvyko evoliucijos eigoje [200]. Tačiau vyresnio amžiaus žmonėms būna priešingai: lęšiuko aberacijos nebekompensuoja, o prisideda prie ragenos aberacijų, kas palaipsniui suprastina regos kokybę [193,201–203]. Taip yra todėl, kad senstant, lęšiuko pokyčiai lemia, kad jo sferinės aberacijos koeficientas nuo 20 iki 70 metų amžiaus padidėja kelis kartus ir keičia savo ženklą, o rageninės aberacijos išlieka stabilios [196,204]. Manoma, kad amžinė vyzdžio miozė gali būti vienas iš natūralių prisitaikymo mechanizmų, siekiant sumažinti sferinių aberacijų įtaką regos kokybei, nukreipiant šviesos bangos frontą tik per centrinę akies optinės sistemos sritį [187]. Keletas tyrimų rodo, kad esant aberacijoms tokioms, kaip koma, kompensacija gali vykti individualiai, per aktyvų lęšiuko pozicijos pakeitimą (t.y., subtiliai pakreipiant arba decentruojant natūralų lęšiuką) [196,200]. Kita vertus, aberacijos gali būti keičiamos ir dirbtinai: lazeriu koreguojamos refrakcijos procedūros metu (pakeičiama ragenos forma, taigi ir ragenos aberacijos) ir kataraktos operacijos metu (lęšiukas pakeičiamas IOL, turinčiu specifinę optinės dalies konstrukciją) [205,206]. Sferines aberacijas koreguojantys IOL lemia geresnę vaizdo kokybę in vitro ir in vivo palyginus su nekoreguojančiais IOL [207]. Dauguma šiandien naudojamų IOL turi neigiamą asferinę optinę dalį (panašią į jauną asmenų natūralų lęšiuką) tam, kad neurtalizuotų teigiamas ragenos aberacijas [208].

Tačiau šis teigiamas IOL poveikis labai priklauso nuo jo padėties. Netinkama IOL padėtis, įskaitant decentraciją (IOL optinio centro poslinkis nuo vyzdžio centro) ir/ar pasvirimą (kai IOL optinės dalies plokštuma sudaro kampą su akies optine ašimi), gali padidinti AEA, sukelti atspindžius ir pabloginti regėjimo kokybę [209]. IOL dislokacijos sukeltos AEA didėja proporcingai dislokacijos laipsniui – kuo didesnė decentracija ar pasvirimo kampas, tuo labiau iškraipomas šviesos bangos frontas [210]. Literatūroje nurodoma, kad nežymus IOL poslinkis ($\sim 0,2$ – $0,3$ mm decentracijos ir 2 – 3° pasvirimas) neturi reikšmingos įtakos vaizdo kokybei [211]. Tačiau $>0,5$ mm decentracija ar $>5^\circ$ pasvirimas paprastai sukelia akivaizdų AEA padidėjimą ir su tuo susijusį regos pablogėjimą [211]. Klinikiniai duomenys patvirtina šias ribas: esant IOL decentracijai $\geq 0,7$ mm, regos aštrumas nebesiekia $0,8$ pagal Sneleną, o esant $\geq 0,9$ mm – $0,6$ [211]. Tai reiškia, kad pasislinkus IOL, pacientui ima reikšmingai blogėti regos aštrumas ir kokybė net po refrakcijos pakoregavimo.

2.7.3. Intraokulinis uždegimas, sukeltas IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos ir intraokulinio spaudimo pokyčiai

IOL–kapsulės maišelio dislokacija gali sutrikdyti ne tik matymą, bet ir pažeisti akies anatomines struktūras, tokias kaip rainelė (sukelia kraujo–intraokulinio skysčio barjero pažeidimą) ir krumplyną [212–215]. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija vystosi individualiai. Vieniems pacientams 3–4 laipsnio dislokacija įvyksta per trumpą laiką ir jie greitai pastebi matymo pasikeitimą, kitiems nedidelio laipsnio dislokacija gali užsitęsti daugelį metų, nesukeldama žymaus matymo pablogėjimo. Tačiau abiem atvejais IOL–kapsulės maišelio dislokacija sukelia priekinio akies segmento anatomius pokyčius, kurie gali daryti įtaką IOS padidėjimui, glaukomos išsivystymui ar pabloginti esamos glaukomos eigą [212–215].

Pacientai su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija dažnai turi padidėjusį IOS [35,213,215]. Tai įrodo ir kelios studijos, kuriose pastebėtas IOS skirtumas palyginus akis su IOL–kapsulės maišelio dislokacija ir tų pačių pacientų sveikas akis [216,217]. Be to Leung ir kt. atskleidė, kad akys su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija turėjo didesnę tikimybę glaukomos išsivystymui, o ligos eiga buvo sunkesnė nei tų pačių pacientų priešingose akyse [216]. IOS pokyčių atsiradimas aiškinamas keliais mechanizmais, kurie apima mechaninį ir uždegiminį poveikius. Netolygi kapsulės maišelio fibrozė ir/ar susiformavęs Soemmering žiedas sukelia IOL pasvirimą rainelės plokštumos atžvilgiu, dėl to prasideda atraminių elementų–rainelės ir atraminių elementų–krumplyno trintis [214,218]. Atsiranda ne tik uždegimas, bet ir padidėjęs IOS [217]. Esant išreikštam kontaktui tarp pasislinkusio ir labai judančio (pseudofakodonezė) IOL–kapsulės maišelio komplekso ir aplinkinių akies audinių gali išsivystyti retas uveito–glaukomos–hifemos (UGH) sindromas [214,218,219].

Pastebėta, kad tiek intraokulinis uždegimas, tiek IOS būna mažiau išreikšti esant aukštesnio laipsnio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai [35,217]. Medin ir kt. 2024 m. paskelbtoje studijoje vertino uždegiminę reakciją, atlikę akies priekinės kameros skysčio lazerinę flero–fotometriją pacientams su IOL–kapsulės maišelio dislokacija [217]. Jie nustatė didesnės uždegiminės reakcijos ir IOS tendenciją esant nedidelei IOL dislokacijai (1 laipsnio) [217]. Autoriai spėjo, kad esant nedidelio laipsnio dislokacijai išreikšta pseudofakodonezė, dėl kurios IOL–kapsulės maišelio kompleksas kontaktuoja su rainelės užpakaliniu paviršiumi, sukelia pigmento dispersiją, mikrohifemą ir uždegiminę reakciją [217]. Bulnes ir kt. nustatė reikšmingą IOS mažėjimo tendenciją didėjant IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsniui [35]. Jie taip pat teigė, kad IOL–kapsulės maišelio komplekso judėjimas esant nedidelio laipsnio dislokacijai gali sukelti užpakalinės

rainelės dilimą. Todėl atsiranda pigmento dispersija ir uždegimas, o vėliau padidėja IOS [35]. Didesnio laipsnio dislokacijos atvejais susilpnėja rainelės ir IOL–kapsulės maišelio komplekso kontaktas bei kontakto plotas, dėl to yra mažiau trinama rainelė, o tai turi mažesnę poveikį į IOS [35]. Leung ir kt. pasiūlė, kad padidėjusio IOS mechanizmas akyse su pseudoeksfoliacine glaukoma ir IOL–kapsulės maišelio dislokacija, galėtų būti UGH sindromas su pigmento pertekliumi ir uždegimu, kurie sutrikdo intraokulinio skysčio nutekėjimą per trabekulinį tinklą ir taip padidina IOS [216].

Šiuos mechanizmus netiesiogiai patvirtina ir tai, kad IOS sumažėja po chirurginio IOL dislokacijos gydymo (nepriklausomai nuo chirurginio gydymo metodo), ir tai, kad po chirurginio gydymo daugumai atvejų vaistų, skirtų glaukoms gydyti, reikšmingai nepadaugėja [35,85,95,215]. Taigi, be PES ir glaukomos, IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija taip pat tam tikru mastu prisideda prie padidėjusio IOS.

2.7.4. Ragenos endotelio ląstelių tankio pokyčiai

Ragena yra skaidrus, avaskulinis audinys, per kurį šviesos spinduliai praleidžiami į tinklainę [220]. Ji yra sudaryta iš kelių sluoksnių: 1) daugiasluoksnio plokščiojo neragėjančio epitelio, 2) priekinės ribinės membranos (*Bowman* membranos), sudarytos iš kolageno skaidulų, 3) stromos, sudarytos iš kolageno skaidulų, proteoglikanų ir keratocitų, 4) Dūda sluoksnio, sudaryto iš kolageno ir elastino skaidulų, 5) užpakalinės ribinės membranos (*Descemet* membranos), sudarytos iš kolageno ir 6) vienasluoksnio endotelio, sudaryto iš šešiakampių ląstelių [221–223]. Ragenos endotelio, kaip barjerinės membranos tarp stromos ir priekinės kameros skysčio, esminė funkcija yra užtikrinti ragenos skaidrumą, palaikant pusiausvyrą tarp skysčių difuzijos į ir iš ragenos stromos [224]. Endotelio ląstelių plazminėje membranoje esantis Na^+/K^+ -ATPazės siurblys vykdo aktyvų jonų pernašos procesą (pašalina natrijį iš stromos į priekinės kameros skystį) [224,225]. Dėl susidarančio osmosinio slėgio vandens molekulės difuziškai keliauja iš stromos į akies priekinę kamerą, sekdamos natrio jonus, taip išlaikydamos reikiamą ragenos hidratacijos lygį ir skaidrumą [224,225].

Sveikų asmenų ragenos endotelio ląstelių tankis (RELT) laipsniškai mažėja viso gyvenimo metu. Šios ląstelės yra labai diferencijuotos ir per biologinius mechanizmus yra palaikomos G1 mitozės fazėje, užkertant kelią perėjimui į S fazę [226]. Todėl jos neregeneruoja, o į mažėjančią RELT reaguoja migruodamos ir didėdamos (tampa morfologiškai heterogeniškos) [226]. Naujagimių vidutinis RELT siekia apie 3500 ląstelių/mm², o suaugusiems per gyvenimą sumažėja iki maždaug 2500 ląstelių/mm² [227]. Priimta manyti, kad endotelio ląstelių netenkama apie 0,3–0,6 proc. per metus [220,225,227]. Su amžiumi

susijęs RELT sumažėjimas paprastai neturi įtakos jo funkcijai [200]. Tačiau tada kai RELT nukrenta žemiau funkcinės ribos (paprastai apie 500 ląstelių/mm²), sutrinka stromos dehidracijos mechanizmas, o rageną paburksta [223]. Todėl ragenos endotelio ląstelės yra ypač jautrios ir jas gali pažeisti daugybė veiksnių, įskaitant sisteminius sutrikimus, akių ligas ir oftalmologines intervencijas [228]. Todėl labai svarbu nustatyti veiksnius, mažinančius RELT, ir kurti strategijas, kaip išsaugoti endotelio funkciją bei išvengti galimos ragenos dekomensacijos ar net aklumo.

Literatūroje nėra tokių studijų, kurios patvirtintų, kad IOL–kapsulės maišelio dislokacija tiesiogiai gali pažeisti ragenos endotelio ląsteles. Vyrauja nuomonė, kad mažesnis RELT atspindi komplikuotą/užsitęsusią kataraktos operacijos eigą [67]. Tačiau IOL–kapsulės maišelio dislokaciją dažniausiai lydintys veiksniai tokie kaip glaukoma ir PES gali pažeisti šias ląsteles [229–234]. Marcosas su kolegomis įvertino RELT 36 akių su PES, 30 akių su pseudoeksfoliacine glaukoma ir palygino su sveikais tiriamaisiais [235]. Jie nustatė, kad PES ir pseudoeksfoliacinės glaukomos grupėse RELT buvo reikšmingai mažesnis nei sveikų asmenų, ypač tais atvejais kai IOS buvo aukštas [235]. Gagnon ir jo kolegės iškėlė hipotezę, kad glaukomos atvejais RELT yra mažesnis, palyginti su kontrolinėmis, dėl tiesioginio suspaudimo į endotelio ląsteles (53). Sihota ir kt. atliko įdomų tyrimą, kuris parodė, kad ilgalaikis IOS padidėjimas kenkia endotelio ląstelėms [236]. Pacientams, kuriems ūminis pirminės uždaro kampo glaukomos priepuolis truko mažiau nei 72 valandas, RELT praradimas buvo žymiai mažesnis, palyginti su pacientais, kurių priepuoliai truko ilgiau nei 72 valandas [236].

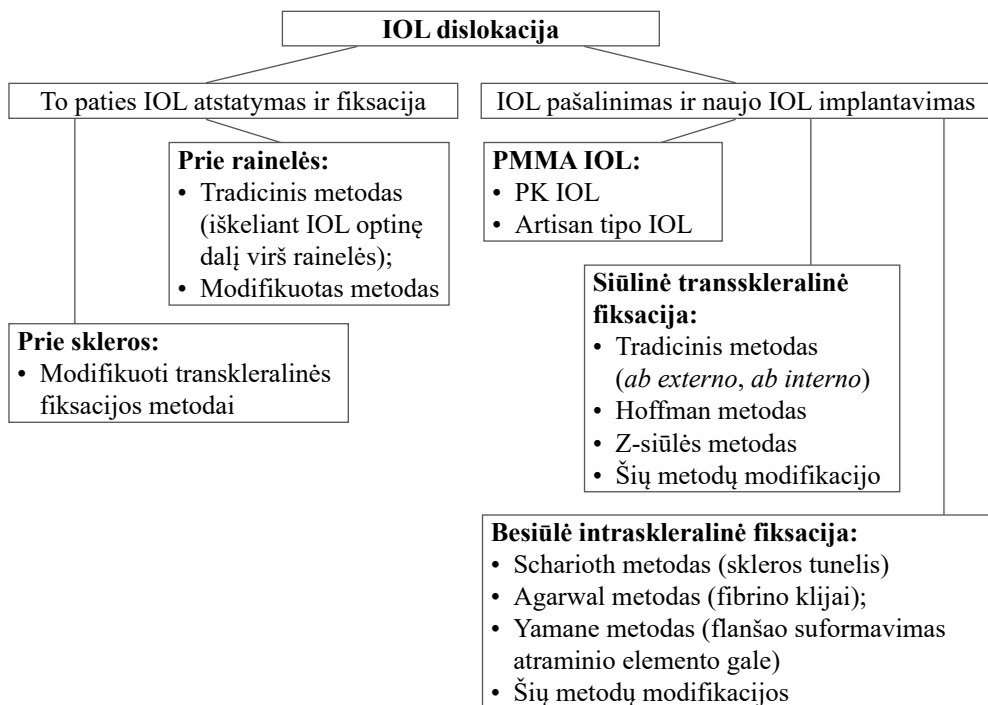
IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, kaip minėta anksčiau, sukelia uždegimą ir IOS padidėjimą [217]. Tai gali pažeisti ragenos endotelio ląsteles dėl pataloginių intraokulinio skysčio pokyčių. Streilein ir kt. vieni iš pirmųjų atliko tyrimus apie akių imuninę privilegiją (pvz., rainelės pigmentinis epitelis ir krumplynas ekspresuoja paviršiaus molekules, kurios slopina T ląsteles) [237]. Mo ir kt. eksperimentinio tyrimo metu įrodė, kad esant pigmento dispersijos sindromui įvyksta imuninės privilegijos praradimas (leukocitų atsiradimas priekinėje kameroje ir jų kaupimasis rainelėje) be aki-vaizdžios klinikinės imuninės reakcijos [238]. Visa tai žinant Ibrahim ir kt. iškėlė hipotezę, kad rainelės pažeidimas gali sukelti endotelio ląstelių pažeidimą pacientams po keratoplastikos, kuriems yra lengvas arba kliniškai neaptinkamas uždegimas [239]. Be to, rainelės pažeidimo metu yra pažeidžiamas kraujo–intraokulinio skysčio barjeras [212–215]. Tai sukelia citokinų kiekio padidėjimą intraokuliniame skystyje, o tai taip pat gali būti susiję su lėtiniu endotelio ląstelių sumažėjimu [239–241]. Galbūt tie patys mechanizmai per imuninę atsaką pažeidžia endotelio ląsteles IOL–kapsulės maišelio dislokacijos atveju. Visa tai rodo, kad IOL dislokacija (net ir nedidelio laipsnio IOL

dislokacijos atvejais) yra būklė, kurią reikia gydyti neuždelsiant, siekiant apsaugoti jautrias ragenos endotelio ląsteles.

2.8. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo metodai

IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos chirurginis gydymas gali kelti didelių iššūkių net ir labiausiai patyrusiam chirurgui. Šios pacientų populiacijos chirurginiai gydymo metodai yra įvairūs ir tebėra ginčų objektas. Kiekvienas metodas turi privalumų ir trūkumų. Tačiau dėl lyginamųjų tyrimų trūkumo nėra pakankamai duomenų, kad būtų galima rekomenduoti vieną konkretų metodą [242–245]. Vis dar išlieka aktualūs tikslai, kurie keliami chirurginėms technikoms: sumažinti pjūvio dydį, pooperacinį IOL pasvirimą ir decentraciją, komplikacijų skaičių ir užtikrinti ilgalaikę stabilią IOL padėtį.

IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai gydyti gali būti taikomi įvairūs chirurginiai metodai ir jų modifikacijos. Juos galima suskirstyti į dvi grupes, tokias kaip: 1) IOL pašalinimas ir vienmomentis naujo IOL implantavimas arba 2) dislokuoto IOL–kapsulės maišelio atstatymas su papildoma fiksacija [246] (2.8.1 paveikslas).



2.8.1 pav. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos chirurginis gydymas (remtasi [247])

IOL – intraokulinis lęšis; PMMA IOL – polimetilmetakrilato intraokuliniai lęšiai;
PK IOL – priekinės kameros intraokulinis lęšis.

2.8.1. IOL pašalinimas ir vienmomentis naujo IOL implantavimas

Pašalinus iš akies IOL, akis lieka be lęšio (afakinė). Jeigu išlieka skaidri ragenos ir stiklakūnis, gera akies neurosensorinio aparato funkcija, tokiu atveju regėjimą galima koreguoti afakiniais akiniais (pvz., +10,0 D lęšiai) [248]. Praktikoje šis metodas naudojamas tada, kai abi akys yra panašios, t.y. afakinės. Jeigu viena akis afakinė, o kita sveika, tada susidaro aukšto laipsnio anizometropija, kurios korekcijai, teoriškai, reikėtų naudoti skirtingo stiprumo lęšius prieš abi akis (pvz., +10,0 D ir 0,0 D) [248]. Tačiau žmogus toleruoja tik nedidelį koreguojančių lęšių tarp abiejų akių skirtumą, todėl korekcija tokiais akiniais negalima [248]. Afakijos korekcijai dažniausiai yra implantuojamas naujas IOL. Tokiais atvejais chirurgui iškyla dilema kokią IOL pasirinkti, kad būtų gauta stabili IOL fiksacija.

IOL fiksacija prie skleros yra šiuo metu dažniausiai naudojama technika, kuri turi daug modifikacijų. Jas galima suskirstyti į du pogrupius: 1) kai IOL yra prisiuvas prie skleros (siūlinė transskleralinė fiksacija) 2) arba kai IOL fiksuojamas be siūlių (besiūlė intraskleralinė fiksacija).

Siūlinės transskleralinės fiksacijos metu IOL atraminiai elementai pritvirtinami prie skleros už rainelės, vagelės srityje (angl. *sulcus*) naudojant ab externo (siūlių pravedimas iš išorės į akies vidų) ar ab interno (siūlių pravedimas iš akies vidaus į išorę) metodikas [249,250]. Tradiciškai skleralinės fiksacijos technika buvo grindžiama polipropileno siūlės vieno galo pririšimu prie IOL atraminio elemento, o kito siūlės galo ištraukimu per sklērą ir fiksuojančio mazgo surišimu akies išorėje [249]. Tačiau buvo neatsižvelgta į išorinio siūlės mazgo, kurį dengė vien junginė, keliamą pavojų išsivystyti mazgo erozijai ir endoftalmitui [249]. Todėl Malbran 1986 m. pirmą kartą pasiūlyta transskleralinės ab externo IOL fiksacijos metodika buvo patobulinta suformuojant dalinio storio skleros lopelius, kuriais būtų galima uždengti mazgus, tam kad sumažėtų mazgų erozijos rizika [251].

Dalinio storio skleros lopeliai tik atitolina, bet nepanaikina mazgo erozijos problemą, nes buvo pastebėta vėlyva skleros lopelio atrofija, kuri sukelia vėlyvą mazgo eroziją per junginę [251]. Tai paskatino tolesnius transskleralinio IOL fiksavimo metodų pakeitimus, kuriais buvo siekiama neformuojant skleros lopelio panardinti mazgą skleroje, sukuriant skleros kišenes (Hoffman technika) ar suformuojant „Z“ formos siūles skleroje [252–254]. Šios technikos buvo pagrindas vėlesnėms modifikacijoms, įskaitant siūlės ilgaamžiškumo prailginimui 9–0 polipropileno ir 8–0 Gore–Tex siūlių panaudojimui ar daugiau nei 2 vietų fiksacijai, tam kad būtų užtikrintas IOL centravimas ir stabilumas [255–257].

Daugėjant studijų apie įvairius siūlinės transskleralinės IOL fiksacijos metodus, paaiškėjo, kad nepaisant chirurginės pažangos išlieka didelė kom-

plikacijų rizika (astigmatizmas dėl didelio pjūvio, mazgų erozija, endoftalmitas ir IOL decentracija) [258]. Tai paskatino Scharioth ir kt. iš Vokietijos, aprašyti pirmąją besiulės intraskleralinės IOL fiksacijos techniką [259]. Jos metu per nedidelį ragenos pjūvį (2,4 mm) implantuoto hidrofobinio trijų-dalių IOL atraminiai elementai yra ištraukiami per sklerotomijas. Tada išorėje atsidūręs atraminio elemento galiukas panardinamas į skleros tunelį [259]. Paskui Agarwal ir kt. aprašė naują besiulės intraskleralinės fiksacijos metodą, naudojant greitai veikiančius fibrino klijus, gautus iš žmogaus plazmos. Šios operacijos metu buvo daromi skleros lopeliai, o per sklerotomijas, atliktas 22 G dydžio adata, atraminiai elementai ištraukiami į išorę. Tada išorėje esantys atraminių elementų galiukai uždengiami skleros lopeliu prieš tai uždėjus fibrino klijus [260]. 2014 m. Yamane ir kt. pasiūlė pastaruoju metu vieną iš populiariausių intraskleralinės fiksacijos technikų. Šis metodas yra unikalus tuo, kad naudojamos dvi 27 G dydžio adatos tam, kad vienu metu iš akies išvesti trijų dalių IOL atraminius elementus („dvigubos adatos“, angl. *double-needle*, metodas). Po to atraminių elementų galai įterpiami į limbui lygiagrečius skleros tunelius [261]. 2017 m. Yamane ir kt. patobulino savo techniką siekiant dar stabilesnės fiksacijos. Išvesti trijų dalių IOL atraminiai elementai į išorę naudojant „dvigubos adatos“ techniką yra pritvirtinami prie skleros kauterio pagalba suformuojant flanšą atraminio elemento gale (angl. *flanged intrascleral IOL fixation*) [262].

Pastaraisiais metais daugelis chirurgų pirmenybę teikia besiulėms intraskleralinėms IOL fiksavimo technikoms, nes šios metodikos tinka akims, kuriose yra mažas endotelio ląstelių skaičius, sekli priekinė kamera ir akims su rainelės defektais [263]. Šios technikos nesukelia komplikacijų susijusių su mazgo erozija, tačiau, turi keletą joms būdingų komplikacijų. Atraminių elementų ekstruzija (išslydimas iš skleros tunelio) gali atsirasti dėl per plonų skleros lopelių, prastos tunelio konstrukcijos, per intensyvios skleros kauterizacijos ir įgimto ar įgyto skleros trapumo [264]. Atraminių elementų ekstruzijos dažnis svyruoja nuo 0,8 proc. iki 12,5 proc. [264]. Besiulės intraskleralinės fiksacijos metodai, kurių metu atliekamas skleros tunelis, atraminių elementų panardinimui, dėl didesnio invazinio operacijos pobūdžio turi didesnę CME riziką [265]. Kauteterizuoti atraminių elementų galai, esantys po jungine, gali padidinti vėlyvojo endoftalmito riziką [266,267]. Kita dažna besiulės intraskleralinės fiksacijos problema yra IOL nestabilumas [268]. Be to, vienas didžiausių šių metodų trūkumų yra tas, kad adata praduriama per akies sienelę „aklu“ būdu, orientuojantis į ragenos limbą. Netikslumo atveju gali būti traumuojamos krumplyninės kraujagyslės. Tai didina suprachoroidinio kraujavimo riziką [269].

Norint išvengti „aklų“ manipuliacijų akyje gali būti panaudoti specialūs IOL. Dažniausiai yra naudojami prie rainelės, be papildomų siūlių, fiksuojami

mi (pvz., Artisan) ar priekinės kameros kampe (pvz., Kelman tipo) IOL (PK IOL). Šie IOL gaminami iš PMMA, todėl yra kieti, nesulankstomi. Norint implantuoti tokius IOL ragenoje reikia atlikti maždaug 6,0 mm pjūvį, dėl ko gali atsirasti ar padidėti rageninis astigmatizmas bloginantis matymo kokybę [270]. PK IOL rizikos profilis yra palankesnis nei IOL fiksuotų prie skleros, nes išvengiama komplikacijų, tokių kaip siūlės mazgo erozija ir endoftalmistas, susijęs su akies išorėje esančiais mazgais ar flanšais [248]. Be to, antrinė IOL implantacija afakijos korekcijai yra viena paprasčiausių intervencijų, todėl šios technikos mokymosi kreivė yra trumpa [246]. Šiai operacijai atlikti reikia trumpesnio laiko lyginant su skleraline fiksacija. Tai naudinga pacientams, kurie negali toleruoti ilgesnės ar gilesnės sedacijos [248]. Nors PK IOL implantacija yra saugi chirurginė intervencija, tačiau retais atvejais gali pasitaikyti hifema, vyzdžio deformacija, ragenos edema/dekompensacija, vyzdžio blokada ir CME [270,271]. Implantuojant Kelman tipo, su keturiais fiksacijos taškais, IOL į priekinės kameros kampą labai svarbu tiksliai parinkti reikiamą IOL dydį, kad IOL nebūtų per didelis (gali sukelti pragulas rainelės periferijoje, ištempti vyzdį) ar per mažas (dėl nepakankamos atramos IOL akyje dreba, net gali pasisukti ir traumuoti ragenos endotelį, tuomet vystosi buliozinė keratopatija) [258]. Tinkamai implantuotas PK IOL yra gana saugus ir efektyvus pasirinkimas IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymui.

Keletas tyrimų parodė apie Artisan tipo IOL implantacijos saugumą ir veiksmingumą, todėl šiuo metu klinikinėje praktikoje šio tipo IOL implantacija vis dažniau pasirenkama [272]. Tokio tipo IOL turi specialų dizainą, kuris leidžia fiksuoti jį prie rainelės nenaudojant papildomų siūlų, o išspaudžiant rainelės audinį tarp atraminių elementų [273]. Daugelyje atvejų šie IOL labai stabiliai laikosi akyje, tačiau galimos komplikacijos, tokios kaip IOL decenracija (pasitaiko 9,0–14,0 proc.), pooperacinis astigmatizmas dėl didelio ragenos pjūvio, kraujavimas iš rainelės, ragenos endotelio ląstelių pažeidimas ir CME [23–26].

2.8.2. Dislokuoto IOL–kapsulės maišelio atstatymas su papildoma fiksacija

Literatūros duomenys rodo, kad vis aktualesnis tampa siekis išsaugoti esamą dislokuotą IOL [23–25,274,275]. Todėl vis daugiau dėmesio skiriama chirurginių metodų kūrimui, siekiant išplėsti galimybes tokiais atvejais, ypač priekinio segmento chirurgams [25,276]. Tačiau chirurginių metodų pasirinkimas šiais atvejais yra žymiai mažesnis. Galimi du variantai: transskleralinė fiksacija arba fiksacija prie rainelės.

Transskleralinės siūlinės fiksacijos metu dislokuotas IOL yra iškeliamas į priekinę kamerą, o atraminis elementas ištraukiamas per nedidelį limbinį pjūvį. Ant jo distalinio galo suformuojamas mazgas iš siūlų, kurie į akies vidų yra įvedami per suformuotą skleros ložę. Tas pats veiksmas yra atliekamas ir su kitu atraminiu elementu per antrą skleros ložę, esančią priešingoje pusėje nei pirmoji. Tada siūlai tempiami į priešingas puses per skleros ložes kol gautama centruota IOL optinės dalies padėtis. Po to skleros ložėse surišami mazgai, o skleros lopeliai ir junginė užsiuvami [24]. Siekiant išvengti atraminių elementų išvedimo į akies išorę, buvo pasiūlytas modifikuotas metodas. Jo metu IOL optinės dalies susijungimo vietose su atraminiu elementu yra pervedamas 5–0 polipropileno siūlas, kurio distaliniame gale kauterio pagalba suformuojamas flanšas. Tada siūlas pervedamas per sklerą 2,5 mm nuo limbo ir tempiamas tol kol distaliniame siūlo gale esantis flanšas įstringa IOL optinės dalies–atraminio elemento susijungimo vietoje. Kai IOL yra centruotas tada kitas siūlo galas kauteterizuojamas, o susidaręs flanšas panardinamas po jungine [277]. Abi technikos turi tas pačias ankščiau minėtas komplikacijas. Be to, abiem atvejais yra būtina atlikti vitrektomiją [24,277].

Dislokuoto IOL repozicija su papildoma fiksacija prie rainelės priklauso minimaliai invazyvios chirurgijos rūšiai, nes fiksacija atliekama per dvi paracentezes. Tai akį tausojantis gydymo būdas, kurio metu nedaromas didelis pjūvis limbo ar ragenos srityje. Todėl mažiau žalojamos ragenos endotelio ląstelės ir neatsiranda pooperacinis astigmatizmas, bloginantis regėjimo aštrumą [32]. Be to, po tokios intervencijos pasitaiko mažiau komplikacijų, tokių kaip IOS padidėjimas ar hipotonija, CME ir IOL decentracija [31,32,278]. Tai pagrindiniai tokios chirurgijos privalumai. Deja, ši chirurginė technika reikalauja gerų mikrochirurginių įgūdžių.

1976 m. McCannel pirmasis aprašė metodą, kurio metu rainelė buvo naudojama IOL fiksavimui [279]. Fiksavimo metu atraminis elementas būdavo fiksuojamas periferijoje tam, kad mazgą būtų galima uždėti netoli rageninio pjūvio [279]. 1994 m. Siepser paskelbė slystančio mazgo techniką (ang. *Slip-Knot Technique*), skirtą mazgui surišti akies viduje rainelės defektams siūti [280]. Vėliau šią techniką modifikavo Osher ir pasiūlė idėją, kad sujungus McCannel ir modifikuoto Siepser mazgo techniką būtų galima saugiai fiksuoti IOL prie rainelės [281]. Šios technikos trūkumas yra vyzdžio deformacija, kuri gali pabloginti matymo kokybę dėl padidėjusių AEA [282].

Condon pasiūlė modifikuotą IOL fiksacijos prie rainelės techniką, kurios metu nereikia iškelti IOL optinės dalies virš rainelės [25]. Vietoj to jis panaudojo papildomus instrumentus (rainelės kabliukus ir/ar Sinskey kabliuką) vizualizuoti IOL fiksacijos vietą. Operacijos metu per paracentezę įvedamas Sinskey kabliukas tam, kad būtų užfiksuotas priekinės kapsulės fibrozinis kraštas, o IOL būtų centruotas. Atstačius IOL į centrinę padėtį nedominuo-

janti ranka toliau laiko už kapsulės, o kita ranka 10–0 polipropileno siūlas su ilga lenkta adata per priešingą paracentezę įvedamas į priekinę kamerą. Tada atliekama modifikuota McCannel siūlė. Adata pervedama per rainelę vidurio periferijoje ir per fibrozintą kapsulę. Siūlas išvedamas per antrą paracentezę ir nukreipiamas po rainelę. Po to vėl išvedamas per rainelę netoli pradinio įvedimo vietos. Tuomet surišamas Siepser mazgas [25].

Šios technikos pranašumas lyginant su fiksavimu prie skleros toks, kad visos atliekamos manipuliacijos akies viduje yra matomos, todėl sumažėja intraokulinės hemoragijos rizika [283]. Be to, dėl tos pačios priežasties išvengiama grubių vyzdžio deformacijų lyginant su klasikine IOL fiksacija prie rainelės [25]. Kadangi operacijos metu nėra šalinamas stiklakūnis, sumažėja IOL pasvirimo rizika, o siūlės likusios akies viduje mažina endoftalmito riziką [25]. Vėlyva polipropileno siūlės degradacija pasitaiko rečiau, atliekant IOL fiksaciją prie rainelės, negu transskleralinės fiksacijos atveju [25]. Condon ir kt. teigia, kad polipropileno siūlas yra mažiau veikiamas trinties, nes jis yra netampriai pritvirtintas prie atoninio rainelės audinio vidurio periferijoje. Priešingai, siūlas patiria didesnę trintį, kuri atsiranda standžios fiksacijos prie skleros metu, be to, jį gali papildomai veikti net akių trynimasis ranka [25]. Periferinės rainelės elastingumas gali suteikti tam tikrą pakabos sistemą su mažesniu siūlės įtempimu, priešingai nei standžios transskleralinės fiksacijos metu [25]. Visa tai leidžia manyti, kad modifikuota IOL fiksacija prie rainelės yra saugus ir efektyvus gydymo metodas IOL–kapsulės maišelio dislokacijos gydymui.

2.9. Automatizuota IOL fiksacija prie rainelės

Tam, kad modifikuota IOL fiksacija prie rainelės išlaikytų minimaliai invazyvios intervencijos profilį, chirurgui yra būtini labai gerai išvystyti mikrochirurginiai įgūdžiai. Šios operacijos mokymosi kreivė yra gana ilga, nes reikia įvaldyti ne tik Siepser mazgo atlikimo metodiką, bet ir gebėti instrumentais manipuliuoti labai mažoje erdvėje (priekinėje kameroje), kad IOL būtų saugiai fiksuotas [246]. Šiuo metu rinkoje nėra jokių prieinamų instrumentų ir metodikų, kuriuos panaudojant būtų galima automatizuotai fiksuoti IOL atraminį elementą prie rainelės.

3. TYRIMO METODAI

Perspektyvinis stebėjimo tyrimas buvo atliekamas Lietuvos sveikatos mokslų universiteto ligoninėje Kauno klinikose (LSMUL KK) Akių ligų klinikoje 2017–2019 metais. Buvo gautas Kauno regioninio biomedicininio tyrimų etikos komiteto leidimas (Nr. BE-2-40). Atliekant tyrimą, buvo laikomasi Helsinkio deklaracijos etinių mokslinių tyrimų principų.

3.1. Įtraukimo į tyrimą kriterijai

Klinikiniame tyrime dalyvavo tiriamieji, kuriems buvo paskirta operacija dėl IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos. Taip pat į studiją buvo įtraukti sveiki kontroliniai asmenys su pseudofakija, kurie kreipėsi į LSMUL KK Akių ligų kliniką profilaktiniam patikrinimui.

Įtraukimo kriterijai:

1. Amžius nuo 18;
2. Tiriamieji, kuriems nustatyta vėlyva spontaniinė IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, tačiau IOL yra matomas vyzdžio plote, o katarakto operacija fakoemulsifikacijos būdu atlikta ne anksčiau kaip prieš 6 mėn.
3. Tiriamieji, su pseudofakija, kuriems katarakta išoperuota fakoemulsifikacijos būdu ne anksčiau kaip prieš 6 mėn., IOL implantuotas endokapsuliariai, yra centruotas ir nedreba.

Neįtraukimo kriterijai:

1. Asmenys jaunesni negu 18 metų.
2. IOL visiškai nuskendęs stiklakūnyje;
3. Asmenys alergiški vietiniams anestetikams ar kitiems oftalmologijoje naudojamiems medikamentams.
4. Asmenys, sergantys gretutinėmis akių ligomis, galinčiomis turėti neigiamos įtakos pooperaciniam regėjimo aštrumui: III–IV stadijos glaukoma; keratitai; ragenos endotelio distrofija; ragenos drumstys; pterygiumas; tinklainės makulinės srities pokyčiai.
5. Akies obuolio kiaušiniai sužalojimai, bukos traumos su akies anatomiinių struktūrų pažeidimais ar akiduobės lūžiai praeityje.
6. Praeityje atlikta ragenos transplantacija, *pars plana* vitrektomija, lazerinė refrakcijos korekcija, lazerinė ciklodestrukcija.
7. Matymas prastenis nei 0,02 .
8. Sisteminės nekompensuotos būklės (arterinė hipertenzija, sisteminės uždegiminės ligos, 1 ir 2 tipo cukrinis diabetas, lėtinės infekcinės ligos).

9. Pacientai, sergantys psichikos liga.
10. Besilaukiančios ar maitinančios krūtimi moterys.
11. Pacientai, kurie nesutiko būti tiriami pooperaciniu laikotarpiu.

3.2. Tiriamųjų grupių charakteristika

Suformuotos 4 grupės:

1. Fiksacijos prie rainelės grupė (RF grupė) – tiriamieji, kuriems dėl IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos buvo atlikta IOL atstatymo ir fiksavimo prie rainelės operacija ($n = 41$, n_a (tiriamųjų akių skaičius) = 43).
2. IOL pakeitimo į priekinės kameros IOL grupė (P grupė) – tiriamieji, kuriems dėl IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos buvo atlikta pars plana vitrektomija ir IOL pakeitimas į priekinės kameros IOL ($n = 39$, $n_a = 40$).
3. Kontralateralinės akies grupė (KLA grupė) – tiriamųjų, kurie buvo operuoti dėl IOL dislokacijos kontralateralinės akys, kuriose buvo išoperuota katarakta, ne anksčiau kaip prieš 6 mėn. ($n = 35$, $n_a = 35$).
4. Pseudofakijos grupė (PF grupė) – tiriamieji asmenys, kurie kreipėsi į LSMUL KK Akių ligų polikliniką profilaktiniam patikrinimui ir kuriems, buvo išoperuota katarakta, ne anksčiau kaip prieš 6 mėn., vienoje arba abiejose akyse ($n = 49$, $n_a = 81$).

3.3. Tyrimo eiga

Per 2017–2019 metus įtraukimo į tyrimą kriterijus atitiko 186 pacientai. Atsisakusiųjų dalyvauti tyrime buvo 21. Dešimt tiriamųjų (3 iš RF, 1 iš P ir 6 iš PF grupės) nebuvo įtraukti į tyrimą, nes ištyrimo metu buvo nustatyta akių patologija, kuri neatitiko įtraukimo kriterijų: amžinė geltonosios dėmės degeneracija (5 iš PF grupės, 2 iš RF grupės), premakulinė fibrozė (1 iš PF grupės, 1 iš RF grupės ir 1 iš P grupės). Atvykti antrajam vizitui atsisakė ar neatvyko sutartu laiku 25 tiriamieji (14 iš RF grupės ir 10 iš P grupės), 1 pacientas iš P grupės mirė. Viso studijoje dalyvavo 129 tiriamieji.

Pirmasis visų grupių pacientų ištyrimas buvo atliekamas prieš chirurginę gydymą. Pakartotinis ištyrimas buvo atliekamas praėjus 6,5 (0,5) mėn. po IOL dislokacijos chirurginio gydymo. Pirmojo apsilankymo metu buvo atliekamas oftalmologinis ištyrimas: refraktometrija, nekoreguotas regėjimo aštrumas į tolį (NRAT), koreguotas regėjimo aštrumas į tolį (KRAT), aberometrija, keratometrija, IOL padėties nustatymas, IOS matavimas Goldmano aplanaciniu tonometru, oftalmoskopija, priekinio segmento fotografija, užpakalinio segmento optinė koherentinė tomografija ir ragenos endotelio ląstelių tankio įvertinimas.

Pakartotinis ištyrimas buvo atliekamas praėjus 6 mėn. po IOL dislokacijos chirurginio gydymo. PF grupės tiriamiesiems oftalmologinis ištyrimas atliktas vienkartinai pagal tą pačią metodiką.

3.4. Anketiniai apklausos duomenys

Pirmiausiai buvo užpildomi anketiniai duomenys: amžius, lytis, operuojama akis (dešinė ar kairė), kada atlikta kataraktos operacija, koks tada buvo paciento amžius, koks IOL implantuotas, IOL tipas, medžiaga, iš kurios jis pagamintas, ar buvo implantuotas KTŽ, ar pagerėjo matymas po kataraktos operacijos, kiek laiko praėjo nuo IOL dislokacijos diagnozės iki chirurginio gydymo (IOL dislokacijos simptomų trukmė), gretutinės akių ligos, kiek laiko jomis serga, akių operacijos, lazerinės procedūros, vartojami antiglaukominiai medikamentai, kiti vartojami vaistai akims. Apklausa buvo pakartota antrojo apsilankymo metu, siekiant išsiaiškinti, ar nebuvo antiglaukominių vaistų vartojimo režimo pasikeitimų ir papildomų oftalmologinių intervencijų. Iš anketinių duomenų buvo susumuojamas bendras antiglaukominių medikamentų veikliųjų medžiagų skaičius, tenkantis akiai per dieną.

3.5. Oftalmologinis ištyrimas

3.5.1. Autorefraktometrija

Objektyvi refrakcija buvo tirama autorefraktometru Tonoref III (Nidek Co., LTD, Gamagori, Japonija). Iš refrakcijos duomenų apskaičiuotas sferinis ekvivalentas (SE) pagal formulę:

$$SE (D) = \text{sferinė refrakcijos reikšmė} + (\text{cilindrinė refrakcijos reikšmė}/2)$$

3.5.2. Regos aštrumo įvertinimas

Regos aštrumas į tolį vertintas, naudojant logMAR (angl. *Logarithm of the minimum angle of resolution*) optotipų lentelę, standartizuotomis apšvietimo sąlygomis kambarėje. Blogėjant regėjimo aštrumui, LogMAR reikšmė didėja. Normalus regėjimo aštrumas atitinka 0,0. Kiekviena lentelės eilutė yra sudaryta iš 5 raidžių. Kiekviena raidė turi 0,02 vertę, o eilutė – 0,1. Regėjimo aštrumas apskaičiuojamas iš žemiausios eilutės, kurioje tiriamasis teisingai perskaitė bent vieną raidę, atėmus toje eilutėje neteisingai atpažintų raidžių skaičiaus sandaugą iš 0,02. Jeigu tiriamasis neatpažindavo raidžių viršutinėje eilutėje, regos aštrumas buvo tiriamas prašant suskaičiuoti tyrėjo pirštus juodame fone 5 metrų atstumu, po 0,5 metro artėjant prie tiriamojo. Rezultatas perskaičiuojamas pagal formulę [284]:

$$\text{VisusLogMAR} = -\text{Log} (A/50)$$

kur VisusLogMAR – regos aštrumas pagal LogMAR, A – atstumas metrais, iš kurio tiriamasis teisingai suskaičiavo pirštus.

Pirmiausia buvo tiriamas nekoreguotas regos aštrumas. Jeigu tiriamasis nemato eilutės, atitinkančios geriausią regos aštrumą, tuomet buvo tiriamas geriausias koreguotas regos aštrumas, matymą koreguojant bandomaisiais lęšiais (taikant korekciją naudojama autorefraktometru gautą refrakciją).

3.5.3. Biomikroskopija ir oftalmoskopija

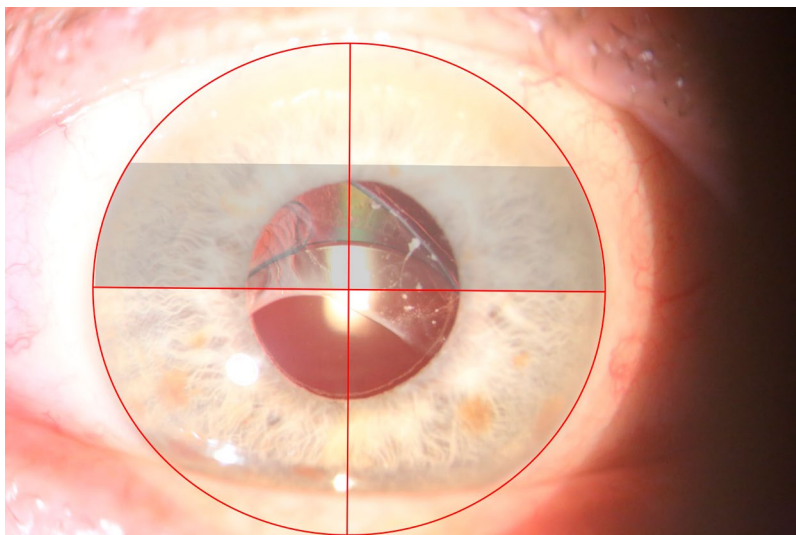
Visiems tiriamiesiems standartiniu biomikroskopu (SL–D7, Topcon Medical Systems, Tokijas, Japonija) atlikta priekinio segmento apžiūra, naudojant 10 ir 16 kartų padidinimą ir skirtingus apšvietimo būdus. Įvertintos priekinio akies segmento dalys. Oftalmoskopija atlikta naudojant Volk 90 D lęši medikamentinėje midriazėje, kuri buvo sukelta 1,0 proc. tropikamido tirpalu, įlašinant 1 lašą į junginės maišelį.

3.5.4. Priekinio segmento fotografija ir IOL dislokacijos laipsnio vertinimas

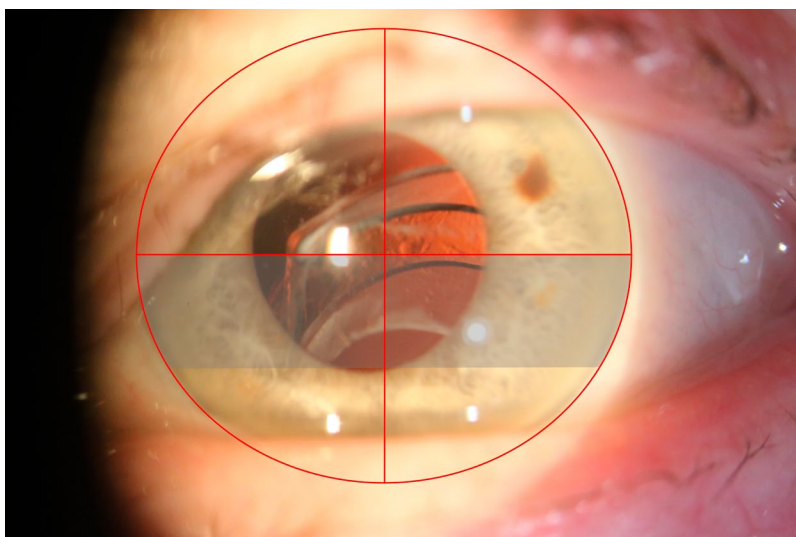
Priekinis akies segmentas buvo fotografuotas skaitmenine plyšine lempa (Carl Zeiss Meditec, Jena, Vokietija) naudojant standartizuotą technologiją (pacientų buvo paprašyta žiūrėti į šviesos šaltinį, tada atliekami keli akies vaizdai retroiliuminacijoje (didžiausias blykstės intensyvumas, pilnai atidarytas plyšinis spindulys, plyšinis apšvietimas yra beveik koaksialinėje padėtyje su biomikroskopu, didinimas: 8x), geriausi vaizdai buvo išsaugomi.

Savo darbe naudojome modifikuotą IOL dislokacijos laipsnio vertinimo sistemą [91]:

- I laipsnis: pseudofakodonezė;
- II laipsnis: IOL optinės dalies ekvatoriaus kraštas sutampa su vyzdžio kraštu;
- III laipsnis: IOL optinės dalies ekvatorius yra aukščiau arba sutampa su horizontalia linija, nubrėžta per vyzdžio centrą (3.5.4.1 pav.).
- IV laipsnis: matomas IOL optinės dalies krašto likutis, bet kurioje vyzdžio krašto dalyje (3.5.4.2).



3.5.4.1 pav. III laipsnio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija [285]



3.5.4.2 pav. IV laipsnio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija [285]

3.5.5. Aberometrija

Optinės sistemos ir matymo kokybės įvertinimui prieš ir po operacijos, naudojome šviesos bangos fronto aberometrą/ragenos topografą (OPD ScanII ARK–10000, Nidek Co., LTD, Gamagori, Japonija). Tai neinvazinis, saugus tyrimo metodas, suteikiantis išsamią informacijos apie ragenos topografiją, šviesos bangos fronto aberacijas ir refrakciją.

Veikimas pagrįstas kombinuotu automatinės retinoskopijos ir Placido disko videokeratoskopijos principais. Naudojant šį prietaisą, svarbu įsitikinti, kad vyzdys yra visiškai išsiplėtęs (matavimo metu jo dydis nesikeičia).

Tyrimas buvo atliktas standartinėmis sąlygomis, plačiu vyzdžiu, tiriamajam sėdint, pusiau tamsiame apšvietime. Akies vaizdas OPD–Scan aparato ekrane buvo centruojamas taip, kad vyzdžio centras sutaptų su ekrane rodomu žymekliu. Kai vyzdžio centras ir žymeklis sutapo, aparatas automatiškai atliko skenavimus. Viso tyrimo metu atliekama automatinė kokybės patikra. Kiekvieno tiriamojo aberometrijos duomenų rinkinį sudarė aberacijos, apimančios nuo antros ir ketvirtos Zernike radialinės eilės polinomus. Kiekviena aberacija suskirstyta į bendrąjį, rageninį ir vidinį komponentus.

Aberacijų RMS (angl. *root mean square*, liet. kvadratinės šaknies vidurkio) reikšmė – tai vienas pagrindinių kiekybinių rodiklių, naudojamų apibūdinti bendrą akies aukštesnės eilės aberacijų dydį.

RMS apskaičiuota naudojant formulę:

$$RMS = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2}$$

kur n – reikšmių skaičius, x_i – kiekviena reikšmė (Zernike koeficientas), $\sum$ – suma nuo $i = 1$ iki n .

3.5.6. IOL pasvirimo ir decentracijos matavimas

IOL pasvirimo ir decentracijos matavimai buvo atliekami naudojant Scheimpflug kameros vaizdus (Pentacam, Oculus, Wetzlar, Vokietija). Tai yra neinvazinis, saugus tyrimo metodas. Pentacam yra kombinuotas įrenginys, susidedantis iš plyšinio apšvietimo sistemos ir Scheimpflug kameros, besisukančios aplink priekinį akies paviršių. Per plyšį apšviečiamas siauras akies struktūrų plotas. Nebūdamos visiškai skaidrios, audinius sudarančios ląstelės išsklaido šviesą. Atspindėta šviesa sukuria pjūvio vaizdą, kuris nufotografuojamas Scheimpflug kameros fotoaparatu iš šono. Taip sukuriamas apšviestos plokštumos vaizdas, kuriame matosi vaizdas nuo ragenos priekinio paviršiaus iki pat užpakalinio lęšiuko ar IOL paviršiaus. Aplink akį besisukantis Scheimpflug kameros įtaisas sukuria radialiai orientuotų akies anatominių struktūrų vaizdų seriją.

Pentacam aparato programinės įrangos algoritmai pakoreguoja Scheimpflug kameros vaizdų geometrinį iškraipymą. Akių judesiai vaizdo gavimo metu fiksuojami antra kamera (vyzdžio kamera) ir į juos taip pat atsižvelgiama atliekant matematinį vertinimą. Sistemos algoritmai aptinka audinių ribas ir sukuria taškinis debesis, kurie priskiriami įvairiems audinių sluoksniams

(priekinis ir užpakalinis ragenos paviršiai, rainelė, priekinis ir užpakalinis lęšiuko ar IOL paviršiai). Taip gaunamas trimatis duomenų rinkinys, suteikiantis tikslų priekinio akies segmento geometrinį aprašymą.

Tyrimas buvo atliktas standartinėmis sąlygomis, plačiu vyzdžiu, tiriamajam sėdint tamsiame kambaryje. Pirmiausia sulygiuojamas paciento vyzdžio centras su instrumento optine ašimi, fokusuojant ragenos Purkinje vaizdus, rodomus įrenginio kompiuterio ekrane. Tada paciento paprašoma pažvelgti į žvilgsnio fiksavimo taikinį. Kiekvienas matavimas užtruko maždaug 5 sekundes. Tyrimas kartotas tol kol buvo gautas kokybiškas tyrimas ir IOL priekinis bei užpakalinis kraštai buvo aiškiai matomi.

IOL pasvirimas ir decentracija apskaičiuoti tokia tvarka [286,287]:

Vaizdų pasirinkimas:

Iš Pentacam prietaiso buvo iškeliami du vaizdai:

- 90° (vertikalaus) meridiano vaizdas (skenavimo kryptis „viršus–apačia”).
- 180° (horizontalaus) meridiano vaizdas (skenavimo kryptis „temporalinė–nazalinė“).

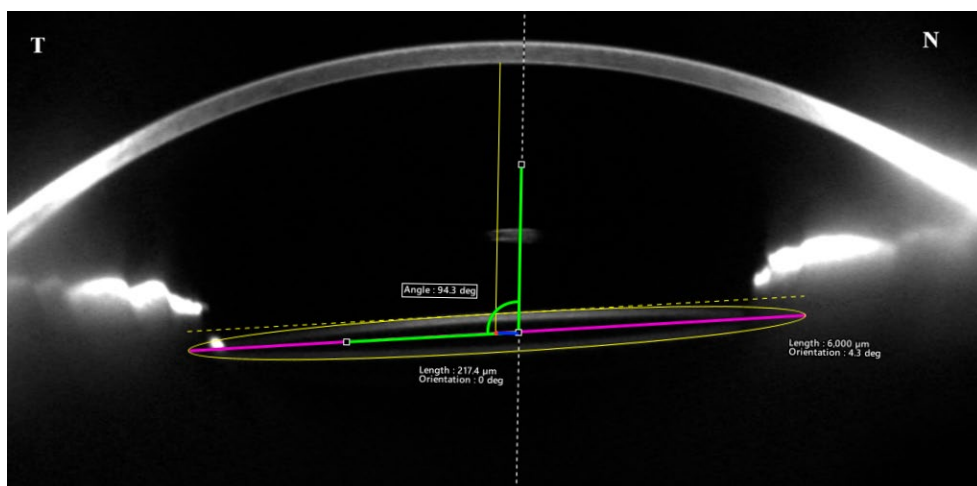
Vaizdų analizė:

Vaizdų analizei buvo naudojama „Image J“ programinė įranga (Image J versija 1.52, NIH, JAV).

- **Mastelio kalibravimas.** Prieš iškeliant vaizdus Pentacam aparate kiekviename vaizde buvo išvesta 6000 μm tiesė. ImageJ programoje šis žinomas atstumas buvo išmatuojamas ir įvertinamas kiek pikselių jis sudaro. Programa toliau automatiškai pikselius konvertuoja į mikrometrus, tam kad visi tolesni matavimai galėtų būti išreikšti mikrometrais.
- **Ragenos topografinės ašies (RTA) nustatymas.** Visuose vaizduose vertikali punktyrinė linija atitinka RTA (ją automatiškai vaizduose nurodo Pentacam prietaisas).
- **IOL centro nustatymas.** „ImageJ“ aplinkoje brėžiami du lankai pagal IOL priekinio ir užpakalinio paviršių kreives. Lankų susikirtimo taškai parodo IOL centrinę plokštumą turimame skerspjuvyje. Per lankų susikirtimo taškus brėžiama IOL centrinę plokštumą atitinkanti linija. IOL centro taškas – tai šios linijos vidurio taškas. IOL ašis – statmena linija išvesta iš IOL centro.
- **IOL decentracijos ir pasvirimo (angl. *tilt*) nustatymas:**
 - IOL decentracija – tai statmenas atstumas nuo IOL centro iki RTA.
 - IOL pasvirimo kampas – tai kampas tarp IOL ašies ir RTA, kuris skaitine verte atitinka kampą tarp IOL plokštumos ir RTA atėmus 90°.
- **Gautų parametrų interpretavimas.**
 - Decentracija parodo, kiek IOL centras yra pasislinkęs nuo RTA.

- Pasvirimo kampas (tilt) nurodo, kiek laipsnių IOL ašis nukrypusi nuo statmenos padėties RTA atžvilgiu.
- Teigiamų ir neigiamų ženklų pagalba buvo nustatyta decentracijos ir pasvirimo kryptis abiejuose meridianuose:
 - Vertikaliame meridiane:
 - „+“ vertės nurodo viršutinę pusę („IOL decentruotas į viršų“; „IOL pasviręs viršuje“).
 - „-“ vertės nurodo apatinę pusę („IOL decentruotas žemyn“; „IOL pasviręs apačioje“).
 - Horizontaliame meridiane:
 - „+“ vertės nurodo temporalinę pusę („IOL decentruotas temporaliai“; „IOL pasviręs temporalinėje pusėje“).
 - „-“ vertės nurodo nazalinę pusę („IOL decentruotas nazaliai“; „IOL pasviręs nazalinėje pusėje“).

Pateikiamas pavyzdys (3.5.6.1 pav.) IOL pasvirimo ir decentracijos nustatymo ir interpretavimo.



3.5.6.1 pav. Priekinio segmento Pentacam vaizdas horizontalioje plokštumoje

T – temporalinė pusė; N – nazalinė pusė. Raudonas taškas yra intraokulinio *lęšio* centras, balta punktyrinė linija – ragenos topografinė ašis, purpurinė linija – IOL centrinė plokštuma, geltona linija – IOL ašis. Melyna linija rodo IOL 217,4 μm decentraciją į temporalinę pusę (statmenas atstumas tarp IOL centro (raudonas taškas) ir RTA (balta punktyrinė linija). IOL pasvirimo laipsnis (kampas tarp IOL ašies ir RTA – žalia spalva) yra $94,3^{\circ} - 90^{\circ} = 4,3^{\circ}$ temporalinėje pusėje.

3.5.7. Oftalmotonometrija

IOS matuotas Goldmann aplanaciniu tonometru (Haag–Streit AG, Kionisas, Šveicarija). Tyrimas atliekamas tiriamajam sėdint prie plyšinės lempos, į junginės maišelį 3 kartus sulašinama 0,5 proc. proksimetakaino tirpalo kas 2–3 minutes, ašarų plėvelė nudažoma prigludžiant fluoresceinu impregnuotą lapelį prie apatinio voko junginės. Goldmann prizmė prigludžiama prie ragenos centro. Plyšinės lempos mėlynojoje šviesoje gautas apvalus meniskas prizmės išskiriamas į 2 puslankius, kurie susijungia vidinėmis sienelėmis, sukanant prie plyšinės lempos esančią graduotą rankenėlę, o panaudojama aplanacinė jėga lygi IOS. Atlikti 3 matavimai, išvestas vidurkis.

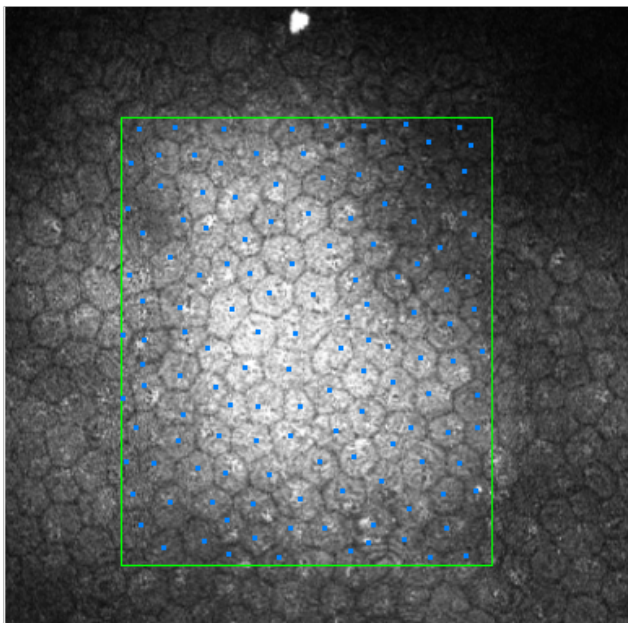
3.5.8. Užpakalinio segmento optinė koherentinė tomografija

Užpakalinio segmento OKT (DRI OCT Triton plus, Topcon, Japonija) yra neinvazinis tyrimo metodas, kurio metu sukuriama vienmomenčiai skenuojamos dalies skerspjūvio vaizdai. Veikimo principas pagrįstas labai trumpų (1050 nm) šviesos bangų atsispindėjimu nuo akies struktūrų ir jų užregistravimu specialiu detektoriumi. Skenavimo greitis – 100000 skenų per sekundę. Tyrimas atliekamas tiriamajam sėdint, pusiau tamsiame apšvietime, taikant vyzdžio plėtimą. Visiems tiramiesiems atliktas geltonųjų dėmių tyrimas naudojant 3D Macula V/H (7,0 × 7,0 mm) režimą. Vertintas bendras tinklainės geltonosios dėmės srityje storis (nuo išorinės ribojančiosios membranos iki tinklainės pigmentinio epitelio). Jis išmatuotas automatiškai ir pateiktas mikrometrais (μm).

3.5.9. Ragenos endotelio ląstelių tankio matavimai

RELt buvo vertinant vaizduose, gautuose naudojant in vivo ragenos konfokalinę mikroskopą (Heidelberg Retina Tomography with III Rostock Cornea Module; Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Berlin, Germany).

Tyrimas buvo atliktas standartinėmis sąlygomis, taikant vietinę nejaustrą anestetikų lašais (proksimetakaino hidrochloridas 0,5 proc.), tiriamajam sėdint, normalaus apšvietimo sąlygomis. Tiriamojo buvo paprašyta sutelkti dėmesį į tolimą šviesos taikinį prieš nuskaitant centrinę rageną. Ragenos skenavimas buvo užfiksuotas nuo bazinio epitelio iki endotelio ląstelių. Iš endotelio ląstelių sluoksnių buvo pasirinkti trys reprezentatyvūs geros kokybės vaizdai. Tada šiuose vaizduose buvo pasirinktas dominantis regionas. Endotelio matavimo DR plotas buvo 0,04 (0,009) mm². Ląstelės buvo pažymėtos rankiniu būdu, o prietaiso programinė įranga automatiškai apskaičiavo ląstelių tankį (ląstelių/mm²) (3.5.9.1).



3.5.9.1 pav. Ragenos endotelio ląstelių tankio tyrimas

3.6. Operacijos metodika

Dislokuoto IOL fiksacija prie rainelės (RF grupė) [288]:

Operacijos metu buvo atliekamos dvi paracentezės skaidrioje ragenos dalyje. Fiksacijai buvo naudotas 10–0 polipropileno siūlas su ilga lenkta adata (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA). Adata su siūlu per pirmąją paracentezę buvo įvedama į akį, vedama pro vyzdį, po IOL atraminio elemento. Tada ji išvedama per rainelę toje vietoje, kur planuojama fiksuoti IOL. Šio etapo metu IOL–kapsulės maišelio kompleksas laikinai stabilizuojamas mentele. Per antrąją paracentezę įvedama 27 G kaniulė tam, kad būtų galima į ją įstrigdinus adatą saugiai ją išvesti iš akies. Adata vėl buvo įvedama į akies priekinę kamerą per antrąją paracentezę, per rainelę (toje vietoje, kur planuojama IOL atraminio elemento fiksacija), virš IOL atraminio elemento, pro vyzdį į priekinę kamerą ir išvedama iš akies per pirmąją paracentezę. Tokiu būdu siūlas apgaubė IOL atraminį elementą. Su mikrokabliuku abu siūlai traukiami iš akies per antrąją paracentezę. Trumpasis siūlo galas ištraukiamas iš akies pilnai, o ilgasis traukiamas taip, kad formuotų kilpą. Tada trumpasis siūlas rišamas prie kilpos, du kartus apsukant apie vieną kilpos kraštą. Po to abu siūlo galai tempiami į priešingas puses taip, kad mazgas susidarytų už rainelės. Pakartotinai ilgasis siūlo galas traukiamas mikrokabliuku per antrąją paracentezę taip, kad susidarytų kilpa ir trumpasis siūlas vieną kartą

apsukamas apie vieną kilpos kraštą. Siūlai tempiami priešingomis kryptimis taip, kad susiformuotų antras mazgo aukštas už rainelės. Tokiu pat būdu suformuojamas ir trečias mazgo aukštas. Galiausiai siūlo galai buvo nukerpami vitrektominėmis žirkklėmis akies viduje už rainelės.

IOL–kapsulinio maišelio komplekso pakeitimas į PK IOL (P grupė):

Operacijos metu buvo atliekamos trys sklerotomijos 25 G trokaru ir dvi paracentezės ragenoje. Per vieną iš trokarų buvo įvestas infuzinis vamzdelis ir pradeda infuzija. Atlikus pars plana vitrektomiją, vitrektoru buvo atliekama iridektomija ties 12 val. Tada buvo atliekamas pagrindinis 6 mm pjūvis ragenoje ties 12 val. Per jį pašalinamas dislokuotas IOL, o naujas PK IOL (MTA4U0; Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA) implantuojamas į akies priekinę kamerą. IOL pasukamas į horizontalią padėtį, tada pagrindinis rageninis pjūvis susiuvamas trimis viengubomis 10–0 Ethylon siūlėmis. Paracentezės užsandarinamos išvirkščiant subalansuoto druskų tirpalo į ragenos stromą. Galiausiai ištraukiami trokarai iš sklerotomijų.

3.7. Statistinė duomenų analizė

Statistinė duomenų analizė atlikta naudojant statistinės analizės programinę paketą (IBM SPSS Version 29.0 for Windows, Armonk, NY: IBM Corp).

Tyrimo duomenis sudarė kiekybiniai ir kokybiniai (nominaliniai) požymiai. Hipotezės, ar kiekybinių požymių reikšmių skirstinys populiacijoje yra normalusis (Gauso), buvo tikrintos, taikant Shapiro-Wilk kriterijų. Kiekybiniai parametrai, atitinkantys normalųjį skirstinį, aprašyti kaip aritmetinis vidurkis bei standartinis nuokrypis (SN). Kiekybiniai parametrai, neatitinkantys normaliojo skirstinio, aprašyti kaip mediana bei tarpkvartilinis intervalas (TKI), t.y. 25 ir 75 procentilės.

Jei kiekybinių požymių reikšmės populiacijoje buvo pasiskirsčiusios pagal normalųjį (Gauso) dėsnį, dviejų nepriklausomų populiacijų vidurkiai buvo lyginti taikant Student t kriterijų nepriklausomoms populiacijoms, o dviejų priklausomų populiacijų vidurkiai buvo lyginti taikant Student t kriterijų priklausomoms populiacijoms. Kiekybinių požymių, netenkinančių normalumo sąlygos, reikšmių skirtumas lyginamosiose grupėse vertintas taikant neparametrinį Mann-Whitney kriterijų (dviejų nepriklausomų grupių atveju), Kruskal-Wallis kriterijų (kelių nepriklausomų grupių atveju) arba Wilcoxon kriterijų (dviejų priklausomų grupių atveju). Ryšys tarp dviejų kokybinių požymių reikšmių vertintas, naudojant chi kvadrato (χ^2) nepriklausomumo (homogeniškumo) kriterijų (nepriklausomoms imtims), McNemar kriterijų (priklausomoms imtims), Fisher's arba tikslųjį chi kvadrato (χ^2) kriterijų (mažoms imtims). Jei požymis įgyja daugiau nei dvi reikšmes, šių reikšmių proporcijas

tarp grupių lyginome taikydami χ^2 kriterijaus porinius palyginimus (z-kriterijus).

Kiekybinių požymių, tenkinusių normalaus (Gauso) skirstinio sąlygas, tarpusavio ryšiai analizuoti taikant Pearson, o netenkinusių normalaus (Gauso) skirstinio sąlygų Spearman koreliacijos koeficientą. Kiekybinių kintamųjų, tenkinusių normaliojo skirstinio sąlygą, sąsajos nustatyti taikyta tiesinė lini-jinė regresinė analizė. Tirtų parametrų jautrumui ir specifiškumui palyginti naudotos ROC (angl. *Receiver Operating Characteristics*) kreivės, apskaičiuojant plotą po kreive (angl. *Area Under the Curve*). Prognozavimui, remiantis lyginamosios analizės reikšmingais skirtumais, buvo taikyta logistinė regresinė analizė. Skirtumai ar ryšys tarp požymių buvo laikomi statistiškai reikšmingais, jei apskaičiuotoji p reikšmė buvo mažesnė už pasirinktą reikšmingumo lygmenį $\alpha = 0,05$.

3.8. Imties dydis

Norint nustatyti 111 ląstelių/mm² RELT skirtumą tarp grupių (SN 160), reikalinga į kiekvieną tiriamąją grupę įtraukti bent 33 tiriamąsias akis ($\alpha = 0,05$, $\beta = 0,2$, galia 0,8) [91]. Imties dydis dviem nepriklausomoms grupėms, kai lyginami vidurkiai, apskaičiuotas pagal formulę:

$$n = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2/K)(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2}{\Delta^2}$$

$$n = \frac{(160^2 + 160^2/1)(1,96 + 0,84)^2}{111^2} = 32,58$$

kur: n – minimalus imties dydis, σ – standartinis nuokrypis, K – grupių dydžių santykis, α – tikimybė pagal I tipo klaidą (0,05); β – tikimybė pagal II tipo klaidą (0,1); z – kritinė Z reikšmė (α ir β); Δ – absoliutus skirtumas tarp dviejų vidurkių.

4. REZULTATAI

4.1. Rizikos veiksniai, susiję su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija

Tyrimė dalyvavo 129 asmenys – 66 vyrai (51,2 proc.) ir 63 moterys (48,8 proc.). Tiriamųjų amžiaus mediana pirmo vizito metu buvo 78 (72–81) metai. Amžiaus mediana kataraktos operacijos metu buvo 70 (65–75) metų.

PFT mediana buvo 6 (3–10) metai. Amžius ir lytis tarp grupių statistiškai reikšmingai nesiskyrė (4.1.1 lentelė).

4.1.1 lentelė. Tiriamųjų grupių demografiniai duomenys

	RF grupė (n = 41)	P grupė (n = 39)	KLA grupė (n = 35)	PF grupė (n = 49)
Mediana (TKI)				
Amžius, metai	77 (74–80)	77 (74–80)	78 (73–81)	78 (70–81)
	H(3) = 0,825, p = 0,844			
Amžius kataraktos operacijos metu, metai	70 (66–74)	69 (67–74)	72 (68–76)	70 (62–75)
	H(3) = 2,897, p < 0,408			
PFT, metai	8 (5–10) ^{ab}	7 (4–9,75)	5 (2–9) ^a	6 (3–10) ^b
	H(3) = 10,602, p = 0,014, ^{ab} p < 0,013			
n (proc.)				
Moterys Vyrai	16 (39)	17 (44)	12 (34)	30 (61)
	25 (61)	22 (56)	23 (66)	19 (39)
$\chi^2(3) = 7,402, p = 0,06$				

KLA – kontralateralinės; n – tiriamųjų skaičius; P – pakeitimo; PF – pseudofakijos; PFT – pseudofakijos trukmė; RF – rainelės fiksacijos; TKI – tarpkvartilinis intervalas (25–oji ir 75–oji procentilės); viršutinių indeksų (^a, ^b) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių viršutiniais indeksais nežymimi; p reikšmės gautos, taikant χ^2 testą ir tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Tarp II ir III dislokacijos laipsnių atvejų skaičius tarp RF ir P grupių buvo pasiskirstę tolygiai. I laipsnio IOL dislokacijos atvejų buvo daugiau RF grupėje nei P grupėje, o IV laipsnio – P grupėje nei RF grupėje. Tačiau IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsniai statistiškai reikšmingai tarp RF ir P grupių nesiskyrė. Tiriamųjų su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ($n_a = 83$) 31 (37,3 proc.) akis turėjo PES. 45 (54,2 proc.) akyse pirminė atviro kampo glaukoma buvo nustatyta prieš IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją. 15 (18,1 proc.) akių IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija buvo diagnozuota kartu su glaukomos įtarimu (kai IOS ≥ 21 mm Hg). Kartu paėmus, glaukomą, kaip lydinčią patologiją, turėjo 60

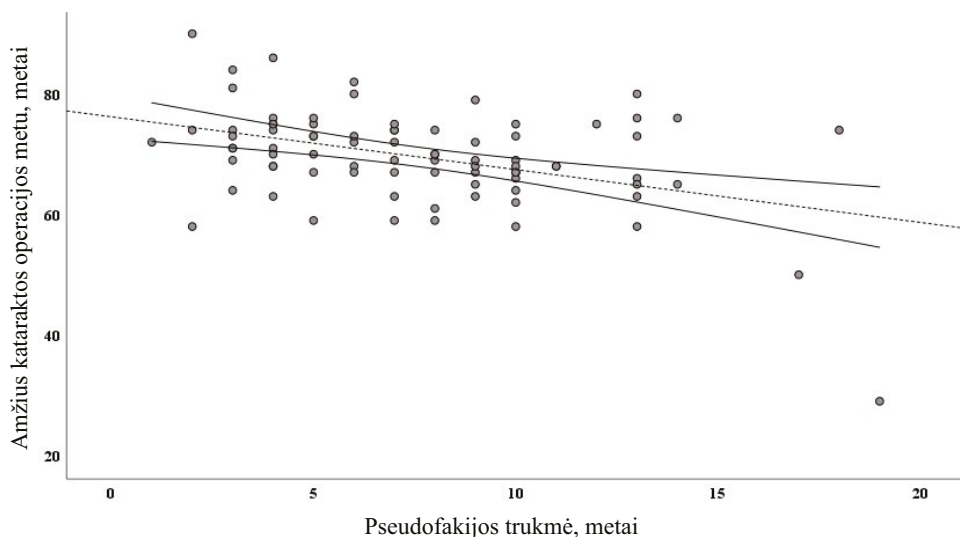
(72,32 proc.) tiriamųjų akių su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija. Kataraktos operacijos charakteristikos ir rizikos veiksniai susiję su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, atsižvelgiant į grupes, pateikti 4.1.2 lentelėje.

4.1.2 lentelė. Kataraktos operacijos charakteristikos ir rizikos veiksniai susiję su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir jų palyginimas tarp tiriamųjų grupių

Charakteristikos	RF grupė ($n_a = 43$)	P grupė ($n_a = 40$)	KLA grupė ($n_a = 35$)	PF grupė ($n_a = 81$)
	n_a (proc.)			
IOL dislokacijos laipsnis:			–	–
I	7 (16,3)	1 (2,5)		
II	8 (18,6)	6 (15,0)		
III	15 (34,9)	13 (32,5)		
IV	13 (30,2)	20 (50,0)		
	$\chi^2 = 6,313$, $p = 0,097$			
IOL medžiaga:				
Hidrofobinis akrilas	29 (67,4)	25 (62,5)	21 (60)	62 (76,5)
Hidrofilinis akrilas	14 (32,6)	15 (37,5)	14 (40)	19 (23,5)
	$\chi^2(3) = 3,895$, $p = 0,273$			
KTŽ	12 (27,9)	18 (45,0)	8 (22,9)	21 (25,9)
	$\chi^2(3) = 5,670$, $p = 0,129$			
YAG kapsulotomija	3 (7,0)	5 (12,5)	3 (8,6)	11 (13,6)
	$\chi^2(3) = 1,676$, $p = 0,642$			
PES	17 (39,5)	14 (35,0)	19 (27,9)	10 (12,3)
	$\chi^2(3) = 13,806$, $p = 0,003$			
Pirminė glaukoma	25 (58,1)	19 (47,5)	36 (52,9)	17 (21)
	$\chi^2(3) = 23,143$, $p < 0,001$			
Glaukomos įtarimas (IOS ≥ 21 mm Hg)	6 (14,0)	10 (25,0)	1 (1,5)	–
	$\chi^2(3) = 31,017$, $p < 0,001$			
TB	8 (18,6)	2 (5,0)	1 (1,5)	1 (1,2)
	$\chi^2(3) = 20,281$, $p < 0,001$			
Trumparegystė ($\geq -6D/AI \geq 26$ mm)	2 (4,7)	1 (2,5)	1 (1,5)	2 (2,5)
	–			
Uveitas	1 (2,3)	–	–	–
	–			

AI – ašies ilgis; IOL – intraokulinis lęšis; IOS – intraokulinis spaudimas; KLA – kontralateralinių akių; KTŽ – kapsulės tempimo žiedas; n_a – akių skaičius; P – pakeitimo; PES – pseudoeksfoliacinis sindromas; PF – pseudofakijos; RF – rainelės fiksacijos; TB – trabekulektomija; p reikšmės gautos, taikant χ^2 testą.

Pacientų amžius kataraktos operacijos metu neigiamai koreliavo su PFT, t.y. kuo vyresniame amžiuje operuojama katarakta tuo trumpesnė yra PFT (4.1.1 pav.).



4.1.1 pav. Ryšys tarp paciento amžiaus kataraktos operacijos metu ir pseudofakijos trukmės

$r_s = -0,391$, $p < 0,001$; r_s – Spearman koreliacijos koeficientas; grafike pateikiami abiejų grupių (RF ir P) su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija rezultatai.

Siekiant išsiaiškinti IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymo sąsajas su rizikos veiksniais, visus tiriamuosius suskirstėme į dvi grupes: I grupė akys su IOL dislokacija ($n_a = 83$); II grupė akys be IOL dislokacijos ($n_a = 116$). Į analizę įtraukti regresoriai, kurie lyginamojoje analizėje reikšmingai prognozavo IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją (4.1.3 lentelė).

4.1.3 lentelė. Rizikos veiksnių IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai prognozuoti regresorių pasiskirstymas

Regresoriai	Su IOL dislokacija (n _a = 83)	Be IOL dislokacijos (n _a = 116)	ŠS [95 proc. PI]	p reikšmė
	n (proc.)			
TB	10 (12,0)	2 (1,3)	10,068 [2,15–47,149]	<0,001
Glaukoma	60 (72,3)	54 (36,2)	4,589 [2,556–8,241]	<0,001
PES	31 (37,3)	29 (19,5)	2,467 [1,351–4,503]	0,003

IOL – intraokulinis lęšis; PES – pseudoeksfoliacinis sindromas; PI – pasikliautinas intervalas; ŠS – šansų santykis; TB – trabekulektomija; p reikšmės gautos, taikant χ^2 testą.

Kadangi PES reikšmingai koreliavo su glaukoma ($r = 0,325$, $p < 0,001$), todėl gavome du daugiaveiksnės logistinės regresinės modelius. I modelis (teisingai prognozuoja 67,7 proc., Nagelkerke determinacijos koeficientas 0,261): IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymo šansų santykis (ŠS) didesnis 8,795, jei praeityje buvo atlikta TB ir ŠS didesnis 2,272, jei pacientas serga PES. II modelis (teisingai prognozuoja 69,7 proc., Nagelkerke determinacijos koeficientas 0,266): IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos išsivystymo ŠS didesnis 5,049, jei praeityje buvo atlikta TB ir ŠS didesnis 3,975, jei pacientas serga glaukoma (4.1.4 lentelė).

4.1.4 lentelė. *Daugiaveiksnės logistinės regresijos modelis, rodantis kintamųjų sąsają su IOL–kapsulės maišelio komplekso galimybe, atmetus amžiaus ir lyties įtaką*

<i>Modelis I</i>		
Regresoriai	ŠS [95 proc. PI]	p reikšmė
TB	8,795 [1,844–41,942]	0,006
PES	2,272 [1,223–4,221]	0,009
Konstanta –0,919, $p < 0,001$		
<i>Modelis II</i>		
Regresoriai	ŠS [95 proc. PI]	p reikšmė
TB	5,049 [1,052–24,245]	0,043
Glaukoma (P ir I)	3,975 [2,175–7,264]	0,019
Konstanta –1,418, $p < 0,001$		

I – įtarimas; P – pirminė; PES – pseudoeksfoliacinis sindromas; PI – pasikliautinas intervalas; ŠS – šansų santykis; TB – trabekulektomija; p reikšmės gautos, taikant χ^2 testą.

4.1.1. Intraokulinis spaudimas ir su glaukoma susiję aspektai

Akių su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ($n_a = 83$) IOS mediana prieš operaciją buvo 19,0 (16,0–22,0) mm Hg. 24 (28,9 proc.) akys prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą, nepaisant maksimalaus medikamentinio gydymo, turėjo ≥ 21 mm Hg IOS, o iš jų pusė (12 (50,0 proc.) akių) – 30 mm Hg. Prieš operaciją ($n_a = 83$) vartojamų IOS mažinančių vaistų mediana buvo 2,0 (0,0–3,0). Prieš operaciją dažniausiai buvo vartojami beta blokatoriai (44 (55,4 proc) akys) ir kardoanhidrazės inhibitoriai (31 (37,3 proc.) akis) (prostaglandinai – 29 (34,9 proc.) akys, *alfa 2 adrenoreceptorių agonistai* – 11 (13,3 proc.) akių, prostaglandinų analogai – 9 (10,8 proc.) akys). Sisteminiai karboanhidrazės inhibitoriai buvo skiriami 6 (7,2 proc.) tiriamiesiems. Su glaukoma susiję duomenys, atsižvelgiant į grupes, pateikti 4.1.1.1 lentelėje.

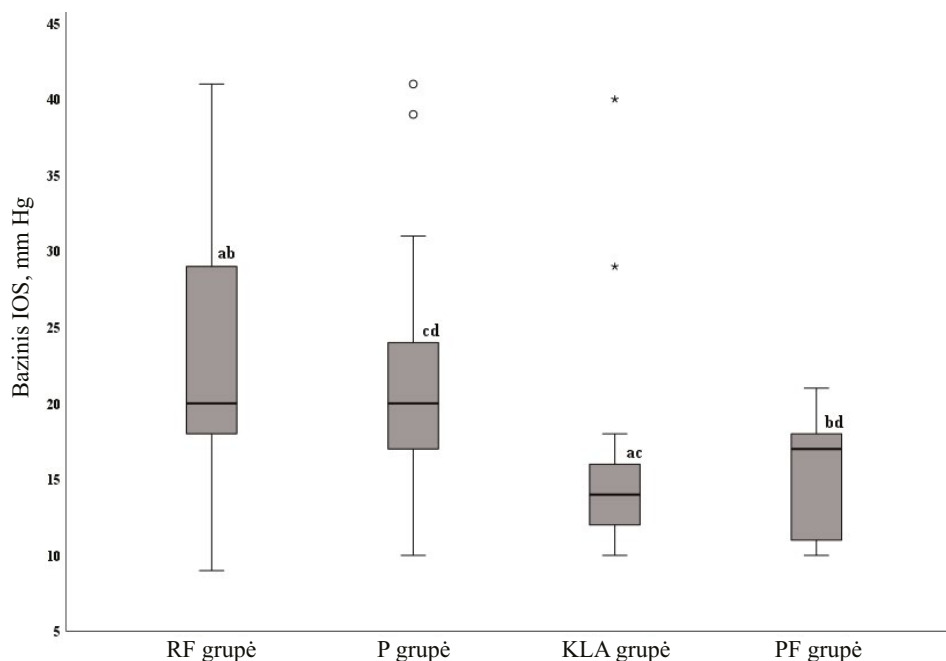
4.1.1.1 lentelė. Su glaukoma susiję duomenys ir jų palyginimas tarp tiriamųjų grupių

	RF grupė (n_a = 43)	P grupė (n_a = 40)	KLA grupė (n_a = 35)	PF grupė (n_a = 81)
Mediana (TKI)				
IOS, mm Hg	20,0 (17,0–25,0) ^{ac}	17,5 (16,0–22,0) ^{bd}	14,0 (12,0–16,0) ^{ab}	14,0 (12–16,0) ^{cd}
	H(3) = 66,551, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
Antiglaukominių medikamentų skaičius per dieną	2 (1–3)	2 (1–3)	2 (1–3)	1 (1–2,5)
	H(3) = 5,579, p = 0,140			
Laikas nuo G nustatymo pradžios, metai	8 (1–13)	5 (0,6–9) ^{ab}	10 (5–13) ^a	10 (4–18,5) ^b
	H(3) = 9,758, p = 0,021, ^{ab} p < 0,015			

G – glaukoma; KLA – kontralateralinių akių; n_a – akių skaičius; P – pakeitimo; PF – pseudofakijos; RF – rainelės fiksacijos; TB – trabekulektomija; TKI – tarpkvartilinis intervalas (25–oji ir 75–oji procentilės); viršutinių indeksų (^a, ^b, ^c, ^d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių viršutiniais indeksais nežymimi; p reikšmės gautos, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Glaukomos įtarimo atvejai RF ir P grupėse buvo diagnozuojami dažniausiai kartu su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija. Todėl jų laikas nuo diagnozės nustatymo pradžios iki IOL dislokacijos chirurginio gydymo yra žymiai trumpesnis nei pirminės atviro kampo glaukomos. Pašalinus glaukomos įtarimo atvejus iš analizės, laikas nuo pirminės atviro kampo glaukomos nustatymo pradžios, statistiškai reikšmingai nesiskyrė tarp grupių (mediana (TKI) RF grupė: 10,0 (4,5–14,0) metų; P grupė: 6,0 (4,0–10,0) metai; KLA grupė: 10,0 (5,0–13,0) metų; PF grupė: 10,0 (4,0–18,5) metų (H(3) = 3,20, p = 0,362)).

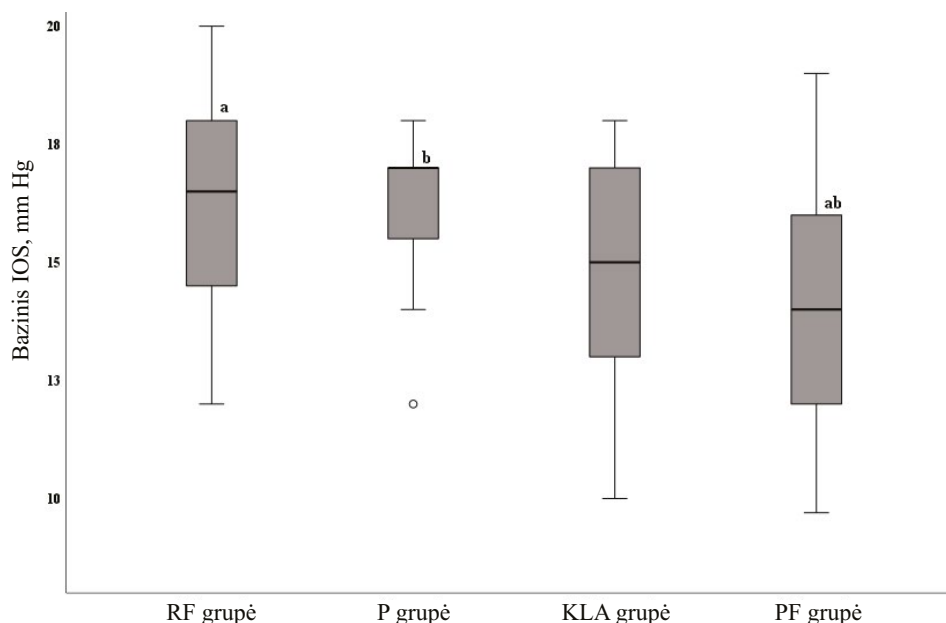
Atlikus pogrupių analizę, atsižvelgiant į glaukomos diagnozę nustatytą, kad IOS buvo didesnis RF ir P nei KLA ir PF grupių tiek atvejais su glaukomos diagnoze (G+), tiek be glaukomos diagnozės (G–) (G+ H(3) = 39,613, p < 0,001, G– H(3) = 13,618, p < 0,003). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.1.1.1 ir 4.1.1.2 paveiksluose.



4.1.1.1 pav. Intraokulinio spaudimo prieš IOL dislokacijos gydymą stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos, pogrupyje su glaukomos diagnoze

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

IOS – intraokulinis spaudimas; KLA – kontralateralinių akių; P – pakeitimo; PF – pseudo-fakijos; RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; $^{abcd}p < 0,004$, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.



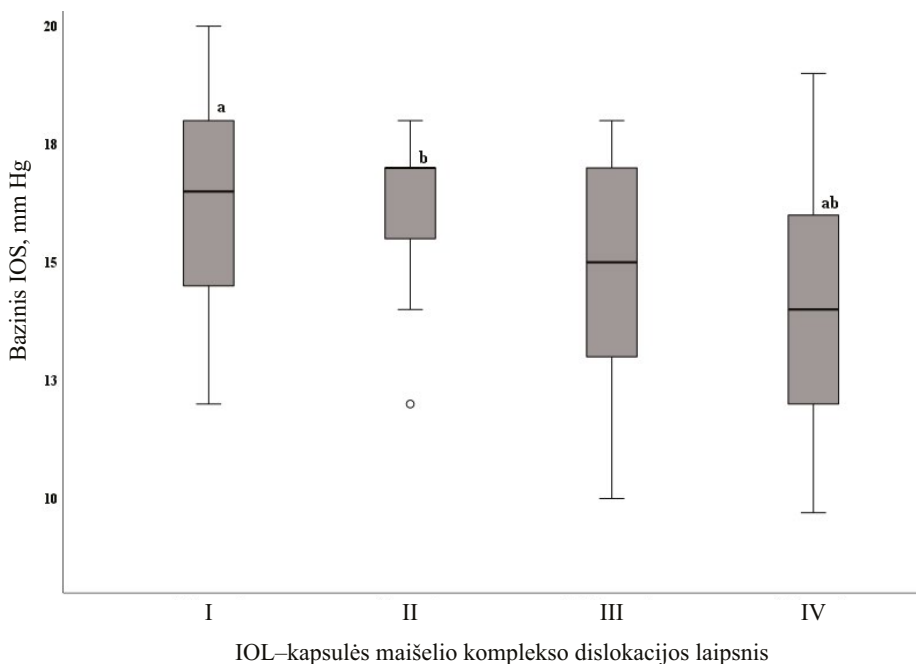
4.1.1.2 pav. Intraokulinio spaudimo prieš IOL dislokacijos gydymą stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos, pogrūpyje be glaukomos diagnozės

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio)

IOS – intraokulinis spaudimas, K – kontrolinės, KLA – kontralateralinių akių, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (^{a, b}) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{ab}p < 0,004, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

4.2. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnis ir jo sąsajos su intraokuliniu spaudimu

Tiriamųjų su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ($n_a = 83$) IOS statistiškai reikšmingai buvo didesnis esant I laipsnio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai ($H(3) = 13,783$, $p = 0,003$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.2.1 paveiksle.



4.2.1 pav. Intraokulinio spaudimo prieš IOL dislokacijos gydymą stačiakampė diagrama, atsižvelgiant į IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnį

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmo arba trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

IOS – intraokulinis spaudimas, IOL – intraokulinis lęšis; indeksų virš stačiakampių (a, b, c) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; $^{abc}p < 0,05$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

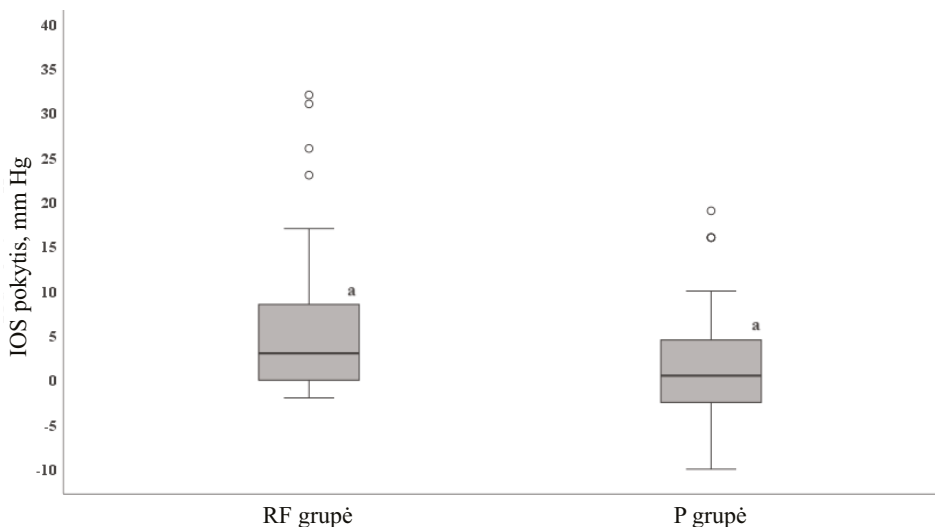
Be to, nustatyta reikšminga neigiama koreliacija tarp IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnio ir priešoperacinio IOS ($r_s = -0,354$, $p = 0,001$). Reikšmingų korelacių nenustatyta tarp IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnio ir paciento amžiaus, PFT ir IOL dislokacijos simptomų trukmės ($p > 0,05$).

4.3. IOS ir vartojamų antiglaukominių vaistų kiekio pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo

Tiriamųjų akių su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ($n_a = 83$) IOS mediana 6 mėn. po chirurginio gydymo buvo 16 (14–19) mm Hg. IOS sumažėjimo mediana buvo statistiškai reikšminga ir siekė 1,4 (–1–5) mm Hg

($p < 0,001$). Analizuojant pogrupį su gretutine glaukomos diagnoze ($n_a = 60$) nustatytas statistiškai reikšminga IOS sumažėjimo mediana (3,0 (–1–9) mm Hg, $p < 0,001$). Pogrupyje be glaukomos diagnozės sumažėjimas buvo statistiškai nereikšmingas (0 (–1–1,4) mm Hg, $p = 0,984$).

Po IOL dislokacijos chirurginio gydymo IOS medianos tarp RF ir P grupių reikšmingai nesiskyrė (atitinkamai 16,0 (14,0–18,0) *plg.* 16,5 (15–21,75), $p = 0,057$). IOS sumažėjimo mediana, lyginant IOS prieš ir po IOL dislokacijos gydymo, buvo reikšminga tik RF grupėje (RF grupė: 3,0 (0–9,0) mm Hg ($Z = -4,710$, $p < 0,07$); P grupė: 0,5 (–2,75–4,75) mm Hg ($Z = -0,684$, $p = 0,494$)). 4.3.1 paveiksle pateiktas IOS pokytis tarp RF ir P grupių.



4.3.1 pav. Intraokulinio spaudimo pokyčio stačiakampė diagrama, atsižvelgiant į tiriamąsias grupes

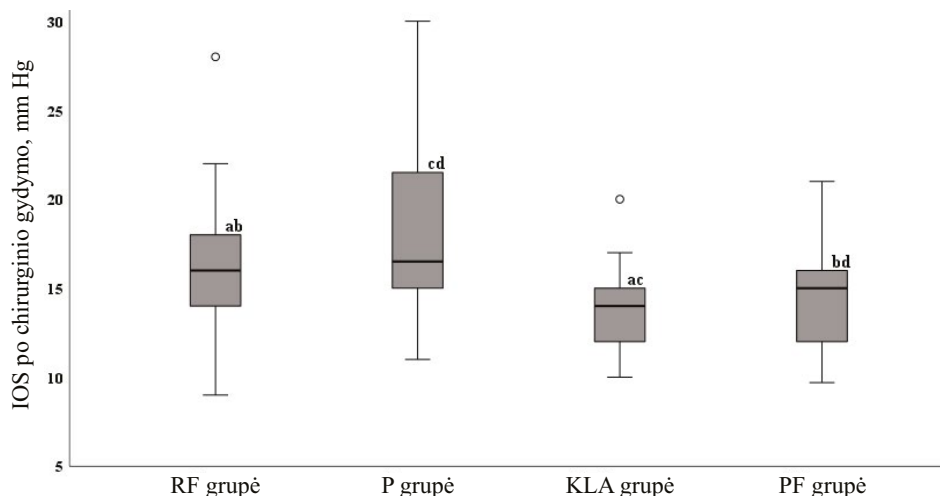
(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio)

IOS – intraokulinis spaudimas, RF – rainelės fiksacijos, P – pakeitimo; * $p = 0,004$, taikant Mann-Whitney testą.

Atlikta pogrupių analizė, kai į vertinimą buvo įtraukti tik atvejai su priešoperaciniu intraokuliniu spaudimu daugiau nei 21 mm Hg ir pašalinus iš analizės atvejus ($n = 5$) kai po IOL dislokacijos gydymo papildomai buvo atlikta filtruojanti operacija. Tokiais atvejais, IOS reikšmingai sumažėjo abiejose grupėse (mediana (TKI) RF grupė: nuo 27 (22–30) mm Hg prieš chirurginį gydymą iki 18 (14,25–19,5) mm Hg po chirurginio gydymo ($Z = -2,810$, $p = 0,005$); P grupė: nuo 26,5 (23,5–33) mm Hg prieš chirurginį gydymą iki 23,5 (14,75–26) mm Hg po chirurginio gydymo ($Z = -1,958$, $p = 0,05$). IOS

pokyčio mediana tarp grupių reikšmingai nesiskyrė (RF grupė: 9,0 (3,75–13,5) mm Hg *plg.* P grupė: 8 (–1,0–16,0) mm Hg ($p = 0,481$)).

Palyginus pooperacinį IOS tarp visų keturių grupių, gautas statistiškai reikšmingas skirtumas ($H(3) = 25,054$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.3.2 paveiksle.

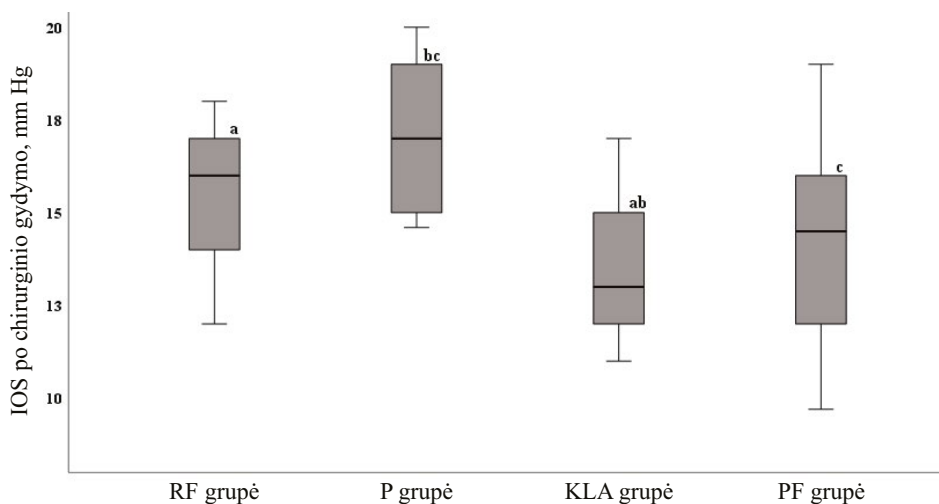


4.3.2 pav. Intraokulinio spaudimo, po chirurginio gydymo, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

IOS – intraokulinis spaudimas, KLA – kontralateralinių akių, P – pakeitimo, PF – pseudo-fakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (^{a, b, c, d}) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd} $p < 0,015$, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Atlikta IOS pogrupių analizė, atsižvelgiant į glaukomos diagnozę. Pooperacinis IOS reikšmingai tarp grupių nesiskyrė, atvejais su glaukomos diagnoze (G+), tačiau buvo reikšmingai didesnis RF ir P grupėse nei KLA ir PF grupėse, atvejais be glaukomos diagnozės (G–) (G+: $H(3) = 7,337$, $p = 0,062$; G–: $H(3) = 16,842$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.3.3 paveiksle.



4.3.3 pav. Intraokulinio spaudimo, po IOL dislokacijos gydymo, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos, pogrupyje be glaukomos diagnozės

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė). IOS – intraokulinis spaudimas, KLA – kontralateralinių akių, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (^{a, b, c}) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abc} $p < 0,022$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Praėjus 6 mėn. po IOL dislokacijos chirurginio gydymo ($n_a = 83$), antiglaukominių vaistų kiekis statistiškai reikšmingai nepasikeitė (mediana (TKI) 2,0 (0–4) medikamentai per dieną, $Z = -0,467$, $p = 0,64$). 59 (71,1 proc.) akims medikamentinis režimas nepasikeitė, 13 (15,7 proc.) akių reikėjo padidinti vartojamų antiglaukominių vaistų kiekį, o 11 (13,2 proc.) akių – sumažėjo.

Penkioms (6,02 proc.) akims per 6 mėn. laikotarpį po IOL dislokacijos chirurginio gydymo buvo atlikta papildoma filtruojanti operacija dėl subkompensuoto IOS. Šiems atvejams ($n_a = 5$) prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą buvo nustatyta aukštas IOS (mediana (TKI) 41 (30–41) mm Hg), kuris sumažėjo (mediana (TKI) 12 (10–15) mm Hg) po IOL dislokacijos chirurginio gydymo papildomai atlikus filtruojančią operaciją. Po IOL dislokacijos chirurginio gydymo ir papildomai atliktos filtruojančios operacijos antiglaukomis gydymas vaistais buvo nutrauktas 4 akims, 1 akiai tikslinio IOS palaikymui reikėjo 3 antiglaukominių medikamentų per dieną.

Antiglaukominių vaistų kiekis statistiškai reikšmingai nepasikeitė nei vienoje grupėje lyginant rezultatus prieš ir po IOL dislokacijos chirurginio gydymo (mediana (TKI) RF grupė prieš chirurginį gydymą 2 (1–3) medi-

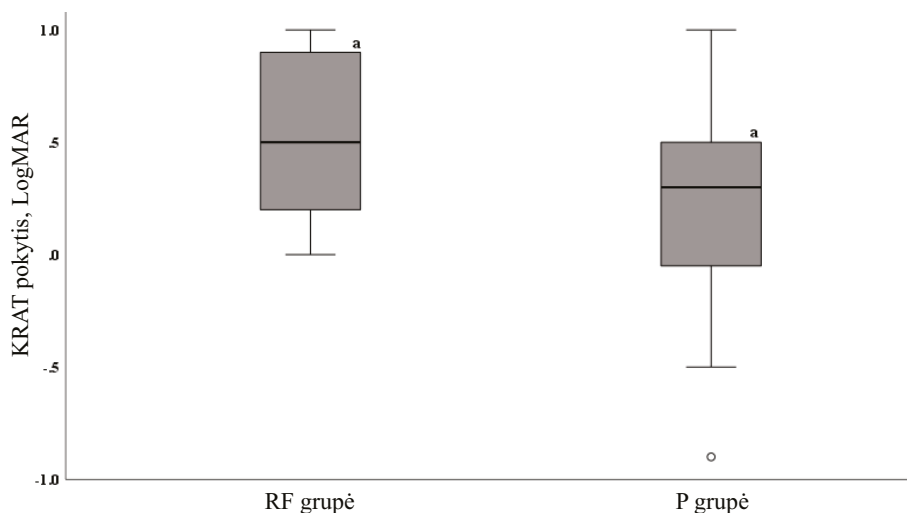
kamentai per dieną, 2 (1–3) medikamentai per dieną po chirurginio gydymo ($Z = -0,476$, $p = 0,634$); P grupė: prieš chirurginį gydymą 2 (1–3) medikamentai per dieną, 2 (1–3) medikamentai per dieną po chirurginio gydymo ($Z = -0,443$, $p = 0,658$). RF grupėje 31 (72,1 proc.) akiai medikamentinis režimas nepasikeitė, 6 (13,9 proc.) akims vartojamų antiglaukominių vaistų kiekis padidėjo, o 6 (13,9 proc.) akims – sumažėjo. P grupėje antiglaukominių medikamentų kiekis nepasikeitė 28 (70,0 proc.) akims, 7 (17,5 proc.) akims – padidėjo, o 5 (12,5 proc.) akims – sumažėjo.

Papildoma filtruojanti operacija po IOL dislokacijos chirurginio gydymo buvo atlikta 4 (9,3 proc.) akims iš RF grupės ir 1 (2,5 proc.) akiai iš P grupėje. RF grupėje šiose akyse prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą IOS buvo 41 (32–41) mm Hg. Po IOL dislokacijos chirurginio gydymo papildomai atlikus filtruojančią operaciją IOS buvo 11 (9,25–14,25) mm Hg, be antiglaukominių vaistų. P grupėje vieno atvejo IOS prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą buvo 31,0 mm Hg ir sumažėjo iki 15,0 mm Hg po IOL dislokacijos chirurginio gydymo papildomai atlikus filtruojančią operaciją. IOS palaikymui buvo skiriami 3 antiglaukominiai vaistai per dieną.

4.4. Regos aštrumo pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo

NRAT ir KRAT po chirurginio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo ($n_a = 83$) reikšmingai pagerėjo (mediana (TKI) NRAT: nuo 1,1 (0,7–1,4) LogMAR iki 0,4 (0,2–0,7) LogMAR ($Z = -6,925$, $p < 0,001$); KRAT: nuo 0,5 (0,3–1,0) LogMAR iki 0,2 (0,0–0,4) LogMAR ($Z = -5,344$, $p < 0,001$)).

Vertinant regos pokyčius tiriamiesiems, su nedideliu laipsnio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija (t.y. I – III laipsnio) NRAT reikšmingai pagerėjo abiejose grupėse (mediana (TKI) RF grupė: nuo 0,8 (0,48–1,1) LogMAR iki 0,2 (0,1–0,4) LogMAR ($Z = -4,352$, $p < 0,001$); P grupė: nuo 1,0 (0,78–1,18) LogMAR iki 0,6 (0,4–1,0) LogMAR ($Z = -2,225$, $p = 0,026$). NRAT pokytis tarp RF ir P grupių reikšmingai nesiskyrė ($p = 0,365$). KRAT taip pat reikšmingai pagerėjo abiejose grupėse (mediana (TKI) RF grupė: nuo 0,5 (0,4–1,0) LogMAR iki 0,1 (0,0–0,2) LogMAR ($Z = -4,719$, $p < 0,001$); P grupė: nuo 0,5 (0,3–0,9) LogMAR iki 0,3 (0,2–0,4) LogMAR ($Z = -1,921$, $p = 0,05$). KRAT pokytis buvo reikšmingai didesnis RF grupėje ($p = 0,006$) (4.4.1 pav.).

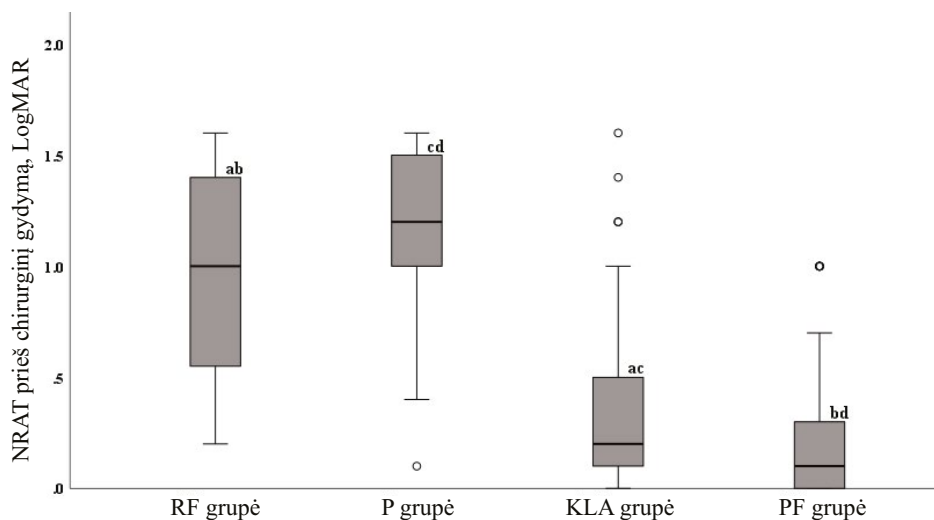


4.4.1 pav. Koreguoto regėjimo aštrumo pokyčio stačiakampė diagrama, atsižvelgiant į tiriamąsias grupes

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KRAT – koreguotas regėjimo aštrumas į tolį, RF – rainelės fiksacijos, P – pakeitimo; *p = 0,004, taikant *Mann-Whitney* testą.

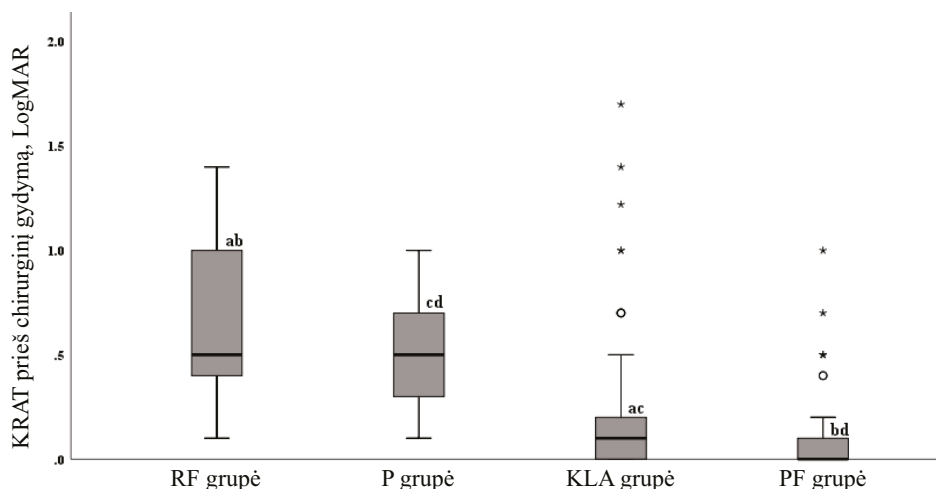
Palyginus priešoperacinį NRAT ir KRAT tarp RF ir P grupių nesi-skyrė, tačiau buvo reikšmingai prastesni nei KLA ir PF grupių (NRAT: $H(3) = 118,061$, $p < 0,001$; KRAT: $H(3) = 113,381$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.4.2 ir 4.4.3 paveiksluose.



4.4.2 pav. *Nekoreguoto regėjimo aštrumo į tolį, prieš IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymą, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos*

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip ½ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinių akių, NRAT – nekoreguotas regėjimo aštrumas į tolį, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd}p < 0,001, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

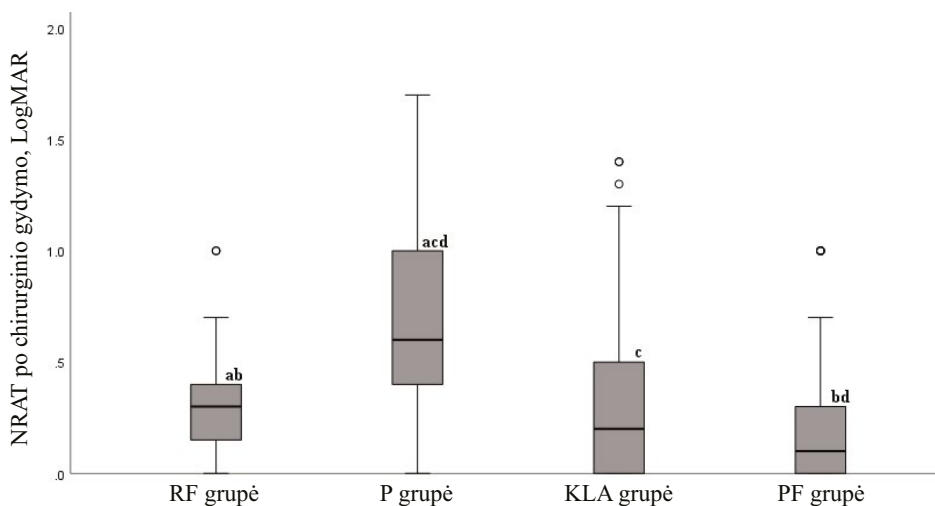


4.4.3 pav. Koreguoto regėjimo aštrumo į tolį, prieš IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymą, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip ½ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip ½ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinių akių, KRAT – koreguotas regėjimo aštrumas į tolį, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd}p < 0,001, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

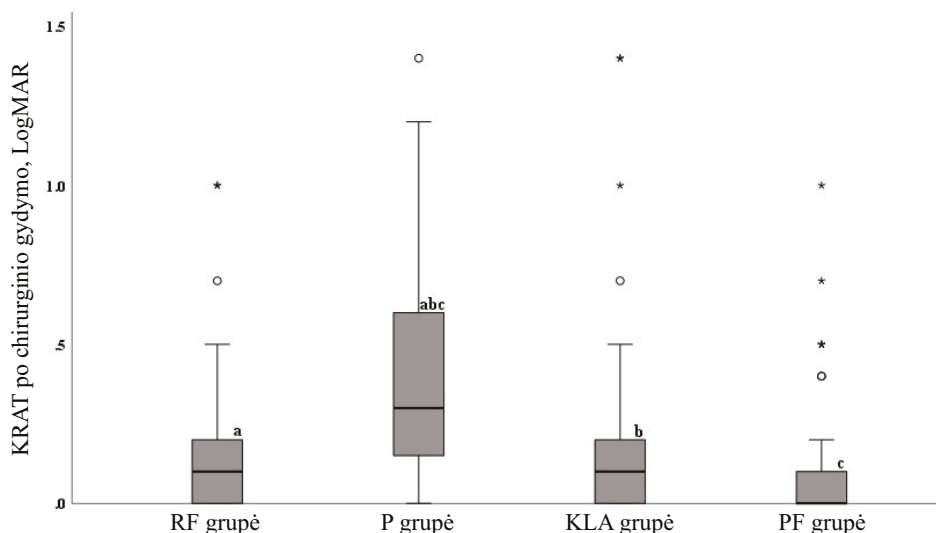
Pooperaciniai NRAT ir KRAT taip pat statistiškai reikšmingai skyrėsi tarp grupių (NRAT: $H(3) = 48,738$, $p < 0,001$; KRAT: $H(3) = 35,583$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.4.4 ir 4.4.5 paveiksluose.



4.4.4 pav. Nekoreguoto regėjimo aštrumo į tolį, po IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinių akių, NRAT – nekoreguotas regėjimo aštrumas į tolį, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd}p < 0,001, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.



4.4.5 pav. Koreguoto regėjimo aštrumo į tolį, po IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinių akių, KRAT – koreguotas regėjimo aštrumas į tolį, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abc}p < 0,001, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

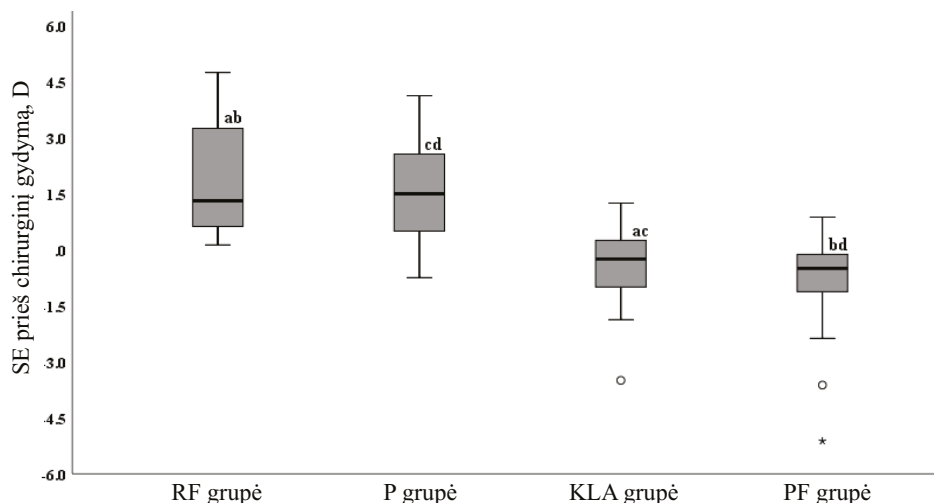
4.5. Refrakcijos ir rageninio astigmatizmo pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo

4.5.1. Sferinio ekvivalento pokyčiai

SE mediana (TKI) po chirurginio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo ($n_a = 83$) reikšmingai sumažėjo nuo 3,38 (0,25–9,5) D iki –0,75 (–1,5–0) D ($Z = -6,922$, $p < 0,001$).

Vertinant SE pokyčius tiriamiesiems, kuriems nereikėjo afakijos korekcijos (t.y. I – III IOL dislokacijos laipsniai) SE reikšmingai pasikeitė abiejose grupėse (mediana (TKI) RF grupė: nuo 1,44 (0,63–3,84) D iki –0,25 (–1,13–0,5) D ($Z = -4,681$, $p < 0,001$); P grupė: nuo 1,5 (0,5–2,88) D iki –0,69 (–2,0–0,38) D ($Z = -3,885$, $p < 0,001$). SE pokytis reikšmingai tarp RF ir P grupių nesiskyrė ($p = 0,394$).

Palyginus priešoperacinį SE tarp visų keturių grupių, gautas statistiškai reikšmingas skirtumas ($H(3) = 82,282$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.5.1.1 paveiksle.



4.5.1.1 pav. Sferinio ekvivalento, prieš IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymą, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, $\circ$ – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio ir $*$ – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio).

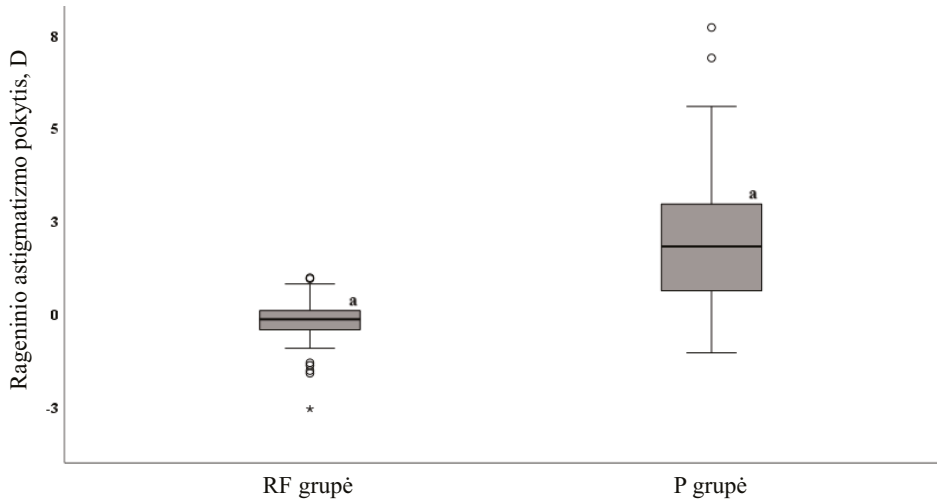
KLA – kontralateralinių akių, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (^{a, b, c, d}) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd} $p < 0,001$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Pooperacinis SE statistiškai reikšmingai nesiskyrė tarp grupių ($H(3) = 6,695$, $p = 0,082$).

4.5.2. Rageninio astigmatizmo pokyčiai

Statistiškai reikšmingo rageninio astigmatizmo pokyčio RF grupėje nebuvo nustatyta (mediana (TKI) prieš operaciją buvo 1,10 (0,65–1,55) D, po operacijos – 0,86 (0,41–1,39) D ($Z = -1,863$, $p = 0,062$)). Tuo tarpu P grupėje nustatytas reikšmingas rageninio astigmatizmo padidėjimas (mediana (TKI) nuo 1,01 (0,53–1,51) D prieš operaciją iki 2,8 (1,51–4,72) D po operacijos ($Z = -4,888$, $p = 0,001$)). Tyrimo pradžioje reikšmingų rageninio astigmatizmo skirtumų tarp RF ir P grupių nenustatyta ($p = 0,613$), tačiau praėjus

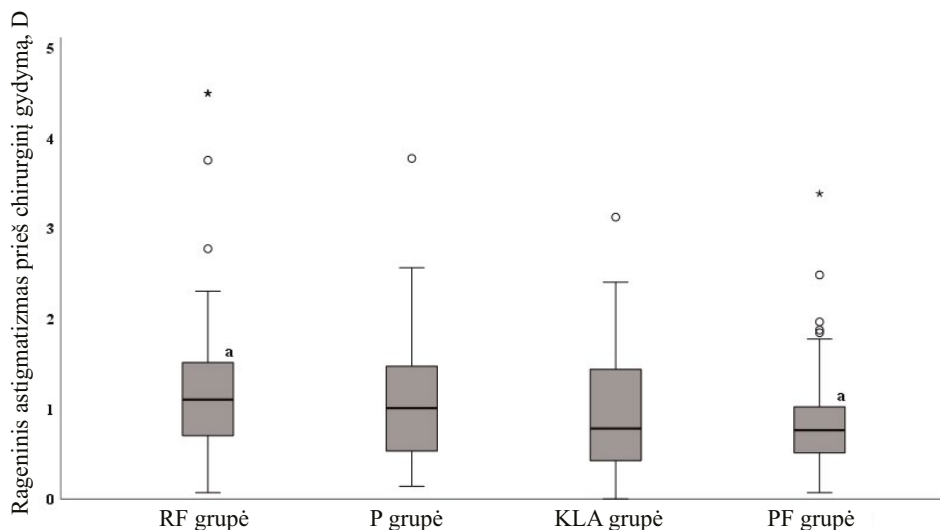
6 mėnesiams po IOL dislokacijos chirurginio gydymo šis parametras buvo reikšmingai didesnis P grupėje ($p < 0,001$) (4.5.2.1 pav.).



4.5.2.1 pav. Rageninio astigmatizmo pokyčio stačiakampė diagrama, atsižvelgiant į grupes

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo arba trečiojo kvartilio). P – pakeitimo, RF – rainelės fiksacijos; * $p < 0,001$, remiantis *Mann-Whitney* testu.

Palyginus priešoperacinį rageninį astigmatizmą tarp visų keturių grupių, gautas statistiškai reikšmingas skirtumas ($H(3) = 10,753$, $p = 0,013$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.5.2.2 paveiksle.

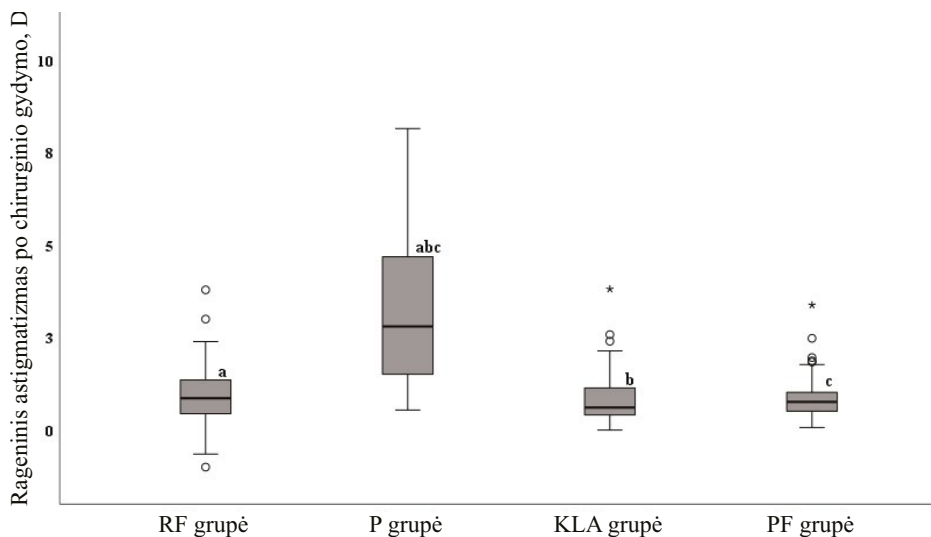


4.5.2.2 pav. Rageninio astigmatizmo, prieš IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymą, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio).

KLA – kontralateralinių akių, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksas virš stačiakampių (*) nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; * $p < 0,01$, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Pooperacinis rageninis astigmatizmas statistiškai reikšmingai skyrėsi tarp grupių ($H(3) = 62,234$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.5.2.3 paveiksle.



4.5.2.3 pav. Rageninio astigmatizmo, po IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo arba trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinių akių, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; $^{abc}p < 0,001$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

RF ir P grupėse statistiškai reikšmingo rageninio astigmatizmo ašies pokyčio nenustatytas. RF grupėje prieš operaciją ašies mediana (TKI) buvo 95 (41–135), po operacijos – 95 (29–133) ($Z = -0,605$, $p = 0,545$). P grupėje prieš operaciją ašies mediana (TKI) buvo 110 (89–126), po operacijos – 94 (29–107) ($Z = -1,881$, $p = 0,06$). Ašies orientacija reikšmingai nesiskyrė ir tarp visų keturių tiriamųjų grupių tiek prieš chirurginį gydymą ($H(3) = 2,996$, $p = 0,392$), tiek po jo ($H(3) = 0,895$, $p = 0,827$).

4.6. Aberacijos, esant IOL–kapsulės maišelio dislokacijai, ir jų pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo

Atlikta AEA (Zernike polinomų trečios ir ketvirtos radialinės eilės) koeficientų RMS reikšmių analizė. Nustatyta, kad tiek bendrosios, tiek vidinės aberacijų RMS reikšmės po operacijos statistiškai reikšmingai sumažėjo tiek RF, tiek P grupėse ($p < 0,001$). Tuo tarpu rageninės RMS reikšmės pooperaciniu laikotarpiu statistiškai reikšmingai padidėjo P grupėje ($p = 0,05$). Palyginus šių grupių aberacijų RMS reikšmes su KLA ir PF grupėmis, nustatyta, kad prieš operaciją RF ir P grupių bendrosios ir vidinės aberacijų RMS reikšmės buvo reikšmingai didesnės nei KLA ir PF grupėse ($p < 0,05$). Pooperaciniu laikotarpiu, nepaisant reikšmingo sumažėjimo, bendrosios ir vidinės RMS reikšmės RF ir P grupėse išliko aukštesnės nei PF grupės ($p < 0,05$), bet nebesiskyrė nuo KLA grupės ($p > 0,05$). Rageninių aberacijų RMS reikšmės po operacijos P grupėje buvo statistiškai reikšmingai aukštesnės nei RF, KLA ir PF grupėse ($p < 0,05$). RMS reikšmių skirtumai tarp grupių pažymėti 4.6.1 lentelėje.

4.6.1 lentelė. Bendrųjų, rageninių ir vidinių aberacijų RMS reikšmių palyginimas tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

Charakteristikos			RF grupė (n _a = 43)	P grupė (n _a = 40)	KLA grupė (n _a = 35)	PF grupė (n _a = 81)
			Mediana (TKI)			
Aberacijų RMS reikšmės, μ m	Bendrosios	Prieš	2,384 (0,96–4,144) ^{ab}	1,959 (0,800–4,320) ^{cd}	0,485 (0,291–0,903) ^{ace}	0,271 (0,168–0,49) ^{bde}
		Po	0,811 (0,322–1,337) ^a	0,536 (0,294–1,123) ^b	0,514 (0,288–0,907) ^c	0,271 (0,168–0,49) ^{abc}
		prieš plg. po	Z = –4,610, p < 0,001	Z = –4,259, p < 0,001	Z = –0,444, p = 0,657	–
		Prieš	H(3) = 83,050, p < 0,001, ^{abcde} p < 0,048			
		Po	H(3) = 24,894, p < 0,001, ^{abc} p < 0,024			
	Rageninės	Prieš	0,218 (0,168–0,409)	0,290 (0,203–0,740)	0,211 (0,186–0,320)	0,222 (0,179–0,471)
		Po	0,250 (0,179–0,364) ^a	0,489 (0,24–1,322) ^{abc}	0,230 (0,189–0,285) ^b	0,222 (0,179–0,471) ^c
		prieš plg. po	Z = –1,788, p = 0,074	Z = –1,885, p = 0,05	Z = –0,498, p = 0,619	–
		Prieš	H(3) = 4,030, lls = 3, p = 0,258			
		Po	H(3) = 19,224, p < 0,001, ^{abc} p < 0,011			
	Vidinės	Prieš	2,754 (1,471–7,22) ^{ab}	2,423 (1,01–4,708) ^{cd}	0,619 (0,353–1,136) ^{ac}	0,417 (0,21–0,775) ^{bd}
		Po	0,757 (0,331–1,305) ^a	0,972 (0,397–1,510) ^b	0,546 (0,349–1,089)	0,417 (0,21–0,775) ^{ab}
		prieš plg. po	Z = –5,148, p < 0,001	Z = –3,603, p < 0,001	Z = –1,105, p = 0,269	–
		Prieš	H(3) = 71,940, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,002			
		Po	H(3) = 17,781, p < 0,001, ^{ab} p < 0,017			

KLA – kontralateralinės akies; RF – rainelės fiksacijos; P – pakeitimo; PF – pseudofakijos; RMS (angl. *root mean square*, liet. kvadratinės šaknies vidurkio reikšmė); TKI – tarpkvartilinis intervalas (25–oji ir 75–oji procentilės); viršutinių indeksų (^a, ^b, ^c, ^d, ^e) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių viršutiniais indeksais nežymimi; *p* reikšmės gautos, taikant *Wilcoxon* testą ir taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Tyrimo metu buvo įvertintos atskiros ŽEA ir AEA (bendrosios, rageninės ir vidinės), nuo antros iki ketvirtos Zernike eilės. Nustatyta, kad tiek ŽEA (įskaitant bendrąsias ir vidines aberacijas), tiek AEA (įskaitant bendrąsias ir vidines aberacijas), po IOL dislokacijos chirurginio gydymo reikšmingai sumažėjo tiek RF, tiek P grupėse ($p < 0,05$). Vidinės sferinės aberacijos ir įstrižas antrinis astigmatizmas po chirurginio gydymo sumažėjo abiejose grupėse, tačiau statistiškai reikšmingi pokyčiai buvo stebėti tik RF grupėje ($p < 0,05$).

Rageninės aberacijos RF grupėje reikšmingai nepasikeitė ($p > 0,05$), išskyrus vertikalią komą, kuri po IOL dislokacijos chirurginio gydymo sumažėjo ($p < 0,05$). Tuo tarpu rageninės aberacijos (įstrižas astigmatizmas, vertikalus astigmatizmas ir įstrižas trefoil) P grupėje reikšmingai padidėjo ($p < 0,05$).

Palyginus RF ir P grupių aberacijas su KLA ir PF grupėmis nustatyta, kad prieš operaciją RF ir P grupių visos bendrosios ir vidinės aberacijos buvo reikšmingai didesnės nei KLA ir PF grupių ($p < 0,05$). Nepaisant to, kad daugelis aberacijų po chirurginio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo reikšmingai sumažėjo, dauguma jų po operacijos buvo reikšmingai didesnės nei PF grupės ($p < 0,05$) ir nebesiskyrė nuo KLA grupės ($p > 0,05$). Po IOL dislokacijos chirurginio gydymo rageninės aberacijos (įstrižas astigmatizmas, vertikalus astigmatizmas, vertikalus trefoil, įstrižas trefoil ir įstrižas tetrafoil) buvo reikšmingai didesnės P grupėje, nei RF, KLA ir PF grupėse ($p < 0,05$). Aberacijų reikšmių skirtumai tarp grupių pažymėti 4.6.2 lentelėje.

4.6.2 lentelė. Atskirų aberacijų (bendrujų, rageninių ir vidinių) reikšmių palyginimas tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

				RF grupė (n _a = 43)	P grupė (n _a = 40)	KLA grupė (n _a = 35)	PF grupė (n _a = 81)
				Mediana (TKI)			
Žemesnės eilės aberacijos	Istrižas astigmatizmas, μm	Bendras	Prieš	2,42 (0,95–6,73) ^{ab}	2,09 (0,61–4,33) ^{cd}	0,38 (0,19–0,79) ^{ac}	0,31 (0,19–0,68) ^{bd}
			Po	0,60 (0,34–1,65) ^a	0,81 (0,34–1,68) ^b	0,56 (0,33–1,11)	0,31 (0,19–0,68) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –4,543, p < 0,001	Z = –3,069, p = 0,002	Z = –1,507, p = 0,132	–
			p tarp grupių prieš	H(3) = 53,610, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 18,276, p < 0,001, ^{ab} p < 0,002			
		Rageninis	Prieš	0,53 (0,24–1,01)	0,46 (0,3–0,76)	0,30 (0,19–0,42)	0,39 (0,18–0,66)
			Po	0,46 (0,26–0,85) ^a	0,91 (0,44–2,46) ^{abc}	0,30 (0,22–0,44) ^b	0,39 (0,18–0,66) ^c
			p prieš plg, po	Z = –0,726, p = 0,468	Z = –2,948, p = 0,003	Z = –0,578, p = 0,563	–
			p tarp grupių prieš	H(3) = 4,485, p = 0,214			
			p tarp grupių po	H(3) = 24,894, p < 0,001, ^{abc} p < 0,037			
	Vidinis	Vidinis	Prieš	3,80 (1,35–7,88) ^{ab}	1,99 (1,00–4,92) ^{cd}	0,58 (0,22–2,12) ^{ac}	0,35 (0,16–0,87) ^{bd}
			Po	0,68 (0,46–1,53) ^a	1,52 (0,37–2,35) ^b	0,60 (0,26–1,95)	0,35 (0,16–0,87) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –4,591, p < 0,001	Z = –2,231, p = 0,026	Z = –0,036, p = 0,971	–
			p tarp grupių prieš	H(3) = 63,187, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 20,126, p < 0,001 ^{ab} p < 0,017			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Žemesnės eilės aberacijos	Defokusas, μm	Bendras	Prieš	4,15 (2,15–11,83) ^{ab}	7,52 (2,65–15,80) ^{cd}	1,04 (0,57–1,70) ^{ac}	0,79 (0,38–1,54) ^{bd}
			Po	1,01 (0,51–1,45)	1,04 (0,49–2,35)	1,31 (0,51–2,18)	0,79 (0,38–1,54)
			p prieš plg, po	Z = –4,946, p < 0,001	Z = –4,402, p < 0,001	Z = –0,556, p = 0,578	–
			p tarp grupių prieš	H(3) = 80,067, p < 0,001, ^{abcd} < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 4,302, p = 0,231			
		Rageninis	Prieš	0,91 (0,53–1,39)	1,07 (0,56–1,71)	0,97 (0,63–1,37)	1,08 (0,75–1,41)
			Po	0,84 (0,44–1,25)	0,99 (0,66–1,63)	1,06 (0,68–1,31)	1,08 (0,75–1,41)
			p prieš plg, po	Z = –1,326, p = 0,185	Z = –0,147, p = 0,883	Z = –1,144, p = 0,253	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 3,266, p = 0,352			
			p tarp grupių po	H(3) = 7,134, p = 0,059			
		Vidinis	Prieš	6,77 (3,25–14,96) ^{ab}	8,63 (2,75–13,86) ^{cd}	1,27 (0,46–2,68) ^{ac}	0,95 (0,5–2,07) ^{bd}
			Po	1,03 (0,44–1,52)	1,62 (1,06–1,62) ^a	1,26 (0,25–3,36)	0,95 (0,5–2,07) ^a
			p prieš plg, po	Z = –5,282, p < 0,001	Z = –3,548, p < 0,001	Z = –0,256, p = 0,798	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 75,290, p < 0,001, ^{abcd} < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 8,752, p = 0,033, ^a p = 0,009			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Žemesnės eilės aberacijos	Vertikalus astigmatizmas, μm	Bendras	Prieš	2,11 (0,91–5,14) ^{ab}	1,87 (0,94–4,79) ^{cd}	0,67 (0,40–1,33) ^{ac}	0,46 (0,20–0,92) ^{bd}
			Po	0,64 (0,38–1,19) ^a	1,59 (0,63–2,58) ^{bc}	0,67 (0,22–1,36) ^b	0,46 (0,20–0,92) ^{ac}
			p prieš plg, po	Z = –4,167, p < 0,001	Z = –1,855, p = 0,064	Z = –1,194, p = 0,232	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 52,352, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 20,510, p < 0,001, ^{abc} p < 0,035			
		Rageninis	Prieš	0,74 (0,31–1,27)	0,97 (0,35–1,47)	0,36 (0,19–0,81)	0,72 (0,37–1,05)
			Po	0,59 (0,27–1,34) ^a	2,39 (0,96–4,45) ^{abc}	0,42 (0,14–0,78) ^b	0,72 (0,37–1,05) ^c
			p prieš plg, po	Z = –1,443, p = 0,149	Z = 2,829, p = 0,005	Z = –0,058, p = 0,058	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 7,298, p = 0,063			
			p tarp grupių po	H(3) = 31,093, p < 0,001, ^{abc} p < 0,001			
		Vidinis	Prieš	3,19 (1,09–8,65) ^{ab}	3,43 (1,48–5,86) ^{cd}	1,25 (0,56–2,44) ^{ac}	0,64 (0,36–1,14) ^{bd}
			Po	0,77 (0,41–1,23)	1,77 (0,47–2,89)	0,89 (0,38–1,53)	0,64 (0,36–1,14)
			p prieš plg, po	Z = –4,772, p < 0,001	Z = –2,881, p = 0,004	Z = –0,068, p = 0,062	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 44,608, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,005			
			p tarp grupių po	H(3) = 7,444, p = 0,059			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Vertikalus trefoil, μm	Bendras	Prieš	1,77 (0,38–3,72) ^{ab}	1,04 (0,50–3,74) ^{cd}	0,40 (0,19–0,59) ^{ac}	0,32 (0,15–0,55) ^{bd}
			Po	0,40 (0,20–0,68)	0,45 (0,18–1,03)	0,42 (0,31–0,71)	0,32 (0,15–0,55)
			p prieš plg, po	Z = –3,965, p < 0,001	Z = –3,599, p < 0,001	Z = –0,738, p = 0,461	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 50,917, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 3,629, p = 0,304			
		Rageninis	Prieš	0,29 (0,16–0,54)	0,40 (0,16–0,89)	0,29 (0,07–0,53)	0,27 (0,12–0,65)
			Po	0,30 (0,11–0,52) ^a	0,54 (0,30–2,09) ^{abc}	0,31 (0,10–0,44) ^b	0,27 (0,12–0,65) ^c
			p prieš plg, po	Z = –1,221, p = 0,222	Z = 1,327, p = 0,185	Z = –0,583, p = 0,560	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 6,864, p = 0,076			
			p tarp grupių po	H(3) = 17,744, p < 0,001, ^{abc} p < 0,004			
		Vidinis	Prieš	2,29 (0,68–5,83) ^{ab}	1,65 (0,45–5,34) ^{cd}	0,40 (0,12–0,71) ^{ac}	0,36 (0,12–1,01) ^{bd}
			Po	0,61 (0,17–1,06)	0,73 (0,22–1,10)	0,50 (0,25–0,98)	0,36 (0,12–1,01)
			p prieš plg, po	Z = –4,301, p < 0,001	Z = –2,659, p = 0,008	Z = –0,118, p = 0,905	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 45,402, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,002			
			p tarp grupių po	H(3) = 4,173, p = 0,243			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Vertikali koma, μm	Bendras	Prieš	1,86 (0,39–4,11) ^{ab}	0,93 (0,53–2,46) ^{cd}	0,41 (0,12–0,79) ^{ac}	0,23 (0,11–0,55) ^{bd}
			Po	0,43 (0,19–0,79)	0,39 (0,27–0,69)	0,41 (0,17–0,61)	0,23 (0,11–0,55)
			p prieš plg, po	Z = –4,315, p < 0,001	Z = –3,137, p = 0,002	Z = –0,300, p = 0,764	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 47,470, p = 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 9,716, p = 0,052			
		Rageninis	Prieš	0,25 (0,11–0,58)	0,29 (0,16–0,80)	0,31 (0,13–0,47)	0,30 (0,15–0,70)
			Po	0,18 (0,09–0,35) ^a	0,50 (0,16–1,35) ^a	0,30 (0,13–0,47)	0,30 (0,15–0,70)
			p prieš plg, po	Z = –2,473, p = 0,013	Z = 1,605, p = 0,108	Z = –0,163, p = 0,870	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 2,115, p = 0,549			
			p tarp grupių po	H(3) = 14,313, p = 0,003, ^a p = 0,002			
	Vidinis	Prieš	1,52 (0,57–7,34) ^{ab}	1,08 (0,44–3,22) ^{cd}	0,58 (0,12–0,99) ^{ac}	0,42 (0,15–0,91) ^{bd}	
		Po	0,49 (0,27–0,93)	0,69 (0,29–1,40)	0,45 (0,19–0,76)	0,42 (0,15–0,91)	
		p prieš plg, po	Z = –3,844, p < 0,001	Z = –2,094, p = 0,036	Z = –0,844, p = 0,399		
		p tarp grupių prieš	H(3) = 29,347, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,033				
		p tarp grupių po	H(3) = 4,603, p = 0,203				

4.6.2 lentelės tęsinys

			RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė	
Aukštesnės eilės aberacijos	Horizontali koma, μm	Bendras	Prieš	1,17 (0,30–3,09) ^{ab}	0,77 (0,41–2,66) ^{cd}	0,26 (0,13–0,82) ^{ac}	0,19 (0,07–0,43) ^{bd}
		Po	0,54 (0,39–1,04) ^a	0,37 (0,12–0,73)	0,29 (0,15–1,10)	0,19 (0,07–0,43) ^a	
		p prieš plg, po	Z = –2,534, p = 0,011	Z = –2,915 p = 0,004	Z = –1,044, p = 0,296		
		p tarp grupių prieš	H(3) = 45,375, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,007				
		p tarp grupių po	H(3) = 25,636, p < 0,001, ^a p < 0,012				
	Rageninis	Prieš	0,17 (0,07–0,28)	0,14 (0,05–0,29)	0,19 (0,08–0,26)	0,17 (0,09–0,33)	
		Po	0,17 (0,05–0,33)	0,15 (0,05–0,43)	0,12 (0,05–0,23)	0,17 (0,09–0,33)	
		p prieš plg, po	Z = –0,195, p = 0,845	Z = 0,950, p = 0,342	Z = –0,980, p = 0,326		
		p tarp grupių prieš	H(3) = 0,807, p = 0,848				
		p tarp grupių po	H(3) = 1,712, p = 0,634				
	Vidinis	Prieš	1,50 (0,39–3,05) ^{ab}	1,01 (0,28–2,94) ^{cd}	0,33 (0,15–0,86) ^{ac}	0,20 (0,09–0,39) ^{bd}	
		Po	0,58 (0,20–0,87) ^a	0,41 (0,17–1,26) ^b	0,35 (0,12–0,89)	0,20 (0,09–0,39) ^{ab}	
		p prieš plg, po	Z = –2,863, p = 0,004	Z = –2,180, p = 0,029	Z = –0,681, p = 0,496		
		p tarp grupių prieš	H(3) = 51,146, p < 0,001, ^{abc} p < 0,046				
		p tarp grupių po	H(3) =15,853, p = 0,001, ^{ab} p < 0,023				

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Įstrižas trefoil, μm	Bendras	Prieš		1,34 (0,48–2,71) ^{ab}	1,24 (0,25–3,53) ^{cd}	0,40 (0,21–0,8) ^{ac}	0,20 (0,10–0,38) ^{bd}
		Po		0,50 (0,14–1,39) ^a	0,35 (0,17–0,78)	0,33 (0,12–0,93)	0,20 (0,10–0,38) ^a
		p prieš plg, po		Z = –3,347, p = 0,001	Z = –3,243, p = 0,001	Z = –0,331, p = 0,740	
		p tarp grupių prieš		H(3) = 52,540, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,003			
		p tarp grupių po		H(3) = 13,522, p < 0,004, ^a p = 0,004			
	Rageninis	Prieš		0,22 (0,09–0,40)	0,20 (0,07–0,66)	0,17 (0,06–0,27)	0,20 (0,08–0,33)
		Po		0,24 (0,12–0,44)	0,43 (0,09–1,50) ^{ab}	0,17 (0,07–0,32) ^a	0,20 (0,08–0,33) ^b
		p prieš plg, po		Z = –0,239, p = 0,811	Z = 2,349, p = 0,019	Z = –0,084, p = 0,933	
		p tarp grupių prieš		H(3) = 2,129, p = 0,546			
		p tarp grupių po		H(3) = 9,755, p = 0,021, ^{ab} p < 0,047			
	Vidinis	Prieš		1,68 (0,65–3,43) ^{ab}	2,14 (0,77–4,64) ^{cd}	0,58 (0,19–1,32) ^{ac}	0,23 (0,11–0,47) ^{bd}
		Po		0,42 (0,22–1,14)	0,66 (0,20–1,41) ^{ab}	0,36 (0,08–0,75) ^a	0,23 (0,11–0,47) ^b
		p prieš plg, po		Z = –4,006, p < 0,001	Z = –3,341, p = 0,001	Z = –1,056, p = 0,291	
		p tarp grupių prieš		H(3) = 65,434, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,013			
		p tarp grupių po		H(3) = 9,755, p = 0,021, ^{ab} p < 0,048			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Įstrižas tetrafoil, μm	Bendras	Prieš	0,91 (0,25–4,05) ^{ab}	1,23 (0,22–3,74) ^{cd}	0,28 (0,08–0,63) ^{ac}	0,15 (0,07–0,29) ^{bd}
			Po	0,42 (0,18–0,80) ^{ab}	0,21 (0,08–0,64)	0,31 (0,11–0,79) ^a	0,15 (0,07–0,29) ^b
			p prieš plg, po	Z = –3,280, p = 0,001	Z = –4,095, p < 0,001	Z = –0,375, p = 0,708	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 48,396, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,006			
			p tarp grupių po	H(3) = 21,216, p < 0,001, ^{ab} p < 0,004			
		Rageninis	Prieš	0,14 (0,07–0,29)	0,15 (0,05–0,29)	0,11 (0,67–0,23)	0,11 (0,05–0,20)
			Po	0,12 (0,06–0,22)	0,23 (0,09–0,54) ^{ab}	0,09 (0,04–0,18) ^a	0,11 (0,05–0,2) ^b
			p prieš plg, po	Z = –1,777, p = 0,076	Z = 0,566, p = 0,572	Z = –0,496, p = 0,620	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 6,125, p = 0,106			
			p tarp grupių po	H(3) = 12,736, p = 0,005, ^{ab} p < 0,046			
		Vidinis	Prieš	1,89 (0,37–4,29) ^{ab}	1,36 (0,79–5,33) ^{cd}	0,37 (0,03–0,70) ^{ac}	0,17 (0,05–0,47) ^{bd}
			Po	0,47 (0,20–0,81) ^a	0,55 (0,21–1,14) ^b	0,27 (0,06–1,10)	0,17 (0,05–0,47) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –3,852, p < 0,001	Z = –4,111, p < 0,001	Z = –0,694, p = 0,488	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 56,906, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 15,136, p < 0,002, ^{ab} p < 0,009			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Istrižas antrinis astigmatizmas, μm	Bendras	Prieš	1,12 (0,34–3,77) ^{ab}	1,02 (0,37–2,26) ^{cd}	0,23 (0,06–0,47) ^{ac}	0,09 (0,03–0,26) ^{bd}
			Po	0,37 (0,18–0,74) ^a	0,26 (0,12–1,23) ^b	0,31 (0,12–0,59) ^c	0,09 (0,03–0,26) ^{abc}
			p prieš plg, po	Z = –3,717, p < 0,001	Z = –2,154, p = 0,031	Z = –0,652, p = 0,514	
		Rageninis	p tarp grupių prieš	H(3) = 64,138, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,002			
			p tarp grupių po	H(3) = 30,723, p < 0,001, ^{abc} p < 0,041			
			Prieš	0,07 (0,02–0,15)	0,07 (0,03–0,29)	0,05 (0,02–0,09)	0,06 (0,02–0,13)
	Vidinis	Rageninis	Po	0,06 (0,02–0,16)	0,11 (0,04–0,37) ^{ab}	0,05 (0,02–0,08) ^a	0,06 (0,02–0,13) ^b
			p prieš plg, po	Z = –0,747, p = 0,455	Z = 0,573, p = 0,566	Z = –0,151, p = 0,879	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 2,796, p = 0,424			
			p tarp grupių po	H(3) = 13,072, p = 0,004, ^{ab} p < 0,021			
		Vidinis	Prieš	1,35 (0,42–4,86) ^{ab}	0,96 (0,38–2,50) ^{cd}	0,32 (0,08–0,98) ^{ac}	0,16 (0,06–0,38) ^{bd}
			Po	0,31 (0,12–0,74)	0,52 (0,11–1,74) ^a	0,35 (0,12–0,70)	0,16 (0,06–0,38) ^a
			p prieš plg, po	Z = –3,992, p < 0,001	Z = –1,572, p = 0,116	Z = –0,211, p = 0,832	
		Vidinis	p tarp grupių prieš	H(3) = 55,399, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,025			
			p tarp grupių po	H(3) = 15,239, p < 0,002, ^a p = 0,004			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Sferinės aberacijos, μm	Bendras	Prieš	1,31 (0,40–3,81) ^{ab}	0,69 (0,30–3,27) ^{cd}	0,41 (0,13–0,83) ^{ac}	0,23 (0,11–0,37) ^{bd}
			Po	0,47 (0,18–0,97) ^a	0,39 (0,18–0,71) ^b	0,33 (0,12–1,12)	0,23 (0,11–0,37) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –3,831, p < 0,001	Z = –3,047, p = 0,002	Z = –0,905, p = 0,365	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 48,046, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,004			
			p tarp grupių po	H(3) = 11,906, p = 0,008, ^{ab} p = 0,049			
		Rageninis	Prieš	0,24 (0,16–0,39)	0,28 (0,22–0,45)	0,27 (0,17–0,32)	0,32 (0,2–0,42)
			Po	0,23 (0,12–0,34) ^a	0,31 (0,17–0,47)	0,29 (0,17–0,37)	0,32 (0,2–0,42) ^a
			p prieš plg, po	Z = –1,276, p = 0,202	Z = 0,322, p = 0,747	Z = –0,606, p = 0,543	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 7,272, p = 0,064			
			p tarp grupių po	H(3) = 8,762, p = 0,033, ^a p = 0,03			
	Vidinis	Prieš	1,68 (0,76–4,75) ^{ab}	0,82 (0,57–3,19) ^{cd}	0,54 (0,21–1,50) ^{ac}	0,37 (0,21–0,80) ^{bd}	
		Po	0,43 (0,24–1,30)	0,81 (0,30–1,75)	0,45 (0,24–1,21)	0,37 (0,21–0,80)	
		p prieš plg, po	Z = –3,616, p < 0,001	Z = –1,769, p = 0,077	Z = –1,206, p = 0,227		
		p tarp grupių prieš	H(3) = 38,330, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,028				
		p tarp grupių po	H(3) = 7,271, p = 0,064				

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Vertikalus antrinis astigmatizmas, μm	Bendras	Prieš	1,12 (0,33–2,44) ^{ab}	0,87 (0,34–4,17) ^{cd}	0,22 (0,13–0,73) ^{ac}	0,13 (0,06–0,28) ^{bd}
			Po	0,34 (0,17–1,99) ^a	0,55 (0,17–1,68) ^b	0,22 (0,11–0,71)	0,13 (0,06–0,28) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –3,817, p < 0,001	Z = –2,326, p = 0,02	Z = –0,793, p = 0,427	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 61,278, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,02			
			p tarp grupių po	H(3) = 23,702, p < 0,001, ^{ab} p < 0,001			
		Rageninis	Prieš	0,08 (0,04–0,19)	0,12 (0,07–0,25)	0,08 (0,05–0,17)	0,14 (0,03–0,27)
			Po	0,08 (0,05–0,14) ^a	0,16 (0,07–0,90) ^a	0,08 (0,05–0,16)	0,14 (0,03–0,27)
			p prieš plg, po	Z = –0,595, p = 0,552	Z = 1,500, p = 0,134	Z = –0,417, p = 0,676	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 4,539, p = 0,209			
			p tarp grupių po	H(3) = 10,345, p = 0,016, ^a p < 0,01			
		Vidinis	Prieš	1,29 (0,41–3,59) ^{ab}	1,21 (0,42–4,36) ^{cd}	0,37 (0,15–1,35) ^{ac}	0,22 (0,09–0,53) ^{bd}
			Po	0,44 (0,17–1,07)	0,76 (0,23–1,42) ^a	0,33 (0,17–1,30)	0,22 (0,09–0,53) ^a
			p prieš plg, po	Z = –3,804, p < 0,001	Z = –2,514, p = 0,012	Z = –1,035, p = 0,300	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 44,398, p < 0,001, ^{abcd} p < 0,049			
			p tarp grupių po	H(3) = 15,308, p = 0,002, ^a p = 0,002			

4.6.2 lentelės tęsinys

				RF grupė	P grupė	KLA grupė	PF grupė
Aukštesnės eilės aberacijos	Vertikalus tetrafoil, μm	Bendras	Prieš	0,85 (0,26–4,57) ^{ab}	0,96 (0,32–3,63) ^{cd}	0,46 (0,16–1,28) ^{ace}	0,10 (0,03–0,3) ^{bde}
			Po	0,41 (0,19–0,97) ^a	0,26 (0,14–0,53)	0,51 (0,17–1,32) ^b	0,10 (0,03–0,3) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –2,634, p = 0,008	Z = –3,874, p = 0,001	Z = –0,228, p = 0,819	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 53,843, p < 0,001, ^{abcde} p < 0,001			
			p tarp grupių po	H(3) = 34,747, p = 0,001, ^{ab} p < 0,001			
		Rageninis	Prieš	0,13 (0,08–0,27)	0,18 (0,07–0,48)	0,12 (0,04–0,21)	0,12 (0,06–0,35)
			Po	0,12 (0,04–0,31)	0,18 (0,11–1,01) ^a	0,11 (0,03–0,22) ^a	0,12 (0,06–0,35)
			p prieš plg, po	Z = –1,356, p = 0,175	Z = 0,958, p = 0,338	Z = –1,170, p = 0,241	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 2,440, p = 0,486			
			p tarp grupių po	H(3) = 10,666, p = 0,014, ^a p = 0,01			
		Vidinis	Prieš	1,25 (0,37–5,77) ^{ab}	1,35 (0,37–4,07) ^{cd}	0,42 (0,13–1,44) ^{ace}	0,17 (0,07–0,61) ^{bde}
			Po	0,58 (0,29–1,06) ^a	0,48 (0,18–1,56) ^b	0,38 (0,13–1,39)	0,17 (0,07–0,61) ^{ab}
			p prieš plg, po	Z = –2,742, p = 0,006	Z = –3,079, p = 0,002	Z = –1,714, p = 0,086	
			p tarp grupių prieš	H(3) = 48,946, p < 0,001, ^{abcde} p < 0,028			
			p tarp grupių po	H(3) = 16,606, p = 0,001, ^{ab} p < 0,022			

KLA – kontralateralinės akies; RF – rainelės fiksacijos, P – pakeitimo; PF – pseudofakijos; TKI – tarpkvartilinis intervalas (25–oji ir 75–oji procentilės); viršutinių indeksų (^a, ^b, ^c, ^d, ^e) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių viršutiniaisiais indeksais nežymimi; p reikšmės gautos, taikant *Wilcoxon* testą ir taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Nustatytos reikšmingos teigiamos koreliacijos tarp priešoperacinių aberacijų (bendrų ir vidinių) ir NRAT, KRAT bei IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnio. Kuo buvo prastesnis priešoperacinis regos aštrumas (NRAT, KRAT) ir kuo didesnis IOL dislokacijos laipsnis, tuo didesnės buvo atitinkamos priešoperacinės aberacijos (4.6.3 lentelė).

4.6.3 lentelė. Aberacijų koreliacijos su nekoreguotu ir koreguotu regėjimo aštrumu į tolį bei su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsniu

Aberacijos, μm	Tipas	NRAT, LogMAR		KRAT, LogMAR		IOL dislokacijos laipsnis	
		r_s	p	r_s	p	r_s	p
Įstrižas astigmatizmas	B	0,193	0,09	0,130	0,255	0,285	0,011
Defokusas	B	0,503	0,001	0,006	0,956	0,616	<0,001
	V	0,373	0,001	0,039	0,732	0,436	<0,001
Vertikalus astigmatizmas	B	0,231	0,042	0,067	0,557	0,363	0,001
	V	0,233	0,04	0,085	0,458	0,303	0,006
Vertikalus trefoil	B	0,269	0,02	0,070	0,537	0,279	0,013
Vertikali koma	B	0,161	0,157	0,314	0,005	0,132	0,247
Horizontali koma	B	0,265	0,018	0,119	0,299	0,221	0,05
	V	0,314	0,005	0,173	0,127	0,238	0,035
Įstrižas trefoil	V	0,231	0,04	0,098	0,386	0,331	0,002
Įstrižas tetrafoil	B	0,372	0,001	0,071	0,531	0,396	0,001
	V	0,219	0,052	0,093	0,411	0,250	0,026
Vertikalus tetrafoil	B	0,178	0,114	0,046	0,684	0,307	0,005
RMS	B	0,287	0,010	0,130	0,253	0,317	0,004
	V	0,192	0,088	0,116	0,308	0,235	0,036

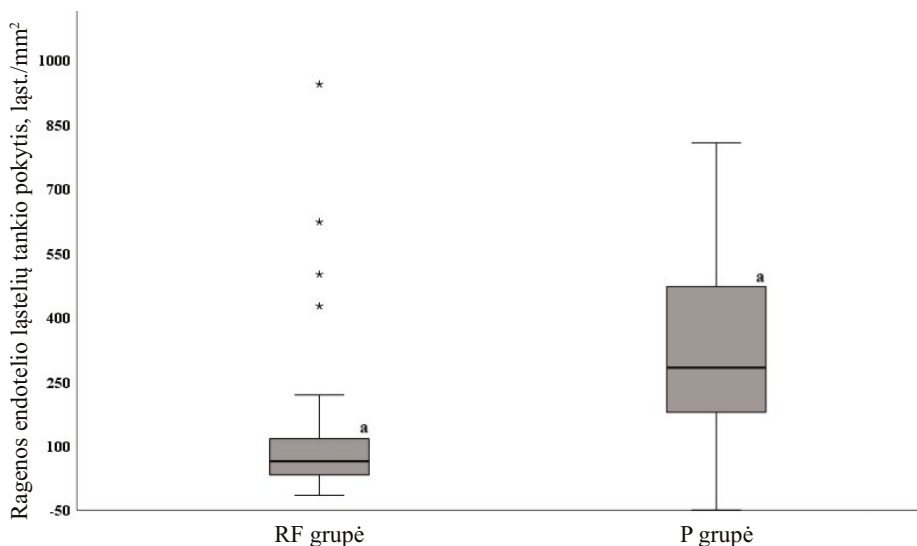
IOL – intraokulinis lęšis; KRAT – koreguotas regėjimo aštrumas į tolį, NRAT – nekoreguotas regėjimo aštrumas į tolį; p reikšmės gautos, remiantis *Spearman* koreliacija.

Grupėse be IOL dislokacijos (KLA ir PF) reikšmingų koreliacijų tarp aberacijų ir NRAT bei KRAT nenustatyta.

Po IOL dislokacijos chirurginio gydymo reikšmingų koreliacijų tarp vidinių aberacijų ir NRAT bei KRAT nenustatyta nei RF, nei P grupėse. P grupėje stebėtos statistškai reikšmingos teigiamos koreliacijos tarp NRAT ir rageninės horizontalios komos ($r = 0,450$, $p = 0,006$), tarp KRAT ir rageninio įstrižo astigmatizmo ($r = 0,343$, $p = 0,044$) bei tarp KRAT ir rageninės horizontalios komos ($r = 0,515$, $p = 0,001$).

4.7. Ragenos endotelio ląstelių tankio sąsajos su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir jų pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo

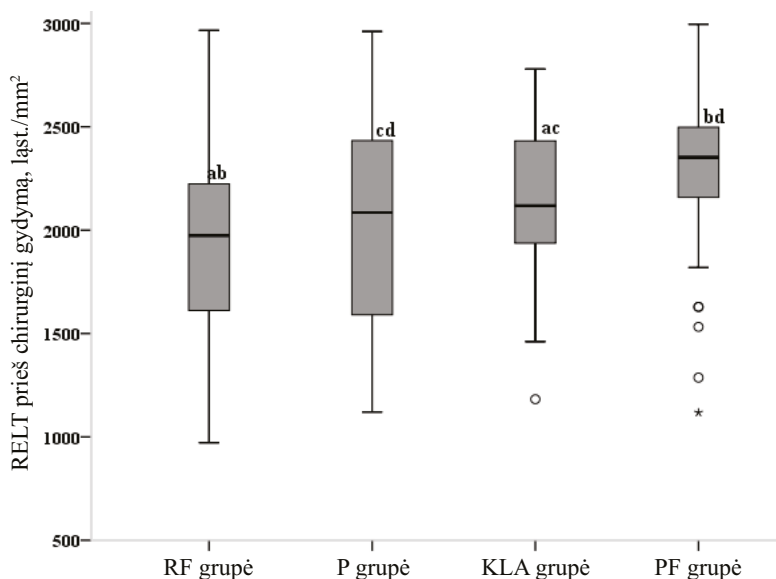
Po chirurginio IOL dislokacijos gydymo RELT sumažėjo abiejose grupėse (mediana (TKI) RF grupė: prieš chirurginį gydymą 1974,3 (1606,7–2227,0) ląstelės/mm², po chirurginio gydymo 1865,0 (1534,0–2153,2) ląstelės/mm² ($Z = -5,627$, $p < 0,001$); P grupė: prieš chirurginį gydymą 2085,3 (1548,2–2435,5) ląstelės/mm², po chirurginio gydymo 1682,7 (1408,8–2166,5) ląstelės/mm² ($Z = -5,444$, $p < 0,001$)). Statistiškai reikšmingai didesnis sumažėjimas buvos stebėtas P grupėje (4.7.1 pav.).



4.7.1 pav. Ragenos endotelio ląstelių tankio pokyčio, prieš ir po IOL dislokacijos gydymo, stačiakampė diagrama, atsižvelgiant į grupes

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip ½ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio). P – pakeitimo, RF – rainelės fiksacijos; * $p < 0,001$, reimiantis *Mann-Whitney* testu.

RELT prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą nesiskyrė tarp RF ir P grupių, tačiau buvo reikšmingai mažesnis nei KLA ir PF grupių ($H(3) = 24,925$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.7.2 paveiksle.

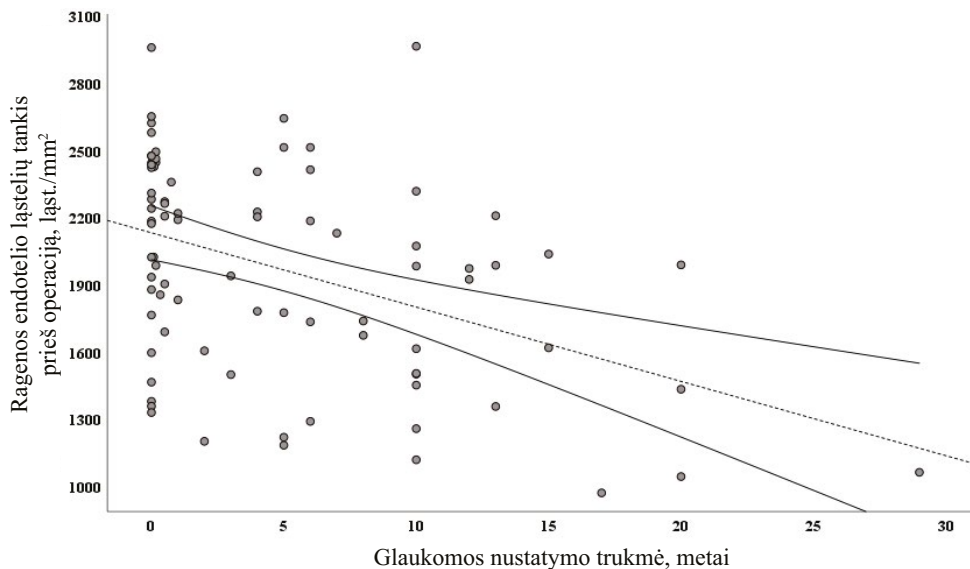


4.7.2 pav. Ragenos endotelio ląstelių tankio, prieš IOL dislokacijos gydymą, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio).

KLA – kontralateralinės akies, P – pakeitimo, PF – pseudofakijos, RELT – ragenos endotelio ląstelių tankis; RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (^{a, b, c, d}) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd} $p < 0,05$, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

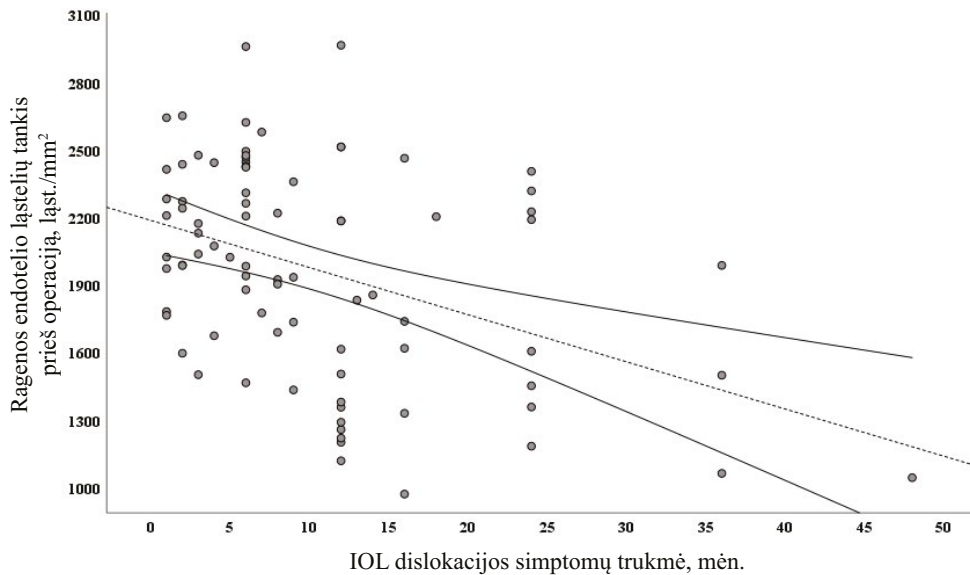
Nustatytas reikšmingas neigiamas ryšys tarp priešoperacinio RELT ir laiko nuo pirminės glaukomos nustatymo pradžios ($r = -0,386$, $p < 0,001$). Mažesnis priešoperacinis RELT buvo susijęs su ilgesne pirminės glaukomos sirgimo trukme (4.7.3 pav).



4.7.3 pav. *Ryšys tarp priešoperacinio ragenos endotelio ląstelių tankio ir glaukomos nustatymo laiko prieš IOL dislokacijos operaciją*

$r_s = -0,386$, $p < 0,001$; r_s – Spearman koreliacijos koeficientas. Grafike pateikiami abiejų grupių su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija rezultatai.

Toks pat neigiamas ryšys tarp RELT ir laiko nuo pirminės glaukomos nustatymo pradžios buvo stebėtas ir atvejais be IOL dislokacijos (sujungus KLA bei PF grupes) ($r = -0,263$, $p = 0,005$). Nustatyta neigiama koreliacija tarp priešoperacinio RELT ir IOL dislokacijos simptomų trukmės ($r = -0,389$, $p < 0,001$). Mažesnis priešoperacinis RELT buvo susijęs su ilgesne IOL dislokacijos simptomų trukme (4.7.4 pav.). Ryšys nenustatytas tarp priešoperacinio RELT ir IOS bei PFT ($p > 0,05$).

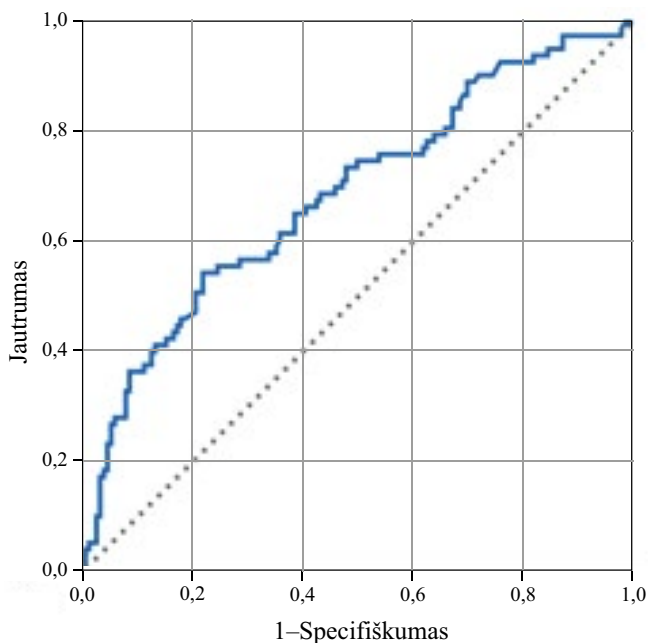


4.7.4 pav. Ryšys tarp priešoperacinio ragenos endotelio ląstelių tankio ir IOL dislokacijos simptomų trukmės

r – Spearman koreliacijos koeficientas; $r = -0,389$ $p < 0,001$; gauta tiesinė lygtis: $y = 2,19 \times 10^9 - 20,96 \times x$, kur x – IOL dislokacijos simptomų trukmė, y – ragenos endotelio ląstelių tankis. Grafike pateikiami abiejų grupių su IOL–kapsulės maišelio kompleso dislokacija rezultatai.

Kadangi priešoperacinis RELT reikšmingai nesiskyrė tarp RF ir P grupių bei tarp KLA ir K grupių (4.7.2 pav.), tolimesnei analizei šias grupes apjungėme: I grupė akys su IOL dislokacija ($n_a = 83$) (mediana (TKI) RELT 1990,33 (972,0–2966,6) ląst./mm²); II grupė akys be IOL dislokacijos ($n_a = 116$) (RELT mediana 2324,6 (1118,0–3014,5) ląst./mm²).

Remdamiesi ROC testu gavome slenkstinę RELT reikšmę 2050 ląst/mm², atsišvelgiant į IOL–kapsulės maišelio kompleso dislokaciją, t.y, RELT buvo <2050 ląst/mm² 54,2 proc. atvejų grupėje su IOL dislokacija ir 21,5 proc. atvejų grupėje be IOL dislokacijos ($p < 0,05$) (4.7.5 pav.).



4.7.5 pav. Pacientų ROC kreivė slenkstinei ragenos endotelio ląstelių tankio reikšmei prognozuoti, atsižvelgiant į IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją

Plotas po kreive – 68,8 proc., jautrumas 54,2 proc., specifiškumas 78,5 proc.

Remdamiesi dvinare logistine regresine analize galime prognozuoti, kad esant IOL dislokacijai ŠS [pasikliautinasis intervalas] didesnis 4,33 [2,418–7,753], kad RELT bus < 2050 ląst/mm² ($p < 0,001$).

Gavome daugiaveiksnį logistinės regresinės analizės modelį, kuris teisingai prognozuoja 75,0 proc., kad RELT bus < 2050 ląst./mm² ŠS didesnis 4,409, esant IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai, ŠS didesnis 2,120, jei sergama glaukoma ir ŠS didesnis 1,101 padidėjus paciento amžiui 1 metais (4.7.1 lentelė).

4.7.1 lentelė. Daugiaveiksnės logistinės regresijos modelis, rodantis kintamųjų sąsają su ragenos endotelio ląstelių tankio sumažėjimu (<2050 ląst./mm²)

Regresoriai	ŠS [95 proc. PI]	p reikšmė
IOL dislokacija	4,409 [2,347–8,281]	<0,001
Glaukoma	2,120 [1,143–3,935]	0,017
Amžius, metai	1,101 [1,048–1,156]	<0,001
Modelio konstanta –5,336, $p < 0,001$		

Daugiaveiksnės logistinės regresijos modelis teisingai prognozuoja 74,5 proc., Nagelkerke determinacijos koeficientas 0,28; IOL – intraokulinis lęšis; PI – pasikliautinasis intervalas; ŠS – šansų santykis.

Po IOL dislokacijos chirurginio gydymo RELT tarp RF ir P grupių reikšmingai nesiskyrė, tačiau buvo reikšmingai mažesnis palyginus su KLA ir PF grupėmis ($H(3) = 62,625$, $p < 0,001$).

4.8. IOL decentracijos ir pasvirimo vertinimas IOL fiksacijos prie rainelės grupėje

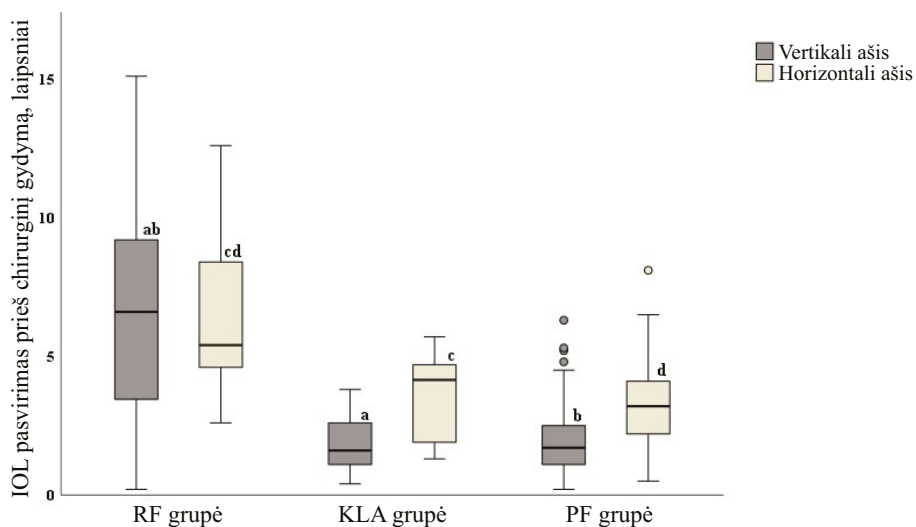
Siekiant įvertinti IOL fiksacijos prie rainelės efektyvumą, buvo atlikta IOL padėties analizė vertikalioje ir horizontalioje ašyse, vertinant pasvirimo ir decentracijos parametrus prieš ir po chirurginio gydymo. Tyrimo rezultatai parodė, kad po operacijos tiek IOL pasvirimas, tiek decentracija abiejose ašyse reikšmingai sumažėjo (4.8.1 lentelė).

4.8.1 lentelė. IOL decentracija ir pasvirimas prieš ir po IOL fiksacijos prie rainelės

Ašis	Tipas	Laikas	RF grupė	p reikšmė
Mediana (TKI)				
Vertikali	Decentracija, μm	Prieš	1004,3 (185,5–3567,8)	$Z = -2,711$, $p = 0,007$
		Po	235,5 (33,4–1323,8)	
	Pasvirimas, $^{\circ}$	Prieš	6,6 (0,2–15,1)	$Z = -3,980$, $p < 0,001$
		Po	2,8 (0,10–7,8)	
Horizontali	Decentracija, μm	Prieš	554,0 (112,5–3,156,7)	$Z = -3,258$, $p = 0,001$
		Po	234,6 (75,4–1286,1)	
	Pasvirimas, $^{\circ}$	Prieš	5,4 (2,6–12,6)	$Z = -0,594$, $p = 0,001$
		Po	2,4 (0,1–4,9)	

RF – rainelės fiksacijos, TKI – tarpkvartilinis intervalas; p reikšmės gautos, remiantis *Wilcoxon* testu.

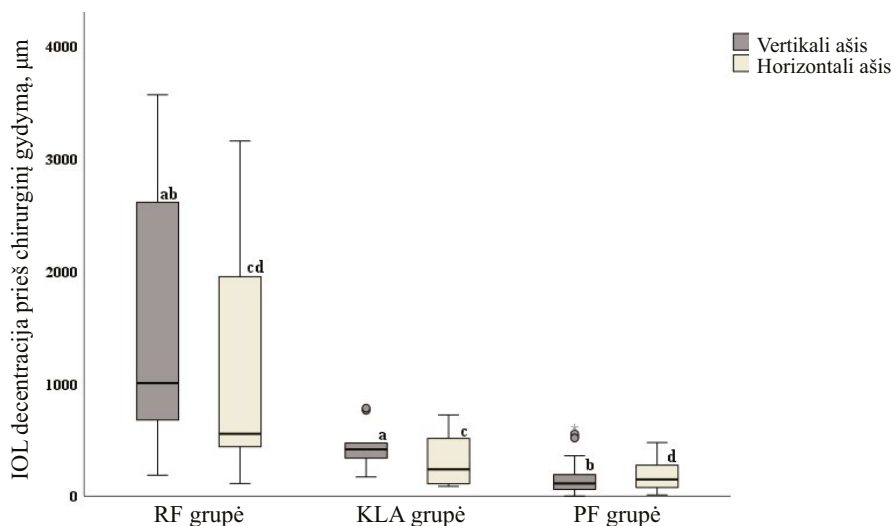
Palyginus RF grupės duomenis su KLA ir PF grupių, nustatyta, kad prieš operaciją IOL pasvirimo ir decentracijos laipsniai vertikalioje bei horizontalioje ašyse buvo reikšmingai didesni RF grupėje nei KLA ir PF grupėse (pasvirimas vertikalioje ašyje: $H(2) = 34,976$, $p < 0,001$; pasvirimas horizontalioje ašyje: $H(2) = 20,942$, $p < 0,001$; decentracija vertikalioje ašyje: $H(2) = 57,360$, $p < 0,001$; decentracija horizontalioje ašyje: $H(2) = 32,362$, $p < 0,001$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.8.1 ir 4.8.2 paveiksluose.



4.8.1 pav. IOL pasvirimo, prieš IOL atstatymo ir fiksavimo prie rainelės operaciją, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinės akies, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd} $p < 0,001$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

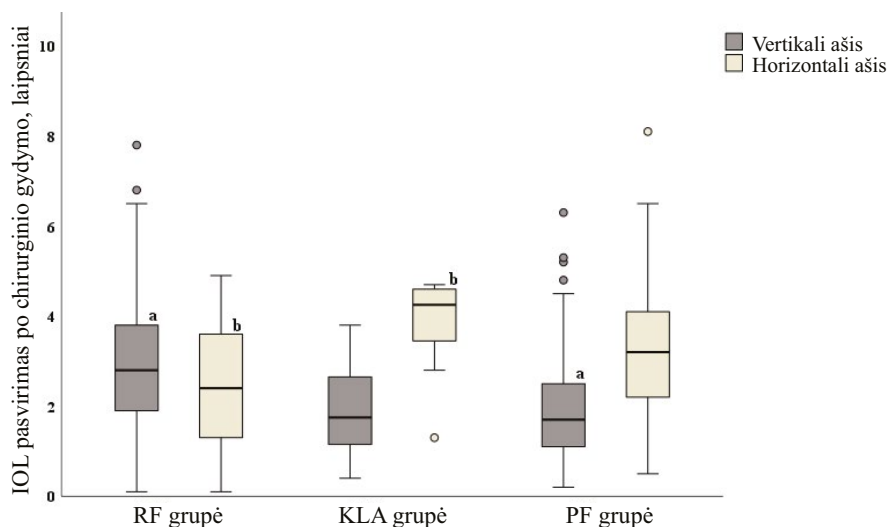


4.8.2 pav. IOL decentracijos, prieš IOL atstatymo ir fiksavimo prie rainelės operaciją, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo kvartilio).

KLA – kontralateralinės akies, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abcd} $p < 0,021$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Po chirurginės intervencijos, RF grupėje IOL pasvirimas vertikaloje ašyje buvo reikšmingai didesnis nei PF grupėje, tačiau nebesiskyrė nuo KLA grupės ($H(2) = 11,340$, $p = 0,003$), o horizontalioje ašyje pasvirimo laipsnis RF grupėje buvo mažesnis nei KLA grupėje ir nesiskyrė nuo PF grupės ($H(2) = 8,400$, $p = 0,015$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.8.3 paveiksle.

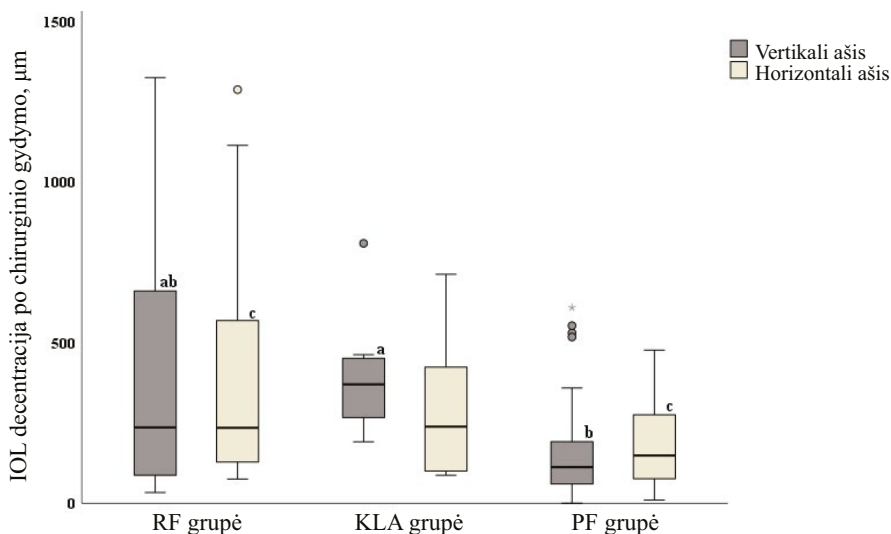


4.8.3 pav. IOL pasvirimo, po IOL atstatymo ir fiksavimo prie rainelės operacijos, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo pirmojo ir trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinės akies, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{ab} $p < 0,027$, taikant tarpgrupinį daugkartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

Vertinant decentracijos pokyčius po operacijos, nustatyta, kad vertikalioje ašyje RF grupėje decentracija buvo reikšmingai mažesnė nei KLA grupėje, tačiau buvo didesnė nei PF grupėje ($H(2) = 16,810$, $p < 0,001$). Tuo tarpu horizontalioje ašyje RF grupės decentracija buvo reikšmingai didesnė nei PF grupėje, tačiau nesiskyrė nuo KLA grupės ($H(2) = 10,064$, $p = 0,007$). Reikšmingi skirtumai tarp grupių pažymėti 4.8.4 paveiksle.

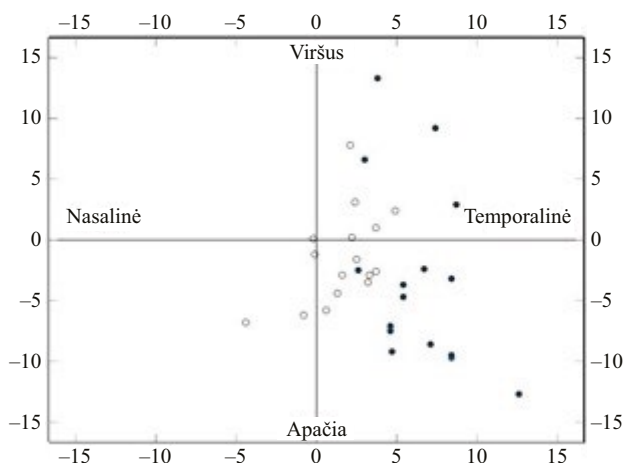


4.8.4 pav. IOL decentracijos, po IOL atstatymo ir fiksavimo prie rainelės operacijos, stačiakampė diagrama, tarp intervencinių grupių ir grupių be IOL dislokacijos

(minimali reikšmė, pirmasis kvartilis, mediana, trečiasis kvartilis, maksimali reikšmė, ° – reikšmė, nutolusi mažiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio ir * – reikšmė, nutolusi daugiau kaip $\frac{1}{2}$ tarpkvartilinio skirtumo nuo trečiojo kvartilio).

KLA – kontralateralinės akies, PF – pseudofakijos, RF – rainelės fiksacijos; indeksų virš stačiakampių (a, b, c, d) kiekviena atskira raidė nurodo tarp kurių dviejų grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas; statistiškai nereikšmingi skirtumai tarp grupių indeksais nežymimi; ^{abc} $p < 0,011$, taikant tarpgrupinį daugartinį palyginimą po *Kruskal-Wallis* testo.

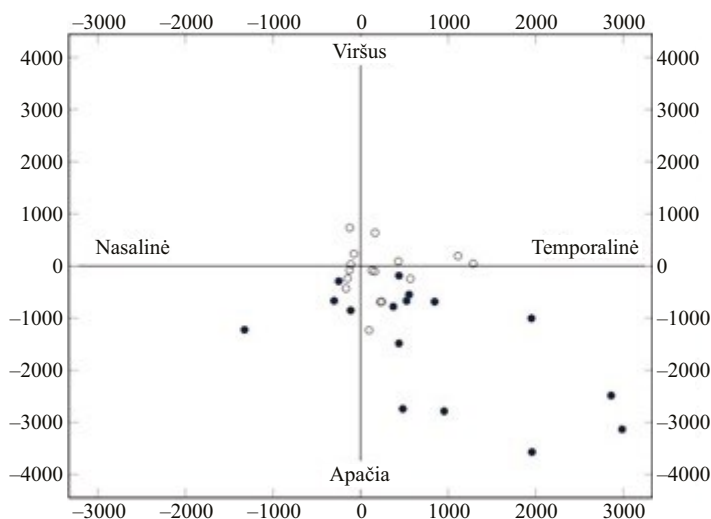
IOL pasvirimo krypties ir masto pokyčiai prieš ir po operacijos pavaizduoti 4.8.5 paveiksle. Kaip matyti paveiksle, prieš operaciją daugumos pacientų IOL buvo pasvirę temporalinės–apatinės krypties link. Po IOL padėties atstatymo ir fiksacijos prie rainelės daugumos IOL pasvirimo taškai susitelkė arčiau koordinatų centrą žyminčio taško. Tačiau kryptis statistiškai reikšmingai nepasikeitė nei horizontaliam ($p = 0,125$), nei vertikaliam ($p = 0,219$) meridianuose.



4.8.5 pav. *Intraokulinio lęšio pasvirimo krypties ir masto projekcija, horizontalia (temporalinė–nazalinė) ir vertikalioje (viršutinė–apatinė) kryptimis, prieš ir po IOL fiksacijos prie rainelės*

Kiekvienas taškas žymi individualaus atvejo IOL pasvirimo kryptį ir mastą: juodi apskritimai – prieš operaciją, balti apskritimai – po operacijos. Koordinatės išreikštos laipsniais; koordinatinių ašių susikirtimo taškas atitinka teorinę IOL optinės dalies orientaciją be pasvirimo.

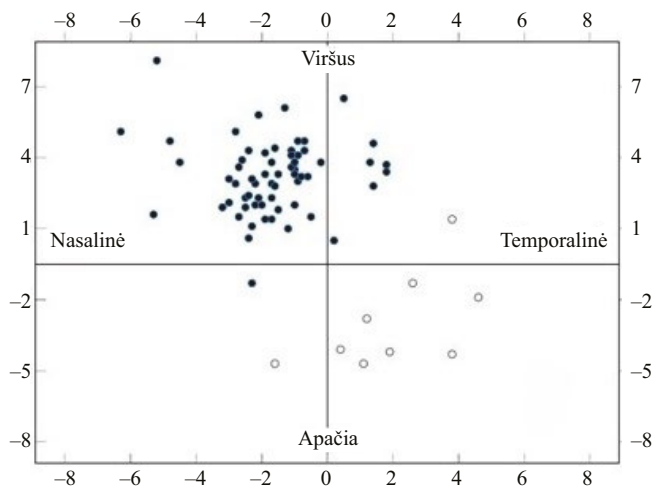
Prieš operaciją daugumos pacientų IOL buvo decentruoti žemyn ir į temporalinę pusę. Po IOL padėties atstatymo ir fiksavimo prie rainelės daugumos taškų pozicijos pasislinko arčiau koordinatinių centro, atspindinčio centrinę IOL padėtį. Pooperacinių taškų susitelkimas parodė sumažėjusią decentracijos sklaidą bei mastą, ypač vertikaliame meridiane, kur pastebimas reikšmingas poslinkis nuo apatinės krypties link centro ($p = 0,004$). Horizontaliame meridiane krypties pokytis buvo nereikšmingas ($p = 0,688$). IOL decentracijos krypties ir masto pasiskirstymas prieš ir po chirurginio gydymo pateiktas 4.8.6 paveiksle.



4.8.6 pav. *Intraokulinio lęšio decentracijos krypties ir masto projekcija, horizontalia (temporalinė–nazalinė) ir vertikalia (viršutinė–apatinė) kryptimis, prieš ir po IOL fiksacijos prie rainelės*

Kiekvienas taškas žymi individualaus atvejo IOL decentracijos kryptį ir mastą: juodi apskritimai – prieš operaciją, balti apskritimai – po operacijos. Koordinatės išreikštos mikrometrais; koordinatinių ašių susikirtimo taškas atitinka teorinį IOL optinės ašies centro centrinę padėtį.

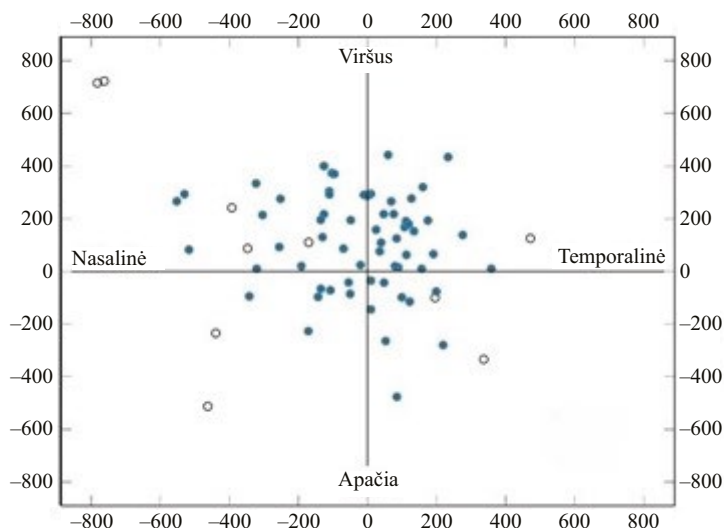
4.8.7 paveiksle pateiktas IOL pasvirimo pasiskirstymas PF ir KLA grupėse atskleidžia reikšmingą skirtumą tarp kliniškai sveikų pseudofakinių akių ir kontralateralinių akių pacientų, kuriems buvo chirurgiškai gydyta IOL dislokacija kitoje akyje. PF grupėje dominuoja viršutinė–nazalinė IOL pasvirimo kryptis. Priešingai, KLA grupėje IOL pasvirimo kryptys buvo į temporalinę–apatinę pusę (vertikalus meridianas: $\chi^2 = 23,377$, $p < 0,001$; horizontalus meridianas: $\chi^2 = 62,759$, $p < 0,001$).



4.8.7 pav. *Intraokulinio lęšio pasvirimo krypties ir masto projekcija, horizontalia (temporalinė–nazalinė) ir vertikalia (viršutinė–apatinė) kryptimis, grupėse be IOL dislokacijos*

Kiekvienas taškas žymi individualaus atvejo IOL pasvirimo kryptį ir mastą: juodi apskritimai – PF grupė, balti apskritimai – KLA grupė. Koordinatės išreikštos laipsniais; koordinčių ašių susikirtimo taškas atitinka teorinę IOL optinės dalies padėtį be pasvirimo.

4.8.8 paveiksle pateiktas IOL decentracijos pasiskirstymas PF ir KLA grupėse parodė aiškius skirtumus tarp kliniškai sveikų pseudofakinių akių ir kontralateralinių akių, kuriose dislokacija nėra diagnozuota, tačiau priešinga akis buvo gydyta dėl IOL dislokacijos. PF grupės pacientų IOL padėtys buvo koncentruotos aplink koordinčių centrą, išlaikydamos gana tolygų, centrinių pasiskirstymą. Priešingai, KLA grupėje stebėtas didesnis IOL padėties išsisklaidymas (vertikalus meridianas $\chi^2 = 3,906$, $p = 0,048$, horizontalus meridianas $\chi^2 = 0,407$, $p = 0,523$).



4.8.8 pav. *Intraokulinio lęšio decentracijos krypties ir masto projekcija, horizontalia (temporalinė–nazalinė) ir vertikalia (viršutinė–apatinė) kryptimis, grupėse be IOL dislokacijos*

Kiekvienas taškas žymi individualaus atvejo IOL decentracijos kryptį ir mastą: juodi apskritimai – PF grupė, balti apskritimai – KLA grupė. Koordinatės išreikštos mikrometrais; koordinatinių ašių susikirtimo taškas atitinka teorinį IOL optinės ašies centro centrinę padėtį.

4.9. Kitos pooperacinės išeitys

CME buvo stebėtas 18 iš 83 akių (21,6 proc.) po IOL dislokacijos chirurginio gydymo, Tarp grupių nustatytas statistiškai reikšmingas skirtumas – RF grupėje CME pasitaikė rečiau nei P grupėje (atitinkamai 2 atvejai (4,4 proc.) ir 16 atvejų (39,0 proc.), ($\chi^2 = 15,247$, $p < 0,001$)). RF grupėje 3 atvejams iš 43 (6,7 proc.) IOL buvo pakartotinai fiksuotas dėl nepakankamo IOL centruotumo.

Per šešių mėnesių laikotarpį nei vienoje grupėje nebuvo stebėtos tokios komplikacijos, kaip suprachoroidinis pakraujavimas, buliozinė keratopatija, pigmento dispersijos sindromas, lėtinis uveitas, tinklainės atšoka ar endoftalmitas.

5. REZULTATŲ APTARIMAS

Šiame moksliniame darbe buvo vertintos ne tik pooperacinės išeitys, taikant du skirtingus chirurginius metodus tiriamiesiems, su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, bet ir analizuoti su šia patologija susijusių rizikos veiksniai. Be to, gauti rezultatai buvo lyginami ne tik tarp chirurgiškai gydytų grupių, bet ir su tų pačių tiriamųjų kontralateralinėmis pseudofakinėmis akimis bei su tiriamaisiais, kurie neturėjo IOL dislokacijos požymių.

IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija dažniausiai išsivysto praėjus 6–11 metų po kataraktos operacijos, o tipiškas pacientų amžius svyruoja nuo 70 iki 85 metų [67]. Mūsų tyrimo rezultatai atitiko šią tendenciją – pacientų amžiaus mediana (TKI) buvo 77 (74–80) metai, o PFT mediana (TKI) siekė 7 (4–10) metus. Nustatyta reikšminga neigiama koreliacija tarp tiriamųjų amžiaus ir PFT t. y. vyresniems tiriamiesiems IOL dislokacija išsivystė per trumpesnę laiką nuo kataraktos operacijos. Šis ryšys gali būti aiškinamas su amžiumi susijusia Zinn raiščių degeneracija, dėl kurios IOL stabilumas prarandamas greičiau senyvo amžiaus asmenims [78,102].

Atliekant rizikos veiksnių analizę nustatyta, kad akys, kurioms pasireiškė IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija, reikšmingai dažniau buvo nustatyti PES (37,3 proc.) ir glaukoma (54,2 proc.). 18,1 proc. akių su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija buvo diagnozuota kartu su glaukomos įtarimu (kai IOS $\geq$ 21 mm Hg). Kartu paėmus, glaukoma, kaip lydinti patologija, nustatyta 60 (72,3 proc.) tiriamųjų akių su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija. Anamnezėje filtruojanti chirurginė intervencija buvo atlikta 12,0 proc. atvejų. Šie rizikos veiksniai statistiškai reikšmingai dažniau pasitaikė akyse su IOL dislokacija, palyginti su akimis, neturėjusioms IOL dislokacijos (KLA ir PF grupės). Šie veiksniai jau anksčiau buvo siejami su kapsulės maišelio–Zinn raiščių komplekso patologiniais pakitimais, lemiančiais jo destabilizaciją [13,15,17,35,68,69,73,74,84–87,90–92,94,95,97,98]. Mūsų tyrimo duomenys patvirtina jų klinikinę reikšmę. Tarp įvairių studijų, kuriose vertinami IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos rizikos veiksniai PES pasitaiko nuo 16,0 – 78,9 proc. atvejų, glaukoma, kaip lydinti patologija, nustatoma 25,0 – 56,0 proc. atvejų, anamnezėje atlikta TB siekia – 10,0–11,4 proc. atvejų [13,15,17,35,68,69,73,74,84–87,90–92,94,95,97,98].

Siekiant išsiaiškinti IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos sąsajas su galimais rizikos veiksniais, tiriamosios akys buvo suskirstytos į dvi grupes: su IOL dislokacija ir be IOL dislokacijos. Atsižvelgiant į tai, kad PES koreliavo su glaukoma, buvo atlikta analizė su dviem atskirais modeliais, leidžiančiais geriau atskirti regresorių nepriklausomą poveikį. Daugiaveiksni logistinės regresijos analizė parodė, kad regresoriai, tokie kaip anksčiau at-

likta filtruojanti operacija, PES, bei pirminė glaukoma/glaukomos įtarimas ($\text{IOS} \geq 21 \text{ mm Hg}$ prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą) buvo reikšmingai susiję su didesne IOL dislokacijos tikimybe. Nors TB ir glaukoma yra susiję klinikiniai veiksniai, jų koreliacija buvo silpna ($r = 0,276$; $p < 0,001$), todėl juos buvo galima vertinti kaip atskirus regresorius. TB šiame kontekste galėjo atspindėti sunkesnės eigos glaukomos atvejus. Šie rezultatai atitinka ankstesnių tyrimų duomenis, patvirtinančius PES, glaukomos bei glaukomos chirurginio gydymo svarbą IOL dislokacijos rizikai [67]. Lee ir kt. atliktame populiaciniame tyrime nustatė, kad tiek PES, tiek glaukoma, tiek filtruojanti glaukomos operacija reikšmingai didino IOL dislokacijos riziką – atitinkamai apskaičiuoti rizikos santykiai sudarė 2,305, 3,898 ir 3,116 [72]. Įdomu tai, kad modelyje, papildomai koreguotame dėl kitų akių ligų (glaukomos, uveito, PES, trauminės ar subrendusios kataraktos), filtruojančios glaukomos operacijos rizikos santykio reikšmė sumažėjo iki 2,443, kas leidžia manyti, jog dalis nepakoreguoto TB rizikos efekto iš tikrųjų gali būti paaiškinama jau esama glaukoma ar PES [72]. Ši išvada sutampa su mūsų analizėje pastebėta tendencija, kad TB nepriklausomai prisideda prie dislokacijos rizikos.

Su intraokuliniu spaudimu ir glaukoma susiję aspektai esant IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai bei jų pokyčiai po chirurginio gydymo. Analizuojant IOS, atsižvelgiant į IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsnį, nustatyta, kad IOS buvo reikšmingai didesnis esant I laipsnio dislokacijai palyginti su aukštesnio laipsnio dislokacijos atvejais. Be to, pastebėta neigiama koreliacija tarp dislokacijos laipsnio ir IOS, tai rodo atvirkštinę priklausomybę – didėjant IOL dislokacijos laipsniui, IOS linkęs mažėti. Šį ryšį galima paaiškinti tuo, kad esant nedidelio laipsnio IOL dislokacijai, dažniau pasireiškia išreikšta pseudofakodonezė, dėl kurios didelis IOL–kapsulės maišelio komplekso plotas kontaktuoja su rainelės užpakaliniu paviršiumi, sukeldamas pigmento dispersiją, mikrohifemą ir uždegiminę reakciją. Visa tai gali trikdyti intraokulinio skysčio cirkuliaciją ir sąlygoti IOS padidėjimą. Esant didelio laipsnio IOL dislokacijai, kontakto plotas mažėja, sumažėja tiesiogis krumplyno dirginimas, o tai turi mažesnę įtaką IOS. Bulnes ir kt. taip pat nustatė reikšmingą IOS mažėjimo tendenciją didėjant IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos laipsniui [35]. Medin ir kt. tyrime taip pat nustatyta didesnės uždegiminės reakcijos ir didesnio IOS tendencija, esant mažesnio laipsnio IOL dislokacijai [217]. Šie rezultatai pabrėžia klinikinę būtinybę, esant pseudofakijai, ypač kai IOL dislokacija nėra akivaizdi, įvertinti IOS padidėjimą ne tik kaip glaukomos progresavimo rizikos veiksnį, bet ir kaip galimą netiesioginį IOL nestabilumo požymį.

Tyrimo rezultatai parodė, kad po chirurginio IOL dislokacijos gydymo IOS reikšmingai sumažėjo bendroje imtyje, o sumažėjimas buvo statistiškai reikšmingai didesnis RF grupėje. Artzen ir kt. perspektyviniame tyrime buvo

vertintas IOS po ab externo siūlinės to paties IOL transkleralinės fiksacijos (be vitrektomijos) ir IOL pakeitimo į vienos dalies PMMA IOL su ta pačia technika atlikta IOL fiksaciją (su vitrektomija) [85]. Nustatytas reikšmingas IOS vidurkio (SN) sumažėjimas nuo 20,12 (8,4) iki 18,44 (5,96) mm Hg, tačiau pokyčio dydis tarp grupių reikšmingai nesiskyrė [85]. Iranipour ir kt. retrospektyvinėje studijoje, nustatė, kad IOS vidurkis (SN) reikšmingai sumažėjo tiek IOL pakeitimo į Artisan tipo IOL grupėje (–2,1 (6,9) mm Hg), tiek siūlinės transkleralinės IOL fiksacijos grupėje (–3,7 (6,5)). Pokytis tarp grupių reikšmingai nesiskyrė, tačiau stebėta didesnio pokyčio tendencija IOL fiksacijos grupėje [84].

Mūsų tyrimo pogrupių analizė atskleidė, kad reikšmingas IOS pokytis abiejose intervencinėje grupėse buvo stebimas tiriamiesiems, kuriems buvo diagnozuota glaukoma arba glaukomos įtarimas ($\text{IOS} \geq 21$ mm Hg), tuo tarpu tiriamiesiems be glaukomos diagnozės reikšmingo pokyčio nefiksuota. Šie duomenys atitinka Bulnes ir kt. atliktos retrospektyvinės studijos išvadas [35]. Jose nurodoma, kad po IOL dislokacijos chirurginio gydymo nepriklausomai nuo chirurginio metodo (IOL pakeitimas ar IOL fiksacija prie skleros) IOS reikšmingai sumažėjo. Be to, IOS sumažėjimas buvo žymiai ryškesnis glaukomos grupėje, o vaistų, skirtų glaukomai gydyti, skaičius reikšmingai nepadidėjo [35]. Kristianslund ir kt. atsitiktinių imčių tyrime didesnis IOS vidurkio (SN) sumažėjimas buvo stebimas IOL pakeitimo į Artisan tipo IOL grupėje (–3,8 (6,4) mm Hg), palyginus su IOL fiksacijos prie skleros grupe (–1,2 (5,8) mm Hg). Tačiau šis skirtumas galėjo būti nulemtas tuo, kad pradinis IOS buvo didesnis IOL pakeitimo grupėje tiek bendroje imtyje, tiek glaukomos pogupyje [215].

Mūsų tyrime reikšmingo antiglaukominių vaistų kiekio pasikeitimo nebuvo nustatyta nei vienoje iš grupių po chirurginio IOL dislokacijos gydymo. Soiberman ir kt. retrospektyvioje studijoje IOS padidėjimas po IOL fiksacijos prie rainelės buvo laikinas ir sukontroliuotas tik medikamentais [32]. Artzen ir kt. prospektyviniame tyrime 10,9 proc. atvejų IOS kontrolei prireikė ciklofotokoguliacijos po siūlinės transkleralinės IOL fiksacijos [85]. Jakobs-son ir kt. prospektyvinėje studijoje 1 atvejui iš 28 prireikė trabekulektomijos, po siūlinės transkleralinės IOL fiksacijos [95]. Kristianslund ir kt. studijoje 28,0 proc. atvejų, po siūlinės IOL fiksacijos prie skleros, ir 21,0 proc. atvejų, po IOL pakeitimo į Artisan tipo IOL, pooperaciniu laikotarpiu papildomai reikėjo IOS mažinančio gydymo: (antiglaukominių vaistų kiekio padidinimo (atitinkamai 44,0 proc. ir 33,0 proc.), trabekuloplastikos lazeriu (atitinkamai 9,0 proc. ir 4,0 proc.), ciklofotokoguliacijos (atitinkamai 4,0 proc. ir 7,0 proc.) ar filtruojančios operacijos (atitinkamai 9,0 proc. ir 4,0 proc.)) [215].

Mūsų tyrime, vertinant IOS tarp visų keturių tiriamųjų grupių pastebėta, kad po chirurginio IOL dislokacijos gydymo RF ir P grupėse jis išliko di-

desnis, palyginti su KLA ir PF grupėmis. Pogrupių analizė parodė, kad tiriamųjų su glaukomos diagnoze, pooperacinis IOS tarp grupių nesiskyrė, o be glaukomos diagnozės IOS buvo normalus, bet reikšmingai didesnis RF nei PF grupės, o P grupės didesnis – nei KLA ir PF grupių. Tai leidžia manyti, kad chirurginis IOL–kapsulės maišelio komplekso stabilizavimas, fiksuojant jį prie rainelės ar pakeitus nauju IOL gali pagerinti IOS kontrolę glaukomos gydymo kontekste, ypač tais atvejais, kai padidėjęs IOS gali būti nulemtas biomechaninių veiksnių, susijusių su IOL padėties nestabilumu. Artzen ir kt. studijos duomenys parodė, kad akyse su padidėjusiu IOS prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą, IOS vidurkis (SN) reikšmingai sumažėjo nuo 24,79 (9,42) mm Hg iki 18,93 (6,36) mm Hg. Tuo tarpu akyse su normaliomis IOS vertėmis, IOS vidurkis (SN) reikšmingai padidėjo nuo 15,93 (3,18) mm Hg iki 18,01 (5,46) mm Hg po siūlinės transkleralinės IOL fiksacijos [85]. Vienintelė iki šiol publikuota Leung ir kt. retrospektyvinė studija, lyginusi akis su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir tų pačių tiriamųjų kontralateralinėmis akimis, nustatė, kad IOS būna didesnis akyse su IOL dislokacija, nei kontralateralinėse akyse be IOL dislokacijos požymių [216]. Ši tendencija atitinka mūsų tyrimo rezultatus.

Apibendrinant, mūsų tyrimo duomenys rodo, kad aukštas IOS, IOL–kapsulės maišelio dislokacijos metu, neretais atvejais negali būti sumažintas vien IOL dislokacijos chirurginiu gydymu. Tačiau pacientams, esant padidėjusiam IOS kartu su IOL dislokacija, rekomenduojama vienu metu planuoti chirurginį IOL dislokacijos gydymą ir IOS kontrolės strategiją.

Regos pokyčiai po IOL dislokacijos chirurginio gydymo. Po chirurginio IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos gydymo NRAT ir KRAT reikšmingai pagerėjo tiek RF, tiek P grupėje. Nors NRAT pokytis tarp grupių nesiskyrė, KRAT pagerėjimas buvo didesnis RF grupėje (analizėje atmetus IV laipsnio dislokaciją). Lyginant duomenis tarp visų keturių grupių, priešoperaciniu laikotarpiu NRAT ir KRAT buvo statistiškai reikšmingai buvo geresnis KLA ir PF grupėse. Po chirurginio gydymo abiejose intervencinėse grupėse reikšmingai pagerėjęs NRAT ir KRAT išliko prastesnis P grupėje, lyginant su RF, KLA ir PF grupėmis. Tuo tarpu RF grupės NRAT po chirurginio gydymo išliko prastesnis nei PF grupės, tačiau nebesiskyrė nuo KLA grupės, o KRAT RF grupėje buvo reikšmingai geresnis nei P grupėje ir nesiskyrė nuo KLA ir PF grupių.

Soiberman ir kt. retrospektyviai analizavo pacientus, kuriems buvo atlikta IOL pakeitimo į trijų dalių IOL ir fiksacijos prie rainelės, naudojant modifikuotą McCannel techniką [289]. Nors bendroje imtyje reikšmingo KRAT pagerėjimo nebuvo nustatyta (0,34 LogMAR prieš ir 0,34 LogMAR po, $p = 0,83$), pogrupyje be regėjimą ribojančių patologijų, vidutinis KRAT, pagerėjo nuo 0,34 LogMAR iki 0,16 logMAR ($p = 0,06$) [38]. Rusu ir kt. retrospekty-

viame tyrime, kuriame IOL dislokacijos gydymui buvo taikoma IOL fiksacija prie rainelės McCannel technika, KRAT vidurkis pagerėjo nuo 1,07 iki 0,52 logMAR ($p < 0,001$) [290]. Kim ir kt. retrospektyvinėje studijoje lygino IOL fiksacijos prie rainelės ir IOL fiksacijos prie skleros metodus (abi be vitrektomijos). Joe nustatė reikšmingą KRAT vidurkis pagerėjimą abiejose grupėse: nuo 0,58 iki 0,25 logMAR (fiksacija prie rainelės) ir nuo 0,57 iki 0,19 logMAR (fiksacija prie skleros) [291].

Šie duomenys leidžia daryti prielaidą, kad abu chirurginiai metodai veiksmingai pagerina regos aštrumą, tačiau IOL fiksacija prie rainelės užtikrina geresnį KRAT atkūrimą, palyginti su IOL pakeitimu į priekinės kameros IOL. Visgi fiksuotas regos aštrumo pagerėjimas nepriklausomai nuo metodo, todėl sprendimas dėl chirurginio metodo pasirinkimo turėtų būti grindžiamas ne tik regos prognoze, bet ir individualia situacija bei chirurgine rizika.

Sferinio ekvivalento pokyčiai po chirurginio gydymo. Po IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos chirurginio gydymo SE reikšmingai sumažėjo tiek RF, tiek P grupėse. Abiejose grupėse buvo stebėtas nedidelis refrakcijos poslinkis į trumparegystę. SE pokytis tarp RF ir P grupių nesiskyrė. SE pokytis buvo didesnis nei RF grupėje. Lyginant duomenis tarp visų keturių grupių, priešoperacinis SE reikšmingai nesiskyrė tarp RF ir P grupių (analizėje atmetus IV laipsnio dislokaciją), tačiau buvo reikšmingai didesnis nei KLA ir PF grupių. Po operacijos SE reikšmės tarp visų keturių grupių suartėjo ir tarp grupių nebesiskyrė.

Refrakcijos pokyčiai po chirurginio gydymo analizuoti ir kituose tyrimuose. Soiberman ir kt. retrospektyviniame tyrime, kuriame buvo atlikta IOL pakeitimas į trijų dalių IOL ir fiksacija prie rainelės (modifikuota McCannel technika), stebėtas reikšmingas SE vidurkio (SN) sumažėjimas į trumparegystės pusę nuo +7,62 (4,38) D iki –1,33 (1,45) D ($p < 0,001$) [289]. Condon ir kt. retrospektyvinėje studijoje taip pat nustatė statistškai reikšmingą SE sumažėjimą. Didžioji dalis tiriamųjų pasiekė didesnę nei 0,5 regos aštrumą po IOL implantacijos ir fiksacijos prie rainelės naudojant modifikuotą McCannel ir Siepser mazgo techniką [292].

Levy–Neuman retrospektyvinėje studijoje palygino du IOL dislokacijos gydymo metodus: siūlinę transkleralinę fiksaciją (Hoffman technika) ir fiksaciją prie rainelės (McCannel ir Siepser mazgo technika). Abiejose grupėse buvo stebėtas reikšmingas KRAT pagerėjimas ir SE sumažėjimas. Pooperacinis SE abiejose grupėse buvo į trumparegystės pusę (SE –1,8 (3,1) D) [28].

Priešingus duomenis, nei mūsų studijos, pateikė Kristianslund ir kt. prospektyviame atsitiktinių imčių tyrime. Jie pastebėjo, kad SE vidurkis (SN) po operacijos reikšmingai skyrėsi: IOL fiksacijos prie skleros grupėje buvo –1,58 (1,58) D, o IOL pakeitimo į Artisan tipo IOL –0,46 (0,97) D ($p < 0,001$). Tyrejai pabrėžė, kad refrakcijos poslinkis į trumparegystę buvo ryškesnis IOL

fiksacijos grupėje [293]. Tačiau jie IOL pakeitimo metu atlikdavo skleroje tunelinį pjūvį, kuris kaip žinoma žymiai mažiau turi įtakos pooperacinei refrakcijai, nei rageninis pjūvis taikytas mūsų studijoje [84].

Apibendrinant, mūsų tyrimo rezultatai rodo, kad abiejų chirurginių metodų atvejais buvo pasiektas reikšmingas SE sumažėjimas su poslinkiu į trumparegystės pusę.

Rageninio astigmatizmo pokyčiai. Po chirurginio IOL dislokacijos gydymo RF grupėje reikšmingo rageninio astigmatizmo pasikeitimo nebuvo nustatyta, o P grupėje fiksuotas statistiškai reikšmingas šio parametro padidėjimas. Lyginant rezultatus tarp visų keturių grupių, priešoperacinis rageninis astigmatizmas RF grupės buvo didesnis nei PF grupės, tarp kitų grupių skirtumų nenustatyta. Po operacijos P grupėje astigmatizmas buvo didesnis, palyginti su visomis kitomis grupėmis. Astigmatizmo ašies orientacija po operacijos reikšmingai nepakito nei RF, nei P grupėse, o skirtumų tarp visų keturių grupių taip pat nenustatyta. Tai rodo, kad chirurginis gydymas paveikė astigmatizmo dydį, bet ne jo kryptį.

Kai kurių tyrimų duomenys sutampa su mūsų stebėtomis tendencijomis. Michaeli ir kt. retrospektyvinėje studijoje, kurioje 44 pacientams buvo atlikta IOL repozicija ir fiksacija prie rainelės naudojant modifikuotą McCannel ir Siepser techniką, nebuvo nustatyta reikšmingo rageninio astigmatizmo padidėjimo. Rezultatai parodė stiprią teigiamą koreliaciją tarp priešoperacinio rageninio astigmatizmo ir galutinio subjektyvaus refrakcinio astigmatizmo ($r = 0,8$; $p < 0,01$), kas rodo, kad chirurginis poveikis ragenai buvo minimalus [31]. Kim ir kt. retrospektyvinėje studijoje, lygino IOL fiksacijos prie rainelės ir transskleralinės fiksacijos metodus (be vitrektomijos). Jie nustatė, kad ankstyvuojų pooperaciniu laikotarpiu fiksacijos prie skleros grupėje rageninio astigmatizmo padidėjimas buvo mažesnis nei fiksacijos prie rainelės ($p = 0,009$). Tačiau astigmatizmo padidėjimas rainelės fiksacijos grupėje grįžo į priešoperacines vertes po 3 mėn. ir išliko stabilus po 12 mėn. Šis trumpalaikis astigmatizmo padidėjimas patvirtina, kad, nors tam tikras chirurginis astigmatizmas gali būti sukeltas ir po IOL fiksacijos prie rainelės, tačiau jo stabilizacija dažniausiai pasiekama per pirmuosius 3 mėn. [291].

Apibendrinant, mūsų tyrimas parodė, kad didesnis pjūvis, reikalingas Kelman tipo IOL implantacijai, gali reikšmingai paveikti ragenos morfologiją ir padidinti astigmatizmą. Tuo tarpu RF grupėje intervencija atliekama per nedidelį pjūvį leidžia išlaikyti esamą ragenos formą. Šis aspektas ypač svarbus norint išvengti papildomos refrakcinės klaidos pooperaciniu laikotarpiu. Šie duomenys pabrėžia, kad chirurginio metodo pasirinkimas turi reikšmingą poveikį ragenos morfologijai.

Aukštesnės eilės aberacijos ir jų sąsajos su regos funkcija. Aukštesnės eilės aberacijos, apibūdinančios bendrą optinės sistemos iškraipymų mastą,

yra svarbus rodiklis vertinant regos kokybę po chirurginių intervencijų. Šiame tyrime buvo įvertintos aukštesnės eilės aberacijų RMS reikšmės bendrojoje, rageninėje ir vidinėje akies optinės sistemos dalyse. Nustatyta, kad po chirurginio gydymo bendrosios ir vidinės aukštesnės eilės aberacijų reikšmės reikšmingai sumažėjo tiek RF, tiek P grupėse. Tuo tarpu rageninės aberacijos reikšmingai padidėjo P grupėje, o tai siejama su invazyvesne chirurgine technika ir didesne įtaka ragenos struktūrai.

Detalesnė analizė parodė, kad RF grupėje pooperacinis aberacijų pokytis buvo labiau susijęs su vidinių komponentų sumažėjimu, o P grupėje – su priešingu reiškiniu – reikšmingu rageninių aberacijų padidėjimu. Nors daugelis aberacijų abiejose grupėse po operacijos sumažėjo, jos vis dar išliko didesnės nei PF grupės, o nuo KLA dažniausiai nebesiskyrė.

Tyrimo metu taip pat nustatytos teigiamos koreliacijos tarp priešoperacinių bendrų ir vidinių aberacijų bei regos aštrumo (NRAT, KRAT) ir IOL dislokacijos laipsnio. Tuo tarpu KLA ir PF grupėse reikšmingų sąsajų tarp aberacijų ir regos rodiklių nenustatyta. Tai rodo, kad akyse, be IOL dislokacijos, aberacijos neturi ryškios įtakos regos aštrumui, o esant dislokacijai – atvirkščiai, reikšmingai prisideda prie regėjimo sutrikimų.

Idomu tai, kad po chirurginio gydymo reikšmingų koreliacijų tarp vidinių aberacijų ir regos aštrumo nebebuvo nustatyta, o tai leidžia manyti, jog IOL dislokacijos chirurginis gydymas sumažina aberacinių defektų įtaką regos funkcijai (nepriklausomai nuo chirurginio metodo). Visgi, P grupėje stebėtos teigiamos koreliacijos tarp NRAT ir rageninės horizontalios komos, tarp KRAT ir rageninio įstrižo astigmatizmo bei tarp KRAT ir rageninės horizontalios komos. Tai dar kartą patvirtina, kad ragenos būklė po šio tipo chirurginės intervencijos gali turėti ilgalaikį poveikį regėjimo kokybei.

IOL padėties svarbą aberacijų pokyčiams patvirtina ir literatūros duomenys. Cui ir kt. tyrime nustatyta, kad vertikali IOL decentracija reikšmingai koreliavo su vidinėmis aukštesnės eilės aberacijomis, ypač su koma. Horizontalus decentravimas buvo susijęs su horizontalia vidine koma, kas rodo, jog net minimalūs IOL centro nukrypimai gali turėti reikšmingą įtaką regos kokybei [294].

Panašiai Oshika ir kt. nustatė, kad po siūlinės transskleralinės IOL fiksacijos IOL pasvirimo kampas reikšmingai koreliavo su komos tipo aberacijomis, o tai patvirtina, jog net nedidelis IOL pasvirimas gali žymiai pabloginti regos kokybę [295].

Hayashi ir kt. taip pat parodė, kad po skleralinės IOL fiksacijos IOL pasvirimo kampas siekia vidutiniškai $6,35^\circ$ (*p*lg. – tik $3,18^\circ$ po standartinės kataraktos operacijos), o decentracija – $0,62$ mm (*p*lg. $0,29$ mm po standartinės kataraktos operacijos), kas lemia ryškų komos padidėjimą [296].

Nors kai kurie autoriai, pvz., Bellucci ir kt., nurodo, kad komos tipo aberacijos reikšmingai nesiskiria tarp skirtingų IOL tipų, o sferinės aberacijos labiau priklauso nuo pačios IOL konstrukcijos, mūsų bei kitų tyrimų duomenys rodo, kad esminę reikšmę turi ne tiek IOL dizainas, kiek jo padėtis akyje [297].

Apibendrinant, galima teigti, kad IOL dislokacija yra vienas svarbiausių veiksnių, lemiančių vidinių aukštesnės eilės aberacijų padidėjimą. Šie rezultatai parodo, kad optimali IOL padėtis yra būtina siekiant maksimalios regos kokybės, ypač pacientams, kuriems atliekama IOL fiksacija.

Ragenos endotelio ląstelių tankio pokyčiai po chirurginio IOL dislokacijos gydymo. Mūsų tyrimo rezultatai parodė, kad po chirurginio gydymo RELT reikšmingai sumažėjo tiek RF, tiek P grupėje, tačiau didesnis sumažėjimas buvo stebėtas P grupėje. Šie pastebėjimai atitinka ir literatūros duomenis. Pavyzdžiui, Eum ir kt. studijoje po IOL pakeitimo į priekinės kameros IOL RELT vidurkis (SN) sumažėjo nuo 2070,4 (458,8) iki 1805,9 (426,5), o po IOL repozicijos ir fiksacijos prie skleros – nuo 1778,5 (775,6) iki 1689,6 (685,7) [298]. Kang ir kt. nustatė, kad nors prieš operaciją RELT reikšmės tarp grupių nesiskyrė, pooperacinis sumažėjimas buvo reikšmingai didesnis IOL pakeitimo grupėje (vidutiniškai 207,8 ląstelės/mm²), palyginti su repozicijos ir besiūlės intraskleralinės IOL fiksacijos grupe (vidutiniškai 71,1 ląstelės/mm²) [299].

Tai atitinka bendrą tendenciją – pooperacinis RELT sumažėjimas dažniausiai būna didesnis po IOL pakeitimo, palyginti su IOL repozicija ir fiksacija. Šis skirtumas, tikėtina, susijęs su invazyvesne chirurgine technika – P grupėje. Atliekamas platus, apie 6 mm rageninis pjūvis, o operacijos metu atliekama IOL pašalinimas bei naujo IOL implantacija, manipuliuojant arti ragenos endotelio. Toks metodas sukelia didesnę intraokulinę traumą. Tuo tarpu RF grupėje taikomos tik dvi mažos paracentezės, o pati chirurginė manipuliacija vyksta toliau nuo ragenos, todėl poveikis endotelio ląstelėms yra mažesnis. Nors kai kuriais atvejais naudojant skleralinį tunelinį pjūvį ir pakankamą kiekį viskoelastinių medžiagų galima sumažinti riziką, vis dėlto literatūroje aprašyta, kad RELT sumažėjimas po IOL dislokacijos gydymo gali siekti nuo 11,0 proc. iki 21,0 proc. priklausomai nuo taikyto metodo ir stebėjimo trukmės (3–12 mėn.) [300].

Mūsų tyrime prieš operaciją RELT buvo mažesnis tiek RF, tiek P grupėse, palyginti su KLA ir PF grupėmis. Tai rodo, kad endotelio pažeidimas galėjo būti nulemtas ne tik chirurginės intervencijos, bet ir pačios IOL dislokacijos bei ją lydinčių veiksnių. Sumažėjęs RELT yra dažnai nustatomas studijose apie IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokaciją. Kristianslund ir kt. tyrime nustatyta, kad prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą RELT siekė 1718–1940 ląstelės/mm² [91]. Panašius duomenis pateikė ir Eum ir kt. studi-

ja [298], tai yra RELT buvo mažesnis akyse su IOL dislokacija, nei tikėtina pagal amžių sveikų individų populiacijoje (2200–2400 ląstelės/mm²) [301]. Be to, mūsų tyrime tirtos akys be IOL dislokacijos, turėjo RELT atitinkantį normą pagal amžių (mediana (TKI), KLA grupė: 2352,3 (2158,5–2507,3) ląstelės/mm²; PF grupė: 2257,0 (1985,1–2557,9) ląstelės/mm²).

Mūsų tyrime nustatyta reikšminga neigiama koreliacija tarp priešoperacinio RELT ir glaukomos bei IOL dislokacijos simptomų trukmės. Daugiausiomis logistinės regresijos analizė parodė, kad rizika turėti RELT < 2050 ląstelės/mm², didėja esant IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijai ir pirminės glaukomos diagnozei, nepriklausomai nuo amžiaus. Tai rodo, kad tiek akių ligos, tokios kaip glaukoma, tiek lokalūs veiksniai (IOL dislokacijos sukelti intraokuliniai pakitimai) turi įtakos ragenos endotelio pažeidimui.

Žinoma, kad endotelio ląstelės yra jautrios įvairiems pažeidimams – intraokulinėms intervencijoms, uždegimui, padidėjusiam IOS [223,285,302–304]. Dislokuotas IOL–kapsulės maišelio kompleksas, ypač esant Soemmering žiedui ar kapsulės maišelio fibrozei, gali mechaniskai dirginti rainelę ir krumplyną, skatindamas uždegimą, pigmento dispersiją ir uždegiminius pokyčius akies priekinės kameros skystyje [110,217]. Šie pokyčiai gali lemti lėtinį endotelio ląstelių pažeidimą net esant minimaliai ar kliniškai nepasireiškiančiai uždegiminei akies reakcijai [237–240]. Ragenos endotelio ląstelių praradimas visada stebimas po chirurginių intervencijų [300,305–307]. Kai RELT nukrenta žemiau funkcinės ribos (paprastai apie 500 ląstelių/mm²), sutrinka stromos dehidracijos mechanizmas ir ragena paburksta [223]. Todėl labai svarbu nustatyti veiksnius, mažinančius RELT, ir kurti strategijas, kaip išsaugoti endotelio funkciją bei išvengti galimos ragenos dekomensacijos. Net esant nedidelio laipsnio IOL dislokacijai reikėtų apsvarstyti greitesnės chirurginės intervencijos galimybę, siekiant apsaugoti ragenos endotelį.

Apibendrinant, mūsų tyrimo rezultatai patvirtina, kad IOL dislokacija gali sukelti arba padidinti ragenos endotelio pažeidimą. IOL fiksacija prie rainelės, palyginti su IOL pakeitimu, gali būti saugesnė alternatyva, ypač jei tikslas – maksimaliai išsaugoti ragenos skaidrumą ir funkciją.

Intraokulinio lęšio padėties pokyčiai po chirurginio gydymo ir jų reikšmė optinės sistemos stabilumui. Atliekant IOL padėties analizę prieš ir po chirurginio gydymo, nustatyta, kad tiek IOL pasvirimas, tiek decentracija reikšmingai sumažėjo abiejose – vertikalioje ir horizontalioje – ašyse, tai patvirtina chirurginio gydymo efektyvumą. Prieš operaciją RF grupėje IOL pasvirimas ir decentracija buvo reikšmingai didesni nei KLA ir PF grupėse. Po chirurginio IOL padėties atstatymo RF grupėje vertikalioje ašyje pasvirimas sumažėjo iki KLA lygmens, o horizontalioje ašyje jis tapo net mažesnis nei KLA grupėje.

Pooperaciniai decentracijos duomenys taip pat rodo reikšmingą pagerėjimą – RF grupėje vertikalioje ašyje decentracija buvo net mažesnė nei KLA grupėje, o horizontalioje – nesiskyrė nuo KLA, tačiau buvo didesnė nei PF grupėje. Šie rezultatai atspindi chirurginės intervencijos efektyvumą, ypač vertikalios ašies stabilizavimo požiūriu, bei leidžia manyti, kad RF metodas leidžia pasiekti ne tik anatomiškai, bet ir optiškai palankesnę IOL poziciją.

Idomu, kad PF grupėje – kliniškai stabiliose pseudofakinėse akyse – IOL padėtis buvo simetriškesnė, su mažesne pasvirimo ir decentracijos sklaida, tuo tarpu KLA grupėje – tiriamųjų akyse, kurių priešinga akis jau patyrė IOL dislokaciją – pastebėtas didesnis padėties išsisklaidymas. Šis skirtumas gali rodyti zonulių silpnumą, būdingą abiem akims, kuris dar nėra pasireiškęs kliniškai dislokacija kontralateralinėje akyje. Tokia prielaida remiasi Jakobsson ir kt. duomenimis, kur 18,0 proc. atvejų per stebėjimo laikotarpį IOL dislokacija išsivystė kontralateralinėje akyje [95].

Analizuojant IOL pasvirimo kryptį prieš chirurginį gydymą, dominuojanti tendencija buvo IOL pasvirimas į temporalinės–apatinės krypties pusę, o po operacijos daugumos IOL padėtis susitelkė arčiau koordinčių centro. Decentracijos krypties pasiskirstymas taip pat atskleidė, kad prieš gydymą dauguma IOL buvo decentruoti žemyn ir į temporalinę pusę, o po gydymo pozicijos persiskirstė link centro.

KLA grupėje IOL pasvirimo kryptis buvo analogiška RF grupei, tuo tarpu PF grupėje pasvirimas buvo priešinga kryptimi – nazalinė–viršutinė. Tai iliustruoja galimą biomechaninį dislokacijos krypties dėsnį, kuris galėtų būti įtrauktas į profilaktinių pseudofakinių pacientų tyrimų planavimą.

IOL padėties netolygumai – tiek pasvirimas, tiek decentracija – daro įtaką regos kokybei, ypač didindami vidinės aukštesnės eilės aberacijas. Anksčiau tyrimuose parodyta, kad nedideli IOL decentracija ir/ar pasvirimas (atitinkamai, $>0,7$ mm arba $>5^\circ$) gali reikšmingai didinti komos tipo aberacijas ir bloginti regėjimo kokybę [294,308]. Todėl pasiekta gera pasvirimo ir decentracijos kontrolė RF grupėje gali būti laikoma ne tik anatomine, bet ir funkciškai reikšminga korekcija.

Pooperacinės komplikacijos po IOL dislokacijos chirurginio gydymo. Pooperacinio laikotarpio analizė parodė, kad dažniausia komplikacija buvo CME, kuri pasireiškė 21,7 proc. iš visų atvejų. Tarp chirurginių grupių nustatytas reikšmingas skirtumas – RF grupėje CME pasireiškė rečiau nei P grupėje (atitinkamai 4,4 proc. ir 39,0 proc.). Šis rezultatas gali būti susijęs su mažesniu chirurginiu invazyvumu RF grupėje.

Garcia–Rojas ir kt. studijoje, taikant IOL fiksaciją prie rainelės, naudojant McCannel ir Siepser mazgo techniką, CME atvejų nebuvo nustatyta [278]. Taip pat CME atvejų nebuvo fiksuota ir Condon ir kt. studijoje, kuriame analogiškas fiksacijos metodas buvo taikytas afakijos korekcijai [292]. Rusu ir

kt. tyrime, kuriame IOL buvo fiksuotas prie rainelės, CME pasitaikė 3,8 proc. atvejų [290]. Šie duomenys leidžia manyti, kad IOL fiksacija prie rainelės yra rečiau susijusi su užpakalinio segmento komplikacijomis, tokiomis kaip CME. Be to, Li ir kt. atlikta metaanalizė, lyginusi tris skirtingus IOL fiksacijos metodus – fiksaciją prie rainelės, siūlinę intraskleralinę fiksaciją ir siūlinę transskleralinę fiksaciją – parodė, kad IOL fiksacija prie rainelės buvo susijusi su mažesne ne tik CME, bet intraokuline hemoragijos rizika, palyginti su kitais dviem fiksacijos metodais [243]. Mahapatra ir kt. studijoje, po trauminės afakijos korekcijos implantuojant priekinės kameros IOL pasitaikė 8,8 proc. CME atvejų [270]. Wagoner ir kt. literatūros apžvalga atskleidė, kad CME dažnis buvo reikšmingai mažesnis IOL fiksacijos prie rainelės atvejais, palyginti su IOL fiksacija prie skleros ar priekinės kameros IOL implantacija [242]. Schein ir kt. randomizuotoje studijoje buvo vertinamos trys IOL fiksacijos metodikos atliekant keratoplastiką [309]. Nors regos aštrumo išeitis visose grupėse buvo panašios, pastebėta, kad fiksacijos prie rainelės grupėje buvo statistiškai reikšmingai mažiau CME atvejų (20,0 proc.), palyginti su priekinės kameros IOL implantacija (38,0 proc.) ir IOL fiksacija prie skleros (41,0 proc.) ($p < 0,05$) [309].

Kita svarbi chirurginė komplikacija – pakartotina IOL fiksacija dėl nepakankamo IOL centruotumo – buvo reikalinga tik RF grupėje, 3 atvejams (6,7 proc.). Kim ir kt. studija atskleidė, kad tiek po IOL fiksacijos prie rainelės, tiek po fiksacijos prie skleros pasitaikė atvejų kai dėl redislokacijos ar nepakankamo IOL centruotumo reikėjo pakartotinės intervencijos (atitinkamai 13,6 proc. *p*lg. 17,1 proc., $p > 0,05$) [291].

Mūsų tyrime per šešių mėnesių stebėjimo laikotarpį nei vienoje grupėje nebuvo užfiksuotos tokios sunkios komplikacijos, kaip buliozinė keratopatija, pigmento dispersijos sindromas, lėtinis uveitas, tinklainės atšoka ar endoftalmitas. Tai leidžia daryti prielaidą, kad abi chirurginės technikos yra saugios, tačiau RF metodas gali būti pranašesnis dėl mažesnio CME pasireišimo. Šiuos rezultatus atspindi Caporossi ir kt. retrospektyvinė studija, kurioje buvo analizuoti 41 IOL–kapsulės maišelio dislokacijos atvejai, gydyti IOL fiksacija prie rainelės. Tyrime užfiksuoti geri refrakcijos rezultatai, ir nepasireiškė komplikacijos, tokios kaip buliozinė keratopatija ar pigmento dispersija. Autoriai priėjo prie išvados, kad tiek vienos, tiek trijų dalių IOL fiksacija prie rainelės yra saugus ir efektyvus IOL dislokacijos gydymo metodas [23]. Mūsų tyrimo rezultatai šiai išvadai neprieštarauja.

IŠVADOS

1. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacijos riziką didino anksčiau atlikta TB, PES ir glaukoma. Mažesnio laipsnio IOL dislokacija buvo susijusi su didesniu IOS padidėjimu. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija blogino regos aštrumą ir didino vidinines akies aberacijas. IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir glaukoma didina riziką, kad RELT prieš IOL dislokacijos chirurginį gydymą bus < 2050 ląstelių/mm².
2. IOL dislokacijos chirurginis gydymas, nepriklausomai nuo metodo, pagerino regos aštrumą ir sumažino vidines akies aberacijas, kurios nebedarė įtakos regos kokybei. IOL fiksacija prie rainelės užtikrino geresnę KRAT. Po IOL eksplantacijos ir pakeitimo į PK IOL padidėjo rageninės aberacijos, bloginusios regos aštrumą.
3. IOL dislokacijos chirurginis gydymas, nepriklausomai nuo metodo, sumažina IOS esant padidėjusiam IOS (≥ 21 mmHg) prieš operaciją. IOL fiksacija prie rainelės buvo mažiau invazyvi: nepadidino rageninio astigmatizmo ir lėmė mažesnę RELT praradimą. Po šios intervencijos IOL pasvirimas ir decentracija buvo artima ar gerensė nei kontralateralinėje akyje. Visa tai leidžia IOL fiksacijos prie rainelės metodą laikyti akies morfologijai palankesniu pasirinkimu.
4. Dažniausia komplikacija buvo CME, kuri dažniau pasitaikė po eksplantacijos ir pakeitimo į PK IOL. Refiksacijos po fiksacijos prie rainelės prireikė 6,7 % atvejų. Papildomos filtruojančios operacijos prireikė 9,3 proc. atvejų po IOL fiksacijos prie rainelės ir 2,5 proc. po IOL eksplantacijos ir pakeitimo į PK IOL.

PRAKTINĖS REKOMENDACIJOS

- Atsiradus padidėjusiam IOS pseudofakinėje akyje, ypač kai IOL dislokacija nėra akivaizdi, tikslinga vertinti IOS padidėjimą ne tik kaip glaukomos progresavimo rizikos veiksnį, bet ir kaip galimą netiesioginį IOL nestabilumo požymį.
- Pacientams su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir sergantiems glaukoma ar turintiems padidėjusį IOS, rekomenduojama vienu metu planuoti tiek IOL padėties korekciją, tiek IOS kontrolės strategiją, kad būtų išvengta papildomos glaukomos progresavimo rizikos.
- Pacientams su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir glaukoma, matuoti RELT prieš planuojant IOL dislokacijos chirurginį gydymą.
- Pacientams su IOL–kapsulės maišelio komplekso dislokacija ir gretutine glaukomos diagnoze (neatsižvelgiant į IOS) chirurginį gydymą taikyti neuždelsiant, siekiant apsaugoti ragenos endotelio ląsteles.
- Esant IOL–kapsulės maišelio dislokacijai vienoje akyje, stebėti kontralateralinę akį dėl galimos IOL dislokacijos arba iškart taikyti prevencines priemones.

SUMMARY

ABBREVIATIONS

ACIOL	– anterior chamber intraocular lens
BCVA	– best corrected visual acuity
CECD	– corneal endothelial cell density
CME	– cystoid macular edema
CLE	– contralateral eye
CTA	– topographic axis of the cornea
CTR	– capsular tension ring
DPP	– duration of pseudophakia
IF	– iris fixation
IOL	– intraocular lens
IOLE	– IOL exchange
IOP	– intraocular pressure
IQR	– interquartile range
M	– mean
MD	– median
OCT	– optical coherence tomography
OR	– odds ratio
PEX	– pseudoexfoliation syndrome
Pph	– pseudophakia
SIA	– surgically induced astigmatism
SE	– spherical equivalent
SD	– standard deviation
TB	– trabeculectomy
UCVA	– uncorrected visual acuity

INTRODUCTION

According to the World Health Organization, cataracts are the leading cause of blindness and the second leading cause of reduced visual acuity worldwide (after uncorrected refractive errors), representing a significant social and economic burden [1]. The only effective treatment for cataracts is surgery to remove the opacified lens and replace it with an artificial intraocular lens (IOL) [2]. This surgery not only restores vision and significantly improves

the patient's quality of life but also provides secondary benefits. Studies have shown that cataract surgery reduces overall mortality and increases life expectancy in older people [3–7].

Currently, the gold standard is phacoemulsification, which involves the implantation of a foldable IOL into the capsular bag that remains after the removal of the natural lens. In recent decades, rapidly advancing microsurgical tools, such as capsular tension rings, iris and capsular hooks, and advanced microsurgical instruments, have made it possible to safely perform surgery even in complex clinical cases [8–11]. These innovations have significantly improved the safety and effectiveness of these procedures, and the number of cataract operations performed each year continues to increase [8–11].

Despite the impressive progress in cataract surgery, complications cannot always be avoided. One of the most serious complications is IOL dislocation, which can occur either in the early postoperative period or many years after a seemingly successful cataract procedure [12]. According to the literature, the incidence of this complication ranges from 0.2% to 3%. However, exact statistics remain unclear due to the inclusion of various dislocation types (intraoperative, early, and late) in many studies [13–21].

Late spontaneous dislocation of the IOL–capsular bag complex often results in significant visual disturbances and presents challenges for ophthalmologists in choosing the most appropriate treatment strategy. Two main treatment options are available: [1] removal of the dislocated IOL and its replacement with a new IOL or [2] repositioning and fixation of the dislocated IOL. While some authors emphasize that fixation of the same dislocated IOL can help avoid additional surgical interventions (e.g., vitrectomy) and reduce the risk of postoperative astigmatism, others point out the greater degree of technical difficulty and increased risk of complications associated with such procedures [22]. Thus, the surgeon must determine which approach best suits each patient's condition.

Recent publications have shown increasing interest in the long-term outcomes of fixation techniques and efforts to preserve existing but dislocated IOLs [23–25]. However, the literature still lacks sufficient data comparing how different treatment methods affect visual function and ocular anatomy. Therefore, this study aims to evaluate and compare the postoperative outcomes of two different surgical approaches – fixation of the dislocated IOL to the iris and removal of the dislocated IOL with replacement by an anterior chamber IOL (ACIOL) – to determine which method ensures better visual acuity, a lower risk of complications, and a more favorable anatomical state of the eye.

Aim of the study

To evaluate the risk factors for dislocation of the IOL–capsular bag complex and the impact of surgical treatment methods on visual quality and ocular morphology.

Objectives of the study

1. To determine the risk factors in patients who have developed dislocation of the IOL capsular bag complex and to evaluate the associated changes in intraocular pressure, visual function and ocular anatomy.
2. Comparison of changes in intraocular pressure and visual acuity after IOL fixation to the iris and after explantation of the IOL and replacement with an ACIOL.
3. Comparison of the anatomical changes of the eye after IOL fixation to the iris and after IOL explantation and replacement with an ACIOL.
4. Evaluation of the frequency and type of postoperative complications after IOL fixation to the iris and after IOL explantation with replacement by an ACIOL.

The scientific novelty of the study

In this study, we evaluated the postoperative outcomes of two different surgical techniques in patients with IOL–capsular bag complex dislocation and analyzed the risk factors associated with this pathology. In addition, the results were compared not only between the surgically treated groups but also with the contralateral pseudophakic eyes of the same patients and with a group of individuals with pseudophakia who showed no signs of IOL dislocation. To the best of our knowledge, this is the first and thus far the only prospective study investigating iris sutured fixation of a dislocated IOL. A literature review revealed that most of the previously published studies on this topic were retrospective, and many were descriptive and did not include statistically robust comparisons of surgical techniques [23, 27–34]. In several studies, IOL fixation to the iris was investigated only as one of several techniques within broader surgical strategies and not as an independent subject of analysis [35,36]. Our prospective study is one of the first to systematically compare IOL fixation to the iris with an alternative surgical method – replacement of the IOL with an anterior ACIOL – by evaluating not only visual outcomes but also morphologic changes in the eye.

For the first time, we identified a possible biomechanical pattern toward dislocation that could inform preventive research planning for pseudophakic patients who do not yet show signs of IOL dislocation but have a history of

risk factors such as unilateral IOL dislocation, glaucoma, pseudoexfoliation syndrome (PEX), or trabeculectomy (TB).

1. MATERIALS AND METHODS OF THE STUDY

This prospective observational study was conducted at the Department of Ophthalmology, Hospital of the Lithuanian University of Health Sciences Kaunas Clinics, between 2017 and 2019. The study was approved by the Kaunas Regional Biomedical Research Ethics Committee (Approval No. BE–2–40]. The research followed the ethical principles outlined in the Declaration of Helsinki.

The clinical study included participants scheduled for surgery due to IOL–capsular bag complex dislocation. In addition, healthy control subjects with pseudophakia who visited the Department of Ophthalmology at the Lithuanian University of Health Sciences Kaunas Clinics for routine examinations were included.

Four groups were formed:

1. Iris fixation group (IF group) – patients who underwent repositioning and iris fixation of the dislocated IOL–capsular bag complex (n = 41, eyes = 43).
2. IOL exchange group (IOLE group) – patients who underwent pars plana vitrectomy and IOL exchange with an anterior chamber IOL (n = 39, eyes = 40).
3. Contralateral eye group (CLE group) – contralateral eyes of patients who underwent surgery for IOL dislocation and had cataract surgery at least 6 months earlier (n = 35, eyes = 35).
4. Pseudophakia group (Pph group) – pseudophakic subjects who attended routine outpatient clinic visits and had undergone cataract surgery in one or both eyes at least 6 months earlier (n = 49, eyes = 81).

Inclusion criteria:

- Age $\geq$ 18 years;
- Patients with late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocation in which the IOL was visible in the pupil area and who had undergone cataract surgery (by phacoemulsification) at least 6 months earlier;
- Pseudophakic patients with a centrally positioned, stable, endocapsular implanted IOL placed at least 6 months earlier by phacoemulsification.

Exclusion criteria:

- Age under 18 years;
- Allergies to local anesthetics or ophthalmic medications;

- Coexisting eye diseases that could affect postoperative visual acuity: Stage III–IV glaucoma, keratitis, endothelial dystrophy, corneal opacities, pterygium, and macular retinal changes;
- History of injury to the eyeball, blunt trauma causing anatomical damage, or orbital fractures;
- History of corneal transplantation, pars plana vitrectomy, laser refractive surgery, or cyclodestruction;
- Visual acuity worse than 0.02;
- Uncontrolled systemic diseases (e.g., arterial hypertension, systemic inflammatory diseases, type 1 or 2 diabetes, and chronic infectious diseases);
- Diagnosed with psychiatric illness;
- Pregnant or breastfeeding women;
- Patients who are not willing to participate in postoperative aftercare.

From 2017–2019, 186 patients met the inclusion criteria. Twenty-one declined to participate. Ten patients (3 from the IF group, 1 from the IOLE group, and six from the Pph group) were excluded due to findings that were not compatible with the inclusion criteria: age-related macular degeneration (5 from the Pph group and 2 from the IF group) and macular fibrosis (1 from the Pph group, 1 from the IF group, and 1 from the IOLE group). Twenty-five patients did not show up for follow-up or canceled (14 from the IF group and 10 from the IOLE group), and 1 patient from the IOLE group died. A total of 129 participants completed the study.

The initial examination was performed before surgical treatment. The follow-up examination was performed 6.5 (± 0.5) months after surgery. At the first visit, a comprehensive ophthalmologic examination was performed, including autorefraction, uncorrected corrected visual acuity (UCVA) and best corrected visual acuity (BCVA), aberrometry, keratometry, IOL positioning (tilt and decentration) measurement, IOP measurement using Goldmann applanation tonometry, ophthalmoscopy, photography of the anterior segment of the eye, optical coherence tomography (OCT) of the posterior segment of the eye, and assessment of corneal endothelial cell density (CECD).

Six months after surgery, all examinations were repeated for the surgically treated groups, and the results were compared with the preoperative data and the KLA and PF groups. All the participants read and signed an informed consent form. All examinations were performed according to the same standardized protocol.

Questionnaire data

The participants first completed a questionnaire containing the following information: age, gender, eye to be operated on (right/left), date of cataract surgery, patient's age on the day of cataract surgery, type and material of implanted IOL, use of a capsular tension ring (CTR), subjective visual improvement after cataract surgery, duration from diagnosis of IOL dislocation to the time of IOL dislocation surgery (duration of symptoms), concomitant ocular diseases and their duration, previous ocular surgery or laser procedures, current antiglaucoma, and other ocular medications.

The questionnaire was repeated at the second visit to record changes in antiglaucoma medication and additional ophthalmologic interventions. The total number of daily antiglaucoma medications per eye was calculated.

Ophthalmic evaluation

All eyes underwent a full ophthalmic examination, including UCVA and BCVA using the LogMAR chart, refractometry and keratometry using an autorefractometer (Tonoref III, Nidek Co., Ltd., Gamagori, Japan), biomicroscopy using a slit lamp (SL-D7, Topcon Medical Systems, Tokyo, Japan), measurement of IOP with a Goldmann tonometer (Haag–Streit AG, Köniz, Switzerland) after diagnostic mydriasis with Tropicamide 1%, and ophthalmoscopy with a 90D lens (Volk, USA).

Photography of the anterior segment and grading of IOL dislocation

Photographs of the anterior segment were taken with a digital slit lamp (Carl Zeiss, Jena, Germany) using standardized methods: patients looked into the light source, and retroillumination images were taken at maximum flash intensity with a fully open slit beam in a near-coaxial position and 8x magnification. The best images were selected.

A modified scoring system for IOL dislocations was used [92]:

Grade I: Pseudophacodonesis

Grade II: The IOL equator is in line with the pupil margin

Grade III: The IOL equator is above or aligned with a horizontal line through the center of the pupil

Grade IV: Only the IOL edge is visible at any part of the pupil margin

Aberrometry

To evaluate the optical system and visual quality before and after surgery, we used a wavefront aberrometer/corneal topographer (Optical Path Difference Scanning System (OPD-Scan II ARK-10000), Nidek Co., Ltd., Gamagori, Japan). The examination was performed under standardized conditions with the pupil fully dilated. Each participant's aberrometry dataset contained

aberrations represented by Zernike polynomials of the 2nd to 4th radial order. Each aberration was divided into total, corneal, and internal components.

Measurement of IOL tilt and decentration

IOL tilt and decentration were assessed using Scheimpflug images (Pentacam, Oculus, Wetzlar, Germany). The examination was performed under standard conditions in a dark room with the pupils fully dilated. The decentration and tilt of the IOL were calculated as follows [287, 288]:

1. Image selection

Two images were exported from the Pentacam: a 90° meridian scan (scan direction: superior to inferior) and a 180° meridian scan (scan direction: from temporal to nasal).

2. Image analysis was performed using ImageJ software (version 1.52; NIH, USA).

- Scale calibration: Before export, a reference line of 6000 μm was drawn in the Pentacam software for each image. This known distance was measured in pixels using ImageJ, whereupon all subsequent pixel measurements were converted to micrometers.
- Determination of the topographic axis of the cornea (CTA): In all images, the vertical dotted line represents the CTA (automatically marked by the Pentacam).
- Determination of the IOL center: Two arcs were drawn in ImageJ corresponding to the curvature of the anterior and posterior IOL surfaces. The intersection of these arcs represented the central IOL plane in the cross-section. A line drawn through the intersection points defined the IOL plane, and its center was defined as the IOL center. The IOL axis was defined as the line perpendicular to the IOL center.

3. Determination of the decentration and tilt of the IOL:

- IOL decentration: The perpendicular distance from the IOL center to the CTA.
- IOL tilt angle: The angle between the IOL axis and the CTA, calculated as the angle between the IOL plane and the CTA minus 90°.

4. Interpretation of the parameters:

- The decentration indicates how far the IOL center is displaced from the CTA.
- The tilt angle describes how many degrees the IOL axis deviates from the perpendicular alignment to the CTA.

Positive and negative values were used to indicate the direction of decentration and tilt in each meridian:

- Vertical meridian:

- “+” values indicate an upper direction (e.g., “IOL decentered upward”; “IOL tilted upward”).
- “-” values indicate an inferior direction (e.g., “IOL decentered downward”; “IOL tilted inferiorly”).
- Horizontal meridian:
 - “+” values indicate a temporal direction (e.g., “IOL temporally decentered”; “IOL temporally tilted”).
 - “-” values indicate a nasal direction (e.g., “IOL nasally decentered”; “IOL nasally tilted”).

OCT of the posterior segment

OCT of the posterior segment (DRI OCT Triton Plus (Ver. 10.13), Topcon, Japan) was performed for all the subjects. The examination was carried out in a semidarkened room after pupil dilation. For all participants, the macula was examined in 3D Macula V/H mode (7.0×7.0 mm scan area). The total thickness of the retina in the macular area (from the outer limiting membrane to the retinal pigment epithelium) was assessed. The thickness (in micrometers, μm) was measured automatically by the system.

Measurement of corneal endothelial cell density

CECD was measured using in vivo confocal microscopy (Heidelberg Retina Tomograph III) equipped with the Rostock Cornea Module (Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Berlin, Germany).

The examination was performed under standard conditions with local anesthesia (proxymetacaine hydrochloride 0.5%) with the patient seated in a normally illuminated room. Three high-quality, representative images of the endothelial layer were selected. In each image, the region of interest was manually selected. The measurement range for endothelial cell density was $0.04 (\pm 0.009) \text{ mm}^2$. The cells within this range were manually marked, and the integrated software automatically calculated the cell density (cells/ mm^2).

Statistical data analysis

Statistical analysis was performed using a statistical software package (IBM SPSS version 29.0 for Windows, Armonk, NY: IBM Corp). The study data included both quantitative and qualitative (nominal) variables. The Shapiro-Wilk test was used to test the hypothesis that the distribution of the quantitative variables in the population followed a normal (Gaussian) distribution.

The quantitative parameters that follow a normal distribution are expressed as the mean and standard deviation (M (SD)). Parameters that do not conform to the normality assumption are shown as the median and interquartile range, i.e., the 25th and 75th percentiles (M (IQR)).

When the distribution of quantitative variables was normal, Student's t test was used to compare means between two independent groups, and a paired t test was used for two dependent samples.

If the data were not normally distributed, comparisons were made by nonparametric tests: the Mann-Whitney U test for two independent samples, the Kruskal-Wallis test for more than two independent samples, and the Wilcoxon signed-rank test for paired samples. Associations between two qualitative variables were evaluated using the chi-square test (χ^2) for independence (for independent samples), the McNemar test (for paired samples), and Fisher's exact test or the exact χ^2 test (for small samples). For variables with more than two categories, pairwise comparisons of proportions between groups were performed with z tests using the χ^2 test. Correlations between quantitative variables were assessed using Pearson's correlation coefficient if the data were normally distributed and Spearman correlation coefficient if the data were not normally distributed. A linear regression analysis was performed for associations between quantitative variables that followed a normal distribution. Receiver operating characteristic (ROC) curves were used to compare the sensitivity and specificity of the investigated parameters, and the area under the curve (AUC) was calculated. Logistic regression analysis was used for predictive modeling on the basis of statistically significant differences from the comparative analysis. The results were considered statistically significant if the p value was less than the selected significance level $\alpha = 0.05$.

Sample size calculation

To detect a difference of 111 cells/mm² in corneal endothelial cell density (CECD) between groups (SD = 160), at least 33 eyes per group were needed ($\alpha = 0.05$, $\beta = 0.2$, and power = 0.8) [92].

The sample size for two independent groups (comparison of means) was calculated using the following formula:

$$n = \frac{(\sigma_1^2 + \sigma_2^2/K)(z_{1-\alpha/2} + z_{1-\beta})^2}{\Delta^2}$$

$$n = \frac{(160^2 + 160^2/1)(1.96 + 0.84)^2}{111^2} = 32.58$$

n – required minimum sample size per group, σ – standard deviation, K – ratio of the group sizes, α – Type I error probability (0.05), β – Type II error probability (0.1), z – critical Z value for α and β , Δ – absolute difference between the two mean values.

RESULTS

Risk factors associated with IOL–bag complex dislocation

A total of 129 individuals participated in the study – 66 men (51.2%) and 63 women (48.8%). The median age of the participants at the first examination was 78 (72–81) years. The median age at the time of cataract surgery was 70 (65–75) years.

The median DPP was 6 (3–10) years. Age and gender did not differ significantly between the groups (Table 1).

Table 1. Demographic data

	IF group (n = 41)	IOLE group (n = 39)	CLE group (n = 35)	Pph group (n = 49)
Median (IQR)				
Age, years	77 (74–80)	77 (74–80)	78 (73–81)	78 (70–81)
	H(3) = 0.825, p = 0.844			
Age at the time of cataract surgery, years	70 (66–74)	69 (67–74)	72 (68–76)	70 (62–75)
	H(3) = 2.897, p < 0.408			
DPP, years	8 (5–10) ^{ab}	7 (4–9.75)	5 (2–9) ^a	6 (3–10) ^b
	H(3) = 10.602, p = 0.014, ^{ab} p < 0.013			
n (%)				
Female	16 (39)	17 (44)	12 (34)	30 (61)
Male	25 (61)	22 (56)	23 (66)	19 (39)
$\chi^2(3) = 7.402, p = 0.06$				

CLA – contralateral; DPP – duration of pseudophakia; IOLE – intraocular lens exchange; IR – iris fixation; IQR – interquartile range (25th and 75th percentiles); n – number of subjects; Pph – pseudophakia; each individual superscript letter (a, b) indicates a statistically significant difference between the two groups; statistically nonsignificant differences between the groups are not superscripted; p values were determined using the χ^2 test and post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

Between grades II and III of IOL dislocation, the number of cases was evenly distributed between the IR and IOLE groups. Grade I IOL dislocations occurred more frequently in the IR group than in the IOLE group, while grade IV dislocations occurred more frequently in the IOLE group than in the IR group. However, the extent of displacement of the IOL–capsular bag complex did not differ significantly between the IR and IOLE groups. Among the subjects with a dislocation of the IOL–capsular bag complex (n = 83), 31 eyes (37.3%) had PEX. In 45 eyes (54.2%), primary open-angle glaucoma was diagnosed before IOL–capsular bag complex dislocation. In 15 eyes (18.1%), dislocation of the IOL–capsular bag complex was diagnosed simultaneously

with suspected glaucoma (when the IOP was ≥ 21 mmHg). Overall, glaucoma was present as a comorbidity in 60 eyes (72.3%) with IOL–capsular bag complex displacement. The characteristics of cataract surgery and the risk factors associated with IOL–capsular bag complex displacement are shown by group in Table 2.

Table 2. Characteristics of cataract surgery and risk factors associated with IOL–capsular bag complex dislocation and their comparison between study groups

	IF group (n _e = 43)	IOL group (n _e = 40)	CLE group (n _e = 35)	Pph group (n _e = 81)
	n _a (%)			
Degree of IOL dislocation:				
I	7 (16.3)	1 (2.5)	–	–
II	8 (18.6)	6 (15.0)		
III	15 (34.9)	13 (32.5)		
IV	13 (30.2)	20 (50.0)		
	$\chi^2 = 6.313, p = 0.097$			
IOL material:				
Hydrophobic acrylic	29 (67.4)	25 (62.5)	21 (60)	62 (76.5)
Hydrophilic acrylic	14 (32.6)	15 (37.5)	14 (40)	19 (23.5)
	$\chi^2(3) = 3.895, p = 0.273$			
CTR	12 (27.9)	18 (45.0)	8 (22.9)	21 (25.9)
	$\chi^2(3) = 5.670, p = 0.129$			
YAG capsulotomy	3 (7.0)	5 (12.5)	3 (8.6)	11 (13.6)
	$\chi^2(3) = 1.676, p = 0.642$			
PEX	17 (39.5)	14 (35.0)	19 (27.9)	10 (12.3)
	$\chi^2(3) = 13.806, p = 0.003$			
Primary glaucoma	25 (58.1)	19 (47.5)	36 (52.9)	17 (21)
	$\chi^2(3) = 23.143, p < 0.001$			
Glaucoma suspect (IOP ≥ 21 mmHg)	6 (14.0)	10 (25.0)	1 (1.5)	–
	$\chi^2(3) = 31.017, p < 0.001$			
TB	8 (18.6)	2 (5.0)	1 (1.5)	1 (1.2)
	$\chi^2(3) = 20.281, p < 0.001$			
Myopia ($\geq -6D/AL \geq 26$ mm)	2 (4.7)	1 (2.5)	1 (1.5)	2 (2.5)
	–			
Uveitis	1 (2.3)	–	–	–
	–			

AL – axial length; CLE – contralateral eye group; CTR – capsular tension ring; DPP – duration of pseudophakia; IF – iris fixation group; IOL – intraocular lens; IOLE – intraocular lens exchange; n_e – number of eyes; PEX – pseudoexfoliation syndrome; Pph – pseudophakia group; TB – trabeculectomy; the p values were calculated using the χ^2 test.

The age of the patients at the time of cataract surgery was negatively correlated with the DPP, i.e., the older the patient was at the time of cataract surgery, the shorter the DPP was (Figure 1).

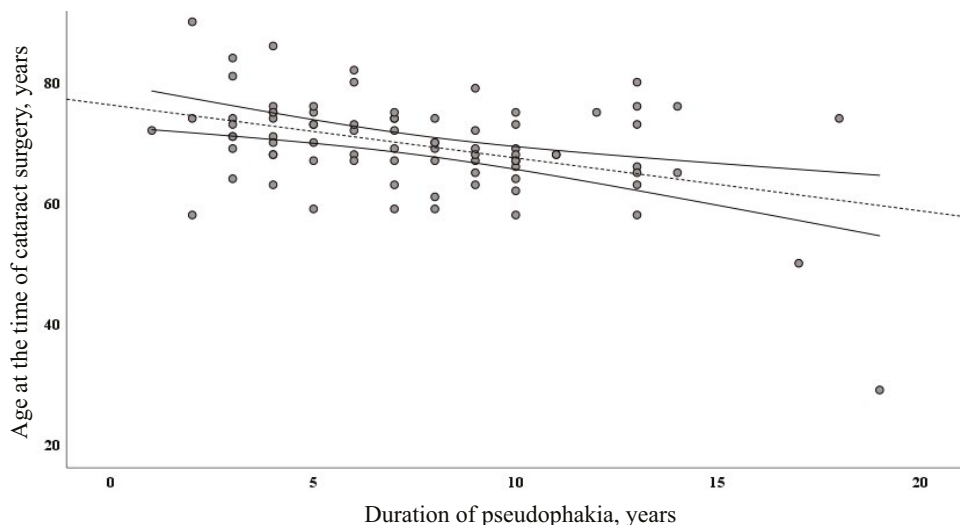


Fig. 1. Relationship between the age of the patient at the time of cataract surgery and the duration of pseudophakia

$r_s = -0.310$, $p = 0.004$; r_s – Spearman’s correlation coefficient; the graph shows the results of both groups with IOL–capsular bag complex dislocation.

To investigate the relationships between IOL dislocation and risk factors, all participants were divided into two groups: Group 1 – patients with IOL dislocation ($n = 83$) and Group 2 – patients without IOL dislocation ($n = 116$). The regressors that significantly predicted dislocation in the comparative analysis were included in the analysis (Table 3).

Table 3. Distribution of regression predictors for the risk of dislocation of the IOL–capsular bag complex

	With IOL dislocation (n _a = 83)	Without IOL dislocation (n _a = 116)	OR [95 % CI]	p value
	n (%)			
TB	10 (12.0)	2 (1.3)	10.068 [2.15–47.149]	<0.001
Glaucoma	60 (72.3)	54 (36.2)	4.589 [2.556–8.241]	<0.001
PEX	31 (37.3)	29 (19.5)	2.467 [1.351–4.503]	0.003
P glaucoma	44 (53.0)	53 (35.6)	2.044 [1.184–3.528]	0.010

CI – confidence interval; CTR – capsular tension ring; IOL – intraocular lens; OR – odds ratio; PEX – pseudoexfoliation syndrome; TB – trabeculectomy; the p value was determined using the χ^2 test.

As PEX was significantly correlated with glaucoma ($r = 0.325$, $p < 0.001$), two multivariate logistic regression models were developed. Model I (correct prediction of 67.7%, Nagelkerke's $R^2 = 0.261$): The odds ratio for developing an IOL–capsular bag complex dislocation was 8.795 if the patient had previously undergone TB and 2.272 if the patient had PEX. Model II (correct prediction of 69.7%, Nagelkerke's $R^2 = 0.266$): The odds ratio for developing dislocation of the IOL–capsular bag complex was 5.049 if the patient had previously undergone TB and 3.975 if the patient had glaucoma (Table 4).

Table 4. Multivariate logistic regression model showing the associations of variables with the probability of IOL–capsular bag complex dislocation, excluding the effects of age and gender

<i>Model I</i>		
Regressors	OR [95% CI]	p value
TB	8.795 [1.844–41.942]	0.006
PEX	2.272 [1.223–4.221]	0.009
Constant –0.919, $p < 0.001$		
<i>Model II</i>		
Regressors	OR [95% CI]	p value
TB	5.049 [1.052–24.245]	0.043
Glaucoma	3.975 [2.175–7.264]	0.019
Constant –1.418, $p < 0.001$		

CI – confidence interval; OR – odds ratio; PEX – pseudoexfoliation syndrome; TB – trabeculectomy; the p value was determined using the χ^2 test.

Intraocular pressure and glaucoma–related aspects

In eyes with IOL–capsular bag complex dislocation ($n = 83$), the median IOP before surgery was 19.0 mmHg (16.0–22.0) mmHg. In 24 eyes (28.9%), the IOP before surgical treatment for IOL dislocation was ≥ 21 mmHg despite antiglaucoma medical therapy, and in half of these cases (12 eyes, 50%), the IOP was ≥ 30 mmHg.

The median number of IOP–lowering medications used preoperatively ($n = 83$) was 2.0 (0.0–3.0). The most commonly used medications were beta-blockers – 44 eyes (55.4%), carbonic anhydrase inhibitors – 31 eyes (37.3%), prostaglandins – 29 eyes (34.9%), α_2 agonists – 11 eyes (13.3%), and prostaglandin analogs – 9 eyes (10.8%). Systemic carbonic anhydrase inhibitors were prescribed in 6 cases (7.2%). The data on glaucoma by group are shown in Table 5.

Table 5. Data related to glaucoma and comparisons between the study groups

	IF group (n_e = 43)	IOLE group (n_e = 40)	CLE group (n_e = 35)	Pph group (n_e = 81)
Median (IQR)				
IOP, mmHg	20.0 (17.0–25.0) ^{ac}	17.5 (16.0–22.0) ^{bd}	14.0 (12.0–16.0) ^{ab}	14.0 (12–16.0) ^{cd}
H(3)= 66.551, p < 0.001, ^{abcd} p<0.001				
Number of antiglaucoma medications per day	2 (1–3)	2 (1–3)	2 (1–3)	1 (1–2.5)
H(3) = 5.579, p = 0.140				
Time since glaucoma diagnosis, years	8.0 (1.0–13.0)	5.0 (0.6–9.0) ^{ab}	10.0 (5.0–13.0) ^a	10.0 (4.0–18.5) ^b
H(3) = 9.758, p = 0.021, ^{ab} p < 0.015				

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; IQR – interquartile range (25th and 75th percentiles); n_e – number of eyes; Pph – pseudophakia; TB – trabeculectomy; each individual superscript letter (^a, ^b, ^c, ^d) indicates the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between the groups are not superscripted; p values were determined by post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

When glaucoma was suspected (n = 15), the diagnosis was most frequently made at the time of IOL dislocation in the IF and IOLE groups, which explains why the time from diagnosis to surgical treatment was significantly shorter than that in cases of primary open-angle glaucoma. After excluding suspected glaucoma cases from the analysis, the median time since the diagnosis of primary open-angle glaucoma did not differ significantly between the groups: the IF group – 10.0 (4.5–14.0) years, the IOLE group – 6.0 (4.0–10.0) years, the CLE group – 10.0 (5.0–13.0) years, and the Pph group – 10.0 (4.0–18.5) years (H(3) = 3.20, p = 0.362).

A subgroup analysis by glaucoma status revealed that IOP was greater in the IF and IOLE groups than in the CLE and Pph groups, both in patients with a diagnosis of glaucoma (G+) and in patients without glaucoma (G–): G+ group: H(3) = 39.613, p < 0.001; G– group: H(3) = 13.618, p < 0.003. Significant pairwise differences are marked in Figures 2 and 3.

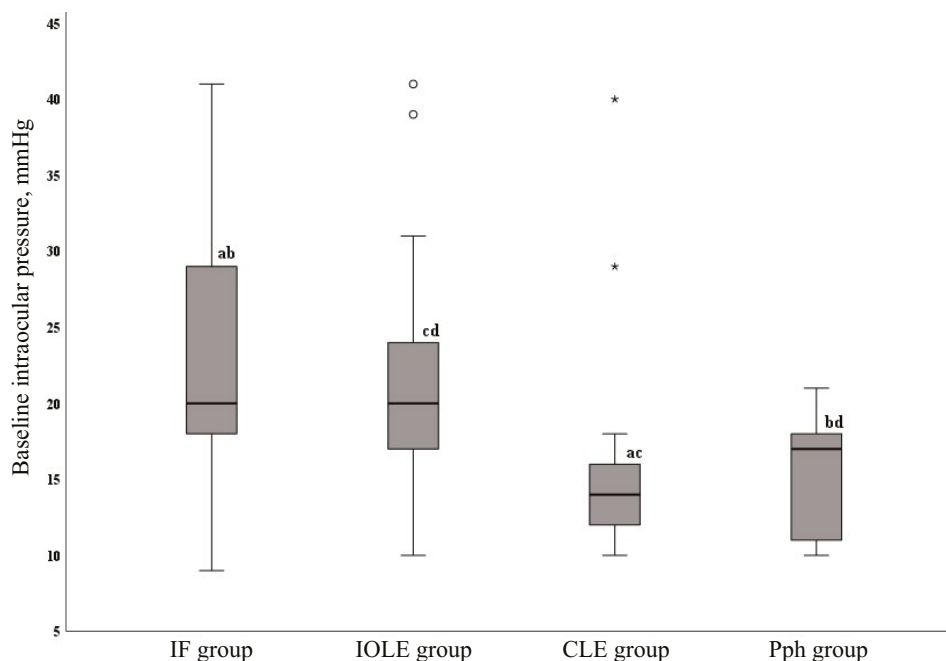


Fig. 2. Boxplot of IOP before treatment for IOL–capsular bag complex dislocation, comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation in the subgroup of patients with a glaucoma diagnosis

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range above the third quartile, * – value that deviates greater than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range above the third quartile).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; $^{abcd}p < 0.004$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

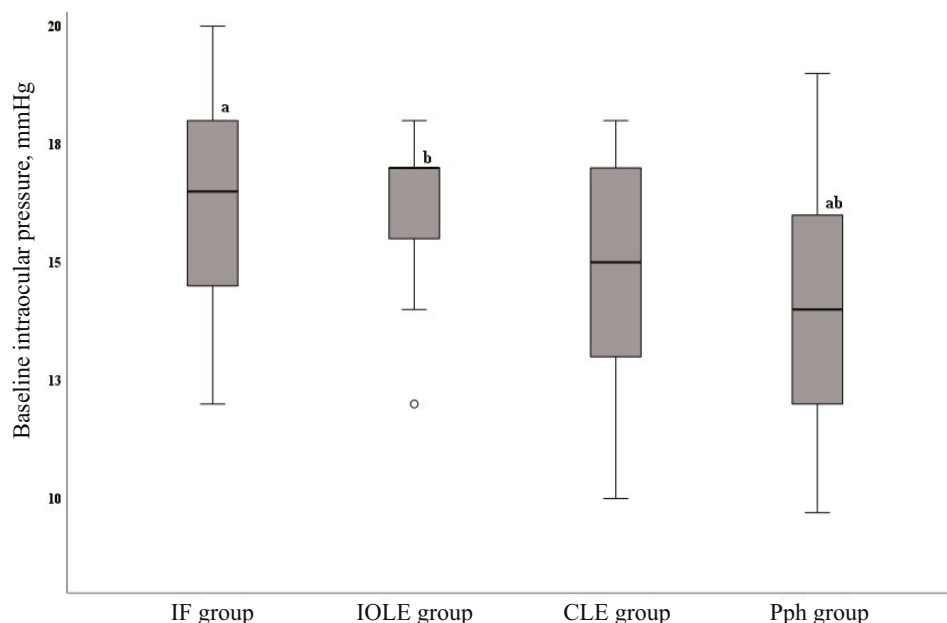


Fig. 3. Boxplot of IOP before treatment for IOL–capsular bag complex dislocation, comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation in the subgroup of patients without a glaucoma diagnosis

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range away from the first quartile)

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (^a, ^b) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{ab} $p < 0.004$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

Degree of IOL–capsular bag complex dislocation and its relationship with intraocular pressure

The IOP was significantly greater in patients with Grade I IOL–capsular bag complex dislocation ($H(3) = 13.783$, $p = 0.003$). Significant pairwise differences are shown in Figure 4.

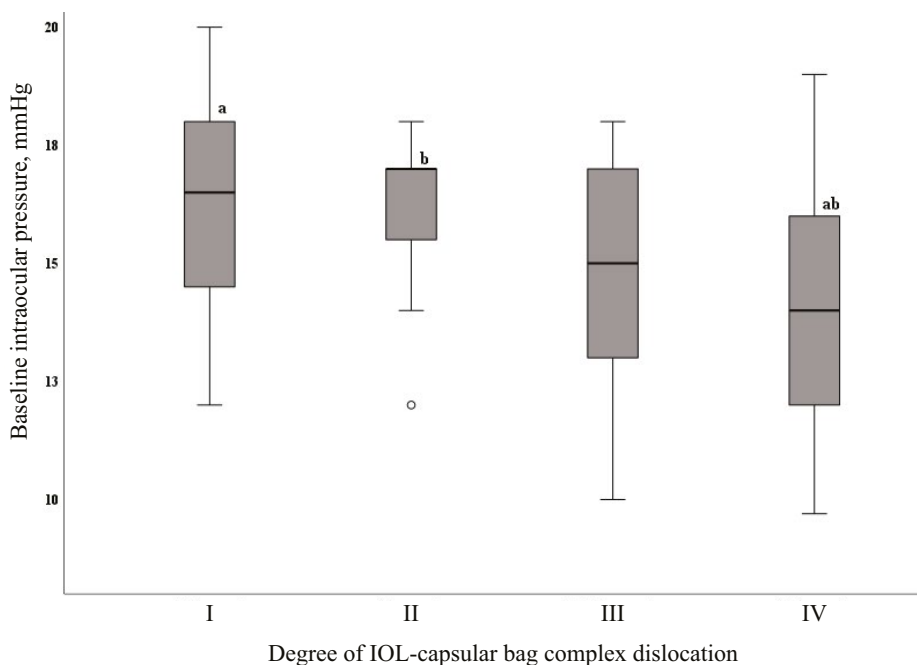


Fig. 4. Boxplot of intraocular pressure before IOL dislocation surgery according to the degree of IOL–capsular bag complex dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the first or third quartile, * – value that deviates from the third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

IOL – intraocular lens; superscript letters above the bars (^a, ^b, ^c) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abc} $p < 0.05$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test. The graph shows the results of both groups with IOL–capsular bag complex dislocation.

A significant negative correlation was found between the degree of dislocation of the IOL–capsular bag complex and the preoperative IOP ($r_s = -0.354$, $p = 0.001$). No significant correlations were found between the degree of dislocation and the age of the patient, DPP, or the duration of IOL dislocation symptoms ($p > 0.05$).

Influence of surgical treatment of IOL dislocation on IOP and the use of antiglaucoma medications

In eyes with IOL–capsular bag complex dislocation ($n = 83$), the median IOP 6 months after surgery was 16 mmHg (14–19). The decrease in IOP was statistically significant and amounted to 1.4 mmHg (–1–5) ($p < 0.001$). In

the subgroup with a glaucoma diagnosis ($n = 60$), the IOP decreased by 3.0 mmHg (-1 to 9) ($p < 0.001$). In the subgroup without a glaucoma diagnosis, the reduction in IOP was not statistically significant ($p = 0.984$).

After surgical treatment for IOL dislocation, the IOP did not differ significantly between the IF and IOLE groups ($p = 0.057$). However, the reduction in IOP before and after treatment was significant only in the IF group (IF group: IOP decreased from 20 mmHg (17–25) preoperatively to 16 mmHg (14–18) 6 months postoperatively ($Z = -4.710$, $p < 0.07$); IOLE group: IOP changed from 17.5 mmHg (16–21.75) to 16.5 mmHg (15–21.75) ($Z = -0.684$, $p = 0.494$)). Figure 5 shows the change in IOP between the IF and IOLE groups.

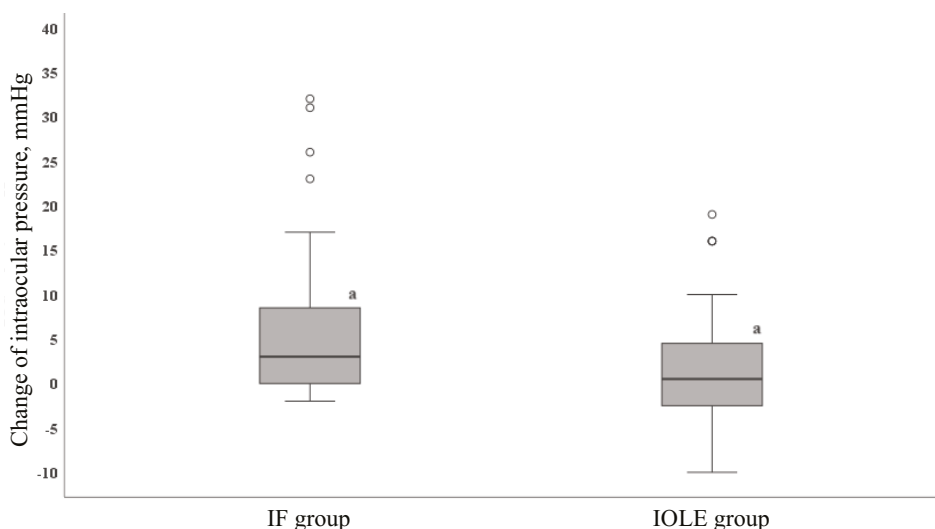


Fig. 5. Boxplot of the change in intraocular pressure by study group

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile).

IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; ^a $p = 0.004$, determined based on the Mann-Whitney test.

A subgroup analysis was performed on the basis of a preoperative IOP ≥ 21 mmHg, excluding cases in which an additional filtering procedure was performed after IOL dislocation surgery due to subcompensated IOP ($n = 5$). In these cases, IOP was significantly lower in both groups: the IF group ranged from 27 (22–30) mmHg before surgery to 18 (14.25–19.5) mmHg after surgery ($Z = -2.810$, $p = 0.005$); the IOLE group ranged from 26.5 (23.5–33) mmHg to 23.5 (14.75–26) mmHg ($Z = -1.958$, $p = 0.05$). The reduction in

IOP between the groups was not significantly different: IF group: 9.0 (3.75–13.5) mmHg; IOLE group: 8.0 (–1.0–16.0) mmHg ($p = 0.481$).

When comparing the postoperative IOP among all four groups, a statistically significant difference was found ($H(3) = 25.054$, $p < 0.001$). Significant pairwise differences are shown in Figure 6.

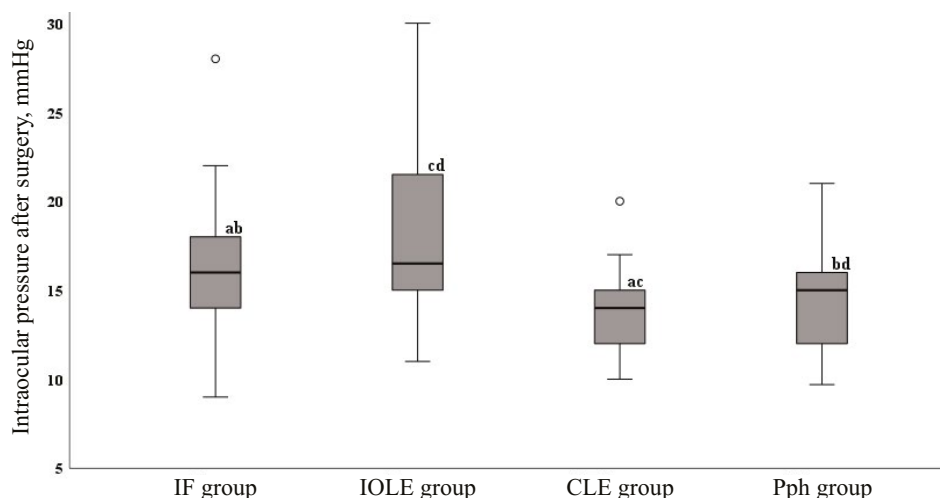


Fig. 6. Boxplot of IOP after treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; $^{abcd}p < 0.015$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

A subgroup analysis of IOP was performed based on the diagnosis of glaucoma. In cases with glaucoma (G+), the postoperative IOP did not differ significantly among the four groups. However, in cases without glaucoma (G–), the postoperative IOP was significantly greater in the IF and IOLE groups than in the CLE and Pph groups (G+: $H(3) = 7.337$, $p = 0.062$; G–: $H(3) = 16.842$, $p < 0.001$). Significant pairwise differences are shown in Figures 7.

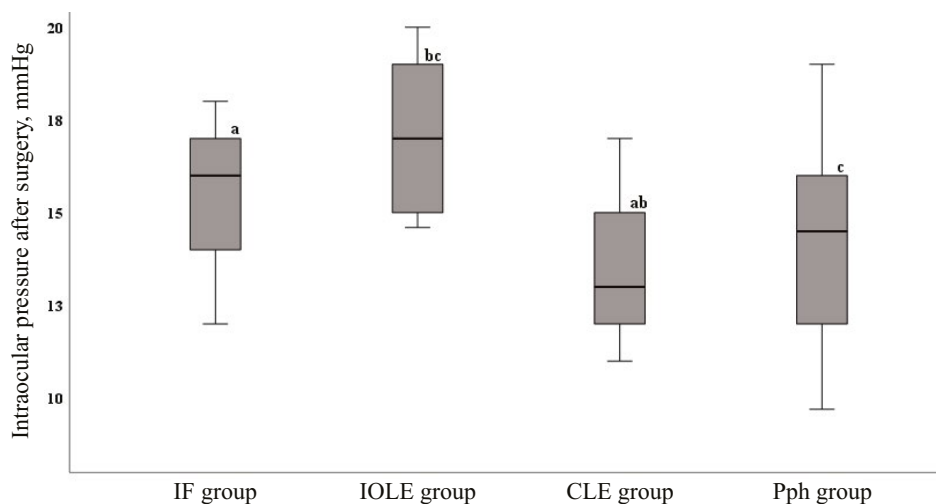


Fig. 7. Boxplot of IOP after treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation in the subgroup of patients without a glaucoma diagnosis

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (^a, ^b, ^c) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abc} $p < 0.022$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

Six months after surgical treatment for IOL dislocation ($n = 83$), the number of antiglaucoma medications used did not change significantly (median 2.0 (0–4) medications per day, $Z = -0.467$, $p = 0.64$). In 59 (71.1%) eyes, the medication regimen remained unchanged; in 13 (15.7%) eyes, the number of medications increased; and in 11 (13.2%) eyes, the number of medications decreased. Five (6.02%) eyes underwent additional filtering surgery within 6 months after treatment for IOL dislocation due to subcompensated IOP. In all these cases, a high preoperative IOP of 41 (30–41) mmHg was found, which decreased to 12 (10–15) mmHg after IOL dislocation surgery and additional filtering surgery. After IOL dislocation surgery and additional filtering surgery, antiglaucoma medications were discontinued in 4 eyes, and 1 eye required 3 medications per day to maintain the target IOP.

The number of antiglaucoma medications did not significantly differ between the pre- and postoperative values (IF group: median before surgery, 2 (1–3) medications per day; 2 (1–3) after surgery ($Z = -0.476$, $p = 0.634$); IOLE group: before surgery, 2 (1–3); and after surgery, 2 (1–3) ($Z = -0.443$, $p = 0.658$)). In the IF group, 22 (70.97%) eyes showed no

change in medication, 4 (12.90%) increased, and 5 (16.13%) decreased. In the IOLE group, 31 (72.1%) eyes showed no change, 6 (13.95%) showed an increase, and 6 (13.95%) showed a decrease. In the Pph group, 28 (70%) eyes showed no change, 7 (17.5%) increased, and 5 (12.5%) decreased. In the CLE group, 34 (91.89%) eyes showed no change, 2 (5.41%) increased, and 1 (2.70%) decreased.

In 4 (9.3%) eyes from the IF group and 1 (2.5%) eye from the IOLE group, additional filtering surgery was performed after treatment for IOL dislocation. In the IF group, the IOP in these eyes was 41 (32–41) mmHg before IOL dislocation surgery. After the IOL dislocation surgery and additional filtering surgery, the IOP was 11 (9.25–14.25) mmHg without antiglaucoma medication. In the IOLE group, one eye had an IOP of 31.0 mmHg before IOL dislocation treatment, which decreased to 15.0 mmHg after additional filtering surgery. Three antiglaucoma medications per day were used to maintain the IOP.

Influence of surgical treatment for IOL dislocation on changes in visual acuity

UCVA and BCVA improved significantly after surgical treatment for IOL–capsular bag complex dislocation ($n = 83$) (UCVA: from 1.1 (0.7–1.4) LogMAR to 0.4 (0.2–0.7) LogMAR ($Z = -6.925$, $p < 0.001$); BCVA: from 0.5 (0.3–1.0) LogMAR to 0.2 (0.0–0.4) LogMAR ($Z = -5.344$, $p < 0.001$)).

When assessing changes in visual acuity in patients with low-grade IOL–capsular bag complex dislocation (IOL dislocation degree I–III), the median UCVA improved significantly in both groups (RI group: from 0.8 (0.48–1.1) LogMAR to 0.2 (0.1–0.4) LogMAR ($Z = -4.352$, $p < 0.001$); IOLE group: from 1.0 (0.78–1.18) LogMAR to 0.6 (0.4–1.0) LogMAR ($Z = -2.225$, $p = 0.026$)). The change in UCVA did not differ significantly between the RI and IOLE groups ($p = 0.365$). The median BCVA also improved significantly in both groups (RI group: from 0.5 (0.4–1.0) LogMAR to 0.1 (0.0–0.2) LogMAR ($Z = -4.719$, $p < 0.001$); IOLE group: from 0.5 (0.3–0.9) LogMAR to 0.3 (0.2–0.4) LogMAR ($Z = -1.921$, $p = 0.05$)). The change in BCVA was significantly greater in the RI group ($p = 0.006$) (Figure 8).

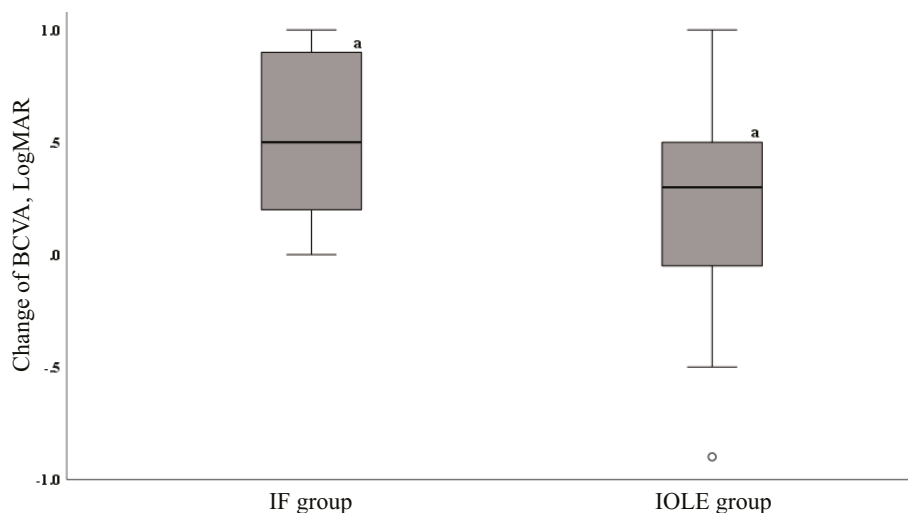


Fig. 8. *Boxplot of the changes in best corrected distance visual acuity across study groups*

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile).

BCVA – best corrected distance visual acuity; IF – iris fixation; IOLE – IOL exchange; ^ap = 0.004, determined based on the Mann-Whitney test.

Preoperative UCVA and BCVA did not differ between the RI and IOLE groups but were significantly worse than those between the CLA and Pph groups (UCVA: $H(3) = 118.061$, $p < 0.001$; BCVA: $H(3) = 113.381$, $p < 0.001$). Significant differences between the groups are shown in Figures 9 and 10.

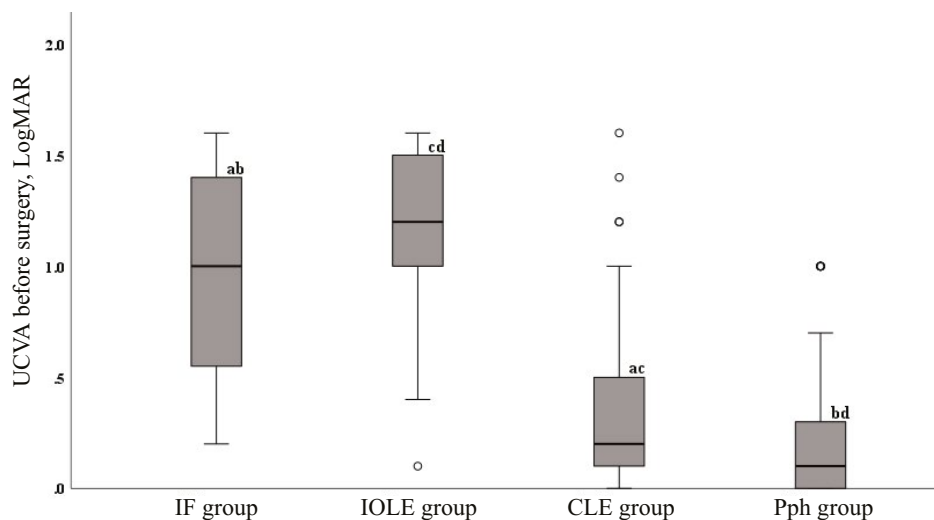


Fig. 9. Boxplot of uncorrected distance visual acuity before treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile).

CLE – contralateral eye; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; IF – iris fixation; UCVA – uncorrected distance visual acuity; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abcd} $p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

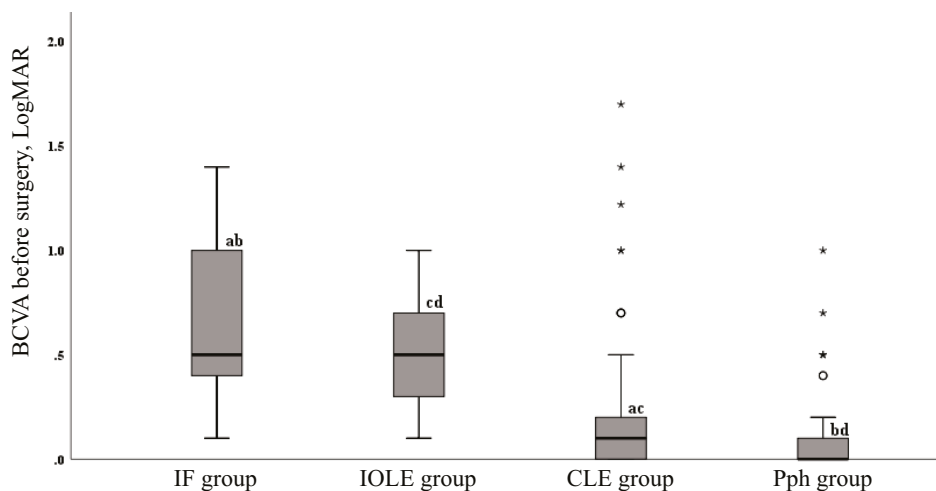


Fig. 10. Boxplot of the best corrected distance visual acuity before treatment for complex IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups and the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile, * – value that deviates from the third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CLE – contralateral eyes; BCVA – best corrected distance visual acuity; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abcd} $p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

Postoperative UCVA and BCVA also differed significantly between the groups (UCVA: $H(3) = 48.738$, $p < 0.001$; BCVA: $H(3) = 35.583$, $p < 0.001$). Significant differences between the groups are shown in Figures 11 and 12.

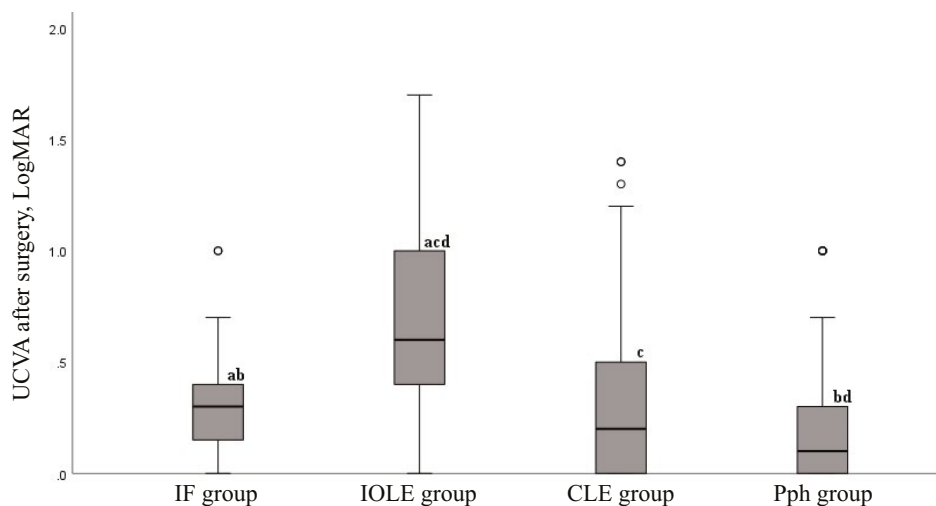


Fig. 11. Boxplot of uncorrected distance visual acuity after treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile, * – value that deviates from the third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; UCVA – uncorrected distance visual acuity; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; $p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

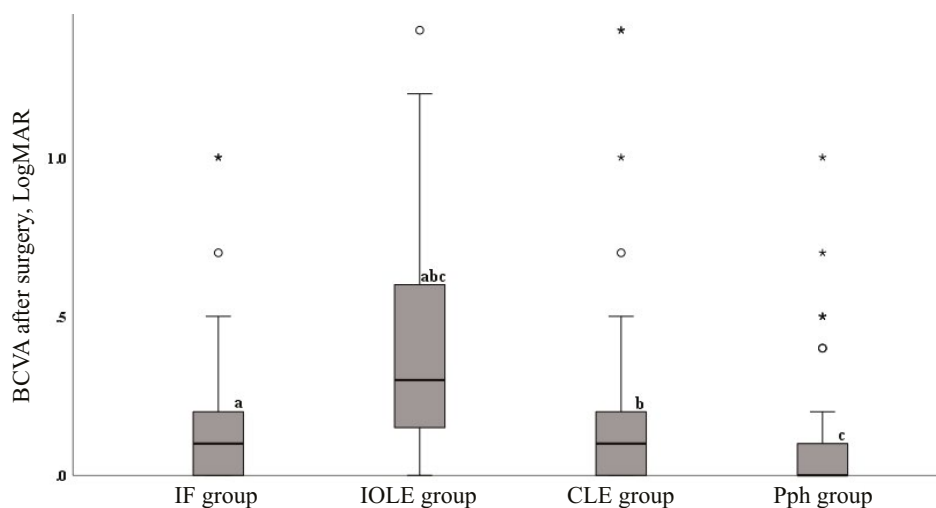


Fig. 12. Boxplot of best corrected distance visual acuity after treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile, * – value that deviates from the third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CLE – contralateral eyes; BCVA – best corrected distance visual acuity; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (a, b, c) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abc} $p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

Influence of surgical treatment for IOL dislocation on changes in refraction and corneal astigmatism

Changes in the spherical equivalent

The median SE after surgical treatment of IOL–capsular bag complex dislocations ($n = 83$) decreased significantly from 3.38 (0.25–9.5) D to –0.75 (–1.5–0) D ($Z = -6.922$, $p < 0.001$).

When SE changes were evaluated in subjects who did not require aphakia correction (i.e., degree of IOL dislocation I–III), the median SE changed significantly in both groups (RI group: from 1.44 (0.63–3.84) D to –0.25 (–1.13–0.5) D ($Z = -4.681$, $p < 0.001$); IOLE group: from 1.5 (0.5–2.88) D to –0.69 (–2.0 – –0.38) D ($Z = -3.885$, $p < 0.001$)). The change in SE did not differ significantly between the RI and IOLE groups ($p = 0.394$).

The comparison of preoperative SE among all four groups revealed a statistically significant difference ($H(3) = 82.282, p < 0.001$). Significant pairwise differences are shown in Figure 13.

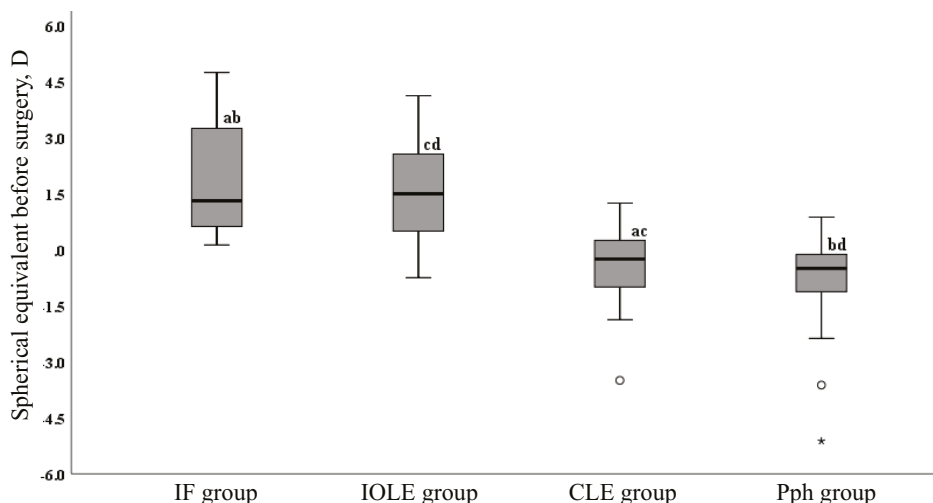


Fig. 13. Boxplot of the spherical equivalent before treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, $\circ$ – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the first quartile, $*$ – value that deviates from the first quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (^a, ^b, ^c, ^d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abcd} $p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

The postoperative SE did not differ significantly between the groups ($H(3) = 6.695, p = 0.082$).

Corneal astigmatism changes

No statistically significant change in corneal astigmatism was observed in the IF group (preoperative median was 1.10 (0.65–1.55) D; postoperative median was 0.86 (0.41–1.39) D ($Z = -1.863, p = 0.62$)). In contrast, a significant increase in corneal astigmatism was observed in the IOLE group, from 1.01 (0.53–1.51) D preoperatively to 2.8 (1.51–4.72) D postoperatively ($Z = -4.888, p = 0.001$). At baseline, there was no significant difference in corneal astigmatism between the IF and IOLE groups ($p = 0.613$), but at 6

months after IOL dislocation surgery, this parameter was significantly greater in the IOLE group ($p < 0.001$) (Figure 14).

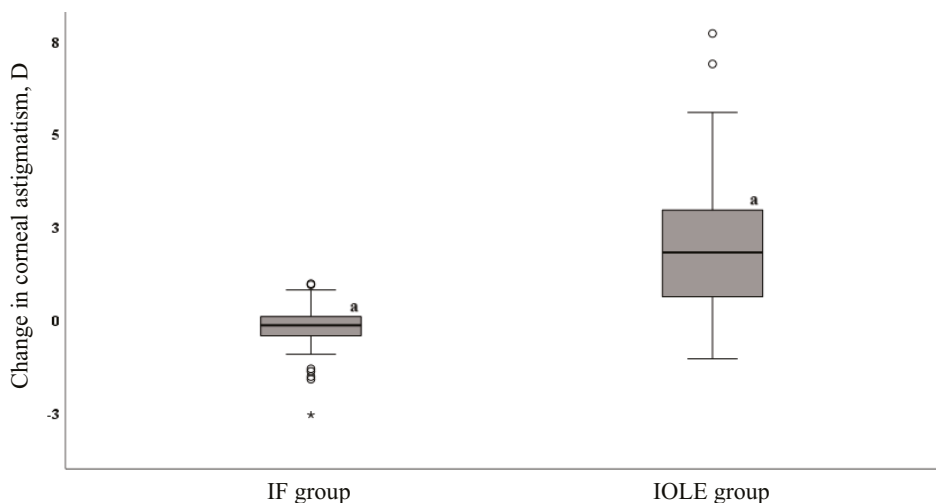


Fig. 14. Boxplot of the changes in corneal astigmatism by group

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile, * – value that deviates from the first or third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

IOLE – intraocular lens exchange; IF – iris fixation; * $p < 0.001$, determined based on the Mann-Whitney test.

A statistically significant difference was found in preoperative corneal astigmatism among the four groups ($H(3) = 10.753$, $p = 0.013$). Significant pairwise differences are shown in Figure 15.

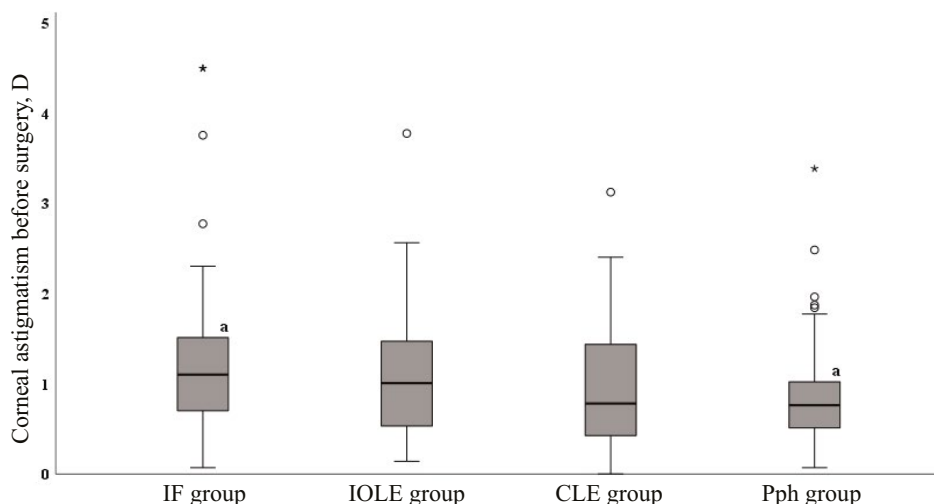


Fig. 15. Boxplot of corneal astigmatism before treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the first quartile, ★ – value that deviates from the first quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (^a) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^a $p < 0.01$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

Postoperative corneal astigmatism was also significantly different among the four groups ($H(3) = 62.234$, $p < 0.001$). Significant pairwise differences are shown in Figure 16.

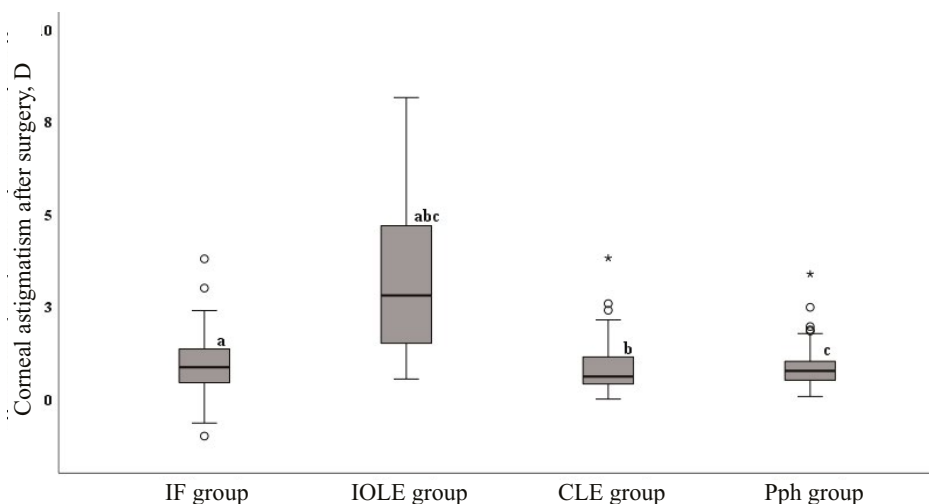


Fig. 16. Boxplot of corneal astigmatism after treatment for IOL–capsular bag complex dislocation comparing the intervention groups with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the first or third quartile, * – value that deviates from the third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CLE – contralateral eyes; IF – iris fixation; IOLE – intraocular lens exchange; Pph – pseudophakia; superscript letters above the bars (^a, ^b, ^c) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abc} $p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

No statistically significant change in the axis of corneal astigmatism was observed in either the IF or the IOLE group. In the IF group, the median preoperative axis was 95° (41–135), and the median postoperative axis was 95° (29–133) ($Z = -0.605$, $p = 0.545$). In the IOLE group, the preoperative axis was 110° (89–126), and the postoperative axis was 94° (29–107) ($Z = -1.881$, $p = 0.06$).

Axis alignment did not differ significantly among the four study groups either before surgery ($H(3) = 2.996$, $p = 0.392$) or after surgery ($H(3) = 0.895$, $p = 0.827$).

Aberrations in IOL–capsular bag dislocation and their changes after surgical treatment

The RMS values of the higher-order aberration coefficients (third- and fourth-order Zernike polynomials) were analyzed. Both the total and internal aberration RMS values decreased significantly after surgery in both the IF

and IOLE groups ($p < 0.001$). In contrast, the corneal RMS values in the IOLE group increased significantly postoperatively ($p = 0.05$). When the aberration RMS values of these groups were compared with those of the CLE and Pph groups, the total and internal aberration RMS values were significantly greater in the IF and IOLE groups than in the CLE and Pph groups ($p < 0.05$). During the postoperative period, the total and internal RMS values remained greater in the IF and IOLE groups than in the Pph group despite the significant decrease ($p < 0.05$) but no longer differed from those in the CLE group ($p > 0.05$). Postoperatively, the RMS values of corneal aberrations were significantly greater in the IOLE group than in the IF, CLE, and Pph groups ($p < 0.05$).

Separate lower- and higher-order aberrations (total, corneal, and internal aberrations), from the second to the fourth Zernike order, were assessed. Both lower-order aberrations (including total and internal aberrations) and higher-order aberrations (including total and internal aberrations) were found to decrease significantly after surgical treatment for IOL-capsular bag complex dislocation in both the IF and IOLE groups ($p < 0.05$). Internal spherical aberration and oblique secondary astigmatism decreased in both groups, but statistically significant changes were observed only in the IF group.

Corneal aberrations in the IF group did not change significantly ($p > 0.05$), with the exception of vertical coma, which decreased after surgical treatment for IOL dislocation ($p < 0.05$). In contrast, corneal aberrations (oblique astigmatism, vertical astigmatism, and oblique trefoil) increased significantly in the IOLE group ($p < 0.05$).

When the IF and IOLE groups were compared with the CLE and Pph groups, all total and internal aberrations were significantly greater in the IF and IOLE groups than in the CLE and Pph groups ($p < 0.05$). Although many aberrations decreased significantly after surgical treatment for IOL-capsular bag complex dislocation, most remained significantly greater than those in the Pph group ($p < 0.05$) and no longer differed from those in the CLE group ($p > 0.05$). After IOL dislocation surgery, corneal aberrations (oblique astigmatism, vertical astigmatism, vertical trefoil, oblique trefoil, and oblique tetrafoil) were significantly greater in the IOLE group than in the IF, CLE, and Pph groups ($p < 0.05$).

Significant positive correlations were found between preoperative aberrations (total and internal) and UCVA, BCVA, and the degree of IOL-capsular bag complex dislocation. The worse the preoperative visual acuity (UCVA and BCVA) and the greater the degree of IOL displacement are, the greater the corresponding preoperative aberrations (Table 6).

Table 6. Correlations of aberrations with uncorrected and corrected distance visual acuity and with the degree of IOL–capsular bag complex displacement

Aberrations, μm	Type	UCVA, LogMAR		BCVA, LogMAR		Degree of IOL dislocation	
		r_s	p	r_s	p	r_s	p
Oblique astigmatism	T	0.193	0.09	0.130	0.255	0.285	0.011
Defocus	T	0.503	0.001	0.006	0.956	0.616	<0.001
	I	0.373	0.001	0.039	0.732	0.436	<0.001
Vertical astigmatism	T	0.231	0.042	0.067	0.557	0.363	0.001
	I	0.233	0.04	0.085	0.458	0.303	0.006
Vertical trefoil	T	0.269	0.02	0.070	0.537	0.279	0.013
Vertical coma	T	0.161	0.157	0.314	0.005	0.132	0.247
Horizontal coma	T	0.265	0.018	0.119	0.299	0.221	0.05
	I	0.314	0.005	0.173	0.127	0.238	0.035
Oblique trefoil	I	0.231	0.04	0.098	0.386	0.331	0.002
Oblique tetrafoil	T	0.372	0.001	0.071	0.531	0.396	0.001
	I	0.219	0.052	0.093	0.411	0.250	0.026
Vertical tetrafoil	T	0.178	0.114	0.046	0.684	0.307	0.005
RMS	T	0.287	0.010	0.130	0.253	0.317	0.004
	I	0.192	0.088	0.116	0.308	0.235	0.036

BCVA – best corrected visual acuity; I – internal; IOL – intraocular lens; T – total; UCVA – uncorrected visual acuity; p values obtained using Spearman’s correlation.

In the groups without IOL displacement (CLE and Pph), no significant correlations were found between aberrations and UCVA or BCVA.

After surgical treatment for IOL displacement, no significant correlations between internal aberrations and UCVA or BCVA were found in either the IF or IOLE groups. In the IOLE group, statistically significant positive correlations were found between UCVA and horizontal corneal coma ($r = 0.450$, $p = 0.006$), between BCVA and oblique corneal astigmatism ($r = 0.343$, $p = 0.044$), and between BCVA and horizontal corneal coma ($r = 0.515$, $p = 0.001$).

Associations between corneal endothelial cell density and dislocation of the IOL–capsular bag complex and their changes after surgical treatment

After surgical treatment for IOL dislocation, the CECD decreased in both groups: IF group: before surgery, 1974.3 (1606.7–2227.0) cells/mm²; after surgery, 1865.0 (1534.0–2153.2) cells/mm² ($p < 0.001$); P group: before the operation, 2085.3 (1548.2–2435.5) cells/mm²; after the operation, 1682.7

(1408.8–2166.5) cells/mm² ($p < 0.001$). However, a statistically significantly greater reduction was observed in the IOLE group (Figure 17).

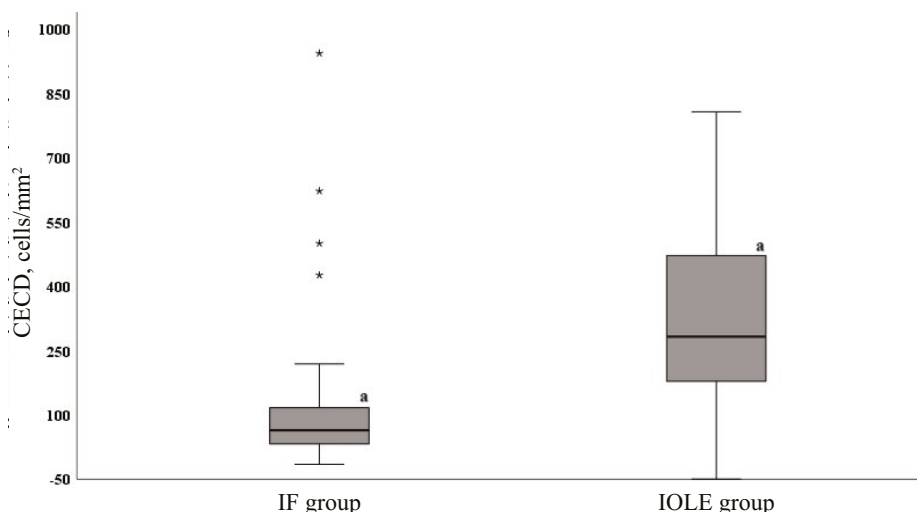


Fig. 17. Boxplot of the change in corneal endothelial cell density before and after IOL dislocation treatment by group

(minimum, first quartile, median, third quartile, maximum; * – value that deviates from the third quartile by more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range).

CECD – corneal endothelial cell density; IOLE – intraocular lens exchange; IF – iris fixation; ^a $p < 0.001$, determined based on the Mann–Whitney test.

The CECD before surgical treatment of IOL dislocation did not differ between the IF and IOLE groups but was significantly lower than that in the CLE and Pph groups. Significant pairwise differences are shown in Figure 18.

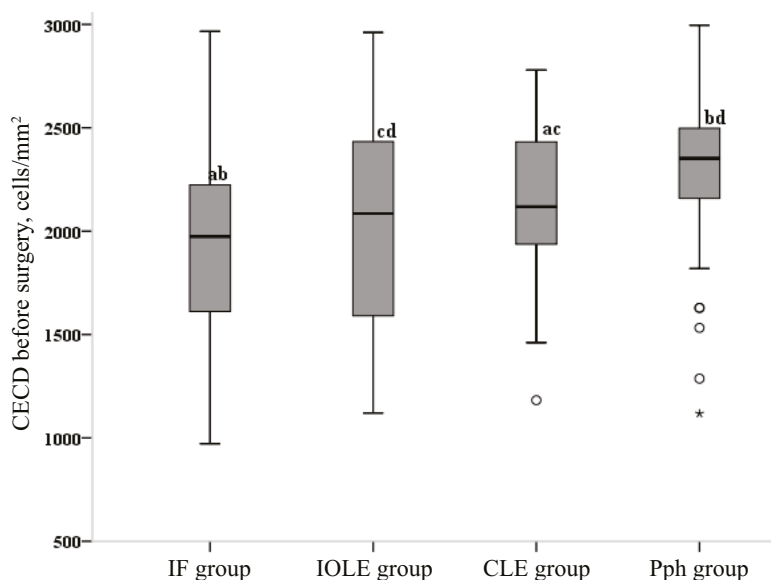


Fig. 18. Boxplot of corneal endothelial cell density before IOL dislocation treatment in the intervention and nondislocation groups

(minimum, first quartile, median, third quartile, maximum; ° – value that deviates less than ½ of the interquartile range below the first quartile; * – value that deviates more than ½ of the interquartile range below the first quartile).

CECD – corneal endothelial cell density; CLE – contralateral eyes; IOLE – intraocular lens exchange; Pph –pseudophakia; IF – iris fixation; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{abcd} $p < 0.05$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

A significant negative correlation was found between preoperative CECD and the duration of primary glaucoma ($r = -0.386$, $p < 0.001$). A lower preoperative CECD was associated with a longer history of primary glaucoma. A similar negative correlation between preoperative CECD and glaucoma duration was also observed when the CLE and Pph groups were combined ($r = -0.263$, $p = 0.005$). A negative correlation was also observed between preoperative CECD and the duration of IOL dislocation symptoms ($r = -0.389$, $p < 0.001$). A lower preoperative CECD was associated with a longer symptom duration of IOL dislocation. No significant associations were detected between preoperative CECD and IOP or DPP ($p > 0.05$).

As the preoperative CECD did not differ significantly between the IF and IOLE groups or between the CLE and Pph groups (Figure 18), these groups were combined for further analysis (Group 1 with IOL dislocation [CECD

median 1990.33 (972.0–2966.6) cells/mm²]; Group 2 without IOL dislocation [CECD median 2324.6 (1118.0–3014.5) cells/mm²]). On the basis of the ROC curve, a CECD threshold of 2050 cells/mm² was determined in relation to IOL–capsular bag complex dislocation, i.e., the CECD value was less than 2050 cells/mm² in 54.2% of the cases in the group with IOL dislocation and in 21.5% of those in the group without IOL dislocation ($p < 0.05$) (Figure 19).

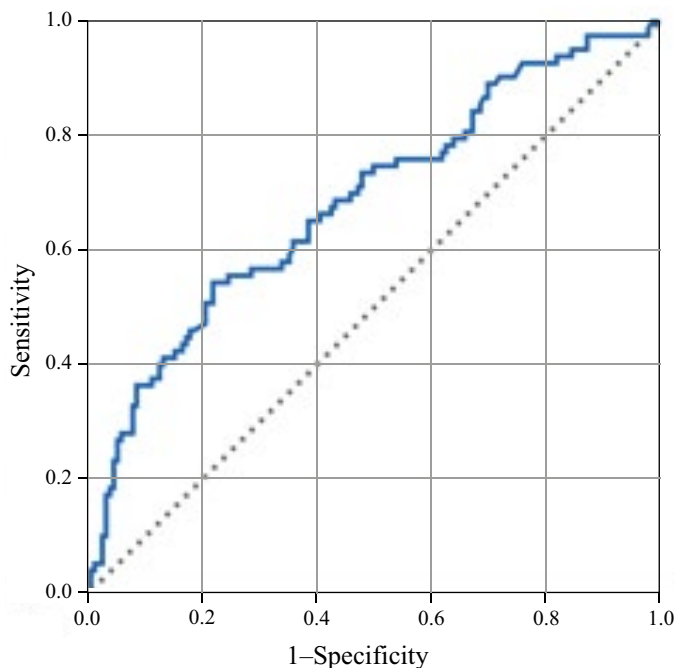


Fig. 19. Patient ROC curve for predicting the corneal endothelial cell density threshold in relation to dislocation of the IOL–capsular bag complex. The area under the curve was 68.8%, the sensitivity was 54.2%, and the specificity was 78.5%.

On the basis of binary logistic regression analysis, the OR [confidence interval] of 4.33 [2.418–7.753] was predicted to be greater for CECD < 2050 cells/mm² in the presence of IOL dislocation ($p < 0.001$).

We obtained a multivariate logistic regression model that correctly predicted 75.0% of the cases in which the CECD was < 2050 cells/mm². The OR is greater at 4.409 if there is a dislocation of the IOL–capsular bag complex; the OR is 2.120 if the patient has primary glaucoma; and the OR is 1.101 with each 1-year increase in patient age (Table 7).

Table 7. Multivariate logistic regression model showing the associations of variables with reduced corneal endothelial cell density (CECD < 2050 cells/mm²)

Regressors	OR [95% CI]	p value
IOL–capsular bag complex dislocation	4.409 [2.347–8.281]	<0.001
Primary glaucoma	2.120 [1.143–3.935]	0.017
Age, years	1.101[1.048–1.156]	<0.001
Model constant –5.336, p<0.001		

IOL – intraocular lens; CI – confidence interval; OR – odds ratio; the multivariate logistic regression model correctly predicted 74.5% of the cases; Nagelkerke R² = 0.28.

After surgical treatment for IOL dislocation, the CECD did not differ significantly between the IF and IOLE groups (p = 0.253) but was significantly lower than that between the CLE and Pph groups (H(3) = 62.625, p < 0.001).

Evaluation of IOL decentration and tilt in the iris fixation group

To assess the effectiveness of the procedure, i.e., IOL fixation to the iris, an analysis of the IOL position along both the vertical and horizontal axes was performed, evaluating the tilt and decentration parameters before and after surgical treatment. The results revealed that both IOL decentration and tilt decreased significantly in both axes after surgery (Table 8).

Table 8. Decentration and tilt of the IOL before and after IOL fixation to the iris

Axis	Type	Surgery	IF group	p value
Median (IQR)				
Vertical	Decentration, µm	Before	1004.3 (185.5–3567.8)	Z = –2.711, p = 0.007
		After	235.5 (33.4–1323.8)	
	Tilt, °	Before	6.6 (0.2–15.1)	Z = –3.980, p < 0.001
		After	2.8 (0.10–7.8)	
Horizontal	Decentration, µm	Before	554.0 (112.5–3156.7)	Z = –3.258, p = 0.001
		After	234.6 (75.4–1286.1)	
	Tilt, °	Before	5.4 (2.6–12.6)	Z = –0.594, p = 0.001
		After	2.4 (0.1–4.9)	

IF – iris fixation; IQR – interquartile range; p values were determined using the Wilcoxon test.

When the study groups were compared, the degree of IOL decentration and tilt in both the vertical and horizontal axes was significantly greater in the IF group than in the CLE and Pph groups (vertical decentration: $H(2) = 57.360$, $p < 0.001$; horizontal decentration: $H(2) = 32.362$, $p < 0.001$; vertical tilt: $H(2) = 34.976$, $p < 0.001$; horizontal tilt: $H(2) = 20.942$, $p < 0.001$). Significant pairwise differences are marked in Figures 20 and 21.

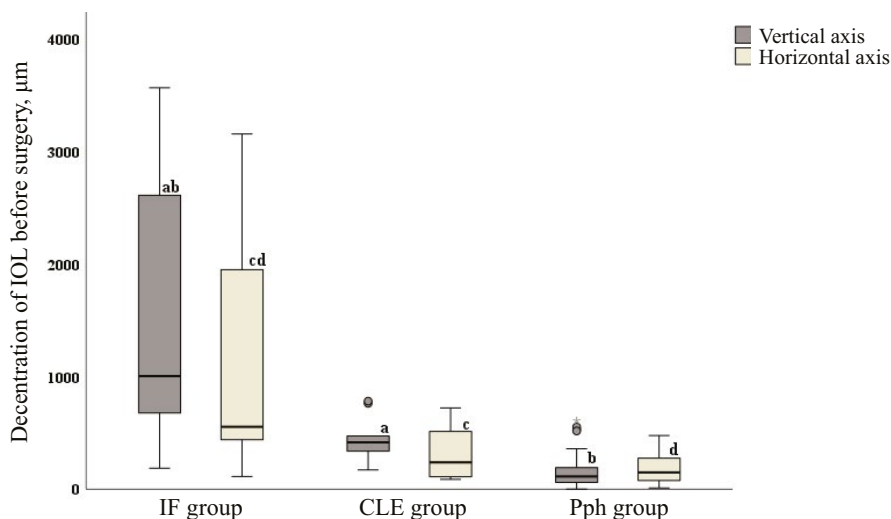


Fig. 20. Boxplot of IOL decentration before IOL fixation to the iris comparing the intervention group with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, $\circ$ – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile, $\star$ – value that deviates more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the first quartile).

CLE – contralateral eye; Pph – pseudophakia; IF – iris fixation; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; $^{abcd}p < 0.021$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

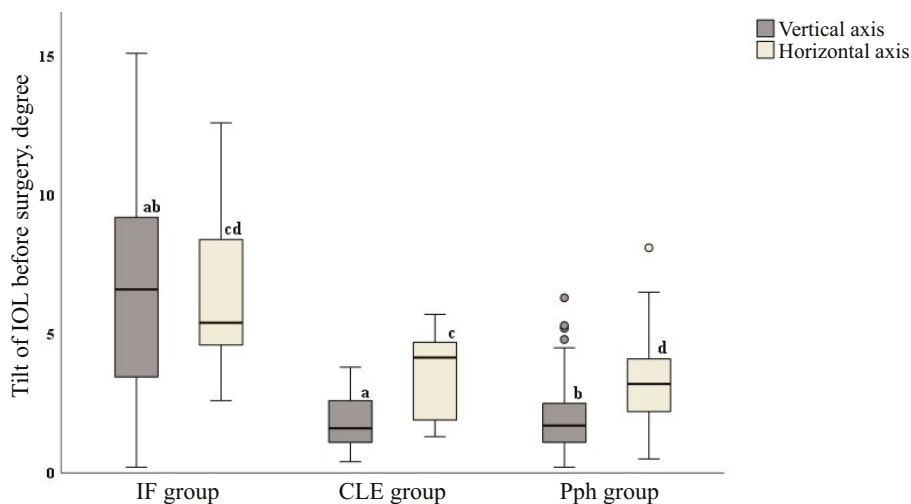


Fig. 21. Boxplot of IOL tilt before IOL fixation to the iris comparing the intervention group with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile).

CLE – contralateral eye; Pph – pseudophakia; IF – iris fixation; superscript letters above the bars (a, b, c, d) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; $^{abcd}p < 0.001$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

After surgery, the vertical IOL tilt was significantly greater in the IF group than in the Pph group but did not differ from that in the CLE group ($H(2) = 11.340$, $p = 0.003$). On the horizontal axis, the tilt was lower in the IF group than in the CLE group and did not differ from that in the Pph group ($H(2) = 8.400$, $p = 0.015$). Significant pairwise differences are shown in Figure 22.

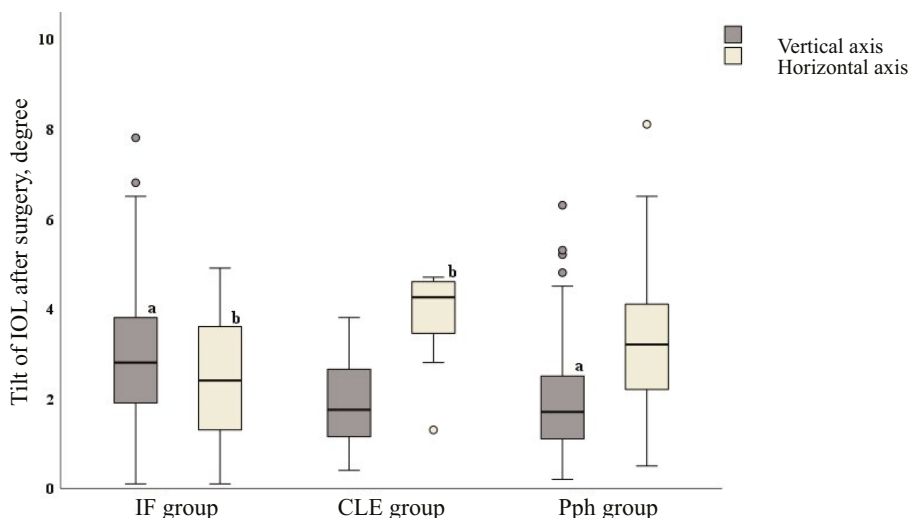


Fig. 22. Boxplot of IOL tilt after IOL fixation to the iris comparing the intervention group with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than ½ of the interquartile range from the first or third quartile, * – value that deviates more than ½ of the interquartile range from the third quartile)

CLE – contralateral eye; Pph – pseudophakia; IF – iris fixation; superscript letters above the bars (^a, ^b) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; ^{ab} $p < 0.027$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

An evaluation of the changes in decentration after surgery revealed that decentration in the IF group was significantly lower on the vertical axis than that in the CLE group but greater than that in the Pph group ($H(2) = 16.810$, $p < 0.001$). On the horizontal axis, on the other hand, decentration was significantly greater in the IF group than in the Pph group but did not differ from that in the CLE group ($H(2) = 10.064$, $p = 0.007$). Statistically significant pairwise differences are shown in Figure 23.

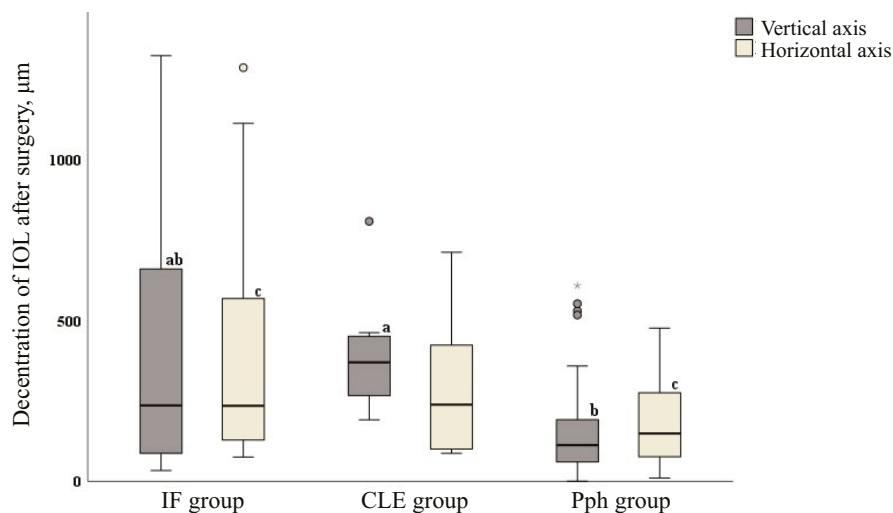


Fig. 23. Boxplot of IOL decentration after IOL fixation to the iris comparing the intervention group with the groups without IOL dislocation

(minimum value, first quartile, median, third quartile, maximum value, ° – value that deviates less than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile, * – value that deviates more than $\frac{1}{2}$ of the interquartile range from the third quartile).

CLE – contralateral eye; Pph – pseudophakia; IF – iris fixation; superscript letters above the bars (a, b, c) indicate the two groups between which a statistically significant difference was found; statistically nonsignificant differences between groups are not indicated by superscripts; $^{abc}p < 0.021$, determined using post hoc multiple comparisons following the Kruskal-Wallis test.

The changes in the direction and magnitude of the IOL tilt before and after surgery are shown in Figure 24. As shown, the IOLs of most of the subjects were tilted in the inferotemporal direction before surgery. After the IOL was repositioned and fixed to the iris, the majority of the IOL tilt points were closer to the point marking the center of the coordinate system. However, the axis did not change significantly in either the horizontal or vertical meridians ($p = 0.125$ and $p = 0.219$, respectively).

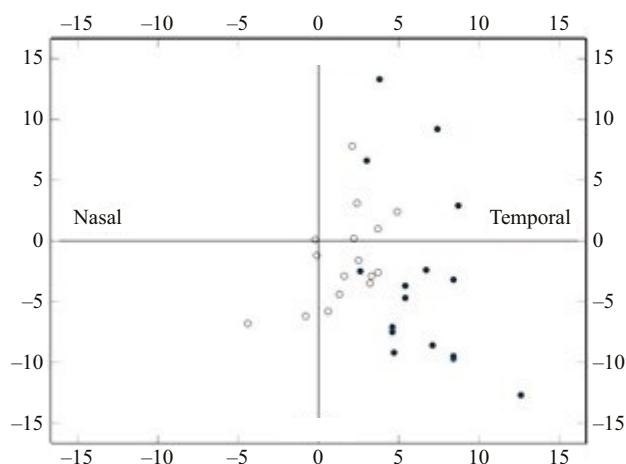


Fig. 24. *Projection of the IOL tilt direction and magnitude along the horizontal (temporal–nasal) and vertical (superior–inferior) axes before and after IOL fixation to the iris*

Each point represents the direction and magnitude of the IOL tilt in an individual case: black circles – before surgery; white circles – after surgery. The coordinates are expressed in degrees; the intersection of the coordinate axes represents the theoretical orientation of the optical part of the IOL without any tilt.

The distributions of the IOL decentration direction and magnitude before and after surgical treatment are shown in Figure 25. Before surgery, the IOLs were decentered downward and toward the temporal side in most patients. After IOL fixation to the iris, the majority of points shifted closer to the coordinate center, which is the central IOL position. The clustering of postoperative points indicates less spread and less magnitude of decentration, especially on the vertical axis, where a significant shift from the inferior direction toward the center was observed ($p = 0.004$). The change in axis in the horizontal meridian was not significant ($p = 0.688$).

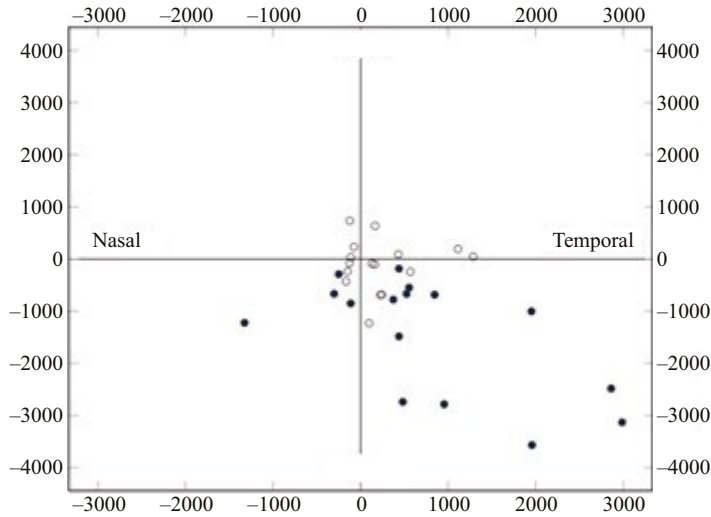


Fig. 25. *Projection of the IOL decentration direction and magnitude along the horizontal (temporal–nasal) and vertical (superior–inferior) axes before and after IOL fixation to the iris*

Each point represents the direction and magnitude of IOL decentration in an individual case: black circles – before surgery; white circles – after surgery. The coordinates are given in micrometers; the intersection of the coordinate axes represents the theoretical central position of the optical axis center of the IOL.

Figure 26 shows the distributions of the IOL tilt directions in the Pph and CLE groups. There was a significant difference between clinically healthy pseudophakic eyes and contralateral eyes in patients who underwent surgical treatment for IOL dislocation in the fellow eye. In the Pph group, the predominant tilt direction of the IOL was superior–nasal, whereas in the CLE group, the tilt direction was toward the temporal–inferior quadrant (vertical meridian: $\chi^2 = 23.377$, $p < 0.001$; horizontal meridian: $\chi^2 = 62.759$, $p < 0.001$).

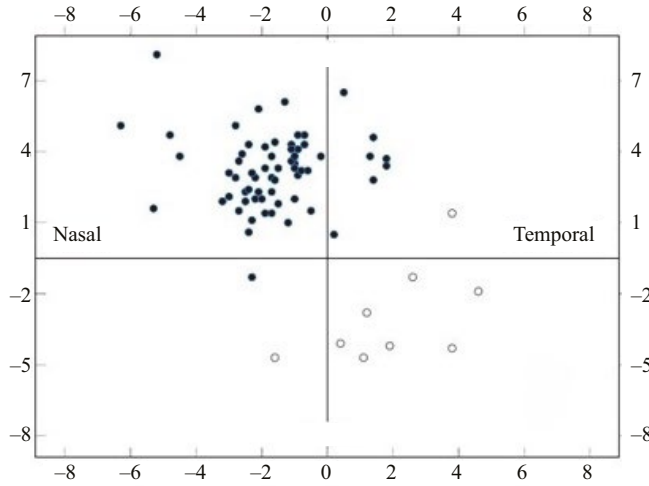


Fig. 26. *Projection of the IOL tilt direction and magnitude in the horizontal (temporal–nasal) and vertical (superior–inferior) axes in groups without IOL dislocation*

Each point represents the tilt direction and magnitude of a single case: black circles – Pph group; white circles – CLE group. The coordinates are in degrees; the intersection of the coordinate axes represents the theoretical position of the optical part of the IOL without tilt.

Figure 27 shows the distribution of IOL decentration in the Pph and CLE groups, with clear differences between clinically healthy pseudophakic eyes and contralateral eyes without diagnosed dislocation but with surgically treated IOL dislocation in the fellow eye. In the Pph group, the IOL positions were concentrated around the coordinate center and remained relatively evenly and centrally distributed. In contrast, the CLE group presented a greater dispersion of IOL positions (vertical meridian: $\chi^2 = 3.906$, $p = 0.048$; horizontal meridian: $\chi^2 = 0.407$, $p = 0.523$).

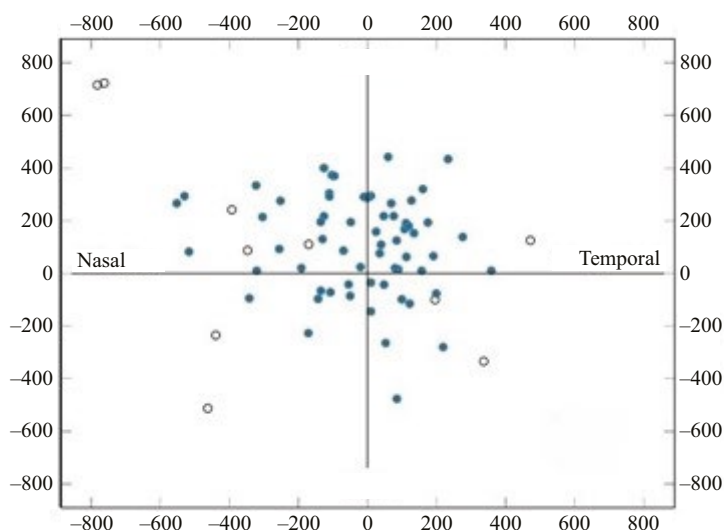


Fig. 27. *Projection of the IOL decentration direction and magnitude in the horizontal (temporal–nasal) and vertical (superior–inferior) directions in the groups without IOL dislocation*

Each point represents the direction and magnitude of IOL decentration in an individual case: black circles – Pph group; white circles – CLE group. The coordinates are in micrometers; the intersection of the coordinate axes represents the theoretical central position of the optical axis of the IOL.

Other postoperative results

Cystoid macular edema (CME) was observed in 18 of 83 eyes (21.69%) after surgical treatment for IOL dislocation. A statistically significant difference was found between the groups: CME occurred less frequently in the IF group than in the IOLE group (2 cases (4.4%) vs. 16 cases (39%), ($\chi^2 = 15.247$, $p < 0.001$)). In the IF group, the IOL had to be refixed in 3 of 43 eyes (6.7%) due to insufficient centration.

During the six-month follow-up period, no cases of bullous keratopathy, pigment dispersion syndrome, chronic uveitis, retinal detachment, or endophthalmitis were observed in either group.

CONCLUSIONS

1. The risk of dislocation of the IOL–capsular bag complex was increased by previous TB, PEX, and glaucoma. The degree of IOL dislocation influences the IOP, i.e., a lower degree of IOL dislocation leads to a greater increase in IOP. Dislocation of the IOL–capsular bag complex was associated with poorer visual acuity, higher spherical equivalent,

and higher total and internal aberration coefficients. Dislocation of the IOL–capsular bag complex together with glaucoma increases the likelihood that the CECD value before surgical treatment of IOL dislocation is < 2050 cells/mm².

2. Both IOL fixation to the iris and IOL exchange with an anterior chamber IOL improved visual acuity. IOL fixation to the iris led to a better BCVA. Changes in aberrations were associated with a reduction in internal aberration coefficients regardless of the surgical technique. However, after IOL exchange with an anterior chamber IOL, the corneal aberration coefficients increased. After surgical treatment (regardless of technique), internal aberrations no longer correlated with visual acuity. After IOL exchange with an anterior chamber IOL, there were positive correlations between visual acuity and corneal aberrations, which explains the relatively poorer BCVA.
3. Surgical treatment for IOL displacement (regardless of method) reduced the elevated IOP present before surgery (≥ 21 mmHg). IOL fixation to the iris was less invasive and did not alter corneal astigmatism, which preserved the morphological stability of the cornea. This also led to a lower decrease in the CECD. After IOL fixation to the iris, the tilt and decentration of the IOL matched or even improved those of the contralateral eye.
4. The most common complication was cystoid macular edema, which occurred more frequently after IOL exchange with an anterior chamber IOL. Refixation was required in 6.7% of the cases after iris fixation. An additional filtering operation was required in 9.3% of the cases after IOL fixation to the iris and in 2.5% of the cases after IOL exchange with an anterior chamber IOL.

PRACTICAL RECOMMENDATIONS

- If an elevated IOP occurs in a pseudophakic eye – especially if no IOL displacement is evident – the increase in IOP should be considered not only as a risk factor for glaucoma progression but also as a possible indirect sign of IOL instability.
- In patients with dislocation of the IOL–capsular bag complex who have glaucoma or elevated IOP, planning both IOL repositioning and an IOP control strategy simultaneously is recommended to avoid additional risk for glaucoma progression.

- In patients with dislocation of the IOL–capsular bag complex and glaucoma, endothelial cell density should be measured before surgical treatment for IOL displacement is planned.
- In patients with a dislocation of the IOL–capsular bag complex and a comorbid diagnosis of glaucoma (independent of IOP), surgical treatment should be performed without delay to protect corneal endothelial cells.
- If dislocation of the IOL–capsular bag complex occurs in one eye, the contralateral eye should be monitored for possible IOL dislocation, or immediate preventive measures should be considered.

LITERATŪROS SĄRAŠAS

1. Wang W, Yan W, Fotis K, Prasad NM, Lansingh VC, Taylor HR, et al. Cataract surgical rate and socioeconomics: A global study. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:5872–81. <https://doi.org/10.1167/iops.16–19894>.
2. Liu Y–C, Wilkins M, Kim T, Malyugin B, Mehta JS. Cataracts. *Lancet* 2017;390:600–12. [https://doi.org/10.1016/S0140–6736\(17\)30544–5](https://doi.org/10.1016/S0140–6736(17)30544–5).
3. Lamoureux EL, Fenwick E, Pesudovs K, Tan D. The impact of cataract surgery on quality of life. *Curr Opin Ophthalmol* 2011;22:19–27. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e3283414284>.
4. Tseng VL, Yu F, Lum F, Coleman AL. Cataract Surgery and Mortality in the United States Medicare Population. *Ophthalmology* 2016;123:1019–26. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.12.033>.
5. Błażniak K, Dusińska A, Szymonik J, Juzwyszyn J, Bestecka M, Chabowski M. Quality of Life after Cataract Surgery. *J Clin Med* 2024;13:1–15. <https://doi.org/10.3390/jcm13175209>.
6. Jansone–Langina Z, Solomatin A, Solomatins M, Krumina G. Quality of life assessment for nuclear, cortical, posterior subcapsular patients before and after cataract surgery. *J Optom* 2024;17:100489. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2023.100489>.
7. Nanfack Ngouné C, Kagmeni G, Nomo A, William N, Noche CD, Assumpta Bella L. Effects of Cataract Surgery on Patient’s Quality of Life. *JOJ Ophthalmol* 2023;9:1–8. <https://doi.org/10.19080/joj.2023.09.555767>.
8. Weber CH, Cionni RJ. All about capsular tension rings. *Curr Opin Ophthalmol* 2015;26:10–5. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000000118>.
9. Debdulal Chakraborty, Ayan Mohanta AB. B–HEX pupil expander in vitreoretinal surgery – A case series. *Indian J Ophthalmol* 2020;68:1188–91. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_1675_19.
10. Balal S, Jbari AS, Nitiahpapand R, Cook E, Akhtar W, Din N, et al. Management and outcomes of the small pupil in cataract surgery: iris hooks, Malyugin ring or phenylephrine? *Eye* 2021;35:2714–8. <https://doi.org/10.1038/s41433–020–01277–0>.
11. Singh MK, Ambati BK, Crandall AS. New capsular tension segment with 2–point fixation for zonular weakness. *J Cataract Refract Surg* 2017;43:590–2. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.04.021>.New.
12. Baig MA, Munir R. Late within the Capsular Bag Intraocular Lens Dislocation (Ten – Year Experience). *Pakistan J Ophthalmol* 2021;37:179–82. <https://doi.org/10.36351/pjo.v37i2.1110>.
13. Davis D, Brubaker J, Espandar L, Stringham J, Crandall A, Werner L, et al. Late In–the–Bag Spontaneous Intraocular Lens Dislocation. Evaluation of 86 Consecutive Cases. *Ophthalmology* 2009;116:664–70. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.11.018>.
14. Clark A, Morlet N, Ng JQ, Preen DB, Semmens JB. Whole population trends in complications of cataract surgery over 22 years in Western Australia. *Ophthalmology* 2011;118:1055–61. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.11.001>.
15. Jakobsson G, Zetterberg M, Lundström M, Stenevi U, Grenmark R, Sundelin K. Late dislocation of in–the–bag and out–of–the bag intraocular lenses: Ocular and surgical characteristics and time to lens repositioning. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1637–44. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.04.042>.
16. Fernández–Buenaga R, Alio JL, Pérez–Ardoy AL, Larrosa–Quesada A, Pinilla–Cortés L, Barraquer R, et al. Late in–the–bag intraocular lens dislocation requiring explantation: risk factors and outcomes. *Eye* 2013;27:795–802. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.95>.

17. Jehan FS, Mamalis N, Crandall AS. Spontaneous late dislocation of intraocular lens within the capsular bag in pseudoexfoliation patients. *Ophthalmology* 2001;108:1727–31. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(01\)00710-2](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(01)00710-2).
18. Ascaso FJ, Huerva V, Grzybowski A. Epidemiology, Etiology, and Prevention of Late IOL–Capsular Bag Complex Dislocation: Review of the Literature. *J Ophthalmol* 2015;2015:1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/805706>.
19. Gross JG, Kokame GT, Weinberg D V. In-the-bag intraocular lens dislocation. *Am J Ophthalmol* 2004;137:630–5. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2003.10.037>.
20. Kim SS, Smiddy WE, Feuer W, Shi W. Management of Dislocated Intraocular Lenses. *Ophthalmology* 2008;115:1699–704. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.04.016>.
21. Mönestam EL. Incidence of Dislocation of Intraocular Lenses and Pseudophakodonesis 10 Years after Cataract Surgery. *Ophthalmology* 2009;116:2315–20. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.05.015>.
22. Shin YI, Park UC. Surgical Outcome of Refixation versus Exchange of Dislocated Intraocular Lens: A Retrospective Cohort Study. *J Clin Med* 2020;9:3868. <https://doi.org/10.3390/jcm9123868>.
23. Caporossi T, Tartaro R, Franco FGS, Barca F, Finocchio L, Bacherini D, et al. IOL repositioning using iris sutures: A safe and effective technique. *Int J Ophthalmol* 2019;12:1972–7. <https://doi.org/10.18240/ijo.2019.12.21>.
24. Huang WY, Chen YJ. Sutured scleral fixation of existing subluxated/dislocated acrylic one-piece intraocular lenses. *Int J Ophthalmol* 2024;17:665–9. <https://doi.org/10.18240/ijo.2024.04.09>.
25. Siegel MJ, Condon GP. Single suture iris-to-capsulorhexis fixation for in-the-bag intraocular lens subluxation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:2347–52. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.10.044>.
26. Yu BK, Packo KH, MacCumber MW. Outcomes of dislocated intraocular lens repair with McCannel suture. *Eye* 2022;36:659–60. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01405-4>.
27. Bellucci C, Mora P, Romano A, Tedesco SA, Troisi M, Bellucci R. Iris Fixation for Intraocular Lens Dislocation: Relocation with Iris Suture Versus Exchange to Sutureless Iris Claw IOL. *J Clin Med* 2024;13. <https://doi.org/10.3390/jcm13216528>.
28. Levy-Neuman S, Marcovich A, Bukelman A, Reitblat O, Kleinmann G. Clinical Outcomes of Iris vs. Scleral Intraocular Lens Fixation. *J Clin Exp Ophthalmol* 2020;11:1–8. <https://doi.org/10.35248/2155-9570.20.11.840>.
29. Alexander B Dillon, Jane S Myung, Kathy M Tran, Joseph J Tseng KJW. A Modified Iris Suture Technique for In-the-bag Intraocular Lens Dislocation C. *J Retin Vitre Dis* 2017;37:789–92.
30. Chang DF. Siepser slipknot for McCannel iris-suture fixation of subluxated intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2004;30:1170–6. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2003.10.025>.
31. Michaeli A, Soiberman U, Loewenstein A. Outcome of iris fixation of subluxated intraocular lenses. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2012;250:1327–32. <https://doi.org/10.1007/s00417-012-2057-x>.
32. Soiberman U, Pan Q, Daoud Y, Murakami P, Stark WJ. Iris suture fixation of subluxated intraocular lenses. *Am J Ophthalmol* 2015;159:353–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2014.11.009>.
33. Faria MY, Ferreira NP, Canastro M. Management of dislocated intraocular lenses with iris suture. *Eur J Ophthalmol* 2017;27:45–8. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000823>.
34. Fernández-Buenaga R, Alio JL, Pérez-Ardoy AL, Larrosa-Quesada A, Pinilla-Cortés L, Barraquer R, et al. Late in-the-bag intraocular lens dislocation requiring explantation: Risk factors and outcomes. *Eye* 2013;27:795–802. <https://doi.org/10.1038/eye.2013.95>.

35. Bulnes BL, de Rojas Silva MV, Moore RL. Intraocular pressure changes before and after surgery for spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:305–11. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.10.038>.
36. Prokofyeva E, Wegener A, Zrenner E. Cataract prevalence and prevention in Europe: A literature review. *Acta Ophthalmol* 2013;91:395–405. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2012.02444.x>.
37. Bourne RRA, Jonas JB, Flaxman SR, Keeffe J, Leasher J, Naidoo K, et al. Prevalence and causes of vision loss in high-income countries and in Eastern and Central Europe: 1990–2010. *Br J Ophthalmol* 2014;98:629–38. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2013-304033>.
38. Saadine J, Limburg H, Bourne RRA, Taylor HR, Keeffe JE, Peto T, et al. Prevalence and causes of vision loss in high-income countries and in Eastern and Central Europe in 2015: magnitude, temporal trends and projections. *Br J Ophthalmol* 2018;102:575–85. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2017-311258>.
39. Rao GN, Khanna R, Payal A. The global burden of cataract. *Curr Opin Ophthalmol* 2011;22:4–9. <https://doi.org/10.1097/ICU.0b013e3283414fc8>.
40. Pascolini D, Mariotti SP. Global estimates of visual impairment: 2010. *Br J Ophthalmol* 2012;96:614–8. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2011-300539>.
41. Klein R, Klein BEK. The prevalence of age-related eye diseases and visual impairment in aging: Current estimates. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:15–8. <https://doi.org/10.1167/iovs.13-12789>.
42. Bourne RRA, Steinmetz JD, Flaxman S, Briant PS, Taylor HR, Resnikoff S, et al. Trends in prevalence of blindness and distance and near vision impairment over 30 years: An analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Heal* 2021;9:e130–43. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30425-3](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30425-3).
43. Bourne RRA, Steinmetz JD, Saylan M, Mersha AM, Weldemariam AH, Wondmeneh TG, et al. Causes of blindness and vision impairment in 2020 and trends over 30 years, and prevalence of avoidable blindness in relation to VISION 2020: The Right to Sight: An analysis for the Global Burden of Disease Study. *Lancet Glob Heal* 2021;9:e144–60. [https://doi.org/10.1016/S2214-109X\(20\)30489-7](https://doi.org/10.1016/S2214-109X(20)30489-7).
44. Lapp T, Wacker K, Heinz C, Maier P, Eberwein P, Reinhard T. Cataract Surgery–Indications, Techniques, and Intraocular Lens Selection. *Dtsch Arztebl Int* 2023;120:377–86. <https://doi.org/10.3238/arztebl.m2023.0028>.
45. Courtney Y. Kauh, MD, MS, Taylor S. Blachley, MS, Paul R. Lichter, MD, MS, Paul P. Lee, MD, JD, and Joshua D. Stein, MD M. Geographic Variation in the Rate and Timing of Cataract Surgery Among US Communities. *JAMA Ophthalmol* 2016;134:267–276. <https://doi.org/10.1001/jamaophthalmol.2015.5322>. Geographic.
46. Hashemi H, Fayaz F, Hashemi A, Khabazkhoob M. Global prevalence of cataract surgery. *Curr Opin Ophthalmol* 2025;36:10–7. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001092>.
47. Yan W, Wang W, van Wijngaarden P, Mueller A, He M. Longitudinal changes in global cataract surgery rate inequality and associations with socioeconomic indices. *Clin Exp Ophthalmol* 2019;47:453–60. <https://doi.org/10.1111/ceo.13430>.
48. Rossi T, Romano MR, Iannetta D, Romano V, Gualdi L, D'Agostino I, et al. Cataract surgery practice patterns worldwide: a survey. *BMJ Open Ophthalmol* 2021;6:e000464. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2020-000464>.
49. Eurostat. Surgical operations and procedures statistics 2024. https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Surgical_operations_and_procedures_statistics.
50. Behndig A, Montan P, Stenevi U, Kugelberg M, Lundström M. One million cataract surgeries: Swedish National Cataract Register 1992–2009. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:1539–45. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.05.021>.

51. Lundström M, Goh PP, Henry Y, Salowi MA, Barry P, Manning S, et al. The changing pattern of cataract surgery indications: A 5-year study of 2 cataract surgery databases. *Ophthalmology* 2015;122:31–8. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.07.047>.
52. Gollogly HE, Hodge DO, St. Sauver JL, Erie JC. Increasing incidence of cataract surgery: Population-based study. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:1383–9. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.03.027>.
53. Grabska–Liberek I, Michalska–Małecka K, Więckowska B, Nowak M, Kozioł M, Grzybowski A, et al. Incidence and Characteristics of Cataract Surgery in Poland, during 2010–2015. *Int J Environ Res Public Health* 2018;15:435. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030435>.
54. Daïen V, Le Pape A, Heve D, Carriere I, Villain M. Incidence and Characteristics of Cataract Surgery in France from 2009 to 2012: A National Population Study. *Ophthalmology* 2015;122:1633–8. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.04.017>.
55. Schein OD, Cassard SD, Tielsch JM, Gower EW. Cataract surgery among Medicare beneficiaries. *Ophthalmic Epidemiol* 2012;19:257–64. <https://doi.org/10.3109/09286586.2012.698692>.
56. Lansingh VC, Nano ME, Carter MJ, Zárate N, Resnikoff S, Eckert KA. Complexities and challenges of surgical data collection from cataract patients: Comparison of cataract surgery rates between 2001 and 2008 in all provinces of Argentina. *Arq Bras Oftalmol* 2014;77:25–9. <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20140008>.
57. World Health Assembly. Consolidated report by the Director-General 1. A73/4 2020;2030:1–6.
58. Langenbucher A, Szentmáry N, Cayless A, Casaza M, Weisensee J, Hoffmann P, et al. Surgically Induced Astigmatism after Cataract Surgery—A Vector Analysis. *Curr Eye Res* 2022;47:1279–87. <https://doi.org/10.1080/02713683.2022.2052108>.
59. Das S, Mehregan C, Richards C, Schneider M, Le K, Lin X. Intraoperative Complication Rates in Cataract Surgery After Resuming Surgery Following the COVID–19 Shutdown. *Clin Ophthalmol* 2023;17:641–7. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S348710>.
60. Joshua D, Stein, MD, MS1, Daniel S. Grossman, BA2, Kevin M. Mundy, BS1, Alan Sugar, MD1, and Frank A. Sloan P. Severe Adverse Events Following Cataract Surgery Among Medicare Beneficiaries. *Ophthalmology* 2011;118:1716–23. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.02.024>.
61. French DD, Margo CE. Short-term mortality following cataract surgery: Comparison of veterans health administration and medicare outcomes. *Ophthalmic Epidemiol* 2012;19:144–8. <https://doi.org/10.3109/09286586.2012.680530>.
62. Terveen D, Berdahl J, Dhariwal M, Meng Q. Real-World Cataract Surgery Complications and Secondary Interventions Incidence Rates: An Analysis of US Medicare Claims Database. *J Ophthalmol* 2022;2022. <https://doi.org/10.1155/2022/8653476>.
63. Han X, Zhang J, Liu Z, Tan X, Jin G, He M, et al. Real-world visual outcomes of cataract surgery based on population-based studies: a systematic review. *Br J Ophthalmol* 2023;107:1056–65. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2021-320997>.
64. Kristianslund O, Dalby M, Drolsum L. Late in-the-bag intraocular lens dislocation. *J Cataract Refract Surg* 2021;47:942–54. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000605>.
65. Qureshi MH, Steel DHW. Retinal detachment following cataract phacoemulsification—a review of the literature. *Eye* 2020;34:616–31. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0575-z>.
66. Shew W, Wang MTM, Danesh–Meyer H V., Costello F, Prasad S. Nonarteritic Anterior Ischemic Optic Neuropathy after Cataract Surgery: A Systematic Review and Meta–Analysis. *J Neuro–Ophthalmology* 2023;43:17–28. <https://doi.org/10.1097/WNO.0000000000001625>.

67. Maximilian Gabriel, MD, PhD, FEBO, Amalia Mester, MD, Christoph Mayer–Xanthaki, MD F. Risk and protective factors of late in–the–bag intraocular lens dislocations: systematic review. *J Cataract Refract Surg* 2025;51:72–83. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001564>.
68. Hayashi K, Hirata A, Hayashi H. Possible Predisposing Factors for In–the–Bag and Out–of–the–Bag Intraocular Lens Dislocation and Outcomes of Intraocular Lens Exchange Surgery. *Ophthalmology* 2007;114:969–75. <https://doi.org/10.1016/j.optha.2006.09.017>.
69. Mayer–Xanthaki CF, Pregartner G, Hirnschall N, Falb T, Sommer M, Findl O, et al. Impact of intraocular lens characteristics on intraocular lens dislocation after cataract surgery. *Br J Ophthalmol* 2021;105:1510–4. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2020-317124>.
70. Gimbel H V., Condon GP, Kohnen T, Olson RJ, Halkiadakis I. Late in–the–bag intraocular lens dislocation: Incidence, prevention, and management. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:2193–204. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2005.06.053>.
71. Mayer CF, Hirnschall N, Wackernagel W, Pregartner G, Seidel G, Falb T, et al. Late dislocation of a hydrophilic intraocular lens: risk ratios for predisposing factors and incidence rates. *Acta Ophthalmol* 2018;96:e897–8. <https://doi.org/10.1111/aos.13701>.
72. Lee GI, Lim DH, Chi SA, Kim SW, Shin DW, Chung TY. Risk Factors for Intraocular Lens Dislocation After Phacoemulsification: A Nationwide Population–Based Cohort Study. *Am J Ophthalmol* 2020;214:86–96. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2020.03.012>.
73. Dabrowska–Kloda K, Kloda T, Boudiaf S, Jakobsson G, Stenevi U. Incidence and risk factors of late in–the–bag intraocular lens dislocation: Evaluation of 140 eyes between 1992 and 2012. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:1376–82. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.040>.
74. Mönestam E. Frequency of Intraocular Lens Dislocation and Pseudophacodonesis, 20 Years After Cataract Surgery – A Prospective Study. *Am J Ophthalmol* 2019;198:215–22. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2018.10.020>.
75. Lee GI, Lim DH, Chi SA, Kim SW, Han J, Shin DW, et al. Incidence and characteristics of intraocular lens dislocation after phacoemulsification: An eight–year, nationwide, population–based study. *J Clin Med* 2021;10. <https://doi.org/10.3390/jcm10173830>.
76. Pueringer SL, Hodge DO, Erie JC. Risk of late intraocular lens dislocation after cataract surgery, 1980–2009: A population–based study. *Am J Ophthalmol* 2011. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2011.03.009>.
77. Young Min Park, Jae Kwang Lee, Seo Hee Kim EJC. Incidence and Characteristics of Intraocular Lens Dislocation in South Korea from 2002 to 2021: A Nationwide Population–based Study. *Korean J Ophthalmol* 2024;38:354–63. <https://doi.org/https://doi.org/10.3341/kjo.2024.0008>.
78. Rumelaitiene U, Speckauskas M, Tamosiunas A, Radisauskas R, Peto T, Larsen MB, et al. Exploring association between pseudoexfoliation syndrome and ocular aging. *Int Ophthalmol* 2023;43:847–57. <https://doi.org/10.1007/s10792-022-02486-0>.
79. Chen L, Sun L, Tang Y, Sui W, Bian A, Zhang X, et al. Visual performance, safety, and patient satisfaction after binocular clear lens extraction and trifocal intraocular lens implantation in Chinese presbyopic patients. *BMC Ophthalmol* 2024;24:1–12. <https://doi.org/10.1186/s12886-024-03573-9>.
80. Davison JA. Capsule contraction syndrome. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:582–9. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(13\)80004-1](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(13)80004-1).
81. Lin X, Ma D, Yang J. Exploring anterior capsular contraction syndrome in cataract surgery: insights into pathogenesis, clinical course, influencing factors, and intervention approaches. *Front Med* 2024;11. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1366576>.

82. Nath V, Vasavada AR, Dholu S, Vasavada S, Dwivedi S, Shivnani B, et al. Clinical Features, Risk Factors, and Outcomes Following Surgery for Late Intraocular Lens Decentration in the Dead Bag Syndrome. *Am J Ophthalmol* 2025;272:38–47. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2025.01.008>.
83. Darian-Smith E, Safran SG, Coroneo MT. Zonular and capsular bag disorders: a hypothetical perspective based on recent pathophysiological insights. *J Cataract Refract Surg* 2023;49:207–12. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001098>.
84. Iranipour BJ, Rosander JH, Zetterberg M. Visual Improvement and Lowered Intraocular Pressure After Surgical Management of In-The-Bag Intraocular Lens Dislocation and Aphakia Correction; Retrospective Analysis of Scleral Suturing versus Retropupillary Fixated Iris-Claw Intraocular Lens During a 5. *Clin Ophthalmol* 2024;18:315–24. <https://doi.org/10.2147/OPTH.S445244>.
85. Artzen D, Samolov B, Lundström M, Montan P. Visual acuity and intraocular pressure after surgical management of late in-the-bag dislocation of intraocular lenses. A single-centre prospective study. *Eye* 2020;34:1406–12. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0668-8>.
86. Faramarzi A, Feizi S, Yazdani S. Trans-iris fixation of dislocated in-the-bag intraocular lenses. *Eur J Ophthalmol* 2020;30:538–42. <https://doi.org/10.1177/1120672119831161>.
87. Subasi S, Yuksel N, Karabas VL, Tugan BY. Late in-the-bag spontaneous IOL dislocation: risk factors and surgical outcomes. *Int J Ophthalmol* 2019;12. <https://doi.org/10.18240/ijo.2019.06.12>.
88. Vounotrypidis E, Schuster I, Mackert MJ, Kook D, Priglinger S, Wolf A. Secondary intraocular lens implantation: a large retrospective analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2019;257:125–34. <https://doi.org/10.1007/s00417-018-4178-3>.
89. Fujikawa A, Mohamed YH, Kinoshita H, Tsuiki E, Kitaoka T. Spontaneous dislocation of the posterior chamber intraocular lens. *Int Ophthalmol* 2018;38:1111–7. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0567-6>.
90. Giansanti F, Tartaro R, Caporossi T, Murro V, Savastano A, Barca F, et al. Intraocular lens dislocation: A novel in-situ scleral refixation technique using a 25 Gauge trocar in the anterior chamber. *BMJ Open Ophthalmol* 2018;3:1–7. <https://doi.org/10.1136/bmjophth-2018-000174>.
91. Kristianslund O, Råen M, Østern AE, Drolsum L. Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation: A Randomized Clinical Trial Comparing Lens Repositioning and Lens Exchange. *Ophthalmology* 2017;124:151–9. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.10.024>.
92. Bande MF, García-garcés I, Paniagua L, Ruiz-oliva F, Piñeiro A, Blanco-teijeiro MJ. EVALUATION OF VITRECTOMY AND REIMPLANTATION FOLLOWING LATE DISLOCATION OF THE INTRAOCULAR LENS-CAPSULAR BAG COMPLEX A 3-Year Follow-up Study. *RETINA* 2016;36:576–81. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000001300>.
93. Amanda Rey, Ignasi Jürgens, Agnieszka Dyrda, Xavier Maseras AM. SURGICAL OUTCOME OF LATE IN-THE-BAG INTRAOCULAR LENS DISLOCATION TREATED WITH PARS PLANA VITRECTOMY. *RETINA* 2016;36:576–81. <https://doi.org/10.1097/IAE.0000000000000738>.
94. Krėpštė L, Kuzmienė L, Miliauskas A, Janulevičienė I. Possible predisposing factors for late intraocular lens dislocation after routine cataract surgery. *Medicina (Kaunas)* 2013;49:229–34. <https://doi.org/10.3390/medicina49050037>.
95. Jakobsson G, Zetterberg M, Sundelin K, Stenevi U. Surgical repositioning of intraocular lenses after late dislocation: Complications, effect on intraocular pressure, and visual outcomes. *J Cataract Refract Surg* 2013. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.06.023>.

96. Makiko Matsumoto 1, Koki Yamada, Masafumi Uematsu, Azusa Fujikawa, Eiko Tsuiki, Takeshi Kumagami, Kiyoshi Suzuma TK. Spontaneous dislocation of in-the-bag intraocular lens primarily in cases with prior vitrectomy. *Eur J Ophthalmol* 2012;22:363–7. <https://doi.org/10.5301/ejo.5000046>.
97. Lorente R, De Rojas V, Vazquez De Parga P, Moreno C, Landaluce ML, Domínguez R, et al. Management of late spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation: Retrospective analysis of 45 cases. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:1270–82. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.01.035>.
98. Chan CC, Crandall AS, Ahmed IIK. Ab externo scleral suture loop fixation for posterior chamber intraocular lens decentration: Clinical results. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:121–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2005.06.050>.
99. U Schlötzer-Schrehardt GON. A histopathologic study of zonular instability in pseudoexfoliation syndrome. *Am J Ophthalmol* 1994;118:730–43. [https://doi.org/10.1016/s0002-9394\(14\)72552-8](https://doi.org/10.1016/s0002-9394(14)72552-8).
100. Nath M, Odayappan A, Tripathy K, Krishnamurthy P, Nachiappan S. Predicting zonular strength based on maximum pupillary mydriasis in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Med Hypotheses* 2021;146:110402. <https://doi.org/10.1016/j.mehy.2020.110402>.
101. Liu E, Cole S, Werner L, Hengerer F, Mamalis N, Kohnen T. Pathologic evidence of pseudoexfoliation in cases of in-the-bag intraocular lens subluxation or dislocation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:929–35. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.08.037>.
102. 2012 sweden study n.d.
103. Sudha K Ganesh, Parveen Sen HRS. Late dislocation of in-the-bag intraocular lenses in uveitic eyes: An analysis of management and complications. *Indian J Ophthalmol* 2017;65:148–54. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_938_16.
104. S Yamazaki, K Nakamura DK. Intraocular lens subluxation in a patient with facial atopic dermatitis. *J Cataract Refract Surg* 2001;27:337–8. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(00\)00499-5](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(00)00499-5).
105. Klysik A, Kaszuba-Bartkowiak K, Jurowski P. Axial Length of the Eyeball Is Important in Secondary Dislocation of the Intraocular Lens, Capsular Bag, and Capsular Tension Ring Complex. *J Ophthalmol* 2016;2016:3–7. <https://doi.org/10.1155/2016/6431438>.
106. Fan Q, Han X, Luo J, Cai L, Qiu X, Lu Y, et al. Risk factors of intraocular lens dislocation following routine cataract surgery: a case-control study. *Clin Exp Optom* 2021;104:510–7. <https://doi.org/10.1080/08164622.2021.1878829>.
107. Darian-Smith E, Safran SG, Coroneo MT. Lens Epithelial Cell Removal in Routine Phacoemulsification: Is It Worth the Bother? *Am J Ophthalmol* 2022;239:1–10. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2022.01.013>.
108. Li X, Wang F, Ren M, Du M, Zhou J. The effects of c-Src kinase on EMT signaling pathway in human lens epithelial cells associated with lens diseases. *BMC Ophthalmol* 2019;19:1–10. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1229-4>.
109. Niranjana Awasthi, Suqin Guo, B. J. Wagner. Posterior Capsular Opacification A Problem Reduced but Not Yet Eradicated. *Arch Ophthalmol* 2009;127:555–62. <https://doi.org/10.1001/archophthalmol.2009.3>.
110. Bisevac J, Anisimova NS, Nagymihály R, Kristianslund O, Katta K, Noer A, et al. Long-term myofibroblast persistence in the capsular bag contributes to the late spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation. *Sci Rep* 2020;10:1–17. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-77207-7>.
111. Wormstone IM, Wormstone YM, Smith AJO, Eldred JA. Posterior capsule opacification: What's in the bag? *Prog Retin Eye Res* 2021;82:100905. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100905>.

112. Werner L, Zaugg B, Neuhaus T, Burrow M, Tetz M. In-the-bag capsular tension ring and intraocular lens subluxation or dislocation: A series of 23 cases. *Ophthalmology* 2012;119:266–71. <https://doi.org/10.1016/j.optha.2011.08.016>.
113. Chen L, Zhong Y, Yao K, Fu Q. Effect of intraocular lens material and haptic design on anterior capsule contraction after cataract surgery: A systematic review and meta-analysis. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2024;262:1421–32. <https://doi.org/10.1007/s00417-023-06230-x>.
114. Tsiniopoulos IT, Tsiaousis KT, Kymionis GD, Symeonidis C, Grentzelos MA, Diakonis VF, et al. Comparison of anterior capsule contraction between hydrophobic and hydrophilic intraocular lens models. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol* 2010;248:1155–8. <https://doi.org/10.1007/s00417-010-1373-2>.
115. Cochener, Beatrice; Jacq, Pierre-Louisa; Colin JMd. Capsule contraction after continuous curvilinear capsulorhexis: Poly(methyl methacrylate) versus silicone intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1999;25:1362–9. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(99\)00227-8](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(99)00227-8).
116. Auffarth GU. Design and Material of Intraocular Lenses. Springer, Cham; 2023. https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.dbases.lsmuni.lt/10.1007/978-3-031-05394-8_23.
117. H H Kochounian, S A Kovacs, J Sy, D E Grubbs WAM. Identification of intraocular lens-adsorbed proteins in mammalian in vitro and in vivo systems. *Arch Ophthalmol* 1994;112:395–401. <https://doi.org/10.1001/archopht.1994.01090150125034>.
118. Jaitli A, Roy J, Chatila A, Liao J, Tang L. Role of fibronectin and IOL surface modification in IOL: Lens capsule interactions. *Exp Eye Res* 2022;221:109135. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2022.109135>.
119. Linnola RJ, Sund, Malin RY, Pihlajaniemi T. Adhesion of soluble fibronectin, vitronectin, and collagen type IV to intraocular lens materials. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:146–52. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(02\)01422-0](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(02)01422-0).
120. Kim TG, Moon SW. Hyperopic shift caused by capsule contraction syndrome after microincision foldable intraocular Lens implantation: Case series. *BMC Ophthalmol* 2019;19:1–6. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1117-y>.
121. Cochener–Lamard B. Multifocal Intraocular Lenses: The Johnson and Johnson Family of Lenses. In: Alió, J., Pikkell J, editor. *Multifocal Intraocular Lenses. Essentials Ophthalmol.*, Springer, Cham; 2019, p. 249–75. https://doi.org/https://doi-org.ezproxy.dbases.lsmuni.lt/10.1007/978-3-030-21282-7_21.
122. Hartman M, Rauser M, Brucks M, Chalam K V. Evaluation of anterior capsular contraction syndrome after cataract surgery with commonly used intraocular lenses. *Clin Ophthalmol* 2018;12:1399–403. <https://doi.org/10.2147/OPHTH.S172251>.
123. Liu Q, Zhang S, Wang X, Liu J, Zhou G, Yuan X. Effects of intraocular lens anterior edge design on anterior capsule morphology changes following femtosecond laser-assisted capsulotomy. *BMC Ophthalmol* 2022;22:1–9. <https://doi.org/10.1186/s12886-022-02751-x>.
124. Kim SY, Yang JW, Lee YC, Kim SY. Effect of haptic material and number of intraocular lens on anterior capsule contraction after cataract surgery. *Korean J Ophthalmol* 2013;27:7–11. <https://doi.org/10.3341/kjo.2013.27.1.7>.
125. Choi M, Lazo MZ, Kang M, Lee J, Joo CK. Effect of number and position of intraocular lens haptics on anterior capsule contraction: A randomized, prospective trial. *BMC Ophthalmol* 2018;18:1–9. <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0742-1>.
126. Gonvers, M.; Sickenberg, M.; van Melle G. Change in capsulorhexis size after implantation of three types of intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1997;23:231–8. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(97\)80346-X](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(97)80346-X).

127. Grzybowski A, Auffarth GU, LaHood BR. How do intraocular lens materials influence the outcome of cataract surgery? *Curr Opin Ophthalmol* 2024;36. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001095>.
128. Guedes-Mota C, Dutra-Medeiros M, Tavares Ferreira J, Dias-Santos A. Surgical approach for management of complete anterior capsular contraction syndrome. *BMJ Case Rep* 2024;17:1–4. <https://doi.org/10.1136/bcr-2023-257851>.
129. Feng L, Vidal CC, Weeber H, Koopman B, Sajadi SB, Rozema JJ. Effects of capsulorhexis size and position on post-surgical IOL alignment. *Sci Rep* 2024;14:31132. <https://doi.org/doi:10.1038/s41598-024-82377-9>.
130. Rossi T, Ceccacci A, Testa G, Ruggiero A, Bonora N, D'Agostino I, et al. Influence of anterior capsulorhexis shape, centration, size, and location on intraocular lens position: Finite element model. *J Cataract Refract Surg* 2022;48:222–9. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000711>.
131. Gurnani B KK. Phacoemulsification. StatPearls [Internet]. Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2023. <https://doi.org/https://www-ncbi-nlm-nih-gov.ezproxy.dbazes.lsmuni.lt/books/NBK576419/>.
132. Wang J, Su F, Wang Y, Chen Y, Chen Q, Li F. Intra and post-operative complications observed with femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery: A systematic review and meta-analysis. *BMC Ophthalmol* 2019;19:1–8. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1190-2>.
133. Roberts HW, Wagh VK, Sullivan DL, Hidzheva P, Detesan DI, Heemraz BS, et al. A randomized controlled trial comparing femtosecond laser-assisted cataract surgery versus conventional phacoemulsification surgery. *J Cataract Refract Surg* 2019;45:11–20. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.08.033>.
134. Day AC, Burr JM, Bennett K, Bunce C, Doré CJ, Rubin GS, et al. Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Versus Phacoemulsification Cataract Surgery (FACT): A Randomized Noninferiority Trial. *Ophthalmology* 2020;127:1012–9. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2020.02.028>.
135. Popovic M, Campos-Möller X, Schlenker MB, Ahmed IIK. Efficacy and Safety of Femtosecond Laser-Assisted Cataract Surgery Compared with Manual Cataract Surgery: A Meta-Analysis of 14 567 Eyes. *Ophthalmology* 2016;123:2113–26. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.07.005>.
136. Gavris M, Mateescu R, Belicioiu R, Olteanu I. Is Laser Assisted Capsulotomy better than standard CCC? *Rom J Ophthalmol* 2017;61:18–22. <https://doi.org/10.22336/rjo.2017.4>.
137. Lou B, Lin X, Luo L, Yang Y, Chen Y, Liu Y. Residual lens cortex material: Potential risk factor for endophthalmitis after phacoemulsification cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:250–7. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.07.038>.
138. F Weinand I, M Lazar SP. Phacogenic uveitis with luxation of of Soemmering's ring formation in the vitreous body 63 years after cataract surgery. *Klin Monbl Augenheilkd* 2004;221:277–9. <https://doi.org/10.1055/s-2004-813002>.
139. Richard J Hanson I, Adrian Rubinstein, Susan Sarangapani, Larry Benjamin CKP. Effect of lens epithelial cell aspiration on postoperative capsulorhexis contraction with the use of the AcrySof intraocular lens: randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1621–6.
140. Wang D, Yu X, Li Z, Ding X, Lian H, Mao J, et al. The Effect of Anterior Capsule Polishing on Capsular Contraction and Lens Stability in Cataract Patients with High Myopia. *J Ophthalmol* 2018;2018. <https://doi.org/10.1155/2018/8676451>.
141. Menapace, Rupert; Findl, Oliver; Georgopoulos, Michael; Rainer, Georg; Vass, Clemens; Schmetterer K. The capsular tension ring: Designs, applications, and

- techniques. *J Cataract Refract Surg* 2000;26:898–912. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(00\)00446-6](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(00)00446-6).
142. Tribus C, Alge CS, Haritoglou C, Lackerbauer C, Kampik A, Mueller A, et al. Indications and clinical outcome of capsular tension ring (CTR) implantation: A review of 9528 cataract surgeries. *Clin Ophthalmol* 2007;1:65–9.
 143. Soosan Jacob, Amar Agarwal, Athiya Agarwal, Sunita Agarwal, Nishant Patel VL. Efficacy of a capsular tension ring for phacoemulsification in eyes with zonular dialysis. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:315–21. [https://doi.org/10.1016/s0886-3350\(02\)01534-1](https://doi.org/10.1016/s0886-3350(02)01534-1).
 144. Yang S, Jiang H, Nie K, Feng L, Fan W. Effect of capsular tension ring implantation on capsular stability after phacoemulsification in patients with weak zonules: a randomized controlled trial. CTR implantation in cataract patients with weak zonules. *BMC Ophthalmol* 2021;21:1–11. <https://doi.org/10.1186/s12886-020-01772-8>.
 145. Bayyoud T, Bartz-Schmidt KU, Yoeuek E. Long-term clinical results after cataract surgery with and without capsular tension ring in patients with retinitis pigmentosa: A retrospective study. *BMJ Open* 2013;3:1–5. <https://doi.org/10.1136/bmjopen-2013-002616>.
 146. Mamlis N. Explantation of intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 2000;11:289–95.
 147. Shingleton BJ, Neo YN, Cvintal V, Shaikh AM, Liberman P, O'Donoghue MW. Outcome of phacoemulsification and intraocular lens implantation in eyes with pseudoexfoliation and weak zonules. *Acta Ophthalmol* 2017;95:182–7. <https://doi.org/10.1111/aos.13110>.
 148. Christoph F Mayer–Xanthaki 1, Nino Hirnschall, Gudrun Pregartner, Maximilian Gabriel, Thomas Falb, Michael Sommer AH. Capsular tension ring as protective measure against in-the-bag dislocations after cataract surgery. *J Cataract Refract Surg* 2023;49:154–8. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001060>.
 149. Georgopoulos GT, Papaconstantinou D, Georgalas I, Koutsandrea CN, Margetis I, Moschos MM. Management of large traumatic zonular dialysis with phacoemulsification and IOL implantation using the capsular tension ring. *Acta Ophthalmol Scand* 2007;85:653–7. <https://doi.org/10.1111/j.1600-0420.2007.00901.x>.
 150. Haowen Lin, Jiaqing Zhang, Yifan Zhang, Aixia Jin, Yu Zhang, Ling Jin, Yifan Xu, Xiaohang Xie, Xuhua Tan, Lixia Luo YL. Capsular Tension Ring Implantation for Intraocular Lens Decentration and Tilt in Highly Myopic Eyes: A Randomized Clinical Trial. *JAMA Ophthalmol* 2024;42:708–15.
 151. Hu X, Qi J, Cheng K, He W, Zhang K, Zhao C, et al. Effectiveness of prophylactic capsular tension ring implantation during cataract surgery in highly myopic eyes. *J Cataract Refract Surg* 2024:1030–6. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001495>.
 152. Jiang H, Zhang W, Chu YH. Technique of using Cionni–modified capsular tension ring in the management of severely traumatic lens subluxation. *Int J Ophthalmol* 2023;16:1078–83. <https://doi.org/10.18240/ijo.2023.07.12>.
 153. Wu PC. Lord of the Ring technique for capsular tension ring in subluxated cataract surgery. *Eye* 2024:2023–4. <https://doi.org/10.1038/s41433-024-02988-4>.
 154. Eldred JA, McDonald M, Wilkes HS, Spalton DJ, Wormstone IM. Growth factor restriction impedes progression of wound healing following cataract surgery: Identification of VEGF as a putative therapeutic target. *Sci Rep* 2016;6:1–18. <https://doi.org/10.1038/srep24453>.
 155. Dawes LJ, Duncan G, Wormstone IM. Age-related differences in signaling efficiency of human lens cells underpin differential wound healing response rates following cataract surgery. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2013;54:333–42. <https://doi.org/10.1167/iovs.12-10425>.

156. Boswell BA, Korol A, West-Mays JA, Musil LS. Dual function of TGF β in lens epithelial cell fate: Implications for secondary cataract. *Mol Biol Cell* 2017;28:907–21. <https://doi.org/10.1091/mbc.E16-12-0865>.
157. Zhu XJ, Chen MJ, Zhang KK, Yang J, Lu Y. Elevated TGF- β 2 level in aqueous humor of cataract patients with high myopia: Potential risk factor for capsule contraction syndrome. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:232–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.09.027>.
158. Schlötzer-Schrehardt U, Zenkel M, Kühle M, Sakai LY, Naumann GOH. Role of transforming growth factor- β 1 and its latent form binding protein in pseudoexfoliation syndrome. *Exp Eye Res* 2001;73:765–80. <https://doi.org/10.1006/exer.2001.1084>.
159. De Jongh RU, Wederell E, Lovicu FJ, McAvoy JW. Transforming growth factor- β –induced epithelial–mesenchymal transition in the lens: A model for cataract formation. *Cells Tissues Organs* 2005;179:43–55. <https://doi.org/10.1159/000084508>.
160. Wang D, Wang E, Liu K, Xia CH, Li S, Gong X. Roles of TGF β and FGF signals during growth and differentiation of mouse lens epithelial cell in vitro. *Sci Rep* 2017;7:1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-07619-5>.
161. Toto L, Viggiano P, Vecchiarino L, Evangelista F, Borrelli E, Mastropasqua L. Anterior capsule contraction syndrome: A successful multimodal therapeutic approach. *Int J Ophthalmol* 2019;12:1356–8. <https://doi.org/10.18240/ijo.2019.08.20>.
162. Shiroto Y, Saga R, Yoshino H, Hosokawa Y, Isokawa K, Tsuruga E. Matrix metalloproteinase–2 activated by ultraviolet–b degrades human ciliary zonules in vitro. *Acta Histochem Cytochem* 2021;54:1–9. <https://doi.org/10.1267/ahc.20-00021>.
163. Hiramatsu N, Nagai N, Kondo M, Imaizumi K, Sasaki H, Yamamoto N. Morphological comparison between three–dimensional structure of immortalized human lens epithelial cells and Soemmering’s ring. *Med Mol Morphol* 2021;54:216–26. <https://doi.org/10.1007/s00795-021-00280-y>.
164. Liu T, Elnahry AG, Tauqeer Z, Yu Y, Ying G, Kim BJ. Incidence and risk factors of perioperative suprachoroidal hemorrhage : A systematic review and meta–analysis. *Surv Ophthalmol* 2025;70:54–62. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.09.009>.
165. Cooksley G, Nam MH, Nahomi RB, Rankenberg J, Smith AJO, Wormstone YM, et al. Lens capsule advanced glycation end products induce senescence in epithelial cells: Implications for secondary cataracts. *Aging Cell* 2024;1–14. <https://doi.org/10.1111/accel.14249>.
166. Anchal Thakur, Muskaan Bansal, Divya Challa, Chintan Malhotra AKJ, We. Dead bag syndrome—in the capsular bag subluxated intraocular lens centration and refixation: A new technique. *Indian J Ophthalmol* 2023;71:3412–4. <https://doi.org/10.4103/ijo.IJO.2023.71.3412>.
167. Bin Mohammad Salmi MS, Mahmud MB, Razali AB, MD Salleh RB. Soemmering’s Ring in a Spontaneous Partially Absorbed Lens: A Case Report. *Cureus* 2022;14:1–5. <https://doi.org/10.7759/cureus.25898>.
168. Lee S, Lee G, Park CY. Late spontaneous posterior capsule rupture with single–piece hydrophobic acrylic intraocular lens dislocation. *Sci Rep* 2024;14:1–7. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-53934-z>.
169. Chen DA, Yassari N, Kiss S, Starr CE. Bilateral posterior capsule rupture and anterior vitreous prolapse from vigorous eye rubbing. *Am J Ophthalmol Case Reports* 2022;26:26–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajoc.2022.101426>.
170. Ramy Bassily, Anna Lencova MSR. Bilateral rupture of the posterior capsule and intraocular lens dislocation from excessive eye rubbing. *J Cataract Refract Surg* 2016;42:329–31. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.01.018>.
171. Nayak R, Vijaya Pai H, Shailaja S. Bilateral dead bag syndrome. *JCRS Online Case Reports* 2024;12:E00119. <https://doi.org/10.1097/j.jcro.0000000000000119>.

172. Culp, Catherine MD; Qu, Phillip MD; Jones, Jason MD; Fram, Nicole MD; Ogawa, Gregory MD; Masket, Samuel MD; Mamalis, Nick MD; Werner, Liliana MD P. Clinical and histopathological findings in the dead bag syndrome. *J Cataract Refract Surg* 2022;48:177–84. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000742>.
173. Hirata A, Okinami S, Hayashi K. Occurrence of capsular delamination in the dislocated in-the-bag intraocular lens. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2011;249:1409–15. <https://doi.org/10.1007/s00417-010-1605-5>.
174. Akira Hirata, Keiko Mine KH. Age-related appearance of lamellar structures in lens capsule of cataractous eyes and its pathological significance. *J Cataract Refract Surg* 2022;48:844–9. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000967>.
175. Rong X, Miao A, Yu J, Du Y, He W, Lu Y, et al. Case Series: Slight Intraocular Lens Malpositioning as a Potential Cause of Vision Loss. *Optom Vis Sci* 2019;96:802–7. <https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001430>.
176. Wang W, Xu D, Liu X, Xu W. Case series: “Double arch” changes caused by capsule contraction syndrome after cataract surgery in highly myopic eyes. *BMC Ophthalmol* 2021;21:1–7. <https://doi.org/10.1186/s12886-021-02113-z>.
177. Qatarnah D, Hau S, Tuft S. Hyperopic shift from posterior migration of hydrophilic acrylic intraocular lens optic. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:161–3. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.06.042>.
178. Michael K, O'Colmain U, Vallance JH, Cormack TGM. Capsule contraction syndrome with haptic deformation and flexion. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:686–9. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.09.042>.
179. Donald R Sanders, Robert W Higginbotham, Ira E Opatowsky JC. Hyperopic shift in refraction associated with implantation of the single-piece Collamer intraocular lens. *Cataract Refract Surg* 2006;32:2110–2. <https://doi.org/doi:10.1016/j.jcrs.2006.07.030>.
180. Enoch JM, Crawford B, Nygaard RW. Refractive Changes Induced by Intraocular Lens Tilt and Longitudinal Displacement. *Arch Ophthalmol* 1986;104:90–2. <https://doi.org/10.1001/archophth.1986.01050130100030>.
181. Steeples LR, Jones NP. Late in-the-bag intraocular lens dislocation in patients with uveitis. *Br J Ophthalmol* 2015;99:1206–10. <https://doi.org/10.1136/bjophthalmol-2014-306437>.
182. Kruger PB, Lara F, Kingdom U, States U. Aberrations and accommodation. *Clin Exp Optom* 2020;103:95–103. <https://doi.org/10.1111/cxo.12938>.Aberrations.
183. Riaz KM, Vike Vicente G, Wee D. Optics for the New Millennium: An Absolute Review Textbook. 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-95251-8>.
184. Bakaraju RC, Ehrmann K, Papas EB, Ho A. Depth-of-Focus and its Association with the Spherical Aberration Sign . A Ray-Tracing Analysis. *J Optom* 2010;3:51–9. <https://doi.org/10.3921/joptom.2010.51>.
185. In Seok Song, Myoung Joon Kim, Sam Young Yoon JYK and HT. Higher-Order Aberrations Associated With Better Near Visual Acuity in Eyes With Aspheric Monofocal IOLs. *J Refract Surg* 2014;30:442–6. <https://doi.org/https://doi.org/10.3928/1081597X-20140530-01>.
186. Serapinas J. ABERACIJŲ KOREKCIJA IR LAZERIO PLUOŠTO MODIFIKAVIMAS ERDVINIŲ ŠVIESOS MODULIATORIUMI. 2021.
187. Lombardo M, Lombardo G. Wave aberration of human eyes and new descriptors of image optical quality and visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2010;36:313–31. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2009.09.026>.
188. Cox IG, Guirao A, Cox IG, Williams DR. Monochromatic aberrations of the human eye. *J Opt Soc Am* 2001;18:1793–803. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.18.001793>.

189. Kiuchi G, Hiraoka T, Ueno Y, Mihashi T, Oshika T. Influence of refractive status and age on corneal higher-order aberration. *Vis Res* 2021;181:32–7. <https://doi.org/doi:10.1016/j.visres.2020.12.007>.
190. Villegas EA, Alcón E, Artal P. Impact of positive coupling of the eye's trefoil and coma in retinal image quality and visual acuity. *J Opt Soc Am* 2012;29:1667–72. <https://doi.org/10.1364/JOSAA.29.001667>.
191. Du Y, Di Y, Yang S, Mo F, Cui G, Chen D, et al. Differences in ocular high order aberrations before and after small incision lenticule extraction for correction of myopia: a systematic review and meta-analysis. *Front Med* 2024;11:1–14. <https://doi.org/10.3389/fmed.2024.1274101>.
192. Article R, Unterhorst HA, Rubin A, Africa S, Unterhorst H, Africa S, et al. Ocular aberrations and wavefront aberrometry : A review. *African Vis Eye Heal* 2015;74:1–6. <https://doi.org/10.4102/aveh.v74i1.21>.
193. Applegate, Raymond A.; Marsack, Jason; Ramos, Robertoa; Sarver EJ. Interaction between aberrations to improve or reduce visual performance. *J Cataract Refract Surg* 2003;29:1487–95.
194. Srivastava S, Vasavada V, Vasavada V, Vasavada S, Praveen MR, Reddy R, et al. Comparison of ocular wavefront aberrations in subluxated lenses before and after lens extraction with intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 2018. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.12.017>.
195. Liu T, Thibos LN. Compensation of Corneal Oblique Astigmatism by Internal Optics: a Theoretical Analysis. *Ophthalmic Physiol Opt* 2017;37:305–16. <https://doi.org/10.1111/opo.12364>.
196. Kelly JE, Mihashi T, Howland HC. Compensation of corneal horizontal/vertical astigmatism, lateral coma, and spherical aberration by internal optics of the eye. *J Vis* 2004;4:262–71. <https://doi.org/10.1167/4.4.2>.
197. Atchison DA, Suheimat M, Mathur A, Lister LJ, Rozema J. Anterior corneal, posterior corneal, and lenticular contributions to ocular aberrations. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2016;57:5263–70. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-20067>.
198. Papamastorakis G, Panagopoulou S, Tsilimbaris MK, Pallikaris IG, Plainis S. Ocular higher-order aberrations in a school children population. *J Optom* 2015;8:93–100. <https://doi.org/10.1016/j.optom.2014.07.005>.
199. Kelly JE, Howland HC. Compensation of corneal horizontal / vertical astigmatism , lateral coma , and spherical aberration by internal optics of the eye. *J Vis* 2004;4:262–71. <https://doi.org/10.1167/4.4.2>.
200. Marcos S, Rosales P, Llorente L, Barbero S, Jiménez-Alfaro I. Balance of corneal horizontal coma by internal optics in eyes with intraocular artificial lenses: Evidence of a passive mechanism. *Vision Res* 2008;48:70–9. <https://doi.org/10.1016/j.visres.2007.10.016>.
201. Sedaghat MR, Momeni-Moghaddam H, Naroo SS, Ghavamsaedi H, Vahedi A. Dysfunctional lens syndrome. *Int Ophthalmol* 2018;38:1759–63. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0622-3>.
202. Lee SD, Lee SJ, Bang HS. Compensation of corneal aberrations by the internal optics of the eyes. *Int J Appl Eng Res* 2014;9:8627–34.
203. Artal P, Guirao A, Berrio E, Williams DR. Compensation of corneal aberrations by the internal optics in the human eye. *J Vis* 2001;1:1–8. <https://doi.org/10.1167/1.1.1>.
204. Fujikado T, Kuroda T, Ninomiya S, Maeda N, Tano Y, Oshika T, et al. Age-related changes in ocular and corneal aberrations. *Am J Ophthalmol* 2004;138:143–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2004.01.051>.

205. Takeo S, Watanabe Y, Suzuki M, Kadonosono K. Wavefront analysis of acrylic spherical and aspherical intraocular lenses. *Jpn J Ophthalmol* 2008;52:250–4. <https://doi.org/10.1007/s10384-008-0548-4>.
206. Teo ZL, Ang M. Femtosecond laser-assisted in situ keratomileusis versus small-incision lenticule extraction: Current approach based on evidence. *Curr Opin Ophthalmol* 2024;35:278–83. <https://doi.org/10.1097/ICU.0000000000001060>.
207. Sauer T, Mester U. Tilt and decentration of an intraocular lens implanted in the ciliary sulcus after capsular bag defect during cataract surgery. *Graefe's Arch Clin Exp Ophthalmol* 2013;251:89–93. <https://doi.org/10.1007/s00417-012-2141-2>.
208. Kim MJ, Yoo YS, Joo CK, Yoon G. Evaluation of optical performance of 4 aspheric toric intraocular lenses using an optical bench system: Influence of pupil size, decentration, and rotation. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:2274–82. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2015.10.059>.
209. Xiaobao Liu, Mengting Yu, Yue Huang, Qiong Li WW. Intraocular lens tilt and decentration after cataract surgery with and without primary posterior continuous curvilinear capsulorhexis. *J Cataract Refract Surg* 2023;49:492–8. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001152>.
210. He W, Qiu X, Zhang S, Du Y, Zhang Y, Lu Y, et al. Comparison of long-term decentration and tilt in two types of multifocal intraocular lenses with OPD-Scan III aberrometer. *Eye* 2018;32:1237–43. <https://doi.org/10.1038/s41433-018-0068-5>.
211. Ashena Z, Maqsood S, Ahmed SN, Nanavaty MA. Effect of intraocular lens tilt and decentration on visual acuity, dysphotopsia and wavefront aberrations. *Vis* 2020;4:1–15. <https://doi.org/10.3390/VISION4030041>.
212. Sousa DC, Leal I, Faria MY, Pinto LA. A Rare Manifestation of Uveitis–glaucoma–hyphema Syndrome. *J Curr Glaucoma Pract* 2016;10:76–8. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1205>.
213. Shingleton BJ, Yang Y, O'Donoghue MW. Management and outcomes of intraocular lens dislocation in patients with pseudoexfoliation. *J Cataract Refract Surg* 2013;39:984–93. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.01.044>.
214. Zhang L, Hood CT, Vrabcic JP, Cullen AL, Parrish EA, Moroi SE. Mechanisms for in-the-bag uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. *J Cataract Refract Surg* 2014;40:490–2. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.12.002>.
215. Kristianslund O, Råen M, Østern AE, Drolsum L. Glaucoma and Intraocular Pressure in Patients Operated for Late In-the-bag Intraocular Lens Dislocation: A Randomized Clinical Trial. *Am J Ophthalmol* 2017;176:219–27. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.01.026>.
216. Leung VC, Singh H, Ahmed IIK. Inter-eye differences in patients with pseudoexfoliation syndrome presenting with intraocular lens dislocation. *Ophthalmology* 2015;122:480–5. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.09.003>.
217. Medin H, Kure ISH, Dalby M, Kristianslund O, Drolsum L. Inflammatory reaction in eyes with late in-the-bag intraocular lens dislocation. *Acta Ophthalmol* 2024;102:306–11. <https://doi.org/10.1111/aos.15720>.
218. Bryant TK, Feinberg EE, Peeler CE. Uveitis–glaucoma–hyphema syndrome secondary to a Soemmerring ring. *J Cataract Refract Surg* 2017;43:985–7. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.07.002>.
219. Walland MJF. Uveitis–glaucoma–hyphaema (UGH) syndrome treated with local laser iridoplasty. *Clin Experiment Ophthalmol* 2017;45:647–8. <https://doi.org/10.1111/ceo.12928>.
220. Eghrari AO, Riazuddin SA, Gottsch JD. Overview of the Cornea: Structure, Function, and Development. vol. 134. 1st ed. Elsevier Inc.; 2015. <https://doi.org/10.1016/bs.pmbts.2015.04.001>.

221. Dua HS, Freitas R, Mohammed I, Ting DSJ, Said DG. The pre–Descemet’s layer (Dua’s layer, also known as the Dua–Fine layer and the pre–posterior limiting lamina layer): Discovery, characterisation, clinical and surgical applications, and the controversy. *Prog Retin Eye Res* 2023;97:101161. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2022.101161>.
222. de Oliveira RC, Wilson SE. Descemet’s membrane development, structure, function and regeneration. *Exp Eye Res* 2020;197:108090. <https://doi.org/10.1016/j.exer.2020.108090>.
223. DelMonte DW, Kim T. Anatomy and physiology of the cornea. *J Cataract Refract Surg* 2011;37:588–98. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.12.037>.
224. Preeya K Gupta, John P Berdahl, Clara C Chan, Karolinne M Rocha, Elizabeth Yeu, Brandon Ayres, Marjan Farid, W Barry Lee, Kenneth A Beckman, Terry Kim, Edward J Holland FSM. The corneal endothelium: clinical review of endothelial cell health and function. *J Cataract Refract Surg* 2021;47:1218–26. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000650>.
225. Dawson DG, Geroski DH, Edelhauser HF. Corneal endothelium: structure and function in health and disease. *Corneal Surg Theory Tech Tissue Fourth Ed* 2008;57–70. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-04835-4.50013-6>.
226. Van den Bogerd B, Dhuhghaill SN, Koppen C, Tassignon MJ, Zakaria N. A review of the evidence for in vivo corneal endothelial regeneration. *Surv Ophthalmol* 2018;63:149–65. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2017.07.004>.
227. Gambato C, Longhin E, Catania AG, Lazzarini D, Parrozzani R, Midena E. Aging and corneal layers: an in vivo corneal confocal microscopy study. *Graefe’s Arch Clin Exp Ophthalmol* 2015;253:267–75. <https://doi.org/10.1007/s00417-014-2812-2>.
228. Vaiciulienė R, Rylskytė N, Baguzytė G, Jasinskas V. Risk factors for fluctuations in corneal endothelial cell density (Review). *Exp Ther Med* 2021;23:1–9. <https://doi.org/10.3892/etm.2021.11052>.
229. Tomaszewski BT, Zalewska R, Mariak Z. Evaluation of the endothelial cell density and the central corneal thickness in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *J Ophthalmol* 2014;2014:7. <https://doi.org/10.1155/2014/123683>.
230. Cho SW, Kim JM, Choi CY, Park KH. Changes in corneal endothelial cell density in patients with normal–tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 2009;53:569–73. <https://doi.org/10.1007/s10384-009-0740-1>.
231. Alfawaz AM, Holland GN, Yu F, Margolis MS, Giacony JAA, Aldave AJ. Corneal Endothelium in Patients with Anterior Uveitis. *Ophthalmology* 2016;123:1637–45. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.04.036>.
232. Örnek N, Örnek K. Corneal endothelial changes following a single session of selective laser trabeculoplasty for pseudoexfoliative glaucoma. *Int Ophthalmol* 2018;38:2327–33. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0730-0>.
233. Østern AE, Drolsum L. Corneal endothelial cells 6–7 years following cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Acta Ophthalmol* 2012;90:408–11. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2010.02012.x>.
234. Lass JH, Benetz BA, Gal RL, Kollman C, Raghinaru D, Dontchev M, et al. Donor age and factors related to endothelial cell loss 10 years after penetrating keratoplasty: Specular microscopy ancillary study. *Ophthalmology* 2013;120:2428–35. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.08.044>.
235. de Juan–Marcos L, Cabrillo–Estévez L, Escudero–Domínguez FA, Sánchez–Jara A, Hernández–Galilea E. Morphometric changes of corneal endothelial cells in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *Arch La Soc Española Oftalmol (English Ed)* 2013;88:439–44. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2013.11.008>.

236. Sihota R, Lakshmaiah NC, Titiyal JS, Dada T, Agarwal HC. Corneal endothelial status in the subtypes of primary angle closure glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 2003;31:492–5. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9071.2003.00710.x>.
237. Streilein JW, Okamoto S, Sano Y, Taylor AW. Neural Control of Ocular Immune Privilege. *Ann N Y Acad Sci* 2006;917:297–306. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb05396.x>.
238. Mo JS, Anderson MG, Gregory M, Smith RS, Savinova O V., Serreze D V., et al. By altering ocular immune privilege, bone marrow-derived cells pathogenically contribute to DBA/2J pigmentary glaucoma. *J Exp Med* 2003;197:1335–44. <https://doi.org/10.1084/jem.20022041>.
239. Ibrahim O, Yagi–Yaguchi Y, Kakisu K, Shimazaki J, Yamaguchi T. Association of iris damage with reduction in corneal endothelial cell density after penetrating keratoplasty. *Cornea* 2019;38:268–74. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001819>.
240. Yazu H, Yamaguchi T, Tsubota K, Shimazaki J. Clinical Factors for Rapid Endothelial Cell Loss After Corneal Transplantation: Novel Findings From the Aqueous Humor. *Curr Ophthalmol Rep* 2019;7:89–97. <https://doi.org/10.1007/s40135-019-00204-1>.
241. Yagi–Yaguchi Y, Yamaguchi T, Higa K, Suzuki T, Aketa N, Dogru M, et al. Association between corneal endothelial cell densities and elevated cytokine levels in the aqueous humor. *Sci Rep* 2017;7:1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14131-3>.
242. Wagoner MD, Cox TA, Ariyasu RG, Jacobs DS, Karp CL. Intraocular lens implantation in the absence of capsular support: A report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* 2003;110:840–59. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(02\)02000-6](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(02)02000-6).
243. Li X, Ni S, Li S, Zheng Q, Wu J, Liang G, et al. Comparison of Three Intraocular Lens Implantation Procedures for Aphakic Eyes With Insufficient Capsular Support: A Network Meta-analysis. *Am J Ophthalmol* 2018;192:10–9. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2018.04.023>.
244. Wong HM, Kam KW, Rapuano CJ, Young AL. A Systematic Review on Three Major Types of Scleral–Fixated Intraocular Lens Implantation. *Asia-Pacific J Ophthalmol* 2021;10:388–96. <https://doi.org/10.1097/APO.0000000000000369>.
245. Chang YM, Weng TH, Tai MC, Chen YH, Lee CH, Chang WC, et al. A meta-analysis of sutureless scleral–fixated intraocular lens versus retropupillary iris claw intraocular lens for the management of aphakia. *Sci Rep* 2024;14:1–10. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-49084-3>.
246. Spandau U, Scharioth GB. Complications During and After Cataract Surgery: From Phacoemulsification Over Secondary IOL Implantation to Dropped Nucleus. 2022. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-93531-3>.
247. Chang DF. Advanced IOL Fixation Techniques Strategies for Compromised or Missing Capsular Support. 1st ed. CRC Press; 2019. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/9781003522539>.
248. Liu T, Nguyen BJ, Marek SL, Orlin SE. Surgical Management of the Aphakic Eye. *Adv Ophthalmol Optom* 2022;7:367–82. <https://doi.org/10.1016/j.yaoo.2022.03.016>.
249. Shahid SM, Flores–Sánchez BC, Chan EW, Anguita R, Ahmed SN, Wickham L, et al. Scleral–fixated intraocular lens implants—evolution of surgical techniques and future developments. vol. 35. 2021. <https://doi.org/10.1038/s41433-021-01571-5>.
250. Smiddy WE, Sawusch MR, O’Brien TP, Scott DR, Huang SS. Implantation of scleral–fixated posterior chamber intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 1990;16:691–6. [https://doi.org/10.1016/S0886-3350\(13\)81007-3](https://doi.org/10.1016/S0886-3350(13)81007-3).
251. K Solomon, J R Gussler, C Gussler WSVM. Incidence and management of complications of transsclerally sutured posterior chamber lenses. *J Cataract Refract Surg* 1993;19:488–93.

252. Szurman P, Petermeier K, Aisenbrey S, Spitzer MS, Jaissle GB. Z-suture: A new knotless technique for transscleral suture fixation of intraocular implants. *Br J Ophthalmol* 2010;94:167–9. <https://doi.org/10.1136/bjo.2009.162180>.
253. James S. Lewis. Sulcus Fixation without Flaps. *Ophthalmology* 1993;100:1346–50.
254. Hoffman RS, Fine IH, Packer M. Scleral fixation without conjunctival dissection. *J Cataract Refract Surg* 2006;32:1907–12. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2006.05.029>.
255. Wasiluk E, Krasnicki P, Dmuchowska DA, Proniewska-Skrętek E, Mariak Z. The implantation of the scleral-fixed posterior chamber intraocular lens with 9/0 polypropylene sutures – Long-term visual outcomes and complications. *Adv Med Sci* 2019;64:100–3. <https://doi.org/10.1016/j.advms.2018.08.005>.
256. Ni S, Wang W, Chen X, Wu X, He S, Ma Y, et al. Clinical observation of a novel technique: Transscleral suture fixation of a foldable 3-looped haptics one-piece posterior chamber intraocular lens implantation through scleral pockets with intact conjunctiva. *BMC Ophthalmol* 2019;19:1–8. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1113-2>.
257. John T, Tighe S, Hashem O, Sheha H. New use of 8–0 polypropylene suture for four-point scleral fixation of secondary intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2018;44:1421–5. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.08.008>.
258. Por YM, Lavin MJ. Techniques of intraocular lens suspension in the absence of capsular/zonular support. *Surv Ophthalmol* 2005;50:429–62. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2005.06.010>.
259. Gabor SGB, Pavlidis MM. Sutureless intrascleral posterior chamber intraocular lens fixation. *J Cataract Refract Surg* 2007;33:1851–4. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2007.07.013>.
260. Agarwal A, Kumar DA, Jacob S, Baid C, Agarwal A, Srinivasan S. Fibrin glue-assisted sutureless posterior chamber intraocular lens implantation in eyes with deficient posterior capsules. *J Cataract Refract Surg* 2008;34:1433–8. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.04.040>.
261. Yamane S, Inoue M, Arakawa A, Kadonosono K. Sutureless 27-gauge needle-guided intrascleral intraocular lens implantation with lamellar scleral dissection. *Ophthalmology* 2014;121:61–6. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.08.043>.
262. Yamane S, Sato S, Maruyama-Inoue M, Kadonosono K. Flanged Intrascleral Intraocular Lens Fixation with Double-Needle Technique. *Ophthalmology* 2017;124:1136–42. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2017.03.036>.
263. Sinha R, Bansal M, Sharma N, Dada T, Tandon R, Titiyal JS. Transscleral suture-fixed versus intrascleral haptic-fixed intraocular lens: A comparative study. *Eye Contact Lens* 2017;43:389–93. <https://doi.org/10.1097/ICL.0000000000000287>.
264. Rinky Agarwal, Vishnu Todi, Rahul Kumar Bafna, Md. Ibrahime Asif NS. Scleral tunnel with conjunctival autograft for rescue management of extruded haptic: Surgical technique and review of literature. *Indian J Ophthalmol* 2021;69:758–61. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2149_20.
265. Nagino K, Inomata T, Ohta T, Sung J, Midorikawa-Inomata A, Eguchi A, et al. Postoperative complications of intrascleral intraocular lens fixation: A systematic review and meta-analysis. *Surv Ophthalmol* 2024;70:489–98. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2024.12.001>.
266. Kannan NB, Sen S, Mishra C, Lalitha P, Rameshkumar G, Kumar K, et al. Ten-year trends in the incidence, clinical profile and outcomes of acute-onset endophthalmitis following combined pars plana vitrectomy and sutureless, glueless and flapless scleral fixation of intraocular lenses. *Int Ophthalmol* 2021;41:1651–8. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-01715-2>.

267. Obata S, Kakinoki M, Saishin Y, Ohji M. Endophthalmitis Following Exposure of a Haptic After Sutureless Intrasclear Intraocular Lens Fixation. *J Vitreoretin Dis* 2019;3:28–30. <https://doi.org/10.1177/2474126418808997>.
268. Lin H, Ye X, Huang X, Li H, Wang Z, Niu Y, et al. Long-term stability of intraocular lens with trimmed or untrimmed haptics in yamane sutureless intrasclear fixation technique. *Med Sci Monit* 2021;27:1–7. <https://doi.org/10.12659/MSM.928868>.
269. Sindal M, Ganne P, Baskaran P, Srivastav K. Suprachoroidal hemorrhage following sutureless scleral-fixated intraocular lens – A case series. *Saudi J Ophthalmol* 2023;37:60–2. https://doi.org/10.4103/SJOPT.SJOPT_23_20.
270. Mahapatra S, Mannem N. Anterior chamber intraocular lens – An effective alternative in traumatic and surgical aphakia in the era of scleral-fixated intraocular lens. *Indian J Ophthalmol* 2021;69:1404–8. https://doi.org/10.4103/ijo.IJO_2192_20.
271. Ali Khan M, Omesh †, Gupta P, Pendi K, Chiang A, Vander J, et al. PARS PLANA VITRECTOMY WITH ANTERIOR CHAMBER VERSUS GORE-TEX SUTURED POSTERIOR CHAMBER INTRAOCULAR LENS PLACEMENT Long-Term Outcomes. vol. 39. 2019.
272. Touriño Peralba R, Lamas-Francis D, Sarandeses-Diez T, Martínez-Pérez L, Rodríguez-Ares T. Iris-claw intraocular lens for aphakia: Can location influence the final outcomes? *J Cataract Refract Surg* 2018;44:818–26. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.05.010>.
273. McKee Y, Price FW, Feng MT, Price MO. Implementation of the posterior chamber intraocular lens intrasclear haptic fixation technique (glued intraocular lens) in a United States practice: Outcomes and insights. *J Cataract Refract Surg* 2014. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.04.027>.
274. Liu L, Wang NK, Chen YP, Chen KJ, Chou H Da, Yu-Chuan Kang E, et al. Trocar blade-assisted scleral fixation for an incomplete dislocated intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 2021;47:E40–3. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000601>.
275. Kirk TQ, Condon GP. Simplified ab externo scleral fixation for late in-the-bag intraocular lens dislocation. *J Cataract Refract Surg* 2012;38:1711–5. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2012.08.018>.
276. Fram NR, McKee Y, Chang DF, Chee SP, Donaldson KE, Crandall DA, et al. Surgical decisions in the setting of zonulopathy. *J Cataract Refract Surg* 2023;49:217–22. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001129>.
277. Micheletti JM, Weber N, McCauley MB, Doe EA, Coffee RE, Caplan MB. Punch and rescue technique for scleral fixation of dislocated single-piece intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2022;48:247–50. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000845>.
278. García-Rojas L, Paulín-Huerta JM, Chavez-Mondragon E, Ramirez-Miranda A. Intraocular lens iris fixation. Clinical and macular OCT outcomes. *BMC Res Notes* 2012;5. <https://doi.org/10.1186/1756-0500-5-560>.
279. Malcolm A McCannel. A retrievable suture idea for anterior uveal problems. *Ophthalmic Surg* 1976;7:98–103. <https://doi.org/https://doi.org/10.3928/1542-8877-19760701-18>.
280. Siepser SB. The Closed-Chamber Slipping Suture Technique for Iris Repair. *Ann Ophthalmol* 1994;26:71–2.
281. Osher RH, Snyder ME, Cionni RJ. Modification of the Siepser slip-knot technique. *J Cataract Refract Surg* 2005;31:1098–100. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2004.11.038>.
282. Dzhaber D, Mustafa OM, Tian J, Cox JT, Daoud YJ. Outcomes and complications of iris-fixated intraocular lenses in cases with inadequate capsular support and complex ophthalmic history. *Eye* 2020;34:1875–82. <https://doi.org/10.1038/s41433-019-0759-6>.

283. Tsz Hin Alexander Lau I, Anubhav Garg, Marko M Popovic, Peter J Kertes RHM. Scleral–fixated and iris–fixated intraocular lens implantation or fixation:meta–analysis. *J Cataract Refract Surg* 2022;48:1462–8. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000001046>.
284. Holladay JT. Proper Method for Calculating Average Visual Acuity. *J Refract Surg* 2013;13:388–91. <https://doi.org/https://doi.org/10.3928/1081-597X-19970701-16>.
285. Vaiciulienė R, Jasinskas V. Corneal endothelial status in different grades of late spontaneous in–the–bag IOL dislocation. *Int Ophthalmol* 2021;41. <https://doi.org/10.1007/s10792-021-01702-7>.
286. Liu X, Wu W, Huang Y, Fu Y, Huang Y, Li Q. Repeatability of Pentacam–derived intraocular lens decentration measurements and the level of agreement with OPD–Scan III: A prospective observational case series. *PLoS One* 2024;19:1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0299064>.
287. Zhang F, Zhang J, Li W, Zhou L, Feng D, Zhang H, et al. Correlative Comparison of Three Ocular Axes to Tilt and Decentration of Intraocular Lens and Their Effects on Visual Acuity. *Ophthalmic Res* 2020;63:165–73. <https://doi.org/10.1159/000504716>.
288. Jasinskas V, Vaiciulienė R, Varoniukaite A, Speckauskas M. Novel microsurgical management of uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. *Int Ophthalmol* 2019;39:1607–12. <https://doi.org/10.1007/s10792-018-0972-5>.
289. Soiberman U, Gehlbach PL, Murakami P, Stark WJ. Pars plana vitrectomy and iris suture fixation of posteriorly dislocated intraocular lenses. *J Cataract Refract Surg* 2015;41:1454–60. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.043>.
290. Rusu I, Chen Z, Zizva J, Myung JS, Wald KJ. Incidence of cystoid macular edema with iris–fixated posterior chamber intraocular lenses in patients presenting with lens dislocation. *Int Ophthalmol* 2014;34:1153–8. <https://doi.org/10.1007/s10792-014-9964-2>.
291. Kim KH, Kim WS. Comparison of clinical outcomes of iris fixation and scleral fixation as treatment for intraocular lens dislocation. *Am J Ophthalmol* 2015;160:463–469.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.06.010>.
292. Condon GP, Masket S, Kranemann C, Crandall AS, Ahmed IIK. Small–Incision Iris Fixation of Foldable Intraocular Lenses in the Absence of Capsule Support. *Ophthalmology* 2007;114:1311–8. <https://doi.org/10.1016/j.optha.2007.04.018>.
293. Kristianslund O, Østern AE, Drolsum L. Astigmatism and refractive outcome after late in–the–bag intraocular lens dislocation surgery: A randomized clinical trial. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 2017;58:4747–53. <https://doi.org/10.1167/iovs.17-22723>.
294. Cui Y, Li Q, Shi X, Zhou D. A comparative study of transscleral sutured intraocular lens fixation and sutureless flanged intraocular lens fixation. *BMC Ophthalmol* 2023;1–8. <https://doi.org/10.1186/s12886-023-02782-y>.
295. Oshika T, Sugita G, Miyata K, Tokunaga T, Samejima T, Okamoto C, et al. Influence of tilt and decentration of scleral–sutured intraocular lens on ocular higher–order wavefront aberration. *Br J Ophthalmol* 2007;91:185–8. <https://doi.org/10.1136/bjo.2006.099945>.
296. Hayashi K, Hayashi H, Nakao F, Hayashi F. Anterior capsule contraction and intraocular lens decentration and tilt after hydrogel lens implantation. *Br J Ophthalmol* 2001;85:1294–7. <https://doi.org/10.1136/bjo.85.11.1294>.
297. Bellucci R. An Introduction to Intraocular Lenses : Material , Optics , Haptics , Design and Aberration. *Cataract ESASO Course Ser* 2013;3:38–43. <https://doi.org/10.1159/000350902>.
298. Eum SJ, Kim MJ, Kim HK. A Comparison of Clinical Outcomes of Dislocated Intraocular Lens Fixation between In Situ Refixation and Conventional Exchange Technique Combined with Vitrectomy. *J Ophthalmol* 2016;2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5942687>.

299. Kang YK, Park DH, Ryu G, Kim HK, Kim DH, Do JR. Repositioned versus exchanged flanged intraocular lens fixation for intraocular lens dislocation. *Sci Rep* 2024;14:10–6. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-54694-6>.
300. Dalby M, Kristianslund O, Østern AE, Falk RS, Drolsum L. Longitudinal corneal endothelial cell loss after corrective surgery for late in-the-bag IOL dislocation: A randomized clinical trial. *J Cataract Refract Surg* 2020;46:1030–6. <https://doi.org/10.1097/j.jcrs.0000000000000213>.
301. Hoffer KJ, Kraff MC. Normal Endothelial Cell Count Range. *Ophthalmology* 1980;87:861–6. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(80\)35149-X](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(80)35149-X).
302. Schlötzer-Schrehardt U, Naumann GOH. Ocular and Systemic Pseudoexfoliation Syndrome. *Am J Ophthalmol* 2006;141. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2006.01.047>.
303. Gagnon MM1, Boisjoly HM, Brunette I, Charest M AM. Corneal endothelial cell density in glaucoma. *Cornea* 1997;16:314–8.
304. Price MO, Mehta JS, Jurkunas U V., Price FW. Corneal endothelial dysfunction: Evolving understanding and treatment options. *Prog Retin Eye Res* 2020;100904. <https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2020.100904>.
305. Jo YJ, Lee JS, Byon IS, Lee JE, Park SW. Corneal endothelial cell damage after scleral fixation of intraocular lens surgery. *Jpn J Ophthalmol* 2022;66:68–73. <https://doi.org/10.1007/s10384-021-00884-y>.
306. Casini G, Loiudice P, Pellegrini M, Sframeli AT, Martinelli P, Passani A, et al. Trabeculectomy Versus EX-PRESS Shunt Versus Ahmed Valve Implant: Short-term Effects on Corneal Endothelial Cells. *Am J Ophthalmol* 2015;160:1185–1190.e1. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2015.08.022>.
307. Fang CEH, Mathew RG, Khaw PT, Henein C. Corneal Endothelial Cell Density Loss after Glaucoma Surgery Alone or in Combination with Cataract Surgery: A Systematic Review and Meta-analysis. *Ophthalmology* 2022;129:841–55. <https://doi.org/10.1016/j.opthta.2022.03.015>.
308. Oshika T, Kawana K, Hiraoka T, Kaji Y, Kiuchi T. Ocular Higher-Order Wavefront Aberration Caused by Major Tilting Of Intraocular Lens. *Am J Ophthalmol* 2005;140:744–6. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2005.04.026>.
309. Schein OD, Kenyon KR, Steinert RF, Verdier DD, Waring GO, Stamler JF, et al. A Randomized Trial of Intraocular Lens Fixation Techniques with Penetrating Keratoplasty. *Ophthalmology* 1993;100:1437–43. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(93\)31458-2](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(93)31458-2).

STRAIPSNIAI, KURIUOSE SKELBIAMI DISERTACIJOS REZULTATAI

1. **Vaičiulienė R.**, Rumelaitienė U., Špečkauskas M., Jašinskas V.. Comparative functional and morphological data of different IOL dislocation treatment methods. *Journal of Clinical Medicine*, 2025, vol. 14, no. 5 (S1).
2. **Vaičiulienė R.**, Jašinskas V. Corneal endothelial status in different grades of late spontaneous in-the-bag IOL dislocation. *International ophthalmology*, 2021, vol. 41, no. 5 (S1).
3. Jašinskas V., **Vaičiulienė R.**, Varoniukaitė A., Špečkauskas M. Novel microsurgical management of uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. *International ophthalmology*, 2019, vol. 39, no. 7 (S1).

KONFERENCIJOS, KURIOSE BUVO SKELBTI DISERTACIJOS REZULTATAI

1. **Vaičiulienė R.**, Jašinskas V. Panirę intraokuliniai lęšiai. Gydomo taktika. Lietuvos akių gydytojų metinė konferencija. 2016.09.23–24. Vilnius, Lietuva. Dalyvavimo tikslas: skaitytas pranešimas.
2. **Vaičiulienė R.**, Jašinskas V. Surgical management of uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. XXXV Congress of the European Society of Cataract and Refractive Surgeons (ESCRS). 2017.10.7–11. Lisboa, Portugal. Dalyvavimo tikslas: stendinis pranešimas.
3. **Vaičiulienė R.**, Jašinskas V. UGH sindromo gydymo galimybės. Metinė Lietuvos akių gydytojų draugijos konferencija. 2017.09.22–23, Kaunas, Lietuva. Dalyvavimo tikslas: skaitytas pranešimas.
4. **Vaičiulienė R.**, Jašinskas V. Late spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation. XVI Forum ophthalmologicum Balticum (FOB). 2019.09.23–24. Vilnius, Lietuva. Dalyvavimo tikslas: skaityta European Society of Ophthalmology paskaita.
5. **Vaičiulienė R.**, Jašinskas V. Inter-eye differences in patients with intraocular lens dislocation. 24th ESCRS Winter Meeting In conjunction with SAMIR (Moroccan Society of Implant and Refractive Surgery). 2020.02.21–23. Marrakech, Morocco. Dalyvavimo tikslas: stendinis pranešimas (stendinis pranešimas buvo apdovanotas vienkartinė stipendija).

PATENTAS

1. Jašinskas V., **Vaičiulienė R.** Method and device for fixation of a sinking intraocular lens in the eye field: EP3654879, publication no. 3654879; publication date 2020.05.27; European Patent Office.

Article

Comparative Functional and Morphological Data of Different IOL Dislocation Treatment Methods

Renata Vaiciulienė^{1,2,*}, Ugnė Rumelaitienė^{1,2}, Martynas Speckauskas^{1,2} and Vytautas Jasinskas^{1,2}

¹ Department of Ophthalmology, Faculty of Medicine, Medical Academy, Lithuanian University of Health Sciences, 44037 Kaunas, Lithuania

² Department of Ophthalmology, Hospital of Lithuanian University of Health Sciences Kaunas Clinikos, 50161 Kaunas, Lithuania

* Correspondence: renata.vaiciulienė@lsmuni.lt

Abstract: Background: This study compared the visual and morphological outcomes between iris fixation and anterior chamber intraocular lens (ACIOL) implantation for late spontaneously dislocated intraocular lens (IOL)–capsular bag complexes in a tertiary reference center in Lithuania. **Methods:** A prospective observational study was conducted between 2017 and 2019 involving 80 patients (83 eyes) with late spontaneous IOL–capsular bag dislocation. Patients underwent repositioning and fixation of the dislocated IOL to the iris (IF group) or IOL exchange with an ACIOL implant (ACIOL group). Pre- and postoperative assessments included best-corrected distance visual acuity (BCDVA), intraocular pressure (IOP), corneal endothelial cell density (ECD) and macular thickness (evaluating whether cystoid macular edema (CME) had occurred). **Results:** Both groups showed a significant improvement in BCDVA, with a more remarkable improvement in the IF group (median: 0.1 logMAR) than in the ACIOL group (median: 0.3 logMAR), $p = 0.001$. Corneal astigmatism increased significantly in the ACIOL group ($p < 0.001$) but remained stable in the IF group. IOP management outcomes were better in the IF group as fewer eyes required additional glaucoma treatment. ECD decreased in both groups, but the decrease was significantly greater in the ACIOL group ($p < 0.001$). Postoperative CME occurred in 4.4% of IF eyes and 39% of ACIOL eyes ($p = 0.01$). **Conclusions:** The iris fixation of late dislocated IOL–capsular bag complexes is a safe and minimally invasive technique that offers better visual outcomes, less astigmatism and fewer complications than ACIOL exchange.

Keywords: late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocations; IOL fixation to the iris; anterior chamber IOL



Academic Editor: Cherie B. Nau

Received: 29 November 2024

Revised: 1 February 2025

Accepted: 19 February 2025

Published: 21 February 2025

Citation: Vaiciulienė, R.; Rumelaitienė, U.; Speckauskas, M.; Jasinskas, V. Comparative Functional and Morphological Data of Different IOL Dislocation Treatment Methods. *J. Clin. Med.* **2025**, *14*, 1462. <https://doi.org/10.3390/jcm14051462>

Copyright: © 2025 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

Cataract surgery with the implantation of an intraocular lens (IOL) is a highly successful surgical procedure that restores patients' vision and quality of life [1]. Sutureless incisions, a continuous curvilinear capsulorhexis, phacoemulsification and the placement of a foldable IOL into the capsular bag are now the gold standard for routine cataract surgery, with the number of operations increasing each year [2]. In addition, improvement of surgical techniques and the development of new tools, such as capsular support devices and iris and capsular hooks, together with intraocular sophisticated microsurgical instruments, offer possibilities for the safe placement of an IOL in the capsular bag, even in difficult cases [3–6]. Unfortunately, there are a number of known complications following

uncomplicated cataract surgery and the spontaneous dislocation of the IOL–capsular bag complex is one of them.

In a recent systematic review, Maximilian et al. identified several risk factors, such as preoperative trauma and zonular dehiscence, previous vitrectomy, retinitis pigmentosa, pseudoexfoliative syndrome, high myopia, glaucoma or previous glaucoma surgery, corneal endothelial damage (often an indication of complicated cataract surgery) and uveitis. In addition, hydrophilic, quadripod and haptic angulation IOLs were mentioned as potential risk factors. Notably, about a quarter of patients presented with no identifiable risk factors [7]. An increasing trend in the incidence of IOL–capsular bag complex dislocation has been reported [8]. This could possibly reflect a true increased incidence, or it could rather be the result of more cases due to a growing pseudophakic population [8].

The literature reports an annual incidence of IOL dislocation after cataract surgery of 0.0–0.032%, and the overall incidence over 10–25 years is 0.1–3% [1,9–16]. However, the exact number of late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocations is not known, as most studies have included all types of dislocations, including cases of early or even immediate dislocations at the time of cataract surgery [17]. In addition, the prevalence of IOL dislocations varies by region and other factors, such as pseudoexfoliative syndrome [18]. A recent nationwide population-based study in South Korea by Lee et al. found that the overall probability of IOL dislocation after cataract surgery was approximately 2.73% [17]. However, it is emphasized that pseudoexfoliation syndrome, as a well-known risk factor for IOL dislocation, is lower in Asia than in Western countries [17]. It is possible that the incidence is higher in Europe, as shown by a prospective cohort study in Sweden, which found a 20-year cumulative incidence of 3% and 6% in patients with pseudoexfoliation syndrome [19]. In Lithuania, as in other European countries, a high incidence of pseudoexfoliation syndrome is observed [20]. Therefore, in parallel, the problem of IOL dislocation is also of great importance.

IOL–capsular bag complex dislocation presents significant surgical management challenges and questions for ophthalmologists when it comes to surgical treatment. The two main options are the removal of the IOL and replacement with a new IOL, or the repositioning and fixation of the same IOL in the eye. One of the advantages of IOL repositioning and fixation is that extensive surgical maneuvers, including large incisions and vitreous surgery, can be avoided. This may lead to less corneal endothelial damage and lower postoperative astigmatism [21]. Moreover, replacement of the IOL–capsular bag complex with an anterior or posterior chamber IOL with additional fixation is challenging and carries the risk of complications such as the development of choroidal hemorrhage, macular edema, etc. [21].

It seems that the need to preserve the IOL is becoming more common according to the literature [22–26]. Consequently, much attention is being paid to the development of surgical techniques to expand the options in different cases, especially for anterior segment surgeons [22–26].

The current study focuses on the outcomes of the iris suture late spontaneously dislocated IOL–capsular bag complex and compares it with IOL exchange in a large tertiary reference center in Lithuania.

2. Materials and Methods

The prospective observational study was conducted between 2017 and 2019 year at the Department of Ophthalmology, Lithuanian University of Health Sciences, Kaunas, Lithuania. All study procedures were conducted in accordance with the Declaration of Helsinki. Kaunas Regional Ethics Committee approved (12 July 2017) the study protocol (No. BE-2-40) for biomedical research. Written informed consent was obtained from all patients.

The inclusion criterion was a late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocation with visible IOL in the pupil area more than 6 months after uncomplicated cataract surgery (by phacoemulsification). IOLs which were completely dislocated into the vitreous where an anterior surgical approach is not possible were not included. Patients who were allergic to local anesthetics or other medications used in ophthalmology; patients with a history of concomitant eye diseases that may have a negative impact on postoperative visual acuity (stage III–IV glaucoma, keratitis, corneal endothelial dystrophy, corneal opacity, pterygium, changes in the macular area of the retina); patients who had had injuries to the eyeball or orbital fractures and deformations, eye surgery (corneal transplantation, pars plana vitrectomy), or laser procedures (refractive laser correction, laser cyclodestruction) in the past; patients with systemic, uncompensated diseases (arterial hypertension, systemic inflammatory diseases, diabetes mellitus type 1 and 2, chronic infectious diseases, conditions after tissue or organ transplantation); patients with one sighted eye (the prognosis for vision in the other eye is poor, the eye is blind or missing); patients with a mental illness; pregnant or breastfeeding women; and patients who did not consent to an examination in the postoperative period were excluded from the study.

A total of 80 patients (83 eyes) with late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocation were enrolled. The surgical technique chosen depended on the extent of the IOL dislocation and the patient’s preference to retain their own IOL.

2.1. Preoperative Examination

The time interval between cataract surgery and the dislocation of the IOL–capsular bag complex, the IOL type, the presence or absence of a capsular tension ring (CTR) and concomitant ocular diseases were recorded before IOL–capsular bag complex dislocation surgery. In addition, previous glaucoma diagnoses, filtering surgeries and glaucoma medication requirements were recorded, indicating the number of different glaucoma medication drops the patient was taking during the preoperative visit.

Refractive status was examined using autokeratometry (Tonoref III, Nidek, Japan), and spherical and cylindrical powers were converted to the spherical equivalent (SE) (sphere plus half cylinder). Other investigations were conducted, including the following: examination of best corrected distance visual acuity (BCDVA) using the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study visual acuity chart from a distance of 5 m; applanation tonometry, using a Goldmann tonometer, slit lamp biomicroscopy and ophthalmoscopy; slit lamp photography of the anterior segment of the eye; and measurement of the corneal endothelial cell density (ECD) with confocal microscopy of the cornea in vivo (Heidelberg Retina Tomography with III Rostock Cornea Module; Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Berlin, Germany).

The Grade of IOL–Capsular Bag Complex Dislocation

The degree of IOL–capsular bag complex dislocation was evaluated by slit-lamp examination and a photograph of the anterior segment was taken. The dislocation was classified as follows:

- Grade 1: Pseudophacodonesis.
- Grade 2: Small decentration. The IOL is slightly decentered, but the equator of the IOL optic is located behind the iris and outside the pupillary zone. With the narrow pupil, only the decentration of the capsulorhexis (no IOL equator) can be observed.
- Grade 3: Moderate dislocation. The equator of the IOL optic is above or coincides with the line drawn through the center of the pupil.

- Grade 4: Advanced dislocation. The IOL is more dislocated than grade 3 and the equator of the IOL optic is below the line horizontally drawn through the center of the pupil.

The assessment of the degree of dislocation methodology is described in more detail by our group [27].

2.2. Surgical Procedure

2.2.1. IOL Repositioning and Fixation to the Iris Procedure (IF Group)

Two paracenteses in the clear cornea are performed along the anticipated path of the needle's entry and exit. The 10-0 Polypropylene suture with a long curved needle (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA) was used. The needle is passed through the first stab incision and the pupil beneath the haptics of the IOL and guided into the anterior chamber through the iris in a matched place for IOL fixation. The IOL–capsular bag complex can be temporarily stabilized by planting a spatula behind it to facilitate the puncture of a fibrosed capsular bag and to prevent subsequent additional damaging of the residual Zinn's zonules. A 27-gauge cannula is introduced through the distal paracentesis, and the needle is docked to facilitate exit. The needle is passed back into the eye through the second stab incision, the iris (close to the first perforation), above the IOL haptics, through the pupil, into the anterior chamber and out of the eye through the first stab incision. At this moment, the IOL haptic is encircled by the suture. The first double throw is performed outside the eye. Both suture ends are pulled to make the first floor of the knot behind the iris. The long end of the thread is pulled outside the eye through the second stab incision and the double throw is pulled inside of the eye. A gently tied knot is formed inside the eye and beneath the iris. The long suture is repeatedly drawn through the first stab incision with a microhook, and a second single throw is performed outside the eye. The third single throw is performed in the same manner. The ends of the suture are pulled away, bringing the third throw snugly into position without twisting. The ends of the suture are cut off with vitrectomy scissors or a knife inside the eye and the knot is buried behind the iris. Using this fixation method the pupil remains circular after the procedure. This modified Siepsker knot methodology was described earlier [28].

2.2.2. Replacing the IOL–Capsular Bag Complex with Anterior Chamber Intraocular Lens Implant Procedure (ACIOL Group)

Three sclerotomies are performed by 25 G trocars and two paracenteses by a 20 G knife. An infusion line is inserted into the trocar and after checking its full penetration through pars plana balanced saline solution (BSS), infusion is started. After the full pars plana vitrectomy is performed, an iridotomy at 12 o'clock is made by the vitrector at a slow cutting rate.

The main 6 mm corneal incision is made by a knife. The old IOL is removed and a new IOL (MTA4U0 (Alcon Laboratories, Inc., Fort Worth, TX, USA)) is implanted into the anterior chamber of the eye. The IOL is rotated into a horizontal position. The main corneal incision is sutured with three single-knotted 10/0 Ethylon sutures. The paracenteses are closed by injecting a balanced salt solution into the corneal stroma. The trocars are removed from the sclerotomies.

2.3. Postoperative Examination

All patients underwent corneal suture removal 3 months after replacing the IOL–capsular bag complex with the anterior chamber lens surgery. Six months after the surgery, all participants underwent the same ophthalmic examination as before surgery. Postoperative complications were recorded. After surgery, to evaluate the status of the macular

area, optical coherence tomography (DRI OCT Triton plus (Ver.10.13), Topcon, Japan) was performed. We investigated whether cystoid macular edema (CME) was present and measured the postoperative central macular thickness.

2.4. Statistical Analysis

Statistical analysis was performed using IBM SPSS Statistics for Windows, Version 29.0.2.0, Armonk, NY, USA: IBM Corp. The Kolmogorov–Smirnov test was used to assess the distribution of quantitative data. For quantitative variables that did not meet the assumption of normality, the differences between groups were evaluated using non-parametric tests: the Mann–Whitney U test for comparisons between two independent groups, the Kruskal–Wallis test for comparisons among more than two independent groups and the Wilcoxon signed-rank test for comparisons between two dependent groups. For normally distributed variables, comparisons were performed using Student’s *t*-test—specifically, the independent samples *t*-test for two independent groups and the paired *t*-test for two dependent groups. The association between two qualitative variables was assessed using the Chi-square (χ^2) test. The data are presented as the mean (standard deviation (SD)), minimum (min.) and maximum (max.) values, median (interquartile range (IQR)) or number (percentage), and $p < 0.05$ is considered statistically significant.

3. Results

3.1. Demographic Data

In total, 80 patients (83 eyes) (30 female, 50 male) were included in the study. A total of 43 eyes were in the IF group, and 40 eyes were in the ACIOL group. The mean age of the patients at the moment of diagnosed IOL dislocation was 77.08 ± 7.28 years. The mean age at the moment of cataract surgery was 69.45 ± 8.02 years. The mean time from cataract surgery to IOL dislocation was 7.64 ± 3.88 years. Baseline characteristics and preoperative study parameters are presented in Table 1.

Table 1. Late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocation: baseline characteristics.

	IF Group N of Eyes = 43	ACIOL Group N of Eyes = 40	<i>p</i>
Mean (SD) (min.–max.)			
Age (years)	76.91 (8.08) (48–98)	77.28 (6.40) (60–92)	0.820 *
Age at the cataract surgery (years)	68.44 (8.9) (29–82)	70.53 (6.9) (58–90)	0.239 *
Time since cataract surgery (years)	8.26 (4.1) (3–19)	6.98 (3.61) (1–14)	0.134 *
N (%)			
Gender (male/female)	25 (60.98)/16 (39.02)	22 (56.41)/17 (43.59)	0.623 **
IOL material:			
Hydrophobic acrylic	29 (67.4)	24 (60)	0.481 **
Hydrophilic acrylic	14 (32.6)	16 (40)	
CTR presence	12 (27.9)	22 (45)	0.105 **
Laser capsulotomy	3 (7.0)	5 (10.0)	0.620 **
IOL dislocation grade:			
1	8 (17.8) ^a	1 (2.4) ^a	^a 0.016 **
2	8 (20.0)	7 (17.1)	
3	14 (33.3)	8 (22.0)	
4	13 (28.9) ^a	24 (58.5) ^a	
TB	8 (18.6)	2 (5.0)	0.057 **

ACIOL = anterior chamber intraocular lens, CTR = capsular tension ring, IF = iris fixation, IOL = intraocular lens, N = number, TB = trabeculectomy; ^a denotes the difference between groups, * *t*-test, ** χ^2 test.

Age, gender and time since cataract surgery did not differ between the two groups. Also, the data related to the cataract surgery (IOL type, CTR presence and previous laser capsulotomy) did not differ between the groups. Trabeculectomy (TB) prior to IOL dislocation was performed more frequently in the IF group than in the ACIOL group. However, this difference was not significant (Table 1).

3.2. Visual Outcomes

As shown in Figure 1, median BCDVA statistically significantly improved throughout the follow-up period in both groups, increasing from 0.5 (1.0–0.5) logMAR at baseline to 0.1 (0.2–0.0) logMAR at 6 months in the IF group ($Z = -5.13$, $p < 0.001$), and from 0.7 (1.0–0.3) logMAR at baseline to 0.3 (0.7–0.13) logMAR at 6 months in the ACIOL group ($Z = -3.223$, $p = 0.001$). No statistically significant differences were observed between the two groups at baseline BCDVA ($p = 0.508$), but it was significantly better in the IF group after 6 months ($p = 0.001$).

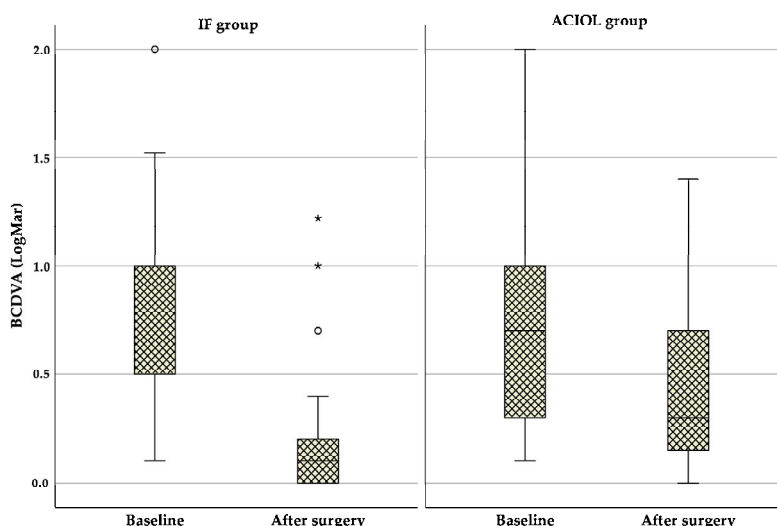


Figure 1. Boxplot of BCDVA changes in the two groups before and after surgery. ACIOL = anterior chamber intraocular lens, BCDVA = best corrected distance visual acuity, IF = iris fixation. Circles indicate mild outliers ($1.5 \times \text{IQR}$), while stars represent extreme outliers ($3 \times \text{IQR}$).

During the follow-up period, there was no statistically significant change in corneal astigmatism in the IF group's (median cylinder 1.10 (0.65–1.55) D at baseline and 0.86 (0.41–1.39) D at 6 months, ($Z = -1.863$, $p = 0.62$). However, the change was significant in the ACIOL group's 6 months after surgery (median cylinder 1.01 (0.53–1.51) D at baseline and 2.8 (1.51–4.72) D at 6 months, ($Z = -4.888$, $p = 0.001$). No significant differences in corneal astigmatism were found between the two groups at baseline ($p = 0.613$), but after 6 months, corneal astigmatism was significantly higher in the ACIOL group ($p < 0.001$).

The median SE changed statistically significantly from 1.38 (−0.63–6.38) D at baseline to −0.75 (−1.63–0.13) D at 6 months ($Z = -3.797$, $p < 0.001$) in the IF group and from 5.38 (0.47–10.63) D at baseline to −1.31 (−1.97–0.63) D at 6 months ($Z = -5.498$, $p < 0.001$).

in the ACIOL group. The SE was significantly higher in the ACIOL group at baseline ($p = 0.002$) and did not differ significantly between the groups after 6 months ($p = 0.001$).

3.3. IOP and Glaucoma Treatment Outcomes

A total of 45 (54.22%) eyes were diagnosed with primary open angle glaucoma before the IOL–capsular bag complex dislocation. A total of 15 (18.1%) eyes were diagnosed with secondary glaucoma at the time of the IOL–capsular bag complex dislocation. Taken together, this represents 60 (72.32%) eyes of the study participants. The most commonly used preoperative eye drops were beta-blockers (44 (55.4%) eyes) and carbonic anhydrase inhibitors (31 (37.3%) eyes) (prostaglandins—29 (34.9%) eyes, alpha-mimetics—11 (13.3%) eyes and prostamides—9 (10.8%) eyes). Systemic carbonic anhydrase inhibitors were administered in six (7.2%) patients. All investigated eyes ($n = 83$) had a median preoperative IOP of 19.0 (16.0–22.0) mmHg. Despite medical treatment, an IOP ≥ 21 mmHg before surgery for IOL dislocation was found in 24 (28.9%) eyes, and half of them (12 (50%) eyes) even had an IOP ≥ 30 mmHg.

The analysis of the preoperative IOP in relation to the grade of IOL dislocation revealed a statistically significantly higher IOP with a grade 1 dislocation compared to grades 2, 3 and 4 ($\chi^2 = 13.783$, $df = 3$, $p = 0.003$) (Figure 2).

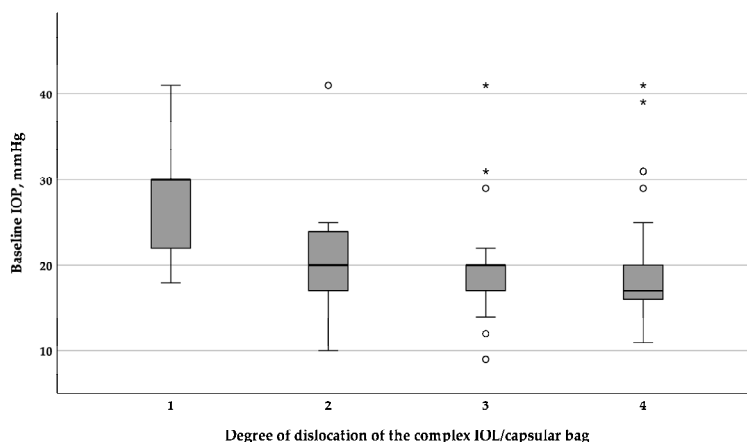


Figure 2. Boxplot of the preoperative IOP drop with the increasing degree of IOL–capsular bag dislocation. IOL = intraocular lens, IOP = intraocular pressure. Circles indicate mild outliers ($1.5 \times \text{IQR}$), while stars represent extreme outliers ($3 \times \text{IQR}$).

As shown in Figure 3, IOP decreased throughout the follow-up period in both groups, decreasing from 20.0 (17.0–25.0) mmHg at baseline to 16.0 (14.0–18.0) mmHg at 6 months in the IF group ($Z = -4.710$, $p < 0.01$), and from 17.5 (16.0–21.75) mmHg at baseline to 16.5 (15.0–21.75) mmHg at 6 months in the ACIOL group ($Z = -0.684$, $p = 0.494$). There was no significant difference in IOP between the groups before or after IOL dislocation surgery ($p = 0.248$ and $p = 0.057$, respectively), but the change was statistically significantly bigger in the IF group ($p = 0.004$).

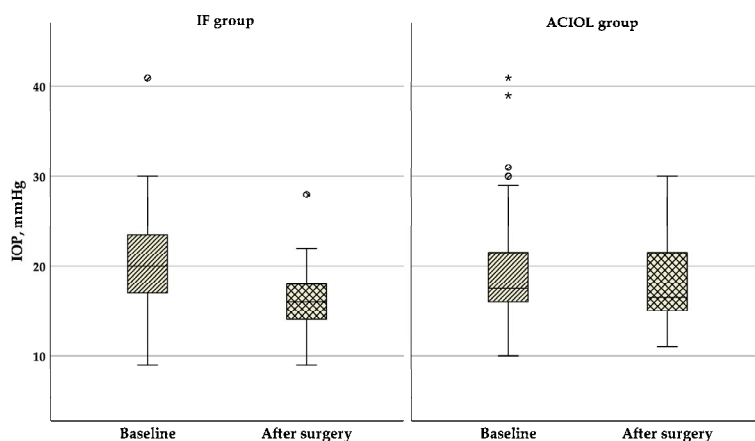


Figure 3. Boxplot of IOP changes in the two groups before and after surgery. ACIOL = anterior chamber intraocular lens, IF = iris fixation, IOP = intraocular pressure. Circles indicate mild outliers ($1.5 \times \text{IQR}$), while stars represent extreme outliers ($3 \times \text{IQR}$).

The changes in the IOP-lowering medical treatment between the preoperative and postoperative visits are shown in Table 2.

Table 2. Outcome after surgery for late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocation in the two surgical groups.

	IF Group N of Eyes = 43	ACIOL Group N of Eyes = 40	<i>p</i>
Median (IQR)			
N of IOP-lowering medication, drops	2 (0–3)	2 (0–3)	0.272 *
N of IOP-lowering medication change, drops	0 (0–0)	0 (0–0.75)	0.119 *
Macular thickness, μm	262.6 (252.65–271.63)	303.7 (269.92–338.23)	0.01 *
N (%)			
CME	2 (4.4)	16 (39)	0.01 **
TB	4 (8.9)	1 (2.4)	0.363 **
Refixation	3 (6.7)	0	0.243 **

ACIOL = anterior chamber intraocular lens, CME = cystoid macula edema, IF = iris fixation, N = number, TB = trabeculectomy; * Mann–Whitney test, ** χ^2 test.

The amount of antiglaucoma medication did not change statistically significantly in either group when comparing the results before and after IOL dislocation treatment (IF group $p = 0.519$, ACIOL group $p = 0.159$). In the IF group, the number of antiglaucoma drops did not change in twenty-two (70.97%) eyes, increased in four (12.90%) eyes and decreased in five (16.13%) eyes. In the IF group, three of twelve eyes that were not diagnosed with glaucoma before IOL dislocation treatment started with antiglaucoma therapy after surgical IOL dislocation treatment. In the ACIOL group, the amount of antiglaucoma drops did not

change in eighteen (62.07%) eyes, increased in eight (27.59%) eyes and decreased in three (10.34%) eyes.

Four (9.3%) eyes from the IF group and one (2.5%) eye from the ACIOL group underwent filtering surgery for subcompensated IOP during the 6-month period after IOL dislocation treatment ($p = 0.193$). In the IF group, the mean IOP of these eyes was 38.0 mmHg before IOL dislocation treatment and 11.5 mmHg 6 months after IOL dislocation treatment and filtering surgery, without antiglaucoma medication. In the ACIOL group, the IOP of the eye with additional filtering surgery was 31.0 mmHg before IOL dislocation and 15.0 mmHg 6 months after IOL dislocation treatment and filtering surgery. Three drops of an antiglaucoma medication were administered daily to support the IOP.

3.4. Other Postoperative Outcomes

As shown in Figure 4, mean ECD significantly decreased throughout the follow-up period in both groups, from 1922 ± 468 cells/mm² at baseline to 1800 ± 433 cells/mm² at 6 months in the IF group ($p < 0.001$), and from 2021 ± 480 cells/mm² at baseline to 1683 ± 446 at 6 months in the ACIOL group ($p < 0.001$). There was no significant difference in ECD between the groups before or after IOL dislocation surgery ($p = 0.347$ and $p = 0.230$, respectively), but the change was statistically significantly bigger in the ACIOL group ($p < 0.001$).

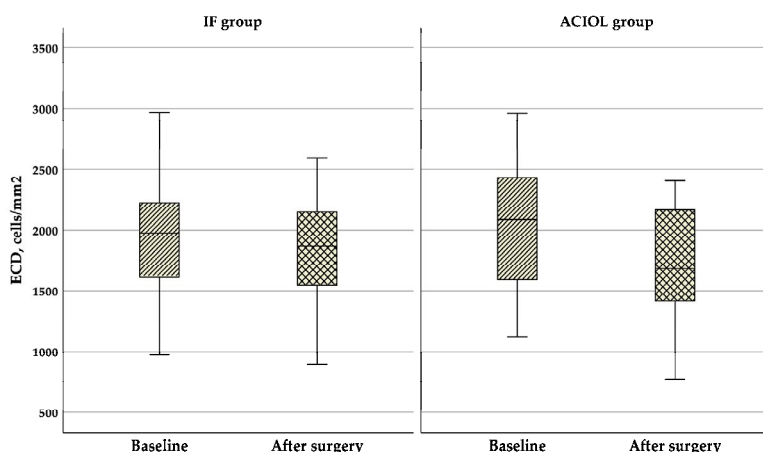


Figure 4. Boxplot of ECD changes in the two groups before and after surgery. ACIOL = anterior chamber intraocular lens, ECD = endothelial cell density, IF = iris fixation.

CME was found in 18 of 83 eyes (21.69%) after surgery. Statistically significantly less cases occurred in the IF group than in the ACIOL group (two (4.4%) vs. sixteen (39%), respectively, $p = 0.01$). The central macular thickness was higher in the ACIOL group ($p = 0.01$) (Table 2). In three (6.7%) of the forty-three eyes in the IF group, the IOL was re-fixed due to the insufficient centering of the IOL. An improvement was observed in these patients after topical non-steroidal anti-inflammatory drugs were administered.

There was no intraocular hemorrhage, fluid misdirection syndrome during surgery, bullous keratopathy, anterior pigmentary dispersion syndrome, chronic uveitis, retinal detachment or endophthalmitis during the 6-month period after surgery in both groups.

4. Discussion

Over the decades, a number of surgical techniques have been developed to treat IOL dislocations. These include removal of the dislocated IOL and secondary IOL implantation (anterior chamber IOL, iris-claw IOL, iris-fixated IOL, scleral-fixated IOL with suture, scleral-fixated IOL without suture) or repositioning and fixation of the same IOL to the sclera or iris, each with its benefits and risks [29–33]. Despite numerous studies on this topic, however, no single technique has gained an advantage over the others [30–35]. Nevertheless, complications such as corneal decompensation, glaucoma, chronic inflammation and CME are more common with IOL exchange (due to the large incision wounds and longer operating times) than with other treatment options, including the repositioning of a dislocated IOL using a scleral or iris fixation in the globe as a closed system [36]. The scleral fixation of IOLs, especially the sutureless technique, reduces the risk of many of these complications [32]. However, it is considered the most technically challenging technique requiring a posterior segment surgeon [32]. When performing this to a deep scleral groove, a microvitreoretinal knife or needle can traumatize the ciliary vessels, which carries the risk of suprachoroidal hemorrhage (incidence after sutured scleral fixation is up to 3% and rarely occurs after sutureless scleral fixation) [37]. On the other hand, extrusion of the haptics (slippage of the haptics from the scleral tunnel) may occur due to thin scleral flaps, poor scleral tunnel construction or adhesion, excessive use of scleral cauterization and congenital or acquired fragility of the sclera [38]. Reported rates vary from 0.8% to 12.5% [38]. Permanent externalized sutures or the ends of cauterized haptics may also increase the risk of late endophthalmitis [39,40]. Another common problem with sutureless fixation is the instability of the IOL [41]. Also, the increased iris flutter caused by eye movement can lead to a reverse pupillary block due to the absence of the barrier behind the iris, which prevents the aqueous humor and vitreous humor from flowing into the anterior chamber [42].

To expand the options for anterior segment surgeons, we have focused on the technique of the iris fixation for a dislocated IOL–capsular bag complex. The technique we have presented is safe and minimally invasive. When performing IOL fixation with this technique, there are no blind movements of the needle behind the iris. The haptics (with the surrounding capsule) are sutured to the iris under direct observation under the microscope, precisely in the anticipated location with no or minimal pupil deformation, with the knot tied behind the iris. Fixation of the dislocated IOL to the iris using McCannel sutures is generally performed in a ‘blind’ manner (when the needle is behind the iris) [43]. This may cause the improper localization of the haptic and suturing to the iris in the unintended place. Furthermore, it is challenging to penetrate the iris from behind close to the first prick. In addition, the presence of a fibrous capsular bag increases the risk due to IOL luxation into the vitreous. The described surgical technique of the additional stabilization of the IOL–capsular bag complex with an instrument (spatula) during surgery prevents damage to the remaining Zinn’s zonules. In addition, another unique feature is that the Siesper slipknot remains behind the iris (between the posterior surface of the iris and the IOL–capsular bag complex). We believe that creating this small space between these structures has positive properties. After such fixation, none of the patients had pigment dispersion syndrome or uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. This technique also does not require large incisions in the cornea or sclera and does not harm the conjunctiva [24]. As 72.3% of patients had concomitant glaucoma, it was important to find the least traumatic method of repositioning the IOL to spare the superior conjunctiva and sclera in patients if subsequent filtration surgery should be required due to glaucoma. This technique can be used by anterior segment surgeons as no additional surgical intervention is required.

However, experience with McCannel suturing and tying a Siepser slipknot is essential to maintain the minimally invasive nature of this technique.

Our prospective study is unique because we have included cases of late spontaneous IOL–capsular bag complex dislocation treated with the repositioning of the same IOL using iris suture fixation or IOL exchange into the anterior chamber IOL. Early in our study, the IOL exchange into the anterior chamber IOL was preferred. Still, the trend shifted from IOL exchange to iris-claw IOL or IOL repositioning as these techniques developed and improved.

In the IF group, very encouraging visual and refractive results were achieved. This supports other authors' findings from studies using the iris suturing of modified McCannel sutures in cases with IOLs without capsular support or in cases with IOL–capsular bag complex dislocation [43,44]. In most patients in the IF group (with the exception of three patients (6.7%) who required re-fixation due to inadequate IOL centration), we observed an improvement in BCDVA. Significant improvement in visual acuity was also observed in the ACIOL group. However, it was significantly less than in the IF group due to the significant increase in corneal astigmatism. Often, anterior chamber or iris-claw IOLs are implanted, but large corneal incisions (approximately 6 mm) are required, which can increase corneal astigmatism. Our technique of IOL repositioning with iris fixation does not require a large corneal incision, and this is the reason for minor changes in the corneal cylinder. Condon et al. included forty-six patients who underwent foldable acrylic IOL implantation using peripheral iris suture fixation for aphakia without capsule support. They also observed no significant changes in corneal astigmatism [43]. The results of the study by Michaeli et al. also confirm these findings [45]. Furthermore, a more anterior position of the lens caused a myopic shift, which was acceptable for the patients. In a retrospective study, Faria et al. examined 36 eyes with dislocated IOLs treated by an iris suture and also found a myopic shift in all patients [46]. Our study data also support this.

Patients with IOL dislocation often have increased IOP [47–50]. Anatomical changes in the anterior segment of the eye, irritation of the ciliary body and possibly inflammatory processes could cause an increase in IOP. It is possible that all these factors are less pronounced with a higher degree of IOL–capsular bag complex dislocation. This could explain why IOP decreases with an increasing degree of IOL dislocation. In fact, Bulnes et al. found the same significant association between IOP and the degree of IOL dislocation [47]. This aspect needs further and more detailed investigation.

IOP and the need for glaucoma medication did not change statistically significantly in either of our study groups. However, using anterior chamber IOL implants may be associated with IOP elevation and glaucoma development, whereas eyes with iris-sutured IOLs were less prone to IOP increase. In our series, we found fifteen patients (18.07%) with postoperative IOP elevation that was resolved with topical therapy (seven in the IF group and eight in the ACIOL group). In five patients with high preoperative IOP (>30 mmHg), filtering surgery was performed within 6 months after treatment of IOL dislocation to control IOP. We cannot extrapolate from a few cases to others, but our technique of IOL repositioning with iris fixation does not harm the sclera and conjunctiva as we expected. In four cases, the target IOP was achieved after IOL repositioning with iris fixation and filtering surgery without medication. After IOL exchange and filtering surgery in one case, three drops of antiglaucoma medication were administered daily to support the target IOP.

A severe reduction in ECD after intraocular surgery can lead to serious complications such as bullous keratopathy; therefore, minimally invasive surgery is always preferred in this regard [51]. In our study, we observed a smaller decrease in ECD in the IF group. Dzhaher et al. retrospectively examined 117 eyes in which iris fixation was used and recorded a decrease in ECD of almost 200 cells/mm² [52]. Kim et al. recorded a similar

decrease ($12.7\% \pm 8.7\%$) in ECD after iris fixation, and this change was not different from the transscleral fixation group ($10.9\% \pm 9.2\%$) ($p = 0.16$) [53].

In our study, we found that CME occurred more frequently in the ACIOL group. Anatomically, the close proximity of the haptics of the ACIOL to the iridocorneal angle can cause chronic inflammation and, consequently, CME [44]. As found in previous studies, the rate of CME in iris-fixated IOLs is equal to or lower than in scleral-fixated and anterior chamber IOLs [54]. A randomized trial comparing the three IOL fixation strategies in 176 patients lacking adequate capsule support has been published [55]. Although the visual outcomes were similar in the three groups, it was found that iris-sutured IOLs were associated with significantly less CME (20%) versus anterior chamber IOLs (38%) or scleral-sutured IOLs (41%) ($p = 0.02$) [55]. Our study results do not contradict these findings.

In a retrospective study, Caporossi et al. reported on 41 eyes with IOL dislocation treated with the repositioning of the same IOL using iris suture fixation in two groups (acrylic and rigid one-piece IOL group and acrylic three-piece IOL group) [25]. They achieved good refractive results, a stable IOL, no increase in surgically induced astigmatism and a low number of complications (no intraoperative complications, endothelial dysfunction and pigment dispersion). The results did not differ between groups. In summary, they concluded that the iris fixation technique for one- and three-piece IOLs is a safe and valid option for treating IOL dislocations. Our results do not contradict these findings.

In the literature review, we found no methods for a sutureless/automated fixation technique of subluxated IOLs to the iris, which could be the aim of further studies. Our study has several limitations, including bias due to patients' preference to retain their own dislocated IOL, a relatively short postoperative follow-up period and a single-center study design. Therefore, a randomized multicenter trial with a longer follow-up is warranted.

5. Conclusions

Our study findings indicate that iris fixation is a safe and effective technique for managing dislocated IOL–capsular bag complexes, offering a favorable profile of minimal complications and good morphological and functional outcomes. A key advantage is the ability to reuse the same IOL within a closed eye, thus avoiding a large incision. Nonetheless, further prospective studies with longer follow-up and multicenter collaborations are warranted to validate these results. Moreover, the development of sutureless or automated iris fixation techniques remains an important goal for future research, as it could streamline the surgical approach and potentially reduce complications even further.

Author Contributions: Conceptualization, V.J. and R.V.; methodology, V.J., M.S. and R.V.; software, R.V.; validation, R.V.; formal analysis, R.V. and U.R.; investigation, R.V.; resources, R.V. and M.S.; data curation, V.J.; writing—original draft preparation, R.V.; writing—review and editing, V.J., M.S. and U.R.; visualization, R.V.; supervision, V.J.; project administration, V.J.; funding acquisition, V.J. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

Funding: This research received no external funding.

Institutional Review Board Statement: This study was conducted in accordance with the Declaration of Helsinki and approved (12 July 2017) by the Kaunas Regional Biomedical Research Ethics Committee (No. BE-2-40).

Informed Consent Statement: Informed consent was obtained from all subjects involved in this study.

Data Availability Statement: The datasets used and/or analyzed during the current study are available from the corresponding author on reasonable request.

Acknowledgments: We acknowledge for Irena Nedzelskiene, the Department of Dental and Oral Pathology, Faculty of Odontology, Medical Academy, Lithuanian University of Health Sciences for the statistical analysis.

Conflicts of Interest: The authors declare no conflicts of interest.

References

1. Ascaso, F.J.; Huerva, V.; Grzybowski, A. Epidemiology, Etiology, and Prevention of Late IOL-Capsular Bag Complex Dislocation: Review of the Literature. *J. Ophthalmol.* **2015**, *2015*, 805706. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
2. Gollogly, H.E.; Hodge, D.O.; St. Sauver, J.L.; Erie, J.C. Increasing Incidence of Cataract Surgery: Population-Based Study. *J. Cataract Refract. Surg.* **2013**, *39*, 1383–1389. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
3. Weber, C.H.; Cionni, R.J. All about Capsular Tension Rings. *Curr. Opin. Ophthalmol.* **2015**, *26*, 10–15. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
4. Chakraborty, D.; Mohanta, A.; Bhaumik, A. B-HEX Pupil Expander in Vitreoretinal Surgery—A Case Series. *Indian J. Ophthalmol.* **2020**, *68*, 1188–1191. [\[CrossRef\]](#)
5. Balal, S.; Jbari, A.S.; Nitiahpapand, R.; Cook, E.; Akhtar, W.; Din, N.; Sharma, A. Management and Outcomes of the Small Pupil in Cataract Surgery: Iris Hooks, Malyugin Ring or Phenylephrine? *Eye* **2021**, *35*, 2714–2718. [\[CrossRef\]](#)
6. Singh, M.K.; Ambati, B.K.; Crandall, A.S.; Moran, J.A.; City, S.L. Adult with Traumatic Cataract. *J. Cataract Refract. Surg.* **2017**, *43*, 590–592. [\[CrossRef\]](#)
7. Gabriel, M.; Mester, A.; Mayer-Xanthaki, C. Risk and Protective Factors of Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocations: Systematic Review. *J. Cataract Refract. Surg.* **2025**, *51*, 72–83. [\[CrossRef\]](#)
8. Kristianslund, O.; Dalby, M.; Drolsum, L. Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation. *J. Cataract Refract. Surg.* **2021**, *47*, 942–954. [\[CrossRef\]](#)
9. Davis, D.; Brubaker, J.; Espandar, L.; Stringham, J.; Crandall, A.; Werner, L.; Mamalis, N. Late In-the-Bag Spontaneous Intraocular Lens Dislocation. Evaluation of 86 Consecutive Cases. *Ophthalmology* **2009**, *116*, 664–670. [\[CrossRef\]](#)
10. Clark, A.; Morlet, N.; Ng, J.Q.; Preen, D.B.; Semmens, J.B. Whole Population Trends in Complications of Cataract Surgery over 22 Years in Western Australia. *Ophthalmology* **2011**, *118*, 1055–1061. [\[CrossRef\]](#)
11. Jakobsson, G.; Zetterberg, M.; Lundström, M.; Stenevi, U.; Grenmark, R.; Sundelin, K. Late Dislocation of In-the-Bag and out-of-the Bag Intraocular Lenses: Ocular and Surgical Characteristics and Time to Lens Repositioning. *J. Cataract Refract. Surg.* **2010**, *36*, 1637–1644. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
12. Fernández-Buenaga, R.; Alio, J.L.; Pérez-Ardoy, A.L.; Larrosa-Quesada, A.; Pinilla-Cortés, L.; Barraquer, R.; Alio, J.L.; Muñoz-Negrete, F.J. Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation Requiring Explantation: Risk Factors and Outcomes. *Eye* **2013**, *27*, 795–802. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
13. Jehan, F.S.; Mamalis, N.; Crandall, A.S. Spontaneous Late Dislocation of Intraocular Lens within the Capsular Bag in Pseudoexfoliation Patients. *Ophthalmology* **2001**, *108*, 1727–1731. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
14. Gross, J.G.; Kokame, G.T.; Weinberg, D.V. In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation. *Am. J. Ophthalmol.* **2004**, *137*, 630–635. [\[CrossRef\]](#)
15. Kim, S.S.; Smiddy, W.E.; Feuer, W.; Shi, W. Management of Dislocated Intraocular Lenses. *Ophthalmology* **2008**, *115*, 1699–1704. [\[CrossRef\]](#)
16. Mönestam, E.I. Incidence of Dislocation of Intraocular Lenses and Pseudophakodonesis 10 Years after Cataract Surgery. *Ophthalmology* **2009**, *116*, 2315–2320. [\[CrossRef\]](#)
17. Lee, G.I.; Lim, D.H.; Chi, S.A.; Kim, S.W.; Han, J.; Shin, D.W.; Chung, T.Y. Incidence and Characteristics of Intraocular Lens Dislocation after Phacoemulsification: An Eight-Year, Nationwide, Population-Based Study. *J. Clin. Med.* **2021**, *10*, 3830. [\[CrossRef\]](#)
18. Østern, A.E.; Sandvik, G.F.; Drolsum, L. Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation in Eyes with Pseudoexfoliation Syndrome. *Acta Ophthalmol.* **2014**, *92*, 184–191. [\[CrossRef\]](#)
19. Mönestam, E. Frequency of Intraocular Lens Dislocation and Pseudophacodonesis, 20 Years After Cataract Surgery—A Prospective Study. *Am. J. Ophthalmol.* **2019**, *198*, 215–222. [\[CrossRef\]](#)
20. Rumelaitiene, U.; Speckauskas, M.; Tamosiunas, A.; Radisauskas, R.; Peto, T.; Larsen, M.B.; Zaliūniene, D. Exploring Association between Pseudoexfoliation Syndrome and Ocular Aging. *Int. Ophthalmol.* **2023**, *43*, 847–857. [\[CrossRef\]](#)
21. Shin, Y.I.; Park, U.C. Surgical Outcome of Refixation versus Exchange of Dislocated Intraocular Lens: A Retrospective Cohort Study. *J. Clin. Med.* **2020**, *9*, 3868. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
22. Kirk, T.Q.; Condon, G.P. Simplified Ab Externo Scleral Fixation for Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation. *J. Cataract Refract. Surg.* **2012**, *38*, 1711–1715. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
23. Huang, W.Y.; Chen, Y.J. Sutured Scleral Fixation of Existing Subluxated/Dislocated Acrylic One-Piece Intraocular Lenses. *Int. J. Ophthalmol.* **2024**, *17*, 665–669. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)

24. Siegel, M.J.; Condon, G.P. Single Suture Iris-to-Capsulorhexis Fixation for in-the-Bag Intraocular Lens Subluxation. *J. Cataract Refract. Surg.* **2015**, *41*, 2347–2352. [\[CrossRef\]](#)
25. Caporossi, T.; Tartaro, R.; Franco, F.G.S.; Barca, F.; Finocchio, L.; Bacherini, D.; Giorgio, D.; Giansanti, F.; Rizzo, S. IOL Repositioning Using Iris Sutures: A Safe and Effective Technique. *Int. J. Ophthalmol.* **2019**, *12*, 1972–1977. [\[CrossRef\]](#)
26. Soiberman, U.; Pan, Q.; Daoud, Y.; Murakami, P.; Stark, W.J. Iris Suture Fixation of Subluxated Intraocular Lenses. *Am. J. Ophthalmol.* **2015**, *159*, 353–359. [\[CrossRef\]](#)
27. Vaiciulienė, R.; Jasinskas, V. Corneal Endothelial Status in Different Grades of Late Spontaneous In-the-Bag IOL Dislocation. *Int. Ophthalmol.* **2021**, *41*, 1625–1634. [\[CrossRef\]](#)
28. Jasinskas, V.; Vaiciulienė, R.; Varoniukaite, A.; Speckauskas, M. Novel Microsurgical Management of Uveitis-Glaucoma-Hyphema Syndrome. *Int. Ophthalmol.* **2019**, *39*, 1607–1612. [\[CrossRef\]](#)
29. Castaldelli, G.B.; Firmino, G.D.C.; Castaldelli, V.A.; Costa, R.D.S.; Ribeiro, J.C. Use of Techniques for Scleral and Iris Fixation in Secondary Implantation of Intraocular Lenses. *Ophthalmic Res.* **2021**, *64*, 1–9. [\[CrossRef\]](#)
30. Wong, H.M.; Kam, K.W.; Rapuano, C.J.; Young, A.L. A Systematic Review on Three Major Types of Scleral-Fixated Intraocular Lens Implantation. *Asia-Pac. J. Ophthalmol.* **2021**, *10*, 388–396. [\[CrossRef\]](#)
31. Zhang, C.; Palka, C.; Zhu, D.; Lai, D.; Winokur, J.; Shwani, M.M.; Reynolds, A.L. Clinical Outcomes in Scleral Fixation Secondary Intraocular Lens with Yamane versus Suture Techniques: A Systematic Review and Meta-Analysis. *J. Clin. Med.* **2024**, *13*, 3071. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
32. Lau, T.H.B.A.; Garg, A.H.; Popovic, M.M.; Kertes, P.J.M.; Muni, R.H.M. Scleral-Fixated and Iris-Fixated Intraocular Lens Implantation or Fixation: Meta-Analysis. *J. Cataract Refract. Surg.* **2022**, *48*, 1462–1468. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
33. Chang, Y.M.; Weng, T.H.; Tai, M.C.; Chen, Y.H.; Lee, C.H.; Chang, W.C.; Hsieh, M.W.; Chien, K.H. A Meta-Analysis of Sutureless Scleral-Fixated Intraocular Lens versus Retropupillary Iris Claw Intraocular Lens for the Management of Aphakia. *Sci. Rep.* **2024**, *14*, 2044. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
34. Li, X.; Ni, S.; Li, S.; Zheng, Q.; Wu, J.; Liang, G.; Xu, W. Comparison of Three Intraocular Lens Implantation Procedures for Aphakic Eyes With Insufficient Capsular Support: A Network Meta-Analysis. *Am. J. Ophthalmol.* **2018**, *192*, 10–19. [\[CrossRef\]](#)
35. Liu, Z.; Xie, Q.; Chen, X.W.; Xie, B.; Cai, S.J. Effect of Sutureless Scleral Fixed Intraocular Lens Implantation on Aphakic Eyes: A System Review and Meta-Analysis. *BMC Ophthalmol.* **2023**, *23*, 493. [\[CrossRef\]](#)
36. Mahapatra, S.; Mannem, N. Anterior Chamber Intraocular Lens—An Effective Alternative in Traumatic and Surgical Aphakia in the Era of Scleral-Fixated Intraocular Lens. *Indian J. Ophthalmol.* **2021**, *69*, 1404–1408. [\[CrossRef\]](#)
37. Sindal, M.; Ganne, P.; Baskaran, P.; Srivastav, K. Suprachoroidal Hemorrhage Following Sutureless Scleral-Fixated Intraocular Lens—A Case Series. *Saudi J. Ophthalmol.* **2023**, *37*, 60–62. [\[CrossRef\]](#)
38. Agarwal, R.; Todi, V.; Bafna, R.K.; Asif, I.; Sharma, N. Ibrahim Asif, N.S. Scleral Tunnel with Conjunctival Autograft for Rescue Management of Extruded Haptic: Surgical Technique and Review of Literature. *Indian J. Ophthalmol.* **2021**, *69*, 758–761. [\[CrossRef\]](#)
39. Kannan, N.B.; Sen, S.; Mishra, C.; Lalitha, P.; Rameshkumar, G.; Kumar, K.; Rajan, R.P.; Ramasamy, K. Ten-Year Trends in the Incidence, Clinical Profile and Outcomes of Acute-Onset Endophthalmitis Following Combined Pars Plana Vitrectomy and Sutureless, Glueless and Flapless Scleral Fixation of Intraocular Lenses. *Int. Ophthalmol.* **2021**, *41*, 1651–1658. [\[CrossRef\]](#)
40. Obata, S.; Kakinoki, M.; Saishin, Y.; Ohji, M. Endophthalmitis Following Exposure of a Haptic After Sutureless Intrasceral Intraocular Lens Fixation. *J. Vitre. Dis.* **2019**, *3*, 28–30. [\[CrossRef\]](#)
41. Lin, H.; Ye, X.; Huang, X.; Li, H.; Wang, Z.; Niu, Y.; Bi, Y. Long-Term Stability of Intraocular Lens with Trimmed or Untrimmed Haptics in Yamane Sutureless Intrasceral Fixation Technique. *Med. Sci. Monit.* **2021**, *27*, e928868. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
42. Inoue, M.; Koto, T.; Hirakata, A. Large Amplitude Iris Fluttering Detected by Consecutive Anterior Segment Optical Coherence Tomography Images in Eyes with Intrasceral Fixation of an Intraocular Lens. *J. Clin. Med.* **2022**, *11*, 4596. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
43. Condon, G.P.; Masket, S.; Kranemann, C.; Crandall, A.S.; Ahmed, I.I.K. Small-Incision Iris Fixation of Foldable Intraocular Lenses in the Absence of Capsule Support. *Ophthalmology* **2007**, *114*, 1311–1318. [\[CrossRef\]](#) [\[PubMed\]](#)
44. Rusu, I.; Chen, Z.; Zizva, J.; Myung, J.S.; Wald, K.J. Incidence of Cystoid Macular Edema with Iris-Fixated Posterior Chamber Intraocular Lenses in Patients Presenting with Lens Dislocation. *Int. Ophthalmol.* **2014**, *34*, 1153–1158. [\[CrossRef\]](#)
45. Michaeli, A.; Soiberman, U.; Loewenstein, A. Outcome of Iris Fixation of Subluxated Intraocular Lenses. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* **2012**, *250*, 1327–1332. [\[CrossRef\]](#)
46. Faria, M.Y.; Ferreira, N.P.; Canastro, M. Management of Dislocated Intraocular Lenses with Iris Suture. *Eur. J. Ophthalmol.* **2017**, *27*, 45–48. [\[CrossRef\]](#)
47. Bulnes, B.L.; de Rojas Silva, M.V.; Moore, R.L. Intraocular Pressure Changes before and after Surgery for Spontaneous In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation. *J. Cataract Refract. Surg.* **2019**, *45*, 305–311. [\[CrossRef\]](#)
48. Kristianslund, O.; Råen, M.; Østern, A.E.; Drolsum, L. Glaucoma and Intraocular Pressure in Patients Operated for Late In-the-Bag Intraocular Lens Dislocation: A Randomized Clinical Trial. *Am. J. Ophthalmol.* **2017**, *176*, 219–227. [\[CrossRef\]](#)
49. Dalby, M.; Kristianslund, O.; Drolsum, L. Long-Term Outcomes after Surgery for Late In-The-Bag Intraocular Lens Dislocation: A Randomized Clinical Trial. *Am. J. Ophthalmol.* **2019**, *207*, 184–194. [\[CrossRef\]](#)

50. Shingleton, B.J.; Yang, Y.; O'Donoghue, M.W. Management and Outcomes of Intraocular Lens Dislocation in Patients with Pseudoexfoliation. *J. Cataract Refract. Surg.* **2013**, *39*, 984–993. [[CrossRef](#)]
51. Kang, Y.K.; Park, D.H.; Ryu, G.; Kim, H.K.; Kim, D.H.; Do, J.R. Repositioned versus Exchanged Flanged Intraocular Lens Fixation for Intraocular Lens Dislocation. *Sci. Rep.* **2024**, *14*, 10–16. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
52. Dzhaber, D.; Mustafa, O.M.; Tian, J.; Cox, J.T.; Daoud, Y.J. Outcomes and Complications of Iris-Fixated Intraocular Lenses in Cases with Inadequate Capsular Support and Complex Ophthalmic History. *Eye* **2020**, *34*, 1875–1882. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
53. Kim, K.H.; Kim, W.S. Comparison of Clinical Outcomes of Iris Fixation and Scleral Fixation as Treatment for Intraocular Lens Dislocation. *Am. J. Ophthalmol.* **2015**, *160*, 463–469.e1. [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]
54. Wagoner, M.D.; Cox, T.A.; Ariyasu, R.G.; Jacobs, D.S.; Karp, C.L. Intraocular Lens Implantation in the Absence of Capsular Support: A Report by the American Academy of Ophthalmology. *Ophthalmology* **2003**, *110*, 840–859. [[CrossRef](#)]
55. Schein, O.D.; Kenyon, K.R.; Steinert, R.F.; Verdier, D.D.; Waring, G.O.; Stamler, J.F.; Seabrook, S.; Vitale, S. A Randomized Trial of Intraocular Lens Fixation Techniques with Penetrating Keratoplasty. *Ophthalmology* **1993**, *100*, 1437–1443. [[CrossRef](#)]

Disclaimer/Publisher's Note: The statements, opinions and data contained in all publications are solely those of the individual author(s) and contributor(s) and not of MDPI and/or the editor(s). MDPI and/or the editor(s) disclaim responsibility for any injury to people or property resulting from any ideas, methods, instructions or products referred to in the content.



Corneal endothelial status in different grades of late spontaneous in-the-bag IOL dislocation

Renata Vaiciulienė · Vytautas Jasinskis

Received: 15 July 2020 / Accepted: 8 January 2021 / Published online: 19 February 2021
© The Author(s), under exclusive licence to Springer Nature B.V. part of Springer Nature 2021

Abstract

Purpose To evaluate corneal endothelial cell density (ECD) in the eyes with different grades of late spontaneous in-the-bag intraocular lens (IOL) dislocation.

Methods A prospective study included seventy-eight patients who applied for IOL dislocation. Overall 80 eyes were divided into four grades based on the in-the-bag IOL dislocation classification. All eyes underwent a complete ophthalmological examination. ECD was evaluated using in vivo corneal confocal microscopy.

Results Median corneal ECD was 1929 (1022–2958) cells/mm² of all the patients. The lowest number of ECD was in grade 2 (grade 1 median ECD 1990.33 (1182–2425.33) cells/mm², grade 2—1577.0 (1022–2958) cells/mm², grade 3—2205.84 (1259–2807.67) cells/mm² and grade 4—2072.17 (1045–2581.0) cells/mm²). A statistically significant difference was observed between the median of ECD of grade 2nd and 3rd ($p = 0.023$). By grouping cases into those with and without glaucoma, we found that corneal ECD was significantly lower in eyes with glaucoma compared with eyes without glaucoma in grades 3 and 4 ($p < 0.05$), while in other grades, the

difference did not reach the significance level. We divided the corneal ECD of all eyes into two categories ≤ 1500 cells/mm² and > 1500 cells/mm². Logistic regression demonstrated that the odds of having corneal ECD less than 1500 cells/mm² increased by 3.5-fold if patients with IOL dislocation had been diagnosed with glaucoma previously.

Conclusion Late spontaneous in-the-bag IOL dislocation reduced corneal ECD. Previously diagnosed glaucoma was the most common comorbidity. This condition has a significant impact on corneal ECD for patients with IOL dislocation.

Keywords Late spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation · Intraocular lens dislocation grades · Corneal endothelial cell density

Introduction

A late spontaneous in-the-bag intraocular lens (IOL) which is adequately fixed within the capsular bag (in-the-bag) dislocation is rare but it is one of the most serious complications following many years after routine cataract surgery. Although the incidence rate of these complications is not high [1–5], it may increase in the future as a result of the increased pseudophakic population due to the improvement in the quality and safety of cataract surgery [6], growth of the cataract surgical rate [7–12] and economic

R. Vaiciulienė (✉) · V. Jasinskis
Department of Ophthalmology, Medical Academy,
Lithuanian University of Health Sciences, Eiveniu st. 2,
LT-50161 Kaunas, Lithuania
e-mail: renata.vaiciulienė@lsmuni.lt

development [13]. IOL dislocation can cause diplopia, worsens visual acuity, induces the increment of intraocular pressure (IOP) and causes damage to the anatomical structures of the eye, such as the iris (it leads to breaking the blood–aqueous barrier as well as inflammation) and corneal endothelium cells [14–17].

The hydration of the cornea through active ion transport is the main function of the single-layer corneal endothelium. The dysfunction of these hexagonal shaped cells predisposes to corneal swelling and loss of transparency [18]. Regarding limited regeneration and importance in the vision, understanding the conditions that reduce their density and an appropriate strategy to preserve them as much as possible is necessary. The number of endothelial cells is known to decline physiologically over time. Corneal endothelial cell density (ECD) at birth is approximately 5000–6000 cells/mm², while over a lifetime, it drops to 2500–3000 cell/mm² [19–28]. It has been shown that corneal endothelial cells are very sensitive and can be damaged by various factors especially intraocular interventions as well as chronic eye diseases (glaucoma, uveitis and pseudoexfoliation syndrome) and high IOP [29–34].

In the literature, we have not found any publication describing the relationship between ocular condition, particularly corneal ECD, and the grade of in-the-bag IOL dislocation.

The aim of our study was to evaluate corneal ECD and IOP in the eyes with different grades of in-the-bag IOL dislocation.

Methods

All the study procedures were carried out according to the Declaration of Helsinki, and the study protocol was approved by the Kaunas Regional Ethics Committee for Biomedical Research. The study objectives and methods were explained to all the subjects prior to the examination. Written informed consent was obtained from all the patients.

The prospective study was conducted in the Department of Ophthalmology, Lithuanian University of Health Sciences, Kaunas, Lithuania. Seventy-eight patients who applied for late spontaneous in-the-bag IOL dislocation were enrolled in this study. The inclusion criteria were spontaneous in-the-bag (IOL inside the capsule bag) IOL dislocation, but visible in

the pupillary area more than 6 months after uncomplicated cataract surgery (by phacoemulsification). Totally dislocated IOLs into vitreous body were not included. In addition, pregnant or nursing women, patients younger than 18 years old, patients with uncontrolled systemic illness, congenital or terminal eye diseases as well as patients with a history of eye trauma or vitrectomy were excluded from the study.

Investigations

From the anamnesis, the following data were collected: age, gender, the interval between cataract surgery and in-the-bag IOL dislocation. The glaucoma status was based on previous diagnostics because, in most cases, good quality perimetry and optic nerve investigation were not possible due to the interference caused by in-the-bag IOL dislocation. Based on the anamnesis data, we distinguished the cases in which glaucoma was diagnosed before IOL dislocation and cases in which glaucoma (regarding IOP elevation) and in-the-bag IOL dislocation were diagnosed at the same time. Data about the time from the onset of symptoms (diplopia or any change in vision) of in-the-bag IOL dislocation or the first time when an ophthalmologist detected abnormalities of the IOL position or pseudophacodonesis until our investigation was collected.

The participants underwent an ophthalmologic examination composed of an IOP measurement with a Goldmann applanation tonometer, slit-lamp biomicroscopy and ophthalmoscopy, anterior segment slit-lamp photography and in vivo corneal confocal microscopy (IVCCM) (Heidelberg Retina Tomography with III Rostock Cornea Module; Heidelberg Engineering GmbH, Heidelberg, Berlin, Germany).

Endothelial cell density measurements

Local anaesthetic (proxymetacaine hydrochloride 0.5%) was applied, and the subject was asked to focus on a distant target before scanning the central cornea. Section and volume scans were recorded from the basal epithelium to endothelial cells. Three representative images of good quality were chosen from the endothelial cell layers. Then, within these images, a region of interest (ROI) was chosen. The ROI area was 0.04 ± 0.009 mm² for the endothelium measurement. The cells were marked manually and the instrument-

based software automatically calculated the cell densities (cells/mm²).

The grade of in-the-bag IOL dislocation

The grade of IOL dislocation was assessed from anterior segment photographs. The participants received topical tropicamide 0.5% for pupil dilation at least 30 min before examination. The slit-lamp digital photography in the same standardized technique (the patients were asked to look straight into the collimated light, then several images of the eye in retroillumination (high flash intensity, slit beam fully open, the slit illuminator positioned in an almost coaxial position with the biomicroscope) limbus to limbus (magnification: 8x)) was taken and the best images were stored.

We modified an IOL dislocation grading system based on previous studies by Lorente et al. and Kristianslund et al. [35, 36]. For clarity, we distinguished and detailed grades 3 and 4. In clinical practice, the thinnest slit-lamp beam vertically or horizontally projected through the centre of the cornea (as the lines are drawn in Figs. 1 and 2) could be used. In order to determine the grade of IOL dislocation more precisely.

The dislocation was classified as follows:

- Grade 1: pseudophacodonesis.
- Grade 2: small decentration. IOL is slightly decentralized, but the equator of the IOL optics is located behind the iris outside the pupil zone. Only the decentration of the capsulorhexis (no IOL equator) may be observed with the narrow pupil.

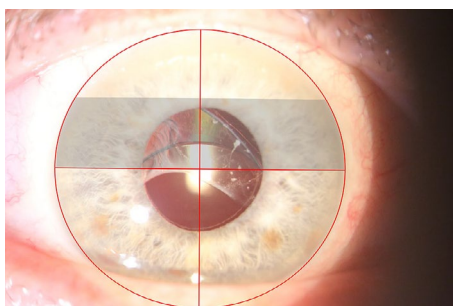


Fig. 1 IOL dislocation grade 3

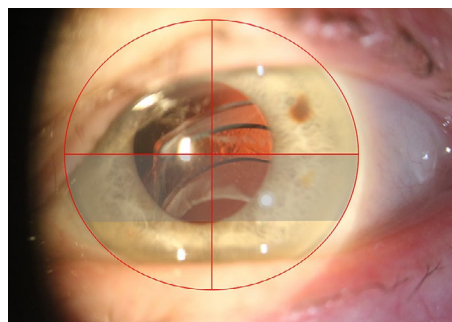


Fig. 2 IOL dislocation grade 4

- Grade 3: moderate dislocation. The equator of the IOL optics is located above or coincides with the line drawn through the centre of the pupil (Fig. 1).
- Grade 4: advanced dislocation. The IOL is dislocated more than grade 3 and the equator of the IOL optics is located below the line drawn through the centre of the pupil (Fig. 2).

Statistical analysis

The statistical analysis was performed using SPSS version 24.0 for Windows (IBM Corporation, Armonk, NY, USA). Continuous variables are reported using mean (SD) and median (minimum–maximum) values. Dichotomous and categorical variables are reported using the absolute number and percentages. The Kolmogorov–Smirnov test was used to evaluate whether the quantitative variables were normally distributed. The Kruskal–Wallis test (more than 2 independent samples) for variables that were not normally distributed were used to calculate a difference of variables between in-the-bag IOL dislocation grade. The correlation was analysed using Spearman's correlation test. To evaluate the impacts of age, gender, glaucoma and glaucoma duration for corneal ECD patients with IOL dislocation, logistic regression was performed. A *p* value less than 0.05 was considered statistically significant.

Results

Demographic and clinical data

Eighty eyes (right 39 (48.7%), left 41 (51.3%)) of 78 participants (males 44 (56.3%), females 34 (43.7%)) with a mean age of 77.46 (6.44) years were included in the study. The mean time between cataract surgery and late spontaneous in-the-bag IOL dislocation diagnosis was 7.60 (3.82) years. The time from the onset of symptoms (diplopia or any change in vision) of in-the-bag IOL dislocation or the first time when an ophthalmologist detected abnormalities of the IOL position or pseudophacodonesis until our investigation lasted 9.39 (8.22) months.

In-the-bag IOL dislocation grade and association with clinical data

As shown in Table 1, we divided the overall 80 eyes into four grades based on the above-mentioned in-the-bag IOL dislocation classification. Gender, age and the time between cataract surgery and IOL dislocation were almost equal between the grades (Table 2).

The time (months) from the onset of symptoms (diplopia or any change in vision) of in-the-bag IOL dislocation or the first time when an ophthalmologist detected abnormalities of the IOL position or pseudophacodonesis until our investigation was different between grades (in grade 1–8 months, in grade 2–12 months, in grade 3–6 months and grade 4–6 months). The median time was significantly longer in the 2nd grades compared to the 3rd and 4th grades ($p < 0.05$) (Fig. 3).

Open-angle glaucoma was diagnosed in 56.3% of the cases (before IOL dislocation in 52.5%; glaucoma and in-the-bag IOL dislocation were diagnosed at the same time in 3.8%). As shown in Fig. 4, patients with glaucoma diagnosis in grade 1 accounted for 72.2% of

the cases, in grade 2–68.4%, in grade 3–54.2% and in grade 4–42.3%.

The median IOP was 19 (12–41) mmHg in all subjects, while in the 1st, 2nd and 3rd grades, the IOP was higher than in the 4th grade (30 (12–41) mmHg, 20 (13–41) mmHg, 20.5 (12–41) mmHg and 17 (12–30) mmHg, respectively, ($p < 0.05$)) (Fig. 5).

Corneal endothelial cells density

Median corneal ECD was 1929 (1022–2958) cells/mm² of all the patients. The lowest number of ECD was in grade 2 (grade 1 median ECD 1,990.33 (1182–2425.33) cells/mm², grade 2–1577.0 (1022–2958) cells/mm², grade 3–2205.84 (1259–2807.67) cells/mm² and grade 4–2072.17 (1045–2581.0) cells/mm²). A statistically significant difference was observed between the median of ECD of grade 2nd and 3rd ($p = 0.023$), while the difference between the other grades did not reach significant levels (Fig. 6).

The corneal ECD significantly negatively correlated with the time (months) from the onset of symptoms of the in-the-bag IOL dislocation or the first time when an ophthalmologist detected abnormalities of the IOL position or pseudophacodonesis until our investigation in all grades (r_s (grade 2) = -0.703 , r_s (grade 3) = -0.606 , r_s (grade 4) = -0.688 , $p < 0.05$), except grade 1 in which the difference did not reach the significance level (r_s = -0.453 , $p = 0.162$).

By grouping cases into those with and without glaucoma, we found that corneal ECD was significantly lower in eyes with glaucoma compared with eyes without glaucoma in grades 3 and 4 ($p < 0.05$), while in other grades the difference did not reach the significance level (Fig. 7).

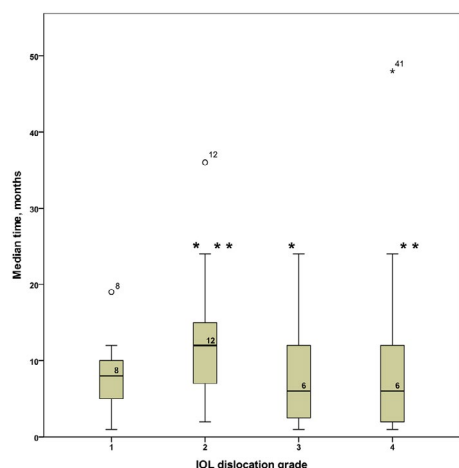
We divided the corneal ECD of all eyes into two categories ≤ 1500 cells/mm² and > 1500 cells/mm². After performing logistic regression, we found that the odds of having corneal ECD less than 1500 cells/mm² increased by 3.5-fold if those patients with IOL dislocation had been diagnosed with glaucoma previously.

Table 1 The grade of in-the-bag IOL dislocation between eyes

Grade	N	%
1	11	13.75
2	19	23.75
3	24	30.0
4	26	32.5
Total	80	100.0

Table 2 Demographic data between the IOL dislocation grades

Grade	1 (n=11)	2 (n=19)	3 (n=24)	4 (n=26)	p
Gender, males/females	6 (54.5)/5 (45.5)	9 (47.4)/10 (52.6)	10 (41.7)/14 (58.3)	10 (38.5)/16 (61.5)	0.338*
Age, y	76 (67–87)	78 (66–87)	76 (64–90)	78 (60–92)	0.201**
Time between cataract surgery and IOL dislocation, y	8 (2–12)	8 (2–17)	5 (3–15)	9 (1–17)	0.130**

* χ^2 test, ** Kruskal–Wallis test**Fig. 3** The time (months) from the onset of symptoms of in-the-bag IOL dislocation or pseudophacodonesis until our investigation between the IOL dislocation grades. *, ** Kruskal–Wallis test, $p < 0.05$

Discussion

Late spontaneous in-the-bag IOL dislocation is a well-known complication that happens when the stability of the IOL—capsule bag complex due to the decompensation of Zinn’s zonule (ZZ) is disturbed. This complication may occur many years after cataract surgery. In the present study, the mean time between cataract surgery and IOL dislocation diagnosis was 7.6 years with no differences between the IOL dislocation grades, which is consistent with what has been reported elsewhere [2, 3, 6, 37]. Experimental studies with animals and donor eyes have revealed an increment of zonules fragility during ageing due to

their microstructure, composition and anatomical changes [38, 39]. However, the degeneration of zonules likely develops individually (iatrogenic zonular damage cannot be ruled out). For some patients, late spontaneous in-the-bag IOL dislocation occurs faster. The dislocation itself also shifted from the initial to the 3rd or 4th grade (ZZ decompensation) faster, thereby causing visual symptoms. Meanwhile, for others, the initial IOL dislocation may be prolonged (different ZZ compensatory mechanism) without causing significant sight symptoms but still damaging the internal structures of the eye. In-the-bag IOL dislocation induces changes in the anatomy of the anterior segment of the eye leading to inflammation which can cause damage to the sensitive corneal endothelial cells and the elevation of IOP [14–17].

Our data analysis demonstrated that median corneal ECD was 1929 (1022–2958) cells/mm² of all subjects. In assessing studies in which ECD was evaluated for patients with IOL dislocation, the numbers are similar to ours. Kristianslund et al. found that the mean ECD was 1718–1940 cells/mm² [36]. Similar data were published in a study by Eum et al. [40]. They reported a mean ECD of 1,778.5–2,070.4 cells/mm². These numbers are lower in comparison to the mean ECD of 2400 cells/mm² (at the 70th decade—2207–2378 cells/mm²) based on one of the first large studies composed of the results from 3000 healthy eyes [19].

One of the most interesting findings of our study was that lower corneal ECD was established for patients with an initial grade of dislocation (the lowest density occurred in the eyes of grade 2 patients 1577.0 (1022–2958) cells/mm²). Such results may be explained by the fact that patients with low-grade IOL dislocation took a longer time to apply for IOL dislocation treatment (possibly due to less pronounced

Fig. 4 Number of patients with or without previously diagnosed glaucoma between IOL dislocation grades

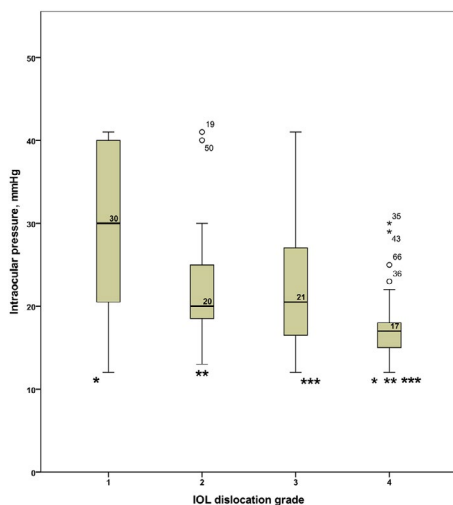
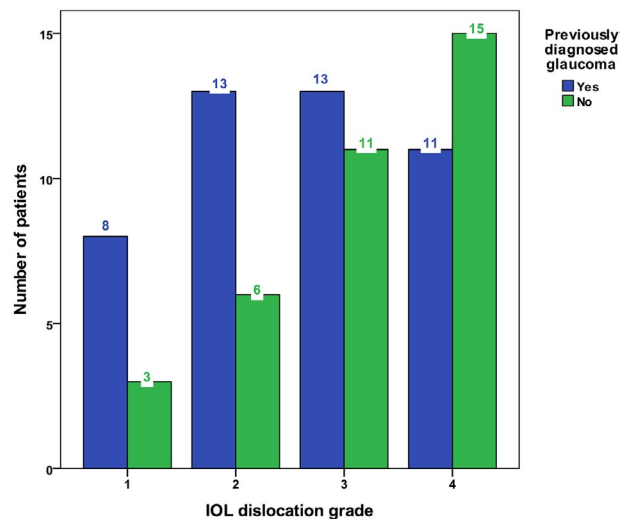


Fig. 5 Intraocular pressure between IOL dislocation grades. *, **, *** Kruskal–Wallis test, $p < 0.05$

changes in visual symptoms). We found that the time (months) from the onset of symptoms of in-the-bag IOL dislocation or the first time when an ophthalmologist detected abnormalities of the IOL position or pseudophacodonesis until our investigation was

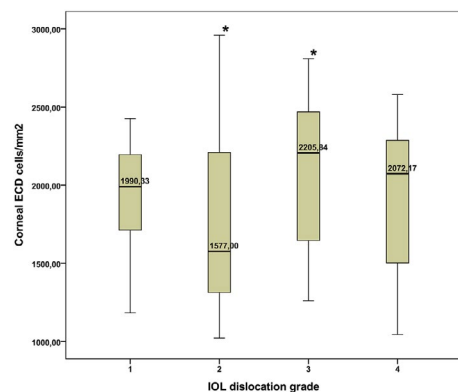
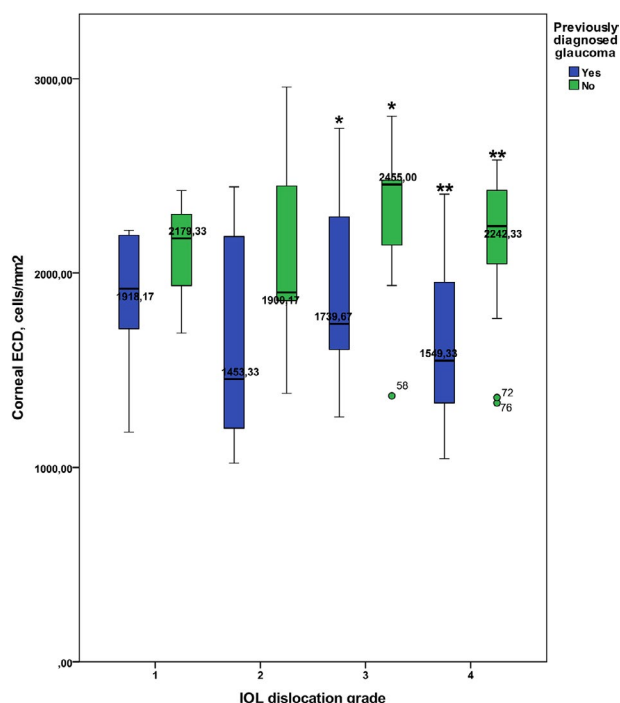


Fig. 6 Corneal endothelial cells density between IOL dislocation grades. ECD endothelial cell density. *Kruskal–Wallis test, $p < 0.05$

significantly longer in the 2nd grade compared to the 3rd and 4th grades. Moreover, our results revealed a negative correlation between the corneal ECD and the time (months) from the onset of symptoms of in-the-bag IOL dislocation until our investigation. This indicates that IOL dislocation is a condition requiring rapid treatment to protect the sensitive corneal endothelial cells. Furthermore, subjects with an initial grade of IOL dislocation were found to have higher

Fig. 7 Corneal endothelial cells density between IOL dislocation grades in patients without or with previously diagnosed glaucoma. ECD endothelial cell density. *, **Kruskal–Wallis test, $p < 0.05$



IOP and have had more cases with previously diagnosed glaucoma. We cannot rule out the influence of the surgeon's factor during the cataract surgical treatment on the corneal ECD. It is known that corneal endothelial cells are sensitive to various factors. Intraocular interventions, chronic eye diseases (glaucoma, uveitis and pseudoexfoliation syndrome) and high IOP can damage these cells [29–34]. Capsular-IOL complex, especially in cases of capsular bag fibrosis or formation of a Soemmering ring, may cause iris and ciliary body chafing in the presence of in-the-bag IOL dislocation [16, 41]. It can damage corneal endothelium cells due to pathological changes in the aqueous humour promotion. Streilein et al. one of the first introduced about ocular immune privilege (e.g. via pigment epithelium of iris and ciliary body express surface molecules, which inhibit T cells) [42]. Mo et al. [43] demonstrated in an experiment with mice that in the presence of pigment dispersion syndrome, the loss of immune privilege was observed (infiltration of inflammatory leukocytes into the anterior chamber

and their accumulation within the iris) without an obvious clinical immune reaction. Knowing all this, Ibrahim et al. hypothesised that iris damage via the mentioned mechanism can cause patients to lose endothelial cells after keratoplasty with mild or clinically undetectable inflammation [44]. In addition, the breakdown of the blood–aqueous barrier and elevation of cytokine levels in the aqueous humour due to iris damage can be associated with a chronic decrement of endothelial cells [44–46]. The same mechanisms through the immune response possibly damage the endothelial cells in the case of IOL dislocation. This aspect needs further investigation.

Patients with IOL dislocation often have increased IOP. In our study, the median IOP was 19 (12–41) mmHg in all the subjects. Bulnes et al. [47] in a recent publication indicated mean IOP 20.25 (7.52) mmHg in patients with IOL dislocation. Similar mean IOP was found, such as 18.0 (6.2) mmHg in Kristianslund et al. [15, 17] or 19.7 (8.4) mmHg in Shingleton et al. [3, 48] studies. Anatomical changes

in the anterior segment of the eye, irritation of the ciliary body and probably the above-mentioned inflammatory processes might induce the rise of the IOP. Possibly all of these factors are less pronounced in a higher grade of IOL dislocation. That could explain why IOP decreases with an increasing grade of IOL dislocation (1st, 2nd and 3rd IOL dislocation grade IOP was higher than in the 4th grade). In fact, Bulnes et al. also found the same significant association between IOP and grade of IOL dislocation [47]. This aspect needs further and more detailed investigation.

Previous studies have shown that glaucoma, especially in eyes with pseudoexfoliation syndrome, increases the risk of IOL dislocation due to the damage and decompensation of ZZ [49, 50]. In the present study, open-angle glaucoma was diagnosed in 56.3% of patients. This is consistent with several previous IOL dislocation studies that have reported that glaucoma was the most common comorbid condition in the range of 30.8–60% [3, 17, 47, 51]. By grouping cases into those with and without glaucoma, we found that corneal ECD was significantly lower in eyes with glaucoma compared with the eyes without glaucoma in all IOL dislocation grades, but statistically significant in 3 and 4 grades. Moreover, in our study, logistic regression showed that the odds to have corneal endothelial cell density less than 1500 cells/mm² increased by 3.5-fold if patients with IOL dislocation have previously been diagnosed with glaucoma. We selected ECD of 1500 cells/mm² as a reference value at which point in our and other authors' opinion, surgical intervention with less risk of endothelial decompensation may be performed (this could be valuable in planning the surgical treatment tactics (e.g. when choosing minimally invasive surgery) for patients with IOL dislocation) [52]. These findings are similar to other authors' studies and suggest an association between reduced ECD in patients with glaucoma [53]. Marcos et al. performed specular microscopy in 36 eyes with pseudoexfoliation syndrome, 30 eyes with pseudoexfoliation glaucoma and compared the ECD with healthy subjects. They found that ECD was significantly decreased in the pseudoexfoliation syndrome group, especially when IOP was high and ECD was significantly lower in the pseudoexfoliation glaucoma group than in healthy subjects [54]. Gagnon and colleagues hypothesised that ECD is lower in glaucoma cases compared to the controls due to direct compression

from higher IOP [55]. Sihota et al. conducted an interesting study that demonstrated that the prolonged elevation of IOP is more damaging to endothelial cells (patients with acute primary angle-closure glaucoma attacks less than 72 hours had significantly lower ECD loss compared to those with attacks lasting more than 72 hours) [56]. All of these findings indicate that late spontaneous in-the-bag IOL dislocation (even in cases of low-grade IOL dislocation) is a condition requiring rapid treatment (IOL stabilization procedure) to protect the sensitive corneal endothelial cells, especially in patients who have previously been diagnosed with glaucoma.

In conclusion, late spontaneous in-the-bag IOL dislocation elevates IOP and reduced corneal ECD. Previously diagnosed glaucoma was the most common comorbidity. This condition has a significant impact on corneal ECD for patients with IOL dislocation. Greater damage to the ECD is observed when there is a longer period since the onset of symptoms of in-the-bag IOL dislocation or the first time when an ophthalmologist detected abnormalities of IOL position or pseudophacodonesis until treatment.

Acknowledgements The authors would like to thank Irena Nedzelskiene (Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Department of Dental and Oral Pathology) for help in statistical analysis and Audrius Liutkus for help in preparing illustrations.

Author contribution RV and JV were involved in the design and conduct of the study, in the collection, management, analysis, and interpretation of data, and in preparation, review and final approval of the manuscript.

Funding The authors have no funding received for this work to disclose.

Data availability The data that support the findings of the present study are available from the corresponding author upon reasonable request.

Compliance with ethical standards

Conflicts of interest The authors declare that they have no conflicts of interest

Ethical approval All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the national research committee and with the 1964 Helsinki declaration and its later amendments.

Informed consent Informed consent was obtained from all individual participants included in the study.

References

- Dabrowska-Kloda K, Kloda T, Boudiaf S et al (2015) Incidence and risk factors of late in-the-bag intraocular lens dislocation: evaluation of 140 eyes between 1992 and 2012. *J Cataract Refract Surg* 41:1376–1382. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2014.10.040>
- Østern AE, Sandvik GF, Drolsum L (2014) Late in-the-bag intraocular lens dislocation in eyes with pseudoexfoliation syndrome. *Acta Ophthalmol* 92:184–191. <https://doi.org/10.1111/aos.12024>
- Jakobsson G, Zetterberg M, Lundström M et al (2010) Late dislocation of in-the-bag and out-of-the bag intraocular lenses: ocular and surgical characteristics and time to lens repositioning. *J Cataract Refract Surg* 36:1637–1644. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.04.042>
- Mönstam EI (2009) Incidence of dislocation of intraocular lenses and pseudophakodonesis 10 years after cataract surgery. *Ophthalmology* 116:2315–2320. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2009.05.015>
- Clark A, Morlet N, Ng JQ et al (2011) Whole population trends in complications of cataract surgery over 22 years in Western Australia. *Ophthalmology* 118:1055–1061. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2010.11.001>
- Ascaso FJ, Huerva V, Grzybowski A (2015) Epidemiology, etiology, and prevention of late IOL-capsular bag complex dislocation: review of the literature. *J Ophthalmol* 2015:1–7. <https://doi.org/10.1155/2015/805706>
- Schein OD, Cassard SD, Tielsch JM, Gower EW (2012) Cataract surgery among medicare beneficiaries. *Ophthalmic Epidemiol* 19:257–64. <https://doi.org/10.3109/09286586.2012.698692>
- Behndig A, Montan P, Stenevi U et al (2011) One million cataract surgeries: Swedish national cataract register 1992–2009. *J Cataract Refract Surg* 37:1539–1545. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2011.05.021>
- Lundström M, Goh PP, Henry Y et al (2015) The changing pattern of cataract surgery indications: a 5-year study of 2 cataract surgery databases. *Ophthalmology* 122:31–38. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2014.07.047>
- Gollogly HE, Hodge DO et al (2013) Increasing incidence of cataract surgery: population-based study. *J Cataract Refract Surg* 39:1383–1389. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.03.027>
- Grabska-Liberek I, Michalska-Malecka K, Więckowska B et al (2018) Incidence and characteristics of cataract surgery in Poland, during 2010–2015. *Int J Environ Res Public Health* 15:435. <https://doi.org/10.3390/ijerph15030435>
- Lansingh VC, Nano ME, Carter MJ et al (2014) Complexities and challenges of surgical data collection from cataract patients: comparison of cataract surgery rates between 2001 and 2008 in all provinces of Argentina. *Arq Bras Oftalmol* 77:25–29. <https://doi.org/10.5935/0004-2749.20140008>
- Wang W, Yan W, Fotis K et al (2016) Cataract surgical rate and socioeconomic: a global study. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 57:5872–5881. <https://doi.org/10.1167/iov.16-19894>
- Sousa DC, Leal I, Faria MY, Pinto LA (2016) A Rare manifestation of uveitis-glaucoma-hyphema syndrome. *J Curr glaucoma Pract* 10:76–8. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1205>
- Shingleton BJ, Yang Y, O'Donoghue MW (2013) Management and outcomes of intraocular lens dislocation in patients with pseudoexfoliation. *J Cataract Refract Surg* 39:984–993. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.01.044>
- Zhang L, Hood CT, Vrabcic JP et al (2014) Mechanisms for in-the-bag uveitis-glaucoma-hyphema syndrome. *J Cataract Refract Surg* 40:490–492. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.12.002>
- Kristianslund O, Råen M, Østern AE, Drolsum L (2017) Glaucoma and intraocular pressure in patients operated for late in-the-bag intraocular lens dislocation: a randomized clinical trial. *Am J Ophthalmol* 176:219–227. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.01.026>
- Edelhauser HF (2006) The balance between corneal transparency and edema: the proctor lecture. *Invest Ophthalmol Vis Sci* 47:1754–67. <https://doi.org/10.1167/iov.05-1139>
- Hoffer KJ, Kraff MC (1980) Normal endothelial cell count range. *Ophthalmology* 87:861–866. [https://doi.org/10.1016/S0161-6420\(80\)35149-X](https://doi.org/10.1016/S0161-6420(80)35149-X)
- Laing RA, Sandstrom MM, Berrosipi AR, Leibowitz HM (1976) Changes in the corneal endothelium as a function of age. *Exp Eye Res* 22:587–594. [https://doi.org/10.1016/0014-4835\(76\)90003-8](https://doi.org/10.1016/0014-4835(76)90003-8)
- Hiles DA, Biglan AW, Fetherolf EC (1979) Central corneal endothelial cell counts in children. *Am Intra-Ocular Implant Soc J* 5:292–300. [https://doi.org/10.1016/S0146-2776\(79\)80078-6](https://doi.org/10.1016/S0146-2776(79)80078-6)
- Yee RW, Matsuda M, Schultz RO, Edelhauser HF (1985) Changes in the normal corneal endothelial cellular pattern as a function of age. *Curr Eye Res* 4:671–678. <https://doi.org/10.3109/02713688509017661>
- Laule A, Cable MK, Hoffman CE, Hanna C (1978) Endothelial cell population changes of human cornea during life. *Arch Ophthalmol* 96:2031–2035. <https://doi.org/10.1001/archoph.1978.03910060419003>
- Nucci P, Brancato R, Mets MB, Shevell SK (1990) Normal endothelial cell density range in childhood. *Arch Ophthalmol* 108:247–248. <https://doi.org/10.1001/archoph.1990.01070040099039>
- Møller-Pedersen T (1997) A comparative study of human corneal keratocyte and endothelial cell density during aging. *Cornea* 16:333–338
- Hoffer KJ (2017) Corneal endothelial cell density in children: normative data from birth to 5 years old. *Am J Ophthalmol* 178:186. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2017.02.032>
- Elbaz U, Mireskandari K, Tehrani N et al (2017) Corneal endothelial cell density in children: normative data from birth to 5 years old. *Am J Ophthalmol* 173:134–138. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.09.036>
- Zheng T, Le Q, Hong J, Xu J (2016) Comparison of human corneal cell density by age and corneal location: an in vivo confocal microscopy study. *BMC Ophthalmol* 16:1–10. <https://doi.org/10.1186/s12886-016-0290-5>
- Tomaszewski BT, Zalewska R, Mariak Z (2014) Evaluation of the endothelial cell density and the central corneal thickness in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *J Ophthalmol* 2014:7. <https://doi.org/10.1155/2014/123683>
- Cho SW, Kim JM, Choi CY, Park KH (2009) Changes in corneal endothelial cell density in patients with normal-

- tension glaucoma. *Jpn J Ophthalmol* 53:569–573. <https://doi.org/10.1007/s10384-009-0740-1>
31. Alfawaz AM, Holland GN, Yu F et al (2016) Corneal endothelium in patients with anterior uveitis. *Ophthalmology* 123:1637–1645. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.04.036>
 32. Örnek N, Örnek K (2018) Corneal endothelial changes following a single session of selective laser trabeculoplasty for pseudoexfoliative glaucoma. *Int Ophthalmol* 38:2327–2333. <https://doi.org/10.1007/s10792-017-0730-0>
 33. Østern AE, Drolsum L (2012) Corneal endothelial cells 6–7 years following cataract surgery in patients with pseudoexfoliation syndrome. *Acta Ophthalmol* 90:408–411. <https://doi.org/10.1111/j.1755-3768.2010.02012.x>
 34. Lass JH, Benetz BA, Gal RL et al (2013) Donor age and factors related to endothelial cell loss 10 years after penetrating keratoplasty: Specular microscopy ancillary study. *Ophthalmology* 120:2428–2435. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2013.08.044>
 35. Lorente R, De Rojas V, Vazquez De Parga P et al (2010) Management of late spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation: retrospective analysis of 45 cases. *J Cataract Refract Surg* 36:1270–1282. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2010.01.035>
 36. Kristianslund O, Råen M, Østern AE, Drolsum L (2017) Late in-the-bag intraocular lens dislocation: a randomized clinical trial comparing lens repositioning and lens exchange. *Ophthalmology* 124:151–159. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2016.10.024>
 37. Davis D, Brubaker J, Espandar L et al (2009) Late in-the-bag spontaneous intraocular lens dislocation. evaluation of 86 consecutive cases. *Ophthalmology* 116:664–670. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2008.11.018>
 38. De Maria A, Wilmarth PA, David LL, Bassnett S (2017) Proteomic analysis of the bovine and human ciliary zonule. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 58:573–585. <https://doi.org/10.1167/iovs.16-20866>
 39. Aliò JL, Anania A, Sagnelli P (2008) The aging of the human lens. In: Cavallotti CAP, Cerulli L (ed) Age-related changes of the human eye. Humana Press, Totowa, pp 61–131
 40. Eum SJ, Kim MJ, Kim HK (2016) A Comparison of Clinical Outcomes of Dislocated Intraocular Lens Fixation between In Situ Refixation and Conventional Exchange Technique Combined with Vitrectomy. *J Ophthalmol* 2016. <https://doi.org/10.1155/2016/5942687>
 41. Werner L, Zaugg B, Neuhaan T et al (2012) In-the-bag capsular tension ring and intraocular lens subluxation or dislocation: a series of 23 cases. *Ophthalmology* 119:266–271. <https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2011.08.016>
 42. Streilein JW, Okamoto S, Sano Y, Taylor AW (2006) Neural control of ocular immune privilege. *Ann N Y Acad Sci* 917:297–306. <https://doi.org/10.1111/j.1749-6632.2000.tb05396.x>
 43. Mo JS, Anderson MG, Gregory M et al (2003) By altering ocular immune privilege, bone marrow-derived cells pathogenically contribute to DBA/2J pigmentary glaucoma. *J Exp Med* 197:1335–1344. <https://doi.org/10.1084/jem.20022041>
 44. Ibrahim O, Yagi-Yaguchi Y, Kakisu K et al (2019) Association of iris damage with reduction in corneal endothelial cell density after penetrating keratoplasty. *Cornea* 38:268–274. <https://doi.org/10.1097/ICO.0000000000001819>
 45. Yazu H, Yamaguchi T, Tsubota K, Shimazaki J (2019) Clinical factors for rapid endothelial cell loss after corneal transplantation: novel findings from the aqueous humor. *Curr Ophthalmol Rep* 7:89–97. <https://doi.org/10.1007/s40135-019-00204-1>
 46. Yagi-Yaguchi Y, Yamaguchi T, Higa K et al (2017) Association between corneal endothelial cell densities and elevated cytokine levels in the aqueous humor. *Sci Rep* 7:1–8. <https://doi.org/10.1038/s41598-017-14131-3>
 47. Bulnes BL, de Rojas Silva MV, Moore RL (2019) Intraocular pressure changes before and after surgery for spontaneous in-the-bag intraocular lens dislocation. *J Cataract Refract Surg* 45:305–311. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2018.10.038>
 48. Bryant TK, Feinberg EE, Peeler CE (2017) Uveitis-glaucoma-hyphema syndrome secondary to a soemmerring ring. *J Cataract Refract Surg* 43:985–987. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.07.002>
 49. Shingleton BJ, Neo YN, Cvintal V et al (2017) Outcome of phacoemulsification and intraocular lens implantation in eyes with pseudoexfoliation and weak zonules. *Acta Ophthalmol* 95:182–187. <https://doi.org/10.1111/aos.13110>
 50. Østern AE, Sandvik GF, Drolsum L (2014) Positioning of the posterior intraocular lens in the longer term following cataract surgery in eyes with and without pseudoexfoliation syndrome. *Acta Ophthalmol* 92:253–258. <https://doi.org/10.1111/aos.12025>
 51. Jakobsson G, Zetterberg M, Sundelin K, Stenevi U (2013) Surgical repositioning of intraocular lenses after late dislocation: complications, effect on intraocular pressure, and visual outcomes. *J Cataract Refract Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.06.023>
 52. Doors M, Berendschot TTJM, Webers CAB, Nuijts RMM (2010) Model to predict endothelial cell loss after iris-fixed phakic intraocular lens implantation. *Investig Ophthalmol Vis Sci* 51:811–815. <https://doi.org/10.1167/iovs.09-3981>
 53. Janson BJ, Alward WL, Kwon YH et al (2018) Glaucoma-associated corneal endothelial cell damage: a review. *Surv Ophthalmol* 63:500–506. <https://doi.org/10.1016/j.survophthal.2017.11.002>
 54. de Juan-Marcos L, Cabrillo-Estévez L, Escudero-Domínguez FA et al (2013) Morphometric changes of corneal endothelial cells in pseudoexfoliation syndrome and pseudoexfoliation glaucoma. *Arch la Soc Española Oftalmol* 88:439–444. <https://doi.org/10.1016/j.oftale.2013.11.008>
 55. Gagnon MM, Boisjoly HM, Brunette I, Charest MAM (1997) Corneal endothelial cell density in glaucoma. *Cornea* 16(3):314–318
 56. Sihota R, Lakshmaiah NC, Titilys JS et al (2003) Corneal endothelial status in the subtypes of primary angle closure glaucoma. *Clin Exp Ophthalmol* 31:492–495. <https://doi.org/10.1046/j.1442-9071.2003.00710.x>

Publisher's Note Springer Nature remains neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.

CASE REPORT

Novel microsurgical management of uveitis-glaucoma-hyphema syndrome

Vytautas Jasinskas · Renata Vaiciulienė · Aiste Varoniukaite · Martynas Speckauskas

Received: 15 February 2018 / Accepted: 16 June 2018 / Published online: 26 June 2018
© Springer Nature B.V. 2018

Abstract

Purpose To report a series of cases and microsurgical management of rarely occurring uveitis-glaucoma-hyphema (UGH) syndrome in patients with single-piece acrylic intraocular lens (IOL) placed in the capsular bag.

Methods It was a series of patients with UGH syndrome induced by posterior chamber IOL/capsular bag complex instability (pseudophakodonesis), who underwent IOL fixation to the iris. Visual acuity, intraocular pressure, number of glaucoma medications and IOL status (position) were recorded by the same protocol before and 6 months after the surgical treatment.

Results The case series presents three patients with UGH syndrome caused by single-piece acrylic IOL placed in-the-bag. Each patient had uneventful phacoemulsification with posterior chamber IOL

implantation few years ago and pseudophakodonesis caused by weakened zonules from pseudoexfoliation with subsequent development of UGH syndrome. IOL fixation to the iris with satisfactory postoperative results was performed due to the development of UGH. Signs of syndrome did not recur 6 months after the operation.

Conclusion UGH syndrome can be induced by unstable in-the-bag IOL due to zonular laxity. Depending on the severity of the syndrome, this condition can be fought by applying a minimally invasive approach—IOL suturing to the iris with direct observation under the surgical microscope precisely in the anticipated location with no or minimal pupil deformation. Symptoms of UGH did not recur due to increased stability of the IOL and, as a result of this, declined irritation of the uveal tissue.

Keywords Uveitis-glaucoma-hyphema syndrome · Acrylic single-piece intraocular lens · Pseudophakodonesis · Intraocular lens fixation to the iris

Poster: The XXXV Congress of the European Society of Cataract and Refractive Surgeons, October 2017, Lisbon, Portugal.

V. Jasinskas · R. Vaiciulienė (✉) · M. Speckauskas
Department of Ophthalmology, Medical Academy,
Lithuanian University of Health Sciences, Mickėvičiaus g.
9, 44307 Kaunas, Lithuania
e-mail: renata.vaiciulienė@lsmuni.lt

A. Varoniukaite
Medical Academy, Lithuanian University of Health
Sciences, Kaunas, Lithuania

Introduction

Uveitis-glaucoma-hyphema (UGH) syndrome is a rare, but potentially severe cataract surgery complication [1], first reported in 1978 by Ellingson and known as chafing of anterior segment structures—

mechanical iris trauma—by first-generation anterior chamber intraocular lenses (IOLs) [1, 2]. Although UGH syndrome is classically associated with anterior chamber IOL, reported cases of decentred or dislocated posterior chamber IOL/capsular bag complex have also been described as possible triggers [1, 3].

The incidence of this syndrome has declined from a mean of 2.2–3 to 0.4–1.2% thanks to improved IOL design, surgical techniques and increased usage of posterior chamber IOL [4]. A more recent study revealed that UGH syndrome was one of the most frequent indications for IOL exchange (11.9% from 109 cases over a period of 5 years) [5]. However, this complication is still relevant nowadays due to a growing number of people with a pseudophakic eye.

A typical cause is weakened zonules [often from pseudoexfoliation (PXF)] that allow pseudophakodonesis, which can irritate uveal tissue and cause development of UGH syndrome. Treatment of this condition depends on the severity of UGH syndrome and involves a conservative (anti-inflammatory and IOP lowering drugs) or a surgical approach.

In cases when UGH syndrome is strongly expressed, it may make sense to have a vitreoretinal surgery to remove the IOL. However, if the syndrome is mild and IOL is slightly decentred or pseudophakodonesis is observed, then an anterior approach is often successful.

We reported a series of three cases of UGH syndrome in patients with single-piece acrylic IOL placed in the capsular bag with pseudophakodonesis who did not respond sufficiently to conservative treatment and therefore have undergone a minimally invasive surgery (IOL suturing to the iris) to fix the problem.

Materials and methods

All procedures involving human participants were carried out according to the Declaration of Helsinki, and the study protocol was approved by the Lithuanian University of Health Sciences Review Board. Written informed consent was obtained from all the patients.

It was a series of patients with UGH syndrome induced by posterior chamber IOL/capsular bag complex instability (pseudophakodonesis), who underwent IOL fixation to the iris, performed by one

surgeon (V.J.) in 2017. Patients were examined by the same protocol before and 6 months after the surgical treatment. Demographic information (age and gender), data of original cataract surgery, other previous operations or laser procedures, ocular comorbidity, visual acuity, intraocular pressure (IOP), number of glaucoma medications and IOL status (position) were recorded.

Surgical technique

Two stab incisions in the clear cornea are performed along the anticipated path of the needle's entry and exit. 10-0 Polypropylene suture with a long curved needle (PC 10, ALCON) is used. The needle is passed through the first stab incision (Fig. 1a-1) and the pupil beneath the haptics and guided into the anterior chamber through the iris in a matched place for IOL fixation. IOL/capsular bag complex can be temporarily stabilized by planting a spatula behind it to facilitate puncture of a fibrosed capsular bag and to prevent subsequent damaging residual Zinn's zonules. A 27-gauge cannula is introduced through the distal paracentesis (Fig. 1a-2), and the needle is docked to facilitate exit. The needle is passed back into the eye through the same stab incision, iris (close to the first perforation), above IOL haptics, through the pupil into the anterior chamber and out of the eye through the first stab incision (Fig. 1b, c). At this moment, IOL haptic is encircled by the suture. With a microhook (Fig. 1d-3) which is introduced through the second stab incision, both sutures are hooked and pulled out of the eye. This is performed in the following manner: one suture (short) (Fig. 1e-4) is pulled out of the eye completely, while the second (long) one (Fig. 1e-5) is pulled out just to form a loop for making a throw. The first double throw is performed by wrapping a short suture end around the medial part of the loop (Fig. 1f). Both ends of the thread are pulled outside the eye, while the knot is formed inside the eye and beneath the iris (Fig. 1g). The long suture is repeatedly drawn through the second stab incision with a microhook to form a loop (Fig. 1h, i) and second double throw is performed (Fig. 1j). The third single throw is performed in the same manner. The ends of the suture are pulled away, bringing the third throw snugly into position without twisting (Fig. 1k). The ends of the suture are cut-off with vitrectomy scissors or knife

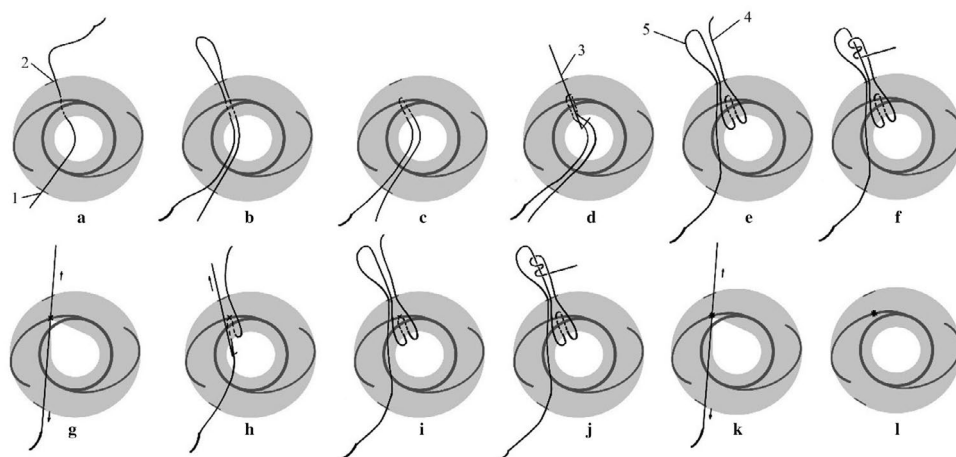


Fig. 1 Suture fixation of the haptics to the iris. **a** The needle is passed through the first stab incision and the pupil beneath the haptics and guided into anterior chamber through the iris in a matched place for IOL fixation. Then the needle is pulled out through the distal paracentesis. **b, c** The needle is passed back into the eye through the same stab incision, iris (close to the first perforation), above IOL haptics, through the pupil into anterior chamber and out of the eye through the first stab incision. **d** With a microhook which is introduced through second stab incision both sutures are hooked and pulled out of the eye. **e** One suture (short) is pulled out of the eye completely, while the second

(long) one is pulled out just to form a loop for making a throw. **f** First double throw is performed by wrapping short suture end around medial part of the loop. **g** Both ends of thread are pulled outside the eye, while the knot is formed inside the eye and beneath the iris. **h–j** The long suture is repeatedly drawn through second stab incision with a microhook to form a loop and second double throw is performed. **k** The ends of suture are pulled away, bringing the third throw snugly into position without twisting. **l** The ends of suture are cut-off with Ong scissors or knife inside the eye, and the knot is buried behind the iris

inside the eye and the knot is buried behind the iris. The pupil remains circular after the procedure.

Results

Case 1

A 72-year-old man was treated for blurring vision and ocular pain in the left eye. Such short-term episodes recurred six times in 8 months. There was no trauma history. Patient had uneventful phacoemulsification with posterior chamber IOL (Restor) implantation under topical anaesthesia in the left eye in 2008. During the examinations throughout the UGH syndrome episodes, his uncorrected visual acuity fluctuated from hand motion to 0.1. Intraocular pressure was observed from 20 to 40 mmHg with medication.

Anterior segment examination of the left eye revealed microhyphema, pseudoexfoliation on iris

papillary border, pseudophakodonesis, IOL optics well covered by the capsulorrhexis margin and transillumination defect on the iris temporal side (Fig. 2a).

Despite conservative treatment, UGH syndrome episodes recurred. Therefore, it was decided to perform fixation of IOL to the iris.

Six months after the surgery, symptoms of UGH syndrome did not recur, best corrected visual acuity at the last examination was 1.0, and intraocular pressure was 12 mmHg without antiglaucoma treatment. Anterior segment examination of the left eye revealed stable, slightly decentred posterior chamber IOL with temporal iris transillumination and small indentation of the iris at the site of fixation (Fig. 2a).

Case 2

A 67-year-old man was treated for UGH syndrome of the left eye. There was no trauma history. He had

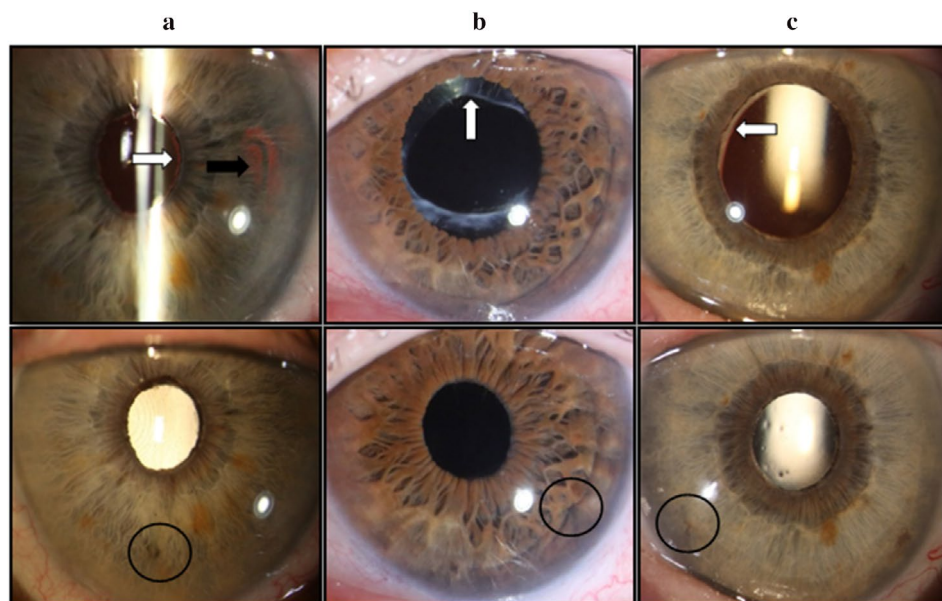


Fig. 2 Patients' eyes before (at the top) and after (at the bottom) intraocular lens fixation to the iris. Anterior segment photography demonstrates capsulorrhexis margin (white arrow),

transillumination defect of the iris (black arrow) and indentation of the iris in the site of fixation (black circle)

undergone uneventful phacoemulsification with posterior chamber IOL (AcrySof Natural) implantation under topical anaesthesia in the left eye in 2013. During the examinations throughout the UGH syndrome episode, his uncorrected visual acuity was hand motion, while intraocular pressure was 40 mmHg with medication.

Anterior segment examination of the left eye revealed hyphema and pseudophakodonesis of the posterior chamber IOL placed in the capsular bag and well covered by the capsulorrhexis margin (Fig. 2b).

Hyphema disappeared after the conservative treatment. However, due to the expressed pseudophakodonesis, it was decided to perform fixation of IOL to the iris.

Six months after the surgery, symptoms of UGH syndrome did not recur, best corrected visual acuity at the last examination was 1.0, and intraocular pressure was 18 mmHg without antiglaucoma treatment. Anterior segment examination of the left eye revealed stable perfect centred posterior chamber IOL with

small indentation of the iris at the site of fixation (Fig. 2b).

Case 3

A 72-year-old woman treated for UGH syndrome of the right eye. Short-term UGH episodes were assessed three times during 1 year. There was no trauma history. She had undergone uneventful phacoemulsification with posterior chamber IOL (AcrySof Natural) and capsule tension ring implantation under topical anaesthesia in the right eye at 2013. During the examinations throughout the episode, her uncorrected visual acuity fluctuated from 0.1 to 0.3. Intraocular pressure was 30 mmHg with antiglaucoma treatment.

Anterior segment examination of the left eye revealed microhyphema, pseudophakodonesis, posterior chamber IOL well covered by the capsulorrhexis margin (Fig. 2c).

Despite conservative treatment, UGH syndrome episodes recurred and a decision was made to suture IOL to the iris.

Six months after the surgery, symptoms of UGH syndrome did not recur, best corrected visual acuity at the last examination was 0.8, and intraocular pressure was 17 mmHg with antiglaucoma treatment (beta blockers two times per day). Anterior segment examination of the right eye revealed stable, perfectly centred posterior chamber IOL with small indentation of the iris at the site of fixation (Fig. 2c).

Discussion

Although single-piece acrylic IOL placed in-the-bag rarely cause UGH, we report a series of three similar cases. For these patients, IOL fixation to the iris with satisfactory postoperative results was performed. UGH syndrome did not recur 6 months after the surgery. We assume that it was achieved due to the increased stability of the IOL and the resulting disappearance of the irritation of the uveal tissue. However, before considering a treatment method, it is important to clarify the causes of UGH syndrome.

The main cause of UGH syndrome is mechanical chafing of uveal structures with IOL or artificial iris implants [6], leading to the breakdown of the blood-aqueous barrier and empowers cytokines to trigger an inflammatory cascade, causing a chronic inflammation as well as recurrent hyphema or microhyphemas and glaucoma [1]. Moreover, UGH syndrome is now known to be caused by the placement of a single-piece IOL in the sulcus. Single-piece IOL haptics is thick and massive, and the optic edges are square and abrasive, which allows contact and chafing with the posterior iris surface [1, 7]. In such cases, the best treatment option would be to remove or exchange the IOL.

Different causes with in-the-bag placement of a single-piece IOL linked to UGH syndrome development include: chafing of the iris by wrong position of IOL optic or haptic (e.g. IOL bending during loading) [8], iridociliary cyst [9], displacement of an IOL haptic caused by capsular bag contraction [10] or IOL-capsular bag complex dislocation in case of PXF syndrome [3]; chafing of the iris in relation to capsular bag fibrosis (especially combined with plateau iris configuration) [11] or formation of a Soemmering ring

[1]. An increasing cause of UGH is pseudophakodonesis from zonular laxity caused by PXF.

In such cases, various treatment options are available. Explantation or exchange of the implanted IOL has been the traditional surgical approach to UGH syndrome treatment [12]. However, the harm–benefit ratio and risk of potential complications of new surgery should be evaluated [13]. In cases where surgical treatment has to be postponed or cannot be performed, conservative first-line medical treatment methods include: topical corticosteroids to control anterior inflammation for uveitis; IOP lowering agents, such as beta-adrenergic antagonists, alpha-adrenergic agonists and carbonic anhydrase inhibitors for glaucoma medical management; cycloplegics and methods of head elevation or limited physical activity for hyphema [14].

As the studies suggest, there are more alternative methods to managing UGH syndrome other than IOL explantation, such as cyclophotocoagulation of the involved ciliary process or placement of a capsular tension ring to redistribute zonular tension [11]. Walland described in a case report that local laser iridoplasty was an option for the treatment of UGH syndrome, wherein solid-state (‘argon’) laser in two wedge patterns was applied to the iris on either side of haptic contact to avoid removal of the IOL. In that case, the surgical intervention was an attractive option, given excellent visual acuity and risks of surgical complications [15]. In another case report, Rech et al. used serial intracameral injections of anti-vascular endothelial growth factor agent bevacizumab to reduce inflammation and neovascularization to control UGH syndrome, because, despite its potential side effects, bevacizumab may benefit selected patients and offer a temporizing or long-term option to high-risk IOL manipulation cases [16].

We present the minimally invasive surgical treatment of UGH syndrome by fixing the IOL to the iris. This technique has advantages, such as IOL haptics (with surrounding capsule) being sutured to the iris under direct observation under the microscope, precisely in the anticipated location with no or minimal pupil deformation (Fig. 2) with the knot tied behind the iris. Fixation of dislocated IOL to the iris generally is performed in a ‘blind’ manner (when the needle is behind the iris). This may cause an improper localization of the haptic and suture to the iris in the unintended place. Furthermore, it is challenging to

penetrate the iris from behind close to the first prick. Also, the presence of fibrosed capsular bag makes the procedure more risky due to IOL luxation into the vitreous. The described surgical technique of additional stabilization of capsular bag/IOL complex with an instrument (spatula) in a surgery prevents damage to the remaining Zinn's zonules.

In conclusion, UGH syndrome can be induced by unstable in-the-bag IOL due to zonular laxity. Depending on the severity of the syndrome, this condition can be fought by applying minimally invasive approach—IOL suturing to the iris with direct observation under a surgical microscope, precisely in the anticipated location with no or minimal pupil deformation. Symptoms of UGH did not recur thanks to increased stability of the IOL and, as a result, declined irritation of the uveal tissue in our series.

Compliance with ethical standards

Conflict of interest The authors declare that they have no conflict of interest.

Ethical approval All procedures performed in studies involving human participants were in accordance with the ethical standards of the institutional research committee and with the 1964 Declaration of Helsinki and its later amendments or comparable ethical standards.

Informed consent Informed consent and consent form for case reports were obtained from all individual participants.

References

- Bryant TK, Feinberg EE, Peeler CE (2017) Uveitis–glaucoma–hyphema syndrome secondary to a Soemmerring ring. *J Cataract Refract Surg* 43:985–987. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2017.07.002>
- Ellingson FT (1978) The uveitis–glaucoma–hyphema syndrome associated with the Mark VIII anterior chamber lens implant. *J Am Intraocular Implant Soc* 4:50–53
- Sousa DC, Leal I, Faria MY, Pinto LA (2016) A rare manifestation of uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. *J Curr Glaucoma Pract* 10:76–78. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1205>
- Apple DJ, Mamalis N, Loftfield K et al (1984) Complications of intraocular lenses. A historical and histopathological review. *Surv Ophthalmol* 29:1–54
- Davies EC, Pineda R II (2016) Intraocular lens exchange surgery at a tertiary referral center: indications, complications, and visual outcomes. *J Cataract Refract Surg* 42:1262–1267. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.06.031>
- Arthur SN, Wright MM, Kramarevsky N et al (2009) Uveitis–glaucoma–hyphema syndrome and corneal decompensation in association with cosmetic iris implants. *Am J Ophthalmol* 148:790–793. <https://doi.org/10.1016/j.ajo.2009.06.008>
- Van Liefvering T, Van Oye R, Kestelyn P (1994) Uveitis–glaucoma–hyphema syndrome: a late complication of posterior chamber lenses. *Bull Soc Belge Ophthalmol* 252:61–65 (discussion 66)
- Boutboul S, Letaief I, Lalloum F et al (2008) Pigmentary glaucoma secondary to in-the-bag intraocular lens implantation. *J Cataract Refract Surg* 34:1595–1597. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2008.04.054>
- Foroozan R, Tabas JG, Moster ML (2003) Recurrent microhyphema despite intracapsular fixation of a posterior chamber intraocular lens. *J Cataract Refract Surg* 29:1632–1635
- Menapace R (2016) Peripheral iris transillumination defect and recurrent anterior chamber bleeding with bag-fixed intraocular lens: November consultation #1. *J Cataract Refract Surg* 42:1686. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2016.11.010>
- Zhang L, Hood CT, Vrabec JP et al (2014) Mechanisms for in-the-bag uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. *J Cataract Refract Surg*. <https://doi.org/10.1016/j.jcrs.2013.12.002>
- Mamalis N (2000) Explantation of intraocular lenses. *Curr Opin Ophthalmol* 11:289–295
- Van Mierlo C, Pinto LA, Stalmans I (2015) Surgical management of iatrogenic pigment dispersion glaucoma case series. *J Curr Glaucoma Pract* 9:28–32. <https://doi.org/10.5005/jp-journals-10008-1180>
- Zemba M, Camburu G (2017) Uveitis–glaucoma–hyphema syndrome. General review. *Rom J Ophthalmol* 61:11–17. <https://doi.org/10.22336/rjo.2017.3>
- Walland MJF (2017) Uveitis–glaucoma–hyphema (UGH) syndrome treated with local laser iridoplasty. *Clin Exp Ophthalmol* 45:647–648. <https://doi.org/10.1111/ceo.12928>
- Rech L, Heckler L, Damji KF (2014) Serial intracameral bevacizumab for uveitis–glaucoma–hyphema syndrome: a case report. *Can J Ophthalmol* 49:e160–e162. <https://doi.org/10.1016/j.jcjo.2014.09.010>

CURRICULUM VITAE

Name, Surname: Renata Vaičiulienė
Address: Eivenių g. 2, LT-50009 Kaunas, Lithuania
E-mail: renata.vaiciuliene@lsmu.lt

Education:

Since 2015	Department of Ophthalmology, Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, PhD studies
2015	Professional qualification of ophthalmologist
2012–2015	Department of Ophthalmology, Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, residency in ophthalmology
2012	Profession qualification of medical doctor
2012	Republic Klaipėda Hospital, medical internship
2012	Lithuanian University of Health Sciences, Medical Academy, Master's qualification degree in medicine and qualification of doctor

Current position:

Ophthalmologist at the Department of Ophthalmology, Hospital of Lithuanian University of Health Sciences, since 2015.

Membership of professional societies:

Lithuanian Ophthalmology Society
Kaunas Ophthalmological Society
Lithuanian Glaucoma Society

PADĖKA

Nuoširdžiai dėkoju šio mokslinio darbo vadovui, gerb. prof. habil. dr. Vytautui Jašinskui už nuoseklų vadovavimą, išvalgas, neįkainojamą pagalbą, patarimus, paskatinimą siekti aukščiausių rezultatų ir pasitikėjimą viso mokslinio darbo proceso metu. Visa tai ne tik praturtino mano akademines žinias, bet ir suteikė galimybę augti. Taip pat dėkoju už Jūsų pasidalytą klinikinę patirtį. Jūsų padovanoti rankų judesiai, atliekant mikrochirurgines operacijas, lydės mane visą gyvenimą. Ačiū už Jūsų žmogišką, guodžiantį ir besąlygišką rūpestį. Jūs esate mano specialybės Tėvas.

Taip pat esu labai dėkinga LSMU Kauno klinikų Akių ligų klinikos vadovei prof. dr. Redai Žemaitienei už vertingus patarimus, suteiktą pasitikėjimą bei galimybes dirbti ir tobulėti.

Nuoširdūs padėkos žodžiai skiriami LSMU Kauno klinikų Akių ligų klinikos Dienos chirurgijos skyriaus vadovei prof. dr. Daliai Žaliūnienei už pasitikėjimą ir besąlygišką globą. Be Jūsų pagalbos šis mokslinis darbas vargiai būtų išvydęs dienos šviesą.

Už šio mokslinio darbo recenziją, skirtą laiką ir vertingas išvalgas, kurios reikšmingai prisidėjo prie šio mokslinio darbo tobulinimo, esu labai dėkinga prof. habil. dr. Virgilijui Ulozui, dr. Martynui Špečkauskui ir doc. dr. Arvydui Gelžiniui.

Dėkoju LSMU Mokslo centro darbuotojoms ir jo vadovei prof. dr. Ingridai Ulozienei už pagalbą, supratingumą ir patarimus.

Už pagalbą atliekant tyrimus dėkoju draugėms dr. Daivai Paulavičiūtei–Baikštienei ir Aistei Varoniukaitei. Taip pat dėkoju Irenai Nedzelskienei už pagalbą analizuojant disertacijos duomenis.

Esu labai dėkinga vitreoretinalinės chirurgijos sektoriaus vadovui dr. Martynui Špečkauskui už visapusišką pagalbą ir palaikymą viso mokslinio darbo metu. Taip pat dėkoju šio sektoriaus gydytojams chirurgams Arūnui Miliauskui ir Sauliui Ačiui už patarimus ir suteiktą galimybę įtraukti į šį mokslinį darbą jų operuojamus pacientus.

Dėkoju kolegėms dr. Arijai Kalasauskienei, Linai Alūzaitei-Baranauskienei ir dr. Giedrei Pakulienei už palaikymą, optimizmą ir praskaidrinančius nuotaiką pokalbių. Už pagalbą klinikiniame darbe ir palaikymą dėkoju dr. Ugnei Rumelaitienei. Dėkoju bendražygei Akvilei Soškuvienei. Be tavęs, miela drauge, būtų buvę žymiai sunkiau ir niūriau. Taip pat dėkoju draugėms dr. Rūtai Mačiulaitienei ir Linai Krėpštei už išklausymą ir patarimus.

Didžiausią padėką skiriu savo šeimai. Pirmiausiai dėkoju savo tėveliams Irenai ir Vaclovui Pikturnams, kurie visų studijų metu ne tik domėjosi kiekviena smulkmena, bet ir buvo šalia, visapusiškai padėjo ir palaikė, suteikė

galimybę studijuoti ir siekti užsibrėžtų tikslų. Jei daugiau vaikų turėtų tokius tėvus kaip Jūs, pasaulyje būtų žymiai daugiau mokslų daktarų. Ačiū Jums už tai, kad šiandien esu kas esu. Taip pat dėkoju uošviams Sigutei ir Vytautui Vaičiuliams, Karolinai ir Arnui, geriausiems draugams Gailei, Tomui, Merkiui ir Kerniui už visokeriopą palaikymą, pagalbą bei tikėjimą manimi visus šiuos metus.

Iš visos širdies dėkoju savo vyrui Pauliui už meilę, supratimą, kantrybę, palaikymą, pastūmėjimą į priekį, buvimą šalia ir patvirtinimą, kad viskas bus gerai. Galiausiai, noriu padėkoti dukrytei Beatričei, kuri su beribe meile ir neišsemiama kantrybe laukė, kada vėl neribotai žaisime ir džiaugsimės kiekviena akimirka. Mylėsiu Tave amžinai.