

LATVIJAS UNIVERSITĀTE



Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultāte

**Zane Jansone-Langina**

**METODOLOĢIJAS IZSTRĀDE KATARAKTAS RADĪTO  
REDZES IZMAIŅU IZVĒRTĒŠANAI**

PROMOCIJAS DARBA KOPSAVILKUMS

Doktora grāda iegūšanai fizikas un astronomijas nozarē

Apakšnozare: medicīniskā fizika

Rīga, 2023

Promocijas darbs izstrādāts Latvijas Universitātes Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātē un Latvijas Universitātes Fizikas institūtā laika posmā no 2018. gada līdz 2023. gadam.

Darbs sastāv no ievada, trīs nodaļām, secinājumiem un literatūras saraksta.

Darba forma: publikāciju kopa fizikas, astronomijas un mehānikas nozarē, medicīniskajā fizikā

Darba zinātniskais vadītājs: Dr. habil. phys. Māris Ozoliņš

Darba recenzenti:

1) Dr. habil. phys. Jānis Spīgulis, Latvijas Universitāte

2) Dr. phys. Aleksejs Kataševs, Rīgas Tehniskā Universitāte, Latvija

3) Prof. Dr. Jan Kremers, Fridriha-Aleksandra Erlangenas – Nirnbergas universitāte, Vācija

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2023. gada 15. decembrī, Latvijas Universitātes fizikas un astronomijas nozares promocijas padomes atklātā sēdē.

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties Latvijas Universitātes Bibliotēkā Rīgā, Raiņa bulvārī 19.

LU fizikas un astronomijas zinātņu nozares promocijas

Padomes priekšsēdētāja: Dr. phys. Gunta Krūmiņa

Promocijas padomes sekretāre: Sintija Siliņa

Latvijas Universitāte, 2023

Zane Jansone-Langina, 2023

## ANOTĀCIJA

Šis darbs ir veltīts jaunas metodikas izstrādei, kataraktas progresēšanas uzraudzībai. Mūsdienās, kad jebkura simptomātiska katarakta ir operējama katarakta, ir pamatoti apzināt jaunas metodes ar kuru palīdzību var veikt kataraktas pacientu uzraudzību. Eksperimentāli ir pierādīts, ka ikdienas aktivitātes un krāsu redzes aptaujas anketas var būt papildu instruments, lai novērtētu pacientus ar kataraktu, un rezultāti uzrāda spēcīgu pozitīvu korelāciju ar tādiem klīniskiem testiem kā redzes asuma, kontrastjutības un krāsu redzes testi. Pamatojoties uz krāsu redzes jutības mērījumu rezultātiem, krāsu kauliņu izkārtojuma testi ir jutīgi, lai noteiktu krāsu redzes izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas. Pierādīts, ka krāsu redze jutība stabilizējās 2 līdz 6 mēnešus pēc kataraktas operācijas, bet pacienti subjektīvas krāsu redzes izmaiņa izjuta 2 nedēļas pēc kataraktas operācijas.

Eksperimentāli pierādīts, ka objektīvais gaismas izkliedes indeksa tests ir izmantojams kā papildus metode kataraktas tipu izšķiršanai. Iegūtie rezultāti sniedz veselības aprūpes speciālistiem labāku perspektīvu attiecībā uz pacientu pieredzi atkarībā no kataraktas tipa pirms un pēc kataraktas operācijas, saistībā ar krāsu redzi.

Iegūtie rezultāti tika publicēti 5 SCOPUS indeksētos zinātniskajos rakstos, un tie tika prezentēti 16 starptautiskās konferencēs un semināros.

**Atslēgas vārdi:** Katarakta, aptauja, krāsu redze, kontrastredze, gaismas izkliede

# SATURS

ANOTĀCIJA .....	3
Vispārīgs darba raksturojums .....	5
Ievads .....	5
Gaismas izkliede acī .....	7
Promocijas darba mērķis un uzdevumi .....	11
Promocijas darbā iekļautās zinātniskās publikācijas.....	11
Dalība konferencēs.....	11
Autora ieguldījums.....	13
Promocijas darba saturs .....	13
Pētījuma novitāte .....	14
Izmantotās metodes.....	14
1. Dzīves kvalitātes izvērtēšana pirms un pēc kataraktas operācijas .....	15
1.1. Literatūras pārskats .....	15
1.2. Metode "Dzīves kvalitātes novērtēšana" .....	16
1.3. Rezultāti .....	17
1.4. Metode "Subjektīva krāsu redzes novērtēšana" .....	20
1.5. Rezultāti .....	21
2. Kontrastjutības izmaiņas kataraktas dēļ .....	23
2.1. Literatūras pārskats .....	23
2.2. Metode .....	24
2.3. Rezultāti .....	26
3. Krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas. ....	29
3.1. Literatūras pārskats .....	29
3.2. Metode .....	30
3.3. Rezultāti .....	33
4. Krāsu redzes testa korelācija ar krāsu redzes anketu .....	37
4.1. Literatūras pārskats .....	37
4.2. Metode .....	38
4.3. Rezultāti .....	38
METODOLOĢIJA KATARAKTAS UN TĀS RADĪTO REDZES FUNKCIJU IZMAIŅU IZVĒRTĒŠANAI .....	39
KOPSAVILKUMS.....	41
TĒZES .....	42
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	43
PAPILDUS INFORMĀCIJA .....	48
PATEICĪBAS .....	49

# Vispārīgs darba raksturojums

## Ievads

Katarakta ir acs lēcas vai tās kapsulas apduļķošanās. Tā ir izplatīta acu saslimšana pēc 40 gadu vecuma un joprojām ir galvenais vājredzības un akluma cēlonis visā pasaulē.[1,2] Tiek prognozēts, ka neveselīga dzīvesveida dēļ, kataraktas izplatība uz 2050. gadu palielināsies 2 reizes. Katarakta veidojas, kad acs lēcas nešķīstošās olbaltumvielas sāk sadalīties un salipt kopā, veidojot lēcas apduļķojumus.[3] Galvenie kataraktas riska faktori ir novecošanās, ģenētika, smēķēšana, alkohola lietošana, metabolisma problēmas u. c.[4] Eiropā 1 gada laikā tiek veiktas 4,7 miljoni operācijas, bet Latvijā katru gadu tiek veiktas aptuveni 30 000 kataraktas operācijas.[4]

Kataraktu var klasificēt, pamatojoties uz apduļķojuma atrašanās vietu acs lēcā. Trīs visbiežāk sastopamie kataraktas veidi ir: kodola (apduļķojums lēcas kodolā), garozas (ķīļveida apduļķojums vai svītras uz lēcu garozas perifērijā) un aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta (apduļķojums lēcas aizmugurējā polā vai tās daļā).[1] Šie veidi var rasties atsevišķi vai kombinācijā. Kataraktas attīstība ir atkarīga no kataraktas veida un citiem faktoriem, piemēram, vispārējās veselības stāvokļa un vides faktoriem.[3,5] Kodola katarakta parasti progresē lēnāk, bet aizmugurējās virsmas subkapsulārā (PSC) katarakta progresē straujāk nekā garozas un kodola katarakta.[5] Pēc iespējas ātrāk likvidējot kataraktu, pacients samazina risku, ka ievērojami pasliktināsies dzīves kvalitāte kataraktas dēļ, attīstīsies sekundāra glaukoma (palielināts acs intraokulārā šķidrums daudzums), pasliktināsies redze un nebūs iespējams strādāt (samazinās nodokļu iemaksas valstij). Ar kataraktas attīstību ir saistīti arī tādi vispārēji veselības traucējumi kā hipertensija (paaugstināts asinsspiediens) un diabēts. Hipertensija var izraisīt pārmaiņas acs lēcas kapsulā un jonu transportā, acs lēcas epitēlija šūnās, kā arī oksidatīvo brīvo radikāļu palielināšanos.[6] Citi pētījumi liecina, ka pastāv saistība starp aptaukošanos, hiperlipidēmiju (palielināts lipīdu daudzums asinīs) un kataraktu, īpaši PSC kataraktas veidu.[7] Mūsdienās kad cilvēki kļūst mazkustīgāki, vairāk slimo, ēd neveselīgi – kataraktas pieaugums ir sagaidāms un tas var būtiski ietekmēt veselības sistēmas noslodzi.

Kataraktas ārstēšana ir apduļķotās acs lēcas ķirurģiska izņemšana un tās aizstāšana ar intraokulāro lēcu (IOL). Bet nozarē nav vienota viedokļa, kad rekomendēt kataraktas operāciju. Literatūrā minētais redzes asuma sliekšnis, kurā rekomendē veikt kataraktas operāciju, ir 0,5 decimālās vienības vai sliktāks. Samazināts redzes asums, kombinācijā ar kataraktas simptomiem, refrakcijas atšķirību starp acīm vai 79 gadu vecums, arī ir biežs iemesls kad tiek rekomendēta kataraktas operācija.[8-10] 2021. gadā Amerikas Oftalmoloģijas Akadēmija izstrādāja jaunas vadlīnijas, kurās noteikts, ka "jebkāda veida simptomātiska katarakta tiek uzskatīta par operējamu kataraktu".[1] Iepriekš klīniskie testi, piemēram, redzes asums un objektīvā acs refrakcijas, tika izmantoti, lai novērtētu kataraktas progresēšanu, un bija kā zelta standarts tās izvērtēšanā.[8-11] Redzes funkcijas var novērtēt, izmantojot standarta redzes asuma vai kontrastjutības testus, taču šie testi var neaptvert visas ikdienas darbības un pacientu sūdzības.[12] Pacientam var būt ļoti labs redzes asums tumšā telpā, kurā veic redzes pārbaudi, bet gaišā telpā redzes asums ir ievērojami zemāks. Spilgtā apgaismojumā katarakta var izraisīt apžilbšanu, kas var traucēt pacienta pārvietošanos ar automašīnu. Pacientam, kurš sūdzas par redzes pasliktināšanos un kuram ir novērojamas lēcas izmaiņas, kontrastjutības pārbaude var parādīt ievērojamu redzes funkcijas zudumu, lai arī redzes asuma tests, viens pats, to neuzrādītu. Klīnisko testu kopa ir būtiski kataraktas progresijas izvērtēšanai, bet viens tests

individuāli nevar nosegt visus iespējamus kataraktas simptomus. Tāpēc ir svarīgi atrast jaunas metodes, kā redzes aprūpes speciālisti var novērtēt kataraktas progresēšanu, aptverot visas ikdienas dzīves aktivitātes, un salīdzināt šos subjektīvos rezultātus ar klīniskajiem testiem. Jo ātrāk tiek diagnosticēta katarakta vai novērotas negatīvas izmaiņas tās dinamikā, jo ātrāk pacientam var veikt operāciju. Kataraktas operācija samazinās pacienta sūdzības un uzlabos dzīves kvalitāti. Primārās redzes aprūpes speciālisti (piem., optometrists, ģimenes ārsts, māsiņa) var veikt kataraktas uzraudzību, bet ir nepieciešams izvērtēt klīnisko testu lietderīgumu izmaiņu diagnosticēšanā.

Mūsdienās kataraktu diagnosticē acu ārsts (oftalmologs), veicot subjektīvu acs lēcas izvērtēšanu ar spraugas lampu, bet tās diagnosticēšanai netiek izmantotas objektīvas metodes.[1] Acs lēcas apskate ar spraugas lampu ir subjektīva metode, kura balstās uz speciālista pieredzi, zināšanām. Veicot izmeklēšanu ar spraugas lampu, ir apgrūtināti iespēja izvērtēt apduļķojuma attīstību mazās izšķirtspējas dēļ. Pētījumi ir demonstrējuši daudzsološus rezultātus kataraktas diagnostikā ar aberometrijas metodi (attēla kropļojuma izvērtēšana optiskajā sistēmā). Analizējot acs optisko elementu izraisītos gaismas viļņu frontes deformācijas, ir iespējams novērot salīdzinoši mazus apduļķojumus acs lēcā.[13,14] Vesela acs lēca rada negatīvas sfēriskas aberācijas, kompensējot radzenes pozitīvās aberācijas. Veidojoties kataraktai, sfērisku aberāciju vērtība kļūst pozitīvāka. Aberometrijas pielietojums būtu īpaši noderīgs pacientiem ar labiem redzes asumiem, bet izteiktām sūdzībām, kuras varētu būt radušās kataraktas dēļ. Nozares literatūrā ir atrodami tikai daži pētījumi, ar mazu pacientu skaitu, tāpēc ir nepieciešams veikt papildu datu analīzi, lai labāk saprastu vai metode varētu tikt ieviesta ikdienā kā standarta metode kataraktas diagnostikai.[15,16] Pašlaik aberometrijas metode tiek izmantota acs intraokulārās lēcas izvēlē, bet ne kataraktas diagnostikā.[16] Aberometrijas ierīces nav pieejamas lielākajā daļā acu klīniku un optometrijas praksēs to dārdzību dēļ. Tāpēc ir būtiski atrast jaunas, pieejamas metodes, ar kuru palīdzību primārās aprūpes speciālisti var diagnosticēt un novērot kataraktas progresiju.

Ārstēšanas gala rezultāts ir svarīgs, un attiecas uz katru pacientu. Veiksmīga rezultāta kritēriji var atšķirties atkarībā no pacienta vajadzībām, dzīvesveida un veselības stāvokļa. Rezultāti var ietvert redzes simptomu samazināšanos, redzes funkciju uzlabošanu, vēlamo refrakcijas stāvokļa sasniegšanu (piem., labu redzi tālumā, briļļu lietošanu tuvumā) un mentālās veselības uzlabošanu.[2,17] Pēc kataraktas izņemšanas cilvēki var vieglāk un patstāvīgāk veikt ikdienas uzdevumus, tostarp tādas darbības kā automašīnas vadīšanu, lasīšanu un televizora skatīšanu. Pētījumi liecina, ka mentālā veselība, fiziskās funkcijas un dzīves kvalitāte var uzlaboties, ja veicot kataraktas operāciju, tiek atjaunotas redzes funkcijas.[18-25] Tomēr literatūrā trūkst informācijas par pacientu apmierinātību pirms un pēc kataraktas operācijas, pie dažādiem kataraktas veidiem, kam ir būtiska nozīme operācijas rekomendēšanā, vai pēc-operācijas sagaidāmā stāvokļa skaidrošanā. Tāpēc ir nepieciešams izstrādāt metodoloģiju un jaunas metodes, ar kuru palīdzību precīzāk būtu iespēja izvērtēt pacientu simptomus, redzes funkcijas, optiskos parametrus. Rezultāti sniegtu skaidrojumu pacientu sūdzībām un kalpotu kā rīks kataraktas diagnostikai, uzraudzībai un operācijas rekomendēšanai.

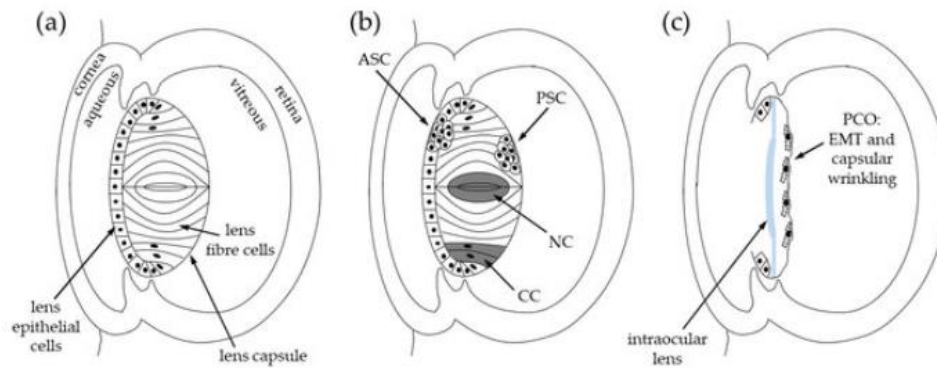
## Gaismas izkliede acī

Katarakta parasti attīstās lēni un sākumā var neradīt ar redzi saistītus simptomus. Bieži sastopamie simptomi ir redzes asuma samazināšanās, bieža optiskās korekcijas maiņa, apzīlbums, monokulāra dubultošanās, krāsu redzes izmaiņas, kontrastaredzes samazināšanās vidējās un augstās telpiskās frekvencēs. Atkarībā no apduļķojuma atrašanās vietas, katarakta var ietekmēt redzi dažādi, izraisot atšķirīgus simptomus katram tās veidam. Ja apduļķojums atrodas lēcas centrā (kodola katarakta), tā var vairāk ietekmēt redzes asumu tālumā nekā tuvumā. Ja apduļķojums ir spieķveidīgs (garozas katarakta), pacienti var sūdzēties par apzīlbumu un monokulāru dubultošanos (skatīt att.1).[1,5] Ja apduļķojums atrodas tieši lēcas aizmugurējās kapsulas centrā (PSC), tā var izraisīt būtiskus redzes traucējumus, ja apduļķojums skar optisko asi.(skatīt att.2) Kataraktas izteiktības (stadijas) dēļ var atšķirties tādu simptomu smagums kā redzes asums, kontrasta samazināšanās, spožums un krāsu redzes traucējums.[26]



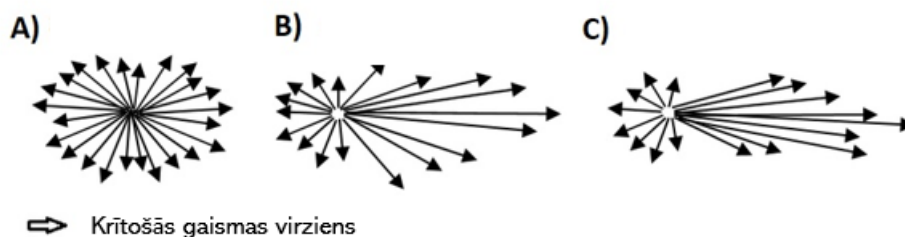
**1.attēls** Kataraktas veidi: kodola (A), garozas (B) un aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta (C).[27-29]

Jāņem vērā, ka cilvēka acs nav perfekta optiskā sistēma; to ietekmē difrakcija, aberācija un gaismas izkliede.[30] Jebkuras acu patoloģiskas izmaiņas, kuras ietekmē optiskās struktūras, palielina acī izkliedi. Piem., gados vecākiem pacientiem ir novērots paaugstināts gaismas izkliedes līmenis acī. Tādējādi, izkliede darbojas kā papildu ierobežojums acs optiskās sistēmas izšķirtspējai, un izkliedes mērījums būtu jāievieš arī klīniskajā praksē kā rutīnas izmeklējumu. Gaismas izkliede acī rodas nelielas optiskas nevienmērības dēļ, kuras maina gaismas sākotnējo trajektoriju acs iekšienē, to atšķirīgo gaismas laušanas koeficienta dēļ.[30-33] Šīs nevienmērības ietekmēs gaismas izplatīšanos acī un pasliktina attēla kvalitāti uz tīklenes, samazina redzes asumu un rada apzīlšanu. Mazie elementi, kā daļiņas, svešķermeņi, blīvuma izmaiņas un acs optisko komponentu nelīdzenās virsmas, var kalpot kā mikroskopiski izkliedētāji to nevienmērības dēļ. Ir vērts atzīmēt, ka acs lēca sastāv no šūnām un saistaudiem, kuros var būt nelīdzenumi, kas aptuveni atbilst gaismas viļņa garumam. Šīs nelielās neatbilstības var pasliktināt attēla kvalitāti uz tīklenes, izraisot tīklenes izkliedētas gaismas “miglu”. Pētījumos ir atrastas 1,4 μm lielas daļiņas acs lēcā, kuras būtiski veicina gaismas izkliedi acī.[33-35]



**2.attēls.** Cilvēka acs lēcas shematisks zīmējums. Attēlā (a) demonstrēta vesela cilvēka acs: melni punktiņi raksturo epitēlija šūnas uz acs lēcas garozas, līnijas – lēcas šķiedras. Attēls (b) raksturo kataraktas veidus: priekšējās virsmas subkapsulāro katarakta (ASC), kodola (NC), garozas (CC) un aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta (PSC). Attēlā (c) demonstrēta intraokulāro lēcu, kura atrodas acs lēcas kapsulas maisā, pēc kataraktas operācijas.[34]

Gaismas izkliede acī var būt atkarīga no acs struktūru formas, izmēra, gaismas laušanas indeksa acs iekšējā vidē. Ja daļiņu izmērs ir līdzīgs gaismas viļņa garumam, tiek piemērota Mī izkliedes aproksimācija, un lielākā daļa izkliedētās gaismas tiek vērsta uz priekšu (skatīt att.3). [34,35] Cilvēkam novecojot, acs lēcas centrālajā daļā olbaltumvielas salīp, veidojot multilamerālus ķermenīšus. Tiem ir sfēriska formas un atrodas lēcas ekvatoriālajā asī lēcas kodolā. Ir novērots, ka multilamerālie ķermenīši rada Mī gaismas izkliedi. Ja izkliedes elementi ir ievērojami mazāki par gaismas viļņa garumu, tiek izmantota Releja aproksimācija.[36-38] Releja izkliede notiek gan virzienā uz priekšu, gan atpakaļ. Releja izkliede ir atkarīga no gaismas viļņa garuma ( $1/\lambda^4$ ). Ja daļiņu izmērs ievērojami pārsniedz gaismas viļņa garumu, gaisma galvenokārt tiek izkliedēta atpakaļ virzienā (no  $30^\circ$  līdz  $180^\circ$ ), un var piemērot ģeometrisku aproksimāciju.[35,39-41] Mī izkliede ir precīza jebkuras dimensijas sfēriskām daļiņām, savukārt Releja izkliede ir precīza tikai ļoti sīkām daļiņām, neatkarīgi no tā vai tās ir sfēriskas vai nē, kas ir mazākas par desmito daļu no krītošās gaismas viļņa garuma. Releja izkliede ir novērojama acs lēcā, bet galvenokārt acī gaismas izkliedi izraisa lielākas daļiņas, kurām ir samazināta atkarība no viļņa garuma.



**3. attēls** Izkliedes veidi, pamatojoties uz daļiņu izmēriem. Izkliedes modelis Releja izkliedei (A), kuru daļiņu izmērs ir mazāks par  $1/10$  no krītošā viļņa garuma, galvenokārt ir Releja (A), Daļiņām, kas ir lielākas par krītošā viļņa garumu, notiek Mī izkliede (B un C). Mī izkliedes modelis lielāku daļiņu dēļ ir vairāk fokusēts uz priekšu, palielinoties daļiņu izmēram (C).

Intraokulāro izkliedi var iedalīt divās kategorijās atkarībā no tā, kā tā maina ienākošās gaismas virzienu. Ja novirzes leņķis ir mazāks par  $90^\circ$ , to sauc par priekšējo gaismas izkliedi (FLS). FLS sasniedz tīklieni, radot samazinātu spilgtumu, ko bieži sauc par izkliedētu gaismu. Tas



samazina attēla kontrastu uz tīklenes un var ietekmēt redzes asumu. Ja novirzes leņķis pārsniedz 90°, gaisma neskar tīklieni. Šo stāvokli sauc par atgriezenisko gaismas izkliedi (BLS).[38,39] Kataraktai veidojoties FLS palielinās, BLS samazinās. Pacientiem pēc kataraktas operācijas var novērot palielinātu FLS vērtību, ja uz acs lēcas aizmugurējās virsmas kapsulas veidojas apduļķojumi (sekundāra katarakta). Veids, kā intraokulārā izkliede mainās atkarībā no ieejošās gaismas leņķa raksturo *Stiles-Holladay* vienādojums:

$$L_{eq} = k * E_{glare} * \theta^{-n}, \quad (1)$$

kur  $L_{eq}$  ir ekvivalentais fonam pēc izklijes ( $cd/m^2$ ) un  $E_{glare}$  ir spožums, ko rada objekts zīlītes plaknē (lux).  $\theta$  ir leņķis starp izklijes avotu un skatīšanās virzienu;  $k$  reizinātājs, kurš ir atkarīgs no vecuma (cilvēkam 70 gadu vecumā  $k = 20,21$  vienības; 25 gadu vecumā  $k = 10$  vienības), bet  $n$  ir koeficients, kas var mainīties atkarībā no atspīduma avota leņķiskā novietojuma pret redzes asi ( $n = 2,3-0,07*(\log(\theta))$ ).

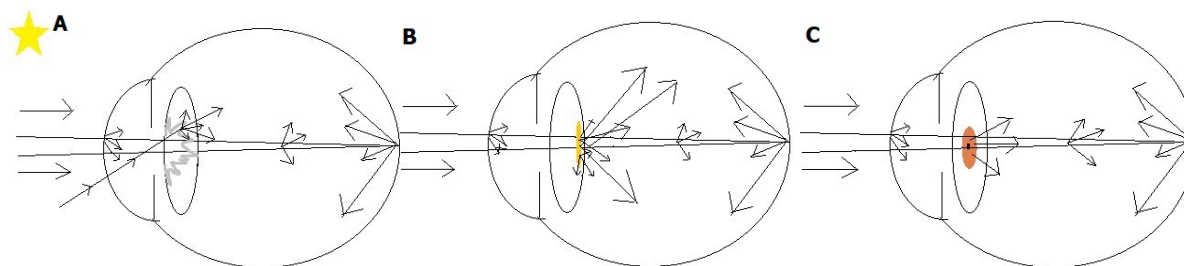
Ja uz tīklenes tiek attēlots gaismas punkts, gaismas sadalījumu uz tīklenes sauc par punkta izklijes funkciju (PSF). PSF var iedalīt divās zonās: centrālā zona, kas ietekmē uz tīklenes projicēto attēla asumu, un perifēriju (ārējā zona), kas nosaka attēla apžilbšanas jutību un kontrastu. Centrālo maksimumu galvenokārt ietekmē optiskās aberācijas, tostarp defokuss, astigmātisms. Gaismu, kas skar perifēriju, piem. leņķi kas pārsniedz 1 grādu, parasti sauc par izklijētu gaismu. Punktu izklijes funkciju var aprēķināt kā:

$$PSF_{acī}(\theta, A, p) = \frac{10}{\theta^3} + \left(\frac{5}{\theta^5} + 0,1 * \frac{p}{\theta}\right) \left(1 + \left(\frac{A}{62,5}\right)^4\right) + 0,0025 * p, \quad (1)$$

kur  $A$  ir pacienta vecums,  $p$  ir parametrs, kurš ir atkarīgs no pacienta acu krāsas (zila acu krāsa  $p = 1,2$  vienības; zili-zaļa  $p = 1$ ; brūna acu krāsa  $p = 0,5$  vienības), skatīšanās leņķis  $\theta$  (grādi).

Pacientiem ar aizmugurējās virsmas subkapsulāro kataraktu ir novērojama vislielākā gaismas izkliede acī, garozas kataraktai vismazākā.[38,39]

Acs lēcā esošās šķiedru membrāna un olbaltumvielu krāšanās šūnu citoplazmā, rada ievērojamu gaismas laušanas koeficienta atšķirību. Pētījumi apliecina, ka pastiprināta gaismas izkliede rodas gaismas laušanas koeficientu atšķirības dēļ, kura visizteiktāk ir novērojama aizmugurējā acs lēcas pola saslimšanu gadījumā.[40-43] Aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas gadījumā blīvuma izmaiņas apduļķojumā ir izteiktas, radot ievērojamu gaismas laušanas indeksa atšķirību. (skatīt att. 4) Pētījumi ir pierādījuši, ka pacientiem ar PSC redzes asums var būt labs, bet ir novērojama izteikta gaismas izkliede, kura samazina kontrastredzi ievērojami. Kodola kataraktas gadījumā, gaismas laušanas indeksa izmaiņas ir maznozīmīgas. Kodola kataraktai veidojoties, tiek novērota olbaltumvielu uzkrāšanās centrālajā daļā, histoloģiskās izmaiņas nerada gaismas laušanas indeksa būtisku pieaugumu.[45] Gaismas izkliede acī ir maznozīmīga, ja vien lēcas kodols nav noslīdējis (vēlīna kataraktas stadijā), radot izteiktu lēcas šķiedru bojājumus. Sākotnējā garozas kataraktas gadījumā izteikta gaismas izkliede nav novērojama. Lai arī garozas kataraktas apduļķojums ir spieķveidīgs, tie nav dziļi un blīvumā līdzīgi.



**4. attēls** Acs modeļa shēma garozas – pelēks apduļķojums (A), aizmugurējās virsmas subkapsulārai – dzeltens apduļķojums (B) un kodola kataraktai – dzeltenīgi brūns apduļķojums (C). Shēma demonstrē krītošo gaismas staru izkliedi acī. Gaismas tiek izkliedēta radzenes, asaru slāņa, lēcas, stiklveida ķermeņa un tīklenes nelielo, optisko nevienādību dēļ. Garozas kataraktas gadījumā (A) gaismas izkliede ir nozīmīgāka, ja krītošā gaisma iet caur apduļķojumu acs lēcas perifērijā (pelēka zona). Aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas apduļķojums (B) atrodas acs lēcas aizmugurējā polā. Apduļķojums ir blīvs un starpšūnu telpā ir novērojamas būtiskas gaismas laušanas indeksa atšķirības, kas izraisa nozīmīgu gaismas izkliedi (dzeltena zona). Kodola kataraktas gadījumā (C), apduļķojums atrodas lēcas centrā (brūna zona). Apduļķojuma laušanas indekss ir nenozīmīgi atšķirīgs no pārējās lēcas gaismas laušanas indeksa, neradot ievērojamu gaismas izkliedi.

Cilvēkam novecojot, palielinās acs lēcas gaismas absorbcija. Katarakta var absorbēt vairāk gaismas nekā vesela lēca, ja tā ir blīva, brūnas vai dzeltenas krāsas. Tā rezultātā samazinās gaismas daudzums, kas sasniedz tīkmeni, un redze kļūst blāvāka, kā arī, tiek absorbēta vairāk gaisma īso viļņu spektrā. Tas var izraisīt arī dzeltenāku vai brūnāku krāsu uztveri.[44-46] Matemātiski ir sarežģīti raksturot kataraktas lēcas absorbciju, jo acs lēca nav viendabīgs masas, bet gan sarežģīta, daudzslāņaina struktūra ar dažādām īpašībām dažādos dziļumos. Tāpat, precīzs lēcas sastāvs, tostarp olbaltumvielu sadalījums un koncentrācija, mainās līdz ar vecumu un ir atkarīga no cilvēka vispārējās veselības.[47]

Lai gūtu ieskatu par acs lēcas absorbciju var izmantot *Monte Carlo* simulācijas.[48] *Monte Carlo* metode ir statistiska metode, kas balstās uz nejaušu skaitļu ģenerēšanu, lai iegūtu noteiktus rezultātus. Simulācijas var izmantot, lai modelētu gaismas absorbciju acs lēcā, izsekojot fotonu ceļu tam iekļūstot acī dažādos virzienos un leņķis. *Monte Carlo* metode ir spēcīga, jo tā ļauj mums izprast kompleksas sistēmas kā kataraktu, kuras varētu būt grūti vai pat neiespējami analizēt ar tradicionālām matemātiskām metodēm. Bet tā kā metode balstās uz nejaušībām, tai ir nepieciešams liels skaitļošanas jauda, lai iegūtu precīzus rezultātus. *Monte Carlo* simulācijai ir būtiska nozīme medicīniskajos pētījumos, piemēram, saprotot, kā aizsargāt aci no kaitīgā starojuma vai izprast, kā dažādi starojumi var ietekmēt acu veselību.[48,49] Simulācijā var tikt definēta aprakstot:

1. Acu lēcas ģeometriju un sastāvu (absorbcijas, izkliedes koeficients).
2. Fotonu avota īpašības, piemēram, to enerģiju, viļņa garumu un izkliedes leņķi.
3. Fotonu un acs lēcas mijiedarbības likumus (piemēram, varbūtība, ka fotons tiek absorbēts, izkliedēts vai izraisa citu reakciju).

Pēc tam metodē tiek simulēti daudzi fotoni, izsekojot katram individuāli, kad tie iekļūst lēcā. Beigās tiek veikta datu apkopošana – cik fotonu tika absorbēti, cik izkliedēti. Lai iegūtu statistiski nozīmīgus rezultātus, šo procesu ir nepieciešams atkārtot simtiem tūkstošiem vai pat miljoniem reižu. Diemžēl literatūrā nav atrodamī pētījumi par *Monte Carlo* simulācijas rezultātiem kataraktas pacientiem.[48,49]

## Promocijas darba mērķis un uzdevumi

Promocijas darba mērķis ir izstrādāt metodoloģiju, ar kuras palīdzību redzes aprūpes speciālisti var pilnvērtīgāk izvērtēt kataraktas progresiju, ņemot vērā klīniskos testus un pacientu subjektīvo sajūtu novērtējumu.

Galvenie promocijas darba uzdevumi ir:

- 1) Izstrādāt un izvērtēt anketu pielietojamību kataraktas pacientu aprūpē;
- 2) Izvērtēt pacientu subjektīvo sajūtu korelāciju ar klīniskajiem redzes aprūpes testiem (krāsu redze, redzes asums, kontrastredze);
- 3) Izvērtēt, kurš krāsu redzes tests optometristu praksē ir visjutīgākais, lai izvērtētu krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas ;
- 4) Izvērtēt acs gaismas izkliedes koeficienta pielietojamību kataraktas veida diagnostikā;

## Promocijas darbā iekļautās zinātniskās publikācijas

### *Rezultātu aprobācija*

[dis 1] **Jansone-Langina, Z.**, Solomatin, A., Ozolinsh, M., Solomatins, M., Krumina, G. (2023) Quality of life assessment for nuclear cortical posterior subcapsular patients before and after cataract surgery, *Journal of Optometry* – apstiprināta publicēšanai 12.03.2023.

[dis 2] **Jansone-Langina, Z.**, Ozolinsh, M. (2023) Color vision sensitivity screening before and one week after cataract removal surgery, Proc. SPIE 12627, *Translational Biophotonics: Diagnostics and Therapeutics III*, 126271K. doi: 10.1117/12.2672952

[dis 3] **Jansone-Langina, Z.**, Ozolinsh, M., (2023) Evaluation of Color Vision Related Quality of Life Changes Due to Cataract Surgery, *J. Opt. Soc. Am. A*, 40, A139-A148. doi: 10.1364/JOSAA.477090

[dis 4] **Jansone-Langina, Z.**, Truksa, R., Ozolins, M., Solomatin, A., Solomatins, I. (2022) Contrast sensitivity at different background brightness levels and objective scattering index changes in patients before and after cataract removal surgery, Proc SPIE, *Tissue Optics and Photonics II*, 121470B. doi:10.1117/12.2624513

[dis 5] **Jansone, Z.**, Truksa, R., Ozolinsh, M. (2020) Visual acuity and color discrimination in patients with cataracts, *J. Opt. Soc. Am. A*, 37, A212-A216. doi:10.1364/JOSAA.382397

### Dalība konferencēs

[conf 1] **Jansone-Langina, Z.** & Ozolinsh, M. (2023) Colour vision screening test sensitivity before and one week after cataract, Scottish Vision Group 2023, Dundee, UK

[conf 2] **Jansone Langina, Z.** & Ozolinsh, M. (2022 ) Cataract type dependence on lens thickness parameter, AVA Virtual Christmas, Nottingham, UK

[conf 3] **Jansone-Langina, Z.**, Truksa , R., Ozolins, M., Solomatin, A., & Solomatins, I. (2022). Contrast sensitivity at different background brightness levels and objective scattering index changes in patients before and after cataract removal surgery, SPIE Photonics Europe 2022, Strasbourg, France

[conf 4] **Jansone Langina, Z.**, Mikelsons, R. & Gertnere, J. (2022). Differences of corneal biomechanical parameters for keratoconus patients, SPIE Photonics Europe 2022, Strasbourg, France

[conf 5] **Jansone-Langina, Z.**, Solomatin, A., Jurjane, M., Solomatins, M., Solomatins, I. (2022) Quality of life assessment before and after cataract surgery, EAOO 2022, EAOO & ECOO General Assembly, Dublin, Ireland

[conf 6] **Jansone-Langina, Z.**, Ozolinsh, M., Truksa, R., Fomins, S. (2022) Contrast sensitivity changes at different background brightness levels in patients before and after cataract removal surgery, AVA Virtual Christmas meeting, London, UK

[conf 7] **Jansone-Langina, Z.**, Ozolinsh, M., Truksa, R., Fomins, S. (2022) Evaluation of color vision related quality of life changes due to cataract surgery, ICVS 2022, Heraklion, Greece

[conf 8] **Jansone-Langina, Z.** (2022) Dzīves kvalitātes izvērtēšana pirms un pēc kataraktas operācijas, LOOA un Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas, Latvijas Universitātes 80. starptautiskā zinātniskā konference, Rīga, Latvia

[conf 9] **Jansone-Langina, Z.** (2021) Diagnostics of near vision functions for children, See the future 2021, Rīga, Latvia

[conf 10] **Jansone-Langina, Z.**, Truksa, R., Jurjane, M. (2021) Colour vision sensitivity changes one week after cataract removal surgery, European Academy of Optometry and Optics HELSINKI 2021, Helsinki, Finland

[conf 11] **Jansone-Langina, Z.** (2021) Kontrast redzes izmaiņas pacientiem pirms un pēc kataraktas operācijas, Cilvēka fizioloģijas un uztveres sekcijas un LU un LOOA klīniski praktiskās konferences tēžu krājums, Latvijas Universitātes 79. starptautiskā zinātniskā konference, Rīga, Latvia

[conf 12] **Jansone, Z.** (2019) Development of a comparative eye structure table, Developments in Optics and Communications 2019, Rīga, Latvia

[conf 13] **Jansone, Z.** & Ozolinsh, M. (2019) Visual acuity, colour discrimination in patient with cataract, 25th Symposium of the International Colour Vision Society, Rīga, Latvia

[conf 14] **Jansone, Z.** & Ozolinsh, M. (2018) Effects of cataract surgery on patient color vision sensitivity, 10th Conference of the Lithuanian Neuroscience Association (LNA) and 2nd International Symposium on Visual Physiology, Environment and Perception (VisPEP), Vilnius, Lithuania

[conf 15] **Jansone, Z.** & Ozoliņš, M. (2018) Patient color vision sensitivity changes before and after cataract surgery, Developments in Optics and Communications 2018, Rīga, Latvia

[conf 16] **Jansone, Z.**, Ozoliņš, M., Laganovska, G. (2017) Colour sensitivity changes before and after cataract surgery, AVA Applied scientist association Xmas 2017 meeting, London, UK

## Iesaiste un pateicība zinātniskajiem projektiem

1. Līdzdalība Latvijas Universitātes akadēmiskā personāla atjaunošanā un kompetences pilnveidē saskaņā ar līgumu No. 8.2.2.0/18/A/010, reģistrācijas Nr. ESS2018/289. Projektu finansē saskaņā ar īpašo atbalsta mērķi 8.2.2. “Stiprināt augstākās izglītības institūciju akadēmisko personālu stratēģiskās specializācijas jomās”.

## Autora ieguldījums

Promocijas darba ietvaros autore tika iesaistīta visās pētnieciskajās darbībās, ieskaitot eksperimentālās daļas izstrādi un realizāciju, rezultātu apstrādi un citus aprakstītās metodikas darba posmus.

Autore patstāvīgi izstrādāja metodiku, eksperimentus [dis1, dis2, dis3, dis 4, dis 5] un veica kataraktas pacientu rezultātu analītiskos novērtējumus. Autore bija galvenā persona visu eksperimentu īstenošanā, rezultātu apstrādē un secinājumu izdarīšanā. Autore ir visu piecu minēto publikāciju korespondējošais autors. Autore patstāvīgi rakstīja publikācijas, pētniecības priekšlikumus un veidoja sadarbību ar acu klīnikām Latvijā (Dr. Solomatina acu rehabilitācijas un redzes korekcijas centrs, Dr. Lūkina acu centrs, Paula Stradiņa Klīniskā universitātes slimnīca).

## Promocijas darba saturs

Promocijas darbs sastāv no pētījumiem, kas aprakstīti piecās publikācijās. Promocijas darba kopsavilkums ir izklāstīts četrās galvenajās nodaļās – kataraktas pacientu aptaujas anketas izstrāde un pielietojamības novērtēšana (1. nodaļa), kontrastjutības izmaiņas kataraktas dēļ (2. nodaļa), krāsu redzes testu jutība krāsu redzes izmaiņu noteikšanai, pirms un pēc kataraktas operācijas (3. nodaļa) un pacientu subjektīvo sajūtu novērtēšanas salīdzinājums, ar krāsu redzes testa rezultātiem (4. nodaļa).

**Pirmās nodaļas** sākumā ir aprakstīta pētījuma pamatojums un līdz šim veiktie pētījumi kataraktas diagnostikā un jaunākās vadlīnijas, norādot uz nepieciešamību atrast jaunus veidus kataraktas progresēšanas uzraudzībai laika gaitā. Nodaļa turpinās ar dzīves kvalitātes un krāsu redzes novērtēšanas anketu metodoloģiju, izmantojot *Visual Function-14* (VF-14) un jaunizstrādāto krāsu redzes anketu. Tālāk ir aprakstīti rezultāti, kuri raksturo trīs kataraktas veidu radītās atšķirības subjektīvajās sajūtās, veicot ikdienas darbības.

**Otrajā nodaļā** aprakstīts pētījums, kurā aplūkoti faktori, kuri varētu ietekmēt pirmās nodaļas minētos aptaujas anketu rezultātus, piemēram, kontrastjutība un gaismas izkliede acī. Šāds pētījums līdz šim nav publicēts un raksturo pacientu kontrastjutību dažādos fona spožuma līmeņos (piemēram, telefoniem, datoriem). Nodaļas turpinājumā aprakstīts kā gaismas izklijes indekss korelē ar kataraktas veidu un var kalpot kā objektīva metode kataraktas veida izšķiršanai.

**Trešā nodaļa** sākas ar literatūras apskatu, kurš raksturo krāsu redzes jutības izmaiņas kataraktas dēļ. Nodaļā aprakstīts kā krāsu redzes testēšana var būt noderīga optometristu praksē. Rezultāti liecina, ka krāsu sakārtošanas testi ir jutīgi krāsu redzes izmaiņu noteikšanai pirms un pēc kataraktas operācijas, un var kalpot kā papildus metode kataraktas progresēšanas uzraudzībai.

Bet, lai labāk izprastu pacientu subjektīvās sūdzības un to saistību ar klīnisko testu rezultātiem, **ceturtajā** nodaļā tika izvērtēta korelācija starp krāsu redzes aptaujas anketas rezultātiem un krāsu redzes testiem.

Galvenie secinājumi ir izklāstīti šī kopsavilkuma beigās. Pēc secinājumiem ir sniegta pateicība un izmantotās literatūras saraksts.

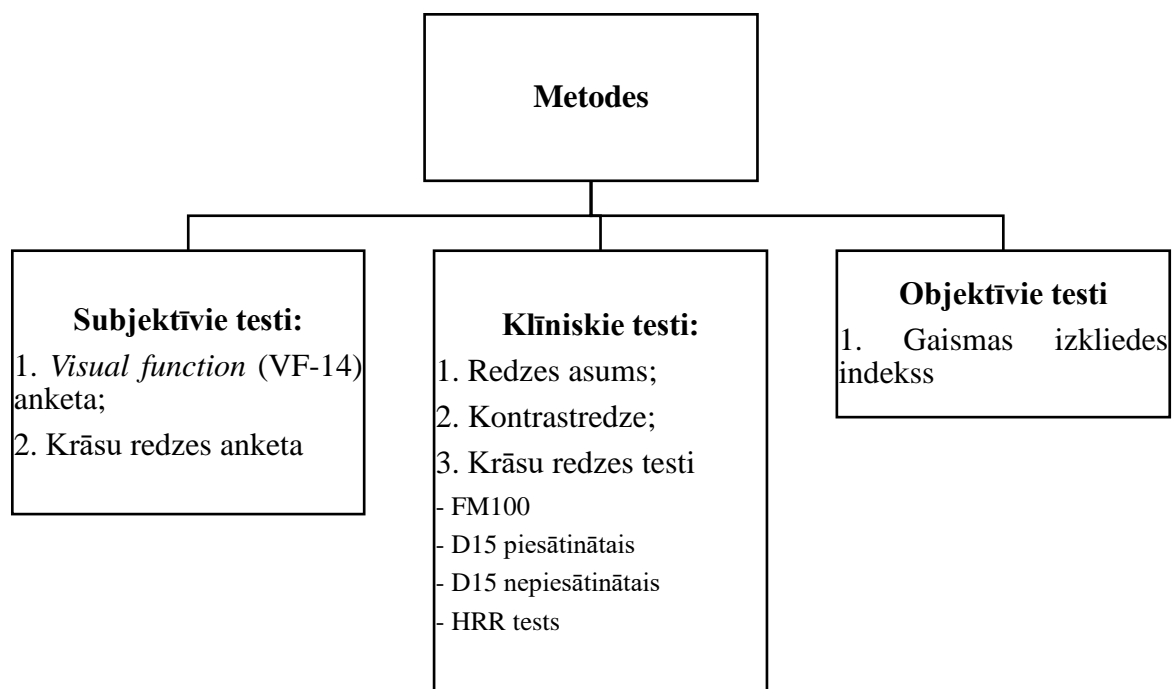
## **Pētījuma novitāte**

Šajā pētījumā iegūto rezultātu zinātnisko novitāti apliecina pieci raksti un piecas konferenču tēzes, kuras ir publicētas SCOPUS datubāzē indeksētos, starptautiskos žurnālos.

Autore ir publicējusi oriģinālu zinātnisku darbu, kurā aprakstīta subjektīvas anketas izmantošana kataraktas novērtēšanai Latvijas iedzīvotāju vidū. Šī anketa ir ieviesta divās Latvijas klīnikās un ir ieteikta vispārējās veselības aprūpes speciālistiem, kataraktas progresēšanas novērtēšanai. Promocijas darba rezultāti parāda testus, kuri varētu kalpot kā objektīvāka metode un būtu izmantojama kā kritērijs, kataraktas operācijas rekomendēšanai optometristiem visā pasaulē. Pētījuma rezultāti apraksta saikni starp pacienta subjektīvajām sajūtām un klīnisko testu rezultātiem, un sniedz papildus rīkus, piemēram, krāsu redzes un gaismas izkliedi testus, kataraktas progresēšanas novērtēšanai dinamikā.

## **Izmantotās metodes**

Lai izstrādātu metodoloģiju, tika izvērtēti subjektīvie, objektīvie un klīniskie testi un to pielietojumu kataraktas diagnostikā un uzraudzībā:



Kopumā promocijas darbā aprakstīti 571 kataraktas pacientu (924 acu) rezultāti. Pacienti ar papildu acu saslimšanām kā vecumu saistītu makulas deģenerāciju, diabētisko retinopātiju, glaukomu un optisko neirītu, no pētījuma tika izslēgti, un to rezultāti nav apskatīti publikācijās. Pacientu acs struktūras pirms un pēc kataraktas operācijas novērtēja oftalmologs, izmantojot spraugas lampu, lēcas fotogrāfiju, priekšējo un aizmugurējo acs koherento tomogrāfiju (*Zeiss Cirrus 6000*). Pētījuma dalībnieki sniedza rakstisku piekrišanu datu izmantošanai promocijas darbā, ievērojot Helsinku deklarācijas principus, un to apstiprināja Latvijas Universitātes Ētikas komiteja.

## 1. Dzīves kvalitātes izvērtēšana pirms un pēc kataraktas operācijas

### 1.1. Literatūras pārskats

Mūsdienās, kad jebkura simptomātiska katarakta ir ķirurģiska saslimšana, subjektīvas pacientu sūdzības var kalpot par iemeslu, lai apsvērtu kataraktas operāciju. Pacienti var subjektīvi novērtēt kataraktas ietekmi uz savām redzes funkcijām, ziņojot par savu funkcionālo stāvokli vai redzes grūtībām. Pacientu anketēšana var būt noderīga metode, lai salīdzinātu objektīvos un subjektīvos testu rezultātus. Anketēšana pašlaik nav standarta izmeklēšanas metode, vērsot vairāk uzmanības uz klīniskajiem redzes testiem, izmeklējot kataraktas pacientus. Bet mainoties vadlīnijām [1], ir nepieciešams pilnveidot redzes pārbaudes plānu, nodrošinot visaptverošu pārbaudi (objektīvie, klīniskie, subjektīvie testi). Anketas palīdz uzraudzīt kataraktas progresēšanu dinamikā un pacientu sūdzību saistību ar kataraktas esamību.[1,42] Laika gaitā pacienti var pielāgoties redzes traucējumiem un nepamanīt funkcionālo pasliktināšanos, kas rodas kataraktai pakāpeniski progresējot, piem. sākotnējās kataraktas stadijās. [18,24] Krāsu redzes jutības izmaiņas pirms kataraktas operācijas ir pakāpeniskas, un pacienti tās nepamana.[50,51] Tomēr dažādi kataraktas veidi var radīt dažādas sūdzības. Anketas var kalpot kā rīks pacienta pārliecināšanai, ka kataraktas operācija ir nepieciešama, jo ir novērojamas vērā ņemamas dzīves kvalitātes izmaiņas.

Mūsu pētījuma mērķis bija novērtēt pacientu subjektīvo dzīves kvalitāti pirms un pēc kataraktas operācijas. Eksperiments tika sadalīts divās daļās; pirmkārt, tika aplūkota pacientu subjektīvo sajūtu aptaujas anketas, un tika izvērtētas atšķirības starp pacientu atbildēm kodola, garozas un aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas esamības dēļ, kas iepriekš nozares literatūrā nav apskatīts.[dis 1] Otrkārt, tika izstrādāta jauna aptaujas anketa, kas koncentrējās uz ikdienas aktivitātēm, kuras bija saistītas ar krāsu redzi. Pētījuma mērķis bija saprast vai pacienti ar kataraktu subjektīvi izjūt krāsu redzes izmaiņas.[dis 3] Mūsu pētījuma rezultāti var kalpot kā informatīvs materiāls acu veselības speciālistiem, lai palīdzētu sagatavot pacientu pēc operācijas periodā, skaidrojot kas viņu sagaida pēc kataraktas izņemšanas, atkarībā no kataraktas veida. Kā arī iegūtie rezultāti var kalpot kā pētniecības rīks kataraktas izvērtēšanai dinamikā. Līdz šim Latvijā ikdienas dzīves aktivitāšu aptauju anketas kā kataraktas izvērtēšanas rīks netika izmantotas, bet, pateicoties iegūtajiem rezultātiem, tika ieviestas kā standarta metode divās Latvijas acu klīnikās.

## 1.2. Metode "Dzīves kvalitātes novērtēšana"

Pētījumā tika analizēti 210 kataraktas pacienti (420 acis, vidējais vecums  $64 \pm 6$  gadi). Visi pacienti tika iedalīti 3 grupās atkarībā no kataraktas veida: kodolu ( $n = 80$  pacientu; 160 acis), garozas ( $n = 70$ ; 140 acis), aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta ( $n = 60$ ; 120 acis). Oftalmologs noteica kataraktas veidu, bet pacientu medicīniskajā kartē informācija par kataraktas pakāpi netika minēta, tāpēc šajā pētījumā tas nav apskatīts. Pacientam tika veikta kataraktas operācija abās acīs ar divu dienu nobīdi. Visiem pacientiem ķirurgi implantēja monofokālu (vienas distances) intraokulāro lēcu, ar mērķa refrakciju 0 dioptrijas. Pirms un pēc kataraktas operācijas pacientu redzes asums tika mērīts monokulāri, izmantojot Snellena tabulu (decimālās vienībās). Optometrists apkopoja datus par redzes asumu tālumā un tuvumā, kā arī informāciju par pacienta acs refrakciju un optisko korekciju pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas. Visiem pacientiem tika novērtēta binokulārā redze un stereo redze gan pirms, gan pēc kataraktas operācijas.

Lai labāk izprastu pacientu subjektīvās sajūtas pirms un pēc kataraktas operācijas, datu apkopošanai mēs izmantojām *Visual Function-14* (VF-14).[18,52] VF-14 ir īsa anketa, kas ir īpaši izstrādāta, lai novērtētu kataraktas izraisītos pacientu funkcionālos traucējumus un nav zelta standarts kataraktas izvērtēšanā. Anketa ietver 14 jautājumus, kas attiecas uz dažādām ikdienas darbībām, piemēram, dažāda izmēra drukas lasīšanu, cilvēku atpazīšanu, braukšanu ar automašīnu u. c. Pacientiem ir jānovērtē sava sajūtas atbildes formā atzīmējot: nē = 4; jā, ar nelielām grūtībām = 3; jā, ar vidēji lielām grūtībām = 2; jā, ar lielām grūtībām = 1; es nespēju veikt šo darbību = 0; tukšs, ja jautājums nav piemērojams. Aptaujas punktu skaitu aprēķina, summētās atbildes dalot ar derīgo atbilžu skaitu un reizinot ar 25. Galīgais punktu skaits ir no 0 līdz 100. Rezultāts 100 norāda uz spēju veikt visas piemērojamās darbības, 0 norāda uz nespēju tās veikt. Rezultāti no 0 līdz 29 norāda uz smagiem; 30 līdz 74 - vidēji smagiem; 75 līdz 98 - viegliem; 99 līdz 100 - bez redzes traucējumiem.



### 1.3. Rezultāti

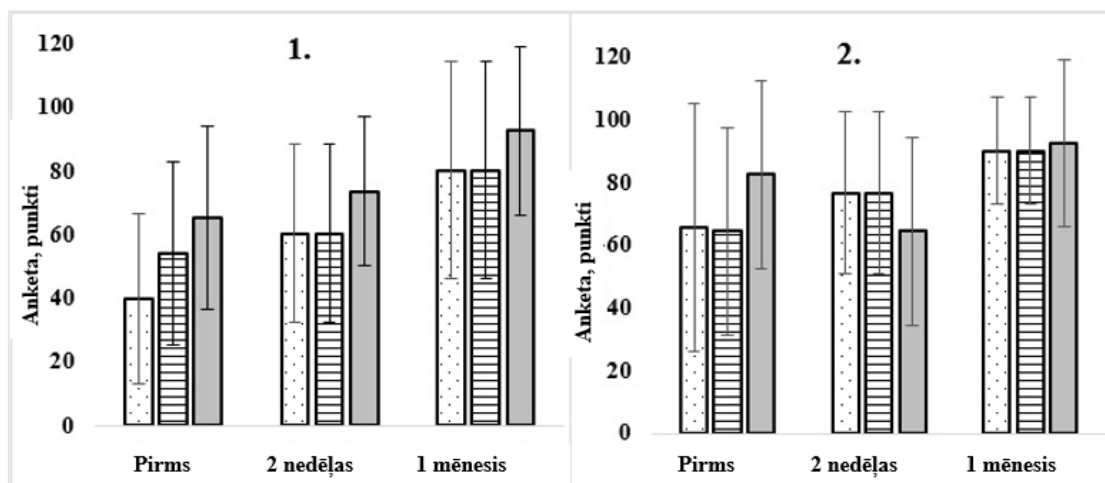
Pētījumā tika analizēta kataraktas ietekme uz pacientu subjektīvo dzīves kvalitāti.[dis 1] Pirms kataraktas operācijas pacienti ziņoja par ievērojamām problēmām ar sīku teksta lasīšanu. Anketas pirmā jautājuma rezultāts uzrādīja zemāko punktu vērtību, salīdzinājumā ar citiem anketas jautājumiem. Pēc kataraktas operācijas pacientiem bija novērojams būtisks uzlabojums gan 2 nedēļu, gan 1 mēneša kontroles vizītē (sk. 1. tabulu).

**1.tabula** VF – 14 aptaujas anketas vidējie rezultāti ,kopā ar to standartnovirzēm, pirms un pēc kataraktas operācijas. Tabulā aprakstītas pacientu atbildes (n = 210) pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas. Anketas vērtējums analizēts, salīdzinot dažādu pēcpārbaudes periodu atbildes. *P* vērtības treknrakstā norāda uz statistiski nozīmīgu atšķirību starp aptaujas anketas vērtējumu dažādos laika periodos.

Jautājuma nr.	Anketu rezultāti, punkti			<i>p</i> vērtība		
	Pirms operācijas	2 nedēļas	1 mēnesis	Pirms / 2 nedēļas	2 nedēļas / 1 mēnesis	Pirms / 1 mēnesis
1.	41 ± 29	67 ± 26	87 ± 26	<0.01	<0.01	<0.01
2.	64 ± 34	79 ± 24	91 ± 31	<0.01	<0.01	<0.01
3.	85 ± 28	93 ± 16	92 ± 18	<0.01	<0.01	0.23
4.	88 ± 22	95 ± 14	81 ± 18	<0.01	0.38	<0.01
5.	91 ± 18	96 ± 12	85 ± 22	0.34	<0.01	0.33
6.	88 ± 18	92 ± 16	86 ± 20	<0.01	0.21	<0.01
7.	61 ± 30	79 ± 24	92 ± 16	<0.01	<0.01	<0.01
8.	70 ± 29	81 ± 24	94 ± 15	<0.01	<0.01	<0.01
9.	71 ± 25	88 ± 26	87 ± 21	<0.01	<0.01	<0.01
10.	83 ± 25	94 ± 14	88 ± 20	0.02	0.08	0.41
11.	90 ± 18	89 ± 20	85 ± 22	<0.01	0.24	<0.01
12.	77 ± 24	87 ± 24	77 ± 36	<0.01	<0.01	0.07
13.	80 ± 27	76 ± 29	76 ± 33	0.06	0.32	0.04
14.	78 ± 25	82 ± 31	77 ± 33	0.34	0.32	0.44

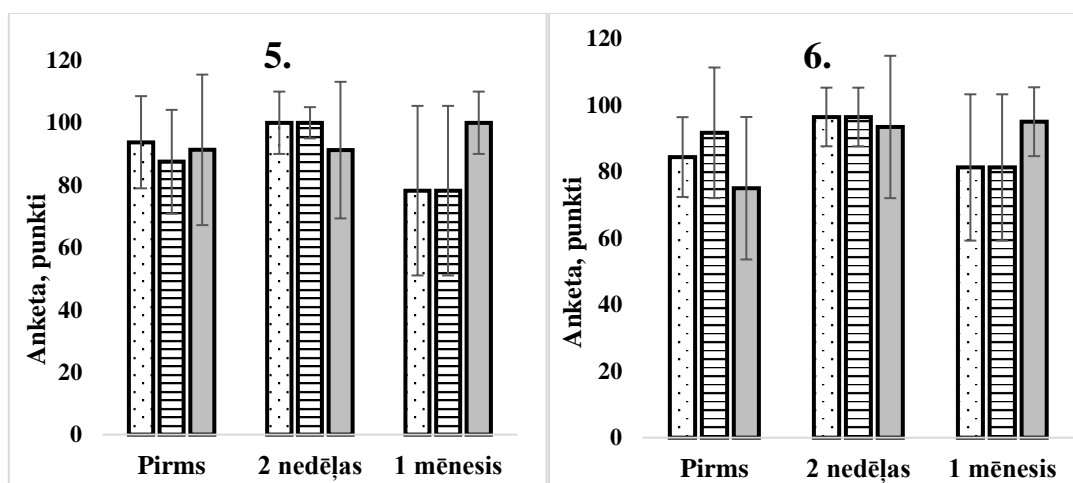
Pirms kataraktas operācijas un 2 nedēļas pēc kataraktas operācijas garozas un kodola kataraktas pacientiem bija viszemākā subjektīvā apmierinātība ar mazo, drukāto burtu lasīšanu (1. jaut.). Tomēr statistiski nozīmīgas atšķirības, starp aptaujas rezultātiem pirms un 2 nedēļas pēc operācijas, netika novērotas. Garozas kataraktas grupā pēc kataraktas operācijas bija novērojams vislielākais uzlabojums pirmajā jautājumā (sk. 5. att.).

Pēc kataraktas operācijas pacientiem ievērojami uzlabojās vidēja izmēra burtu lasīšana (2. jautājums). Nebija statistiski nozīmīgas atšķirības starp triju kataraktas grupu aptaujas punktu vērtējumiem pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas ( $p > 0,05$ ). Divas nedēļas pēc operācijas, pacienti ar aizmugurējās virsmas subkapsulāro kataraktu ziņoja, par subjektīvu lasīšanas aktivitātes sūdzību palielināšanos, kuras bija samazinājušās 1 mēnesi pēc operācijas.



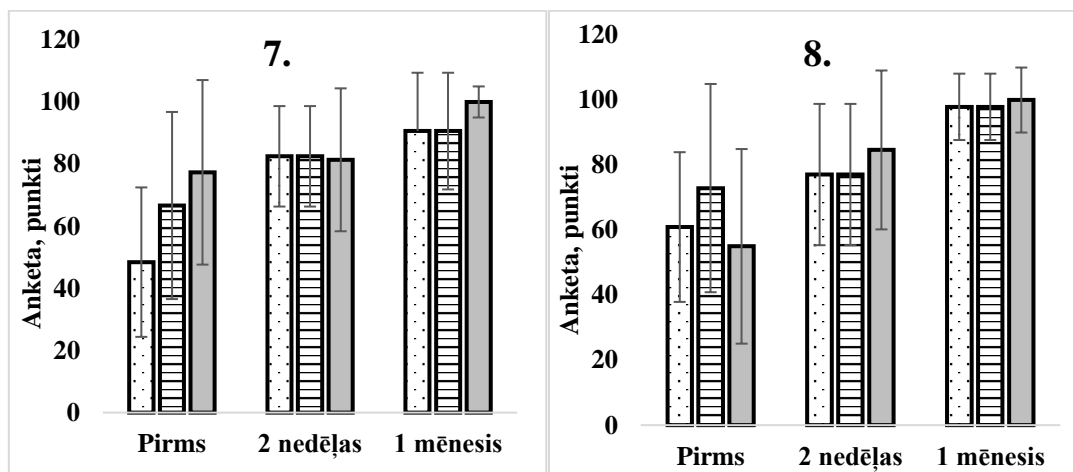
**5. attēls.** Pacientu aptaujas anketu atbildes pirmajam (pa kreisi) un otrajam (pa labi) jautājumam. Attēlā parādītas pacientu ( $n = 210$ ) atbildes pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas. Punktētā joslas atbilst garozas ( $n = 80$ ), līnijveida joslas – kodola ( $n = 70$ ) un pelēkas krāsas – aizmugurējās subkapsulārās kataraktas pacientu atbildēm ( $n = 60$ ) dažādos laika periodos. Pirmajā jautājumā pirms operācijas, garozas kataraktas pacientiem bija vissliktākās subjektīvās sajūtas par sīkas drukas lasīšanu. Otrajā jautājumā starp kataraktas grupām nebija novērota statistiski nozīmīga atšķirība visos laika periodos ( $p > 0,05$ ).

Pirms un pēc kataraktas operācijas visiem pacientiem bija binokulāra redze un stereo redze, kas tika mērīta ar Vorsa, polarizācijas testu tālumā. Pirms operācijas kodola kataraktas pacientiem bija statistiski nozīmīgi atšķirīgs aptaujas punktu skaits salīdzinājumā ar PSC ( $p = 0,04$ ). Divas nedēļas pēc kataraktas operācijas kodola kataraktas grupai bija vislielākais aptaujas anketas rezultātu uzlabojums (samazinātas sūdzības) piektajā jautājumā (kāpšana pa kāpnēm), bet nebija statistiski nozīmīgas atšķirības salīdzinājumā ar PSC un garozas kataraktas grupām (sk. 6. att.). Vienu mēnesi pēc kataraktas operācijas netika novērota statistiski būtiska atšķirība starp kataraktas grupām, bet aptaujas anketas vērtējums krasi samazinājās un uzrādīja lielu standartnovirzi.



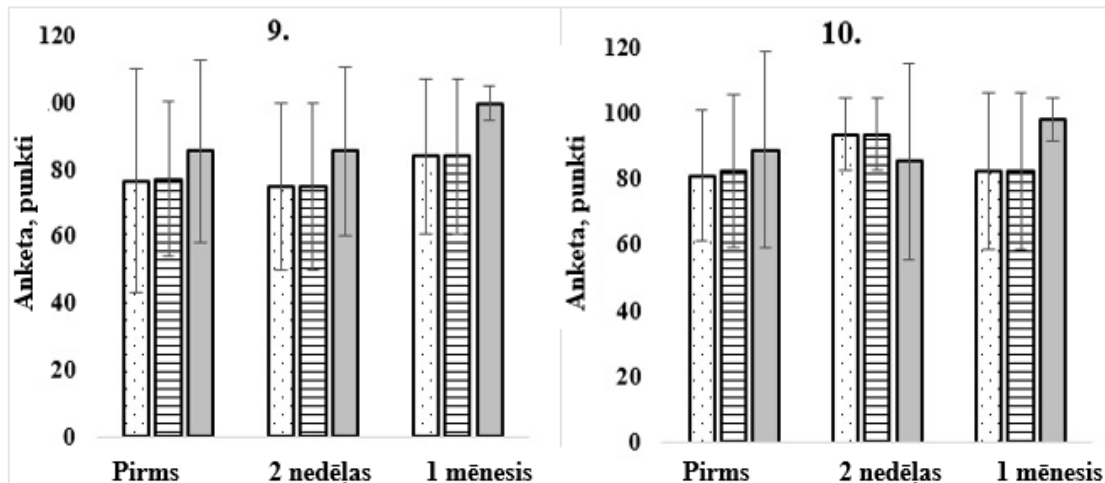
**6. attēls.** Pacientu anketu rezultāti piektajam (pa kreisi) un sestajam (pa labi) jautājuma. Attēlā parādītas pacientu ( $n = 210$ ) atbildes pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas. Histogrammas punktojums raksturo garozas ( $n = 80$ ), līnijveida joslas – kodola ( $n = 70$ ) un pelēkas krāsas – aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas pacientu atbildēm ( $n = 60$ ) dažādos laika periodos. Pirms kataraktas operācijas piektajā un sestajā jautājumā tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība starp aizmugurējās virsmas subkapsulāro un kodola kataraktas grupas atbildēm.

Pamatojoties uz pētījuma rezultātiem, pēc kataraktas operācijas pacientiem statistiski nozīmīgi uzlabojās spēja lasīt ceļu, ielu vai veikalu norādes, veikt rokdarbus, piemēram, šūt un adīt, un veikt tādas ikdienas darbības kā čeku atpazīšana vai veidlapu aizpildīšana. Šie uzlabojumi tika novēroti gan 2 nedēļu, gan 1 mēneša novērošanas periodā. Pirms operācijas visās kataraktas veidu grupās bija novērojama statistiski nozīmīga atšķirība starp aptaujas anketas rezultātu ( $p < 0,05$ ) uz septīto jautājumu (rokdarbi). Runājot par rokdarbu veikšanu, pirms operācijas vislielākās subjektīvās grūtības izjuta garozas kataraktas pacienti, bet pēc operācijas viņiem bija novērojams vislielākais uzlabojums – sūdzības samazinājās. Divas nedēļas pēc operācijas garozas un kodolu kataraktas grupas rezultāti nebija statistiski nozīmīgi atšķirīgi ( $p = 0,50$ ), bet tie atšķīrās no PSC grupas rezultātiem. Vienu mēnesi pēc kataraktas operācijas PSC pacientiem bija gandrīz ideāls aptaujas anketas rezultāts, kas liecina, ka viņiem nav problēmu veikt rokdarbus (sk. 7. att.). Pirms kataraktas operācijas astotajā jautājumā aptaujas anketu rezultāti nebija statistiski nozīmīgi starp visām kataraktas grupām ( $p < 0,10$ ). PSC pacientiem pirms operācijas bija vislielākās grūtības aizpildīt veidlapas, taču pēc operācijas bija novērojami ievērojami uzlabojumi (8.jaut.).



**7. attēls.** Pacientu aptaujas anketu rezultāti septītajam (pa kreisi) un astotajam (pa labi) jautājumam. Attēlā parādītas pacientu ( $n = 210$ ) atbildes pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas. Punktu joslas atbilst garozas ( $n = 80$ ), līnijveida – kodola ( $n = 70$ ) un pelēkas krāsas – aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas pacientu atbildēm ( $n = 60$ ) dažādos laika periodos. Pirms kataraktas operācijas, starp visām grupām bija novērojama statistiski nozīmīga atšķirība (7.jaut.). Kodolu un aizmugurējās virsmas subkapsulāro pacientu atbildes statistiski nozīmīgi atšķīrās tikai pirms operācijas (8.jaut.).

Rezultāti liecina, ka kataraktas operācija var uzlabot spēju spēlēt galda spēles, par ko liecina uzlabotie aptaujas punktu vērtējumi 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc operācijas. Lai gan garozas kataraktas pacientiem bija vislielākās grūtības veikt šo uzdevumu, lielās standartnovirzes dēļ atšķirības starp grupām nevar apstiprināt (sk. 8. att.). Kataraktas pacienti bieži izjūt bailes no kritieniem, kas liek viņiem būt uzmanīgākiem, nodarbojoties ar sportu. Tomēr aptaujas anketas desmitā jautājumā statistiski nozīmīgi mainījās 2 nedēļas pēc kataraktas operācijas, kas liecina par sūdzību samazināšanos. Subjektīvais vērtējums nemainījās 1 mēneša atkārtotajā vizītē. Visi kataraktas grupas rezultāti nebija statistiski nozīmīgi atšķirīgi pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas ( $p > 0,05$ ).



**8. attēls.** Pacientu anketu rezultāti devītajā (pa kreisi) un desmitajā (pa labi) jautājumā. Attēlā parādītas pacientu (n = 210) atbildes pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas. Punktu joslas atbilst garozas (n = 80), līnijveida – kodola (n = 70) un pelēkas krāsas – PSC pacientu atbildēm (n = 60) dažādos laika periodos. Pirms operācijas garozas kataraktas grupas rezultāti statistiski nozīmīgi atšķirās, salīdzinājumā ar kodola un PSC grupas rezultātiem ( $p = 0,05$ ) (devītais jautājums). Pēc viena mēneša vidējie rezultāti statistiski neatšķirās. Uz desmito jautājumu, visi kataraktas grupas rezultāti nebija statistiski nozīmīgi atšķirīgi pirms, 2 nedēļas un 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas ( $p > 0,05$ ).

Kataraktas operācija uzlaboja arī spēju skatīties televīziju (11. jaut.), par ko liecināja statistiski nozīmīgs uzlabojums uzreiz pēc operācijas ( $p < 0,01$ ). Pirms un 2 nedēļas pēc operācijas PSC pacienti izjuta izteiktākas sūdzības skatoties televīziju, nekā kodola un garozas kataraktas pacienti ( $p < 0,05$ ). Taču 1 mēnesi pēc operācijas aptaujas rezultāti uz vienpadsmito jautājumu nebija statistiski nozīmīgi atšķirīgi ( $p > 0,08$ ).

Pirms operācijas sūdzības par automašīnas vadīšanu diennakts gaišajā laikā, visvairāk izjuta pacientiem ar kodola kataraktu ( $p < 0,05$ ). Divas nedēļas pēc operācijas vislielākais subjektīvais uzlabojums tika novērots kodola kataraktas grupā, bet rezultāti nebija statistiski būtiski atšķirīgi no garozas vai PSC rezultātiem ( $p < 0,32$ ). Diennakts tumšajā laikā vislielāko uzlabojumu pēc kataraktas operācijas piedzīvoja garozas kataraktas grupa, kuru rezultāti bija statistiski būtiski atšķirīgi ar pārējām kataraktas grupām.

#### 1.4. Metode "Subjektīva krāsu redzes novērtēšana"

Pētījumā tika analizēti 80 kodola kataraktas pacienti (vidējais vecums  $61 \pm 21$  gadi) [dis 3], kuru abām acīm tika veikta kataraktas operācija ar divu dienu intervālu. Kodola kataraktas veidu diagnosticēja oftalmologs, bet informācija par kataraktas pakāpi netika norādīta pacienta medicīniskajā kartē, un šajā pētījumā nevar tikt apskatīta. Pirmajā pārbaudē pacienti aizpildīja veidlapu, kurā sniedza informāciju par savām sūdzībām, optisko korekciju, acu veselības vēsturi un atzīmēja, vai viņiem ir krāsu redzes traucējumi. Papildus visiem pacientiem tika veikts krāsu redzes skrīnings, izmantojot *Hardy Rand and Rittler* (HRR) krāsu redzes testu.[53] Nevienam pacientam netika novērots krāsu redzes defekts, balstoties uz HRR iegūtajiem rezultātiem.

Lai labāk izprastu pacientu subjektīvās sajūtas pirms un pēc kataraktas operācijas, mēs apkopojām informāciju, izmantojot modificēto Vizuālo darbību anketu (VAQ).[55] Šī anketa tiek izmantota, lai novērtētu indivīda problēmas, veicot ikdienā raksturīgās redzes darbības. VAQ ietver 33 jautājumus, kurus iedala 8 kategorijās. Orģinālajā VAQ ir 3 jautājumi par krāsu sajūtām (1.-3. jautājums), bet papildus tika pievienoti 5 jautājumi (4.-8. jautājums), lai labāk izprastu krāsu redzes subjektīvās sajūtas ikdienas aktivitātēs (sk. 2. tabulu). Papildus jautājumi tika izvēlēti, pamatojoties uz citu pētījumu rezultātiem.[51,55,56] Lai novērtētu katru jautājumu, tika izmantota šāda punktu skala: nekad = 1; reti = 2; dažreiz = 3; bieži = 4; vienmēr = 5. Krāsu redzes aptaujas rezultāti tika salīdzināti ar *Farnsworth Munsell 100* nokrāsu testa rezultātiem.[57] Aptaujas anketas un krāsu redzes tests tika veikts pirms kataraktas operācijas, 2 nedēļas un 6 mēnešus pēc kataraktas operācijas.

**2.tabula.** Modificētās anketas jautājumi. Pirmie 3 jautājumi ir no oriģinālās redzes aktivitāšu anketas, bet pārējie 5 jautājumi ir apkopoti no citiem pētījumu rezultātiem.[51, 55,56]

Nr.	Krāsu redzes anketas jautājumi
1.	Es mēdzu sajaukt krāsas
2.	Krāsu nosaukumi kurus es lietoju, atšķiras no citu cilvēku minētajiem
3.	Man ir problēmas atšķirt krāsas
4.	Man liekas ka krāsas izskatās savādāk nekā iepriekš
5.	Krāsas izskatās zilākas kā pirms tam
6.	Man ir grūti izšķirt vai ēdiens ir gatavs, balstoties uz tā krāsu
7.	Es jūtu ka krāsas izskatās dzeltenākas
8.	Man liekas ka krāsas maina savu spožumu

### 1.5. Rezultāti

Aptaujas anketas rezultātu kopsavilkums ir apkopots 3. tabulā.[dis 3] Uz pirmo jautājumu "Es mēdzu sajaukt krāsas" pacientu atbildēs nebija statistiski nozīmīgu izmaiņu 2 nedēļas pēc kataraktas operācijas ( $p = 0,26$ ), bet 6 mēnešu vizītē laikā tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība salīdzinājumā ar atbildēm pirms un 2 nedēļas pēc operācijas ( $p < 0,01$ ). Pirms operācijas kataraktas pacienti sajauca krāsas, uzrādot augstāko punktu skaitu, salīdzinot atbildes ar citiem jautājumiem ( $p < 0,05$ ). Jo augstāks aptaujas punktu skaits, jo biežāk pacients izjūt šīs sūdzības. Otrajā jautājumā pacienti ziņoja par statistiski nozīmīgu sajūtu uzlabošanu 6 mēnešus pēc operācijas krāsu nosaukšanā ( $p = 0,05$ ). Pirms kataraktas operācijas pacienti saskarās ar krāsu izšķiršanas problēmām (3. jaut.) un uzrādīja otro augstāko punktu skaitu no visas anketas jautājumiem ( $p < 0,05$  salīdzinājumā ar visiem jautājumiem). Pēc kataraktas operācijas pacienti neizjuta izmaiņas krāsu izšķiršanā ( $p > 0,12$  visos laika periodos), bet 6 mēnešu vizītē, bija novērojams statistiski nozīmīgs uzlabojums, salīdzinot ar atbildēm pirms operācijas ( $p < 0,01$ ).

Attiecībā uz ceturto jautājumu par krāsu izskatu, pēc kataraktas operācijas tika novērotas statistiski nozīmīgas izmaiņas pēc operācijas (2 nedēļas pēc ( $p = 0,02$ ) un 6 mēnešu pēc ( $p < 0,01$ )). Pacienti ziņoja, ka krāsas izskatās savādākas un pieauga anketās norādītais punktu skaits ( $p < 0,05$ ). Pirms operācijas pacienti neizjuta, ka ikdienā redzami objekti ir kļuvuši zilganāki (5. jaut.), bet 2 nedēļas pēc operācijas par šādu sajūtu ziņoja. Sešus mēnešu pēc operācijas aptaujas punktu skaits samazinājās un tika novērota statistiski būtiska atšķirība ar 2 nedēļu rezultātiem ( $p < 0,01$ ) – sajūta ka objekti paliek zilāki samazinājās.

Pacientiem ar krāsu redzes deficītu bieži ir grūtības atšķirt ēdiena gatavības pakāpi.[56] Tāpēc šajā pētījumā mēs jautājām pacientiem, vai viņiem ir grūti noteikt ēdiena gatavību, balstoties uz tā krāsu (jaut.6). Pacienti nenorādīja problēmas atpazīt ēdiena gatavību pirms un pēc kataraktas operācijas ( $p > 0,18$ ). Attiecībā uz septīto jautājumu, literatūrā ir minēts, ka kodola katarakta padara objektu izskatu dzeltenāku, pastiprinātas īso viļņu gaismas absorbcijas dēļ.[55] Parasti pacienti dzeltēšanu nepamana, jo izmaiņas notiek pakāpeniski, kas atbilst mūsu rezultātiem pirms operācijas. Divas nedēļas pēc operācijas pacienti biežāk izjuta sūdzības un uzrādīja statistiski nozīmīgu atšķirību, salīdzinājumā ar rezultātu pirms operācijas ( $p = 0,03$ ), tomēr 6 mēnešu vizītē šis efekts bija izzudis ( $p = 0,10$ ). Pacientiem kuriem tika veikta kataraktas operācija, uzreiz pēc ziņoja par nozīmīgām spilgtuma izmaiņām ( $p < 0,01$ ), kuras saglabājās līdzīgas 6 mēnešu pārbaudē ( $p = 0,10$ ).

**3.tabula.** Modificētie anketas vidējie rezultāti dažādos laika periodos. Tabulā demonstrēti grupu rezultāti, kuri ir sadalīti balstoties uz pacientu pirms operācijas veiktajām krāsu kauliņu salikšanas secībām: normālā, tritan, protan/deutan un nespecifiskā grupām. Kauliņu analīze ir aprakstīta promocijas darba kopsavilkuma 3. un 4. apakšnodaļā. Sarkanās līnijas norāda aptaujas rezultātus, kad pacienti novērtēja jautājumu no 2 – dažkārt līdz 4 – bieži izjustajām sūdzībām.

Pirms	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normāls	1.4 ± 0.6	1.1 ± 0.3	1.8 ± 0.7	1.2 ± 0.6	1.0 ± 0.2	1.3 ± 0.5	1.3 ± 0.6	1.2 ± 0.5
Nespecifisks	<u>2.6 ± 0.5</u>	1.6 ± 0.5	<u>1.8 ± 0.8</u>	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.4	1.6 ± 0.5	<u>1.8 ± 0.8</u>	<u>2.2 ± 1.6</u>
Tritan	<u>2.7 ± 0.7</u>	1.4 ± 0.5	<u>2.6 ± 0.3</u>	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.7	1.3 ± 0.5	1.2 ± 0.4
Protan/Deutan	1.6 ± 0.7	1.7 ± 0.6	<u>2.0 ± 0.8</u>	1.4 ± 0.5	1.3 ± 0.7	<u>2.1 ± 0.9</u>	1.3 ± 0.5	1.3 ± 0.4
Visi (n = 80)	<u>2.8 ± 0.8</u>	1.4 ± 0.3	<u>2.2 ± 0.5</u>	1.2 ± 0.3	1.1 ± 0.1	1.5 ± 0.5	1.5 ± 0.5	1.5 ± 0.5
2 nedēļas	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normāls	1.4 ± 0.6	1.2 ± 0.6	1.3 ± 0.7	<u>2.7 ± 0.9</u>	<u>2.9 ± 0.9</u>	1.4 ± 0.6	1.1 ± 0.3	<u>2.9 ± 0.9</u>
Nespecifisks	<u>2.0 ± 1.0</u>	<u>1.8 ± 0.8</u>	<u>1.8 ± 0.8</u>	<u>3.2 ± 0.8</u>	<u>3.2 ± 0.4</u>	1.4 ± 0.5	1.2 ± 0.4	<u>3.2 ± 1.5</u>
Tritan	<u>1.8 ± 0.9</u>	<u>1.2 ± 0.5</u>	1.5 ± 0.6	<u>2.8 ± 0.8</u>	<u>2.6 ± 1.2</u>	1.5 ± 0.7	1.1 ± 0.3	1.4 ± 0.9
Protan/Deutan	1.4 ± 0.8	1.5 ± 0.7	<u>2.1 ± 0.9</u>	<u>2.0 ± 1.4</u>	<u>1.8 ± 0.8</u>	1.3 ± 0.5	<u>3.1 ± 0.9</u>	1.6 ± 0.7
Visi (n = 80)	1.6 ± 0.6	1.3 ± 0.4	1.4 ± 0.4	<u>2.7 ± 1.4</u>	<u>2.4 ± 1.1</u>	1.4 ± 0.4	1.6 ± 0.6	1.5 ± 0.6
6 mēneši	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normāls	1.2 ± 0.5	1.1 ± 0.4	1.3 ± 0.7	<u>2.4 ± 0.5</u>	1.3 ± 0.5	1.3 ± 0.4	1.1 ± 0.2	<u>2.5 ± 1.0</u>
Nespecifisks	1.2 ± 0.4	1.4 ± 0.5	<u>1.8 ± 0.8</u>	<u>2.2 ± 0.4</u>	1.4 ± 0.5	1.4 ± 0.5	1.0 ± 0.1	<u>3.0 ± 1.2</u>
Tritan	1.2 ± 0.4	1.2 ± 0.5	1.4 ± 0.5	<u>2.6 ± 0.8</u>	1.4 ± 0.6	1.4 ± 0.6	1.0 ± 0.2	<u>2.2 ± 0.9</u>
Protan/Deutan	1.6 ± 0.6	1.3 ± 0.6	1.5 ± 0.7	<u>2.9 ± 0.8</u>	1.1 ± 0.3	1.8 ± 0.7	1.1 ± 0.3	<u>3.1 ± 1.2</u>
Visi (n = 80)	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2	1.4 ± 0.2	<u>2.1 ± 0.7</u>	1.3 ± 0.3	1.3 ± 0.3	1.2 ± 0.2	1.2 ± 0.2

Šajā pētījumā tika atspoguļoti kataraktas operācijas ietekme uz pacienta subjektīvo krāsu redzi. Rezultāti parādīja, ka pirms operācijas krāsu sajaukšana bija visizplatītākā problēma, un tai bija visaugstākais punktu skaits aptaujas anketā. Tomēr 6 mēnešu laikā pēc operācijas, sūdzības par krāsu sajaukšanu tika minētas retāk. Turklāt pacienti ziņoja par statistiski nozīmīgu uzlabojumu 6 mēnešus pēc operācijas, salīdzinot rezultātus ar pirms operācijas anketas datiem. Pirms operācijas pacienti saskarās ar krāsu izšķiršanas problēmām, un šajā jautājumā uzrādīja otro augstāko aptaujas punktu skaitu. Pēc kataraktas operācijas pacienti ziņoja par krāsu izskata izmaiņām, uzrādot augstāku punktu skaitu aptaujas anketā. Divas nedēļas pēc kataraktas operācijas viss šķita zilganāks, bet sūdzība samazinājās 6 mēnešu laikā. Visbeidzot, pacienti ziņoja par ievērojamām spilgtuma, dzeltenīguma parādīšanos pēc kataraktas operācijas. Efekts bija noturīgs un statistiski neatšķīrās no 6 mēnešu veikto anketu datiem.

## 2. Kontrastjutības izmaiņas kataraktas dēļ

### 2.1. Literatūras pārskats

Mūsdienās katarakta tiek diagnosticēta subjektīvi, un tas ir veicinājis dažādu kataraktas kategorizēšanas pieeju izstrādi, kas potenciāli varētu ļaut standartizēt procedūru, diagnostikai kļūt objektīvākai.[58] Neirosensoros redzes testus kā kontrastredzes, krāsu redzes un apzīluma tests, var izmantot, lai labāk izprastu pacienta sūdzības un noteiktu kataraktas progresēšanu. Kontrastredze ir redzes sistēmas spēju atšķirt spilgtuma vai krāsu atšķirības starp blakus esošajiem objektiem, vai telpiski atdalītiem zonām.[59] Kontrastredzei ir izšķiroša nozīme objektu, malu, faktūru, modeļu uztverē un atšķiršanā vidē. Matemātiski kontrasts (C) var būt izteikts kā:  $C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}}$ , kur  $L_{max}$  (cd/m<sup>2</sup>) ir divu salīdzināmo apgabalu maksimālais spilgtums un  $L_{min}$  (cd/m<sup>2</sup>) ir divu salīdzināmo apgabalu minimālais spilgtums.[60] Kontrasta slietnis ir minimālais kontrasts, kas nepieciešams objekta skaidrai uztveršanai. Kontrastredze ietver spilgtuma vai hromatiskuma atšķirības, kas atvieglo objektu un tekstūru atšķiršanu. Redzes asums un kontrastredze ir saistīta, bet pastāv gadījumi, ka personai ir labs redzes asums, bet kontrastjutība var būt pavājināta.

Krāsu un kontrastredzes tests var sniegt papildu informāciju par pacientu sūdzībām, ko nevar, veicot citus pierastus redzes funkciju testus kā, piemēram, redzes asuma pārbaude.[60] Atkārtota kontrastjutības testēšana var būt īpaši noderīga, lai izvērtētu ārstēšanas efektivitāti, jo metode ir jutīgāka pret izmaiņām nekā citas metodes. Kontrastjutības mērīšana ir noderīga, lai novērtētu pacienta redzes kvalitāti dažādos apgaismojumu līmeņos, raksturojot ikdienas apstākļus.[61,62] Piemēram, ja acs lēcas apduļķojums ir neliels, redzes asums var būt labs, bet pacients tomēr var izjust redzes grūtības dažādos apstākļos, piemēram, apskatot spilgti izgaismotus objektus tuvumā. Kataraktai progresējot kontrastjutība samazinās augstās un zemās telpiskajās frekvencēs.[64,65] Tas var radīt problēmas ar telpiskuma sajūtu, mobilitāti un palielināt nelaimes gadījumu risku. Pacienti ar vidējas pakāpes kataraktu var izjust sūdzības kā grūtības kāpt pa kāpnēm, atpazīt sejas vai problēmas ar transportlīdzekļa vadīšanu.

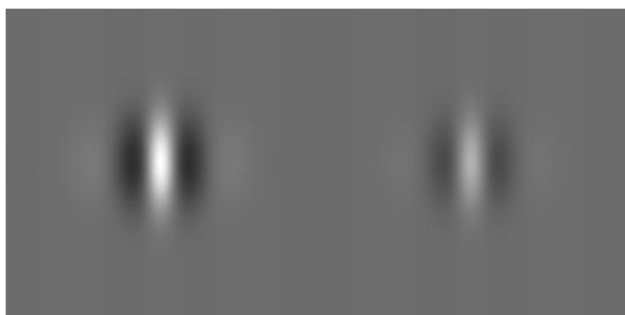
Apgaismojums ir svarīgs vides faktors, kas būtiski ietekmē kontrastjutību. Saskaņā ar Vēbera likumu parasti tiek pieņemts, ka apskatāmo stimulu īpašības neietekmē kontrastjutības testēšanas rezultātus.[63,64] Tāpēc nav sagaidāms, ka fona līmeņa maiņa varētu ietekmēt šo testu rezultātus. Pētījumi liecina, ka personām ar kataraktu var būt nepieciešams labāks apgaismojums, lai veiktu tādus uzdevumus kā lasīšana vai darbs nelielā attālumā. Tomēr literatūrā nav atrodami pētījumi, kuros būtu izvērtētas kontrastjutības izmaiņas kataraktas pacientiem dažādos fona apstākļos pirms un pēc operācijas. Mobilajos telefonos, datoros un planšetdatoros var atrast dažādus fona spilgtuma līmeņus, bet pētījumos nav aprakstīts kāds apgaismojuma līmenis ir jāizmanto kataraktas pacientam to lietojot vai kurš radīs vislielākās grūtības.[65] Mūsu pētījuma mērķis bija novērtēt kontrastjutību dažādos fona spožuma līmeņos un salīdzināt gaismas izkliedes līmeni acī pacientiem, pirms un pēc kataraktas operācijas.

## 2.2. Metode

Šajā pētījumā tika analizēti 56 kontroles grupas pacienti (112 acis; vecums  $56 \pm 17$  gadi) un 82 kataraktas pacienti (73 acis; vecums  $66 \pm 12$ ) no iepriekšējā pētījuma.[dis 1] Kataraktas pacienti tika iedalīti 3 grupās atkarībā no kataraktas veida: garozas ( $n = 23$  acis), kodola ( $n = 18$ ) un aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta (PSC) ( $n = 18$ ). Visiem pacientiem mērījumus veica 2 stundas pirms un 2 nedēļas pēc kataraktas operācijas. Divas nedēļas pēc operācijas, mērījumi tika veikti tikai tad, kad oftalmologs bija apstiprinājis, ka acs ir pilnībā sadzījusī un nav novērojamas nekādu komplikāciju pazīmes.[dis 4]

### **Kontrastjutība**

Kontrastjutība tika novērtēta, izmantojot standartizētu alternatīvo piespiedu (AFC) izvēles testa stimulu (sk. 9. att.).[66,67] Šis tests tika veikts monokulāri, izmantojot pacienta labāko optisko korekciju. Katra testa sākumā notika demonstrācija, parādot iespējamus testa stimula virzienus – horizontāli vai vertikāli. Kad stimulš pazuda, uz ekrāna tika parādītas divas iespējas, un pacientam bija jāizvēlas tā, kas atbilda iepriekš parādītā stimula pozīcijai (h vai v). Ja atbilde bija pareiza, stimula kontrasta līmenis tika automātiski palielināts. Šo procesu atkārtoja līdz tests tika pabeigts, nosakot pacienta kontrastjutības sliekšni. Kontrastjutības rezultāti tika izteikti procentos, kur lielāki procenti norādīja uz zemāku kontrastjutības līmeni. Kontrastjutības aprēķināšanai tika izmantota *Michelson* kontrastjutības formula:  $C = \frac{L_{max} - L_{min}}{L_{max} + L_{min}} \times 100$ , kur  $C$  ir kontrastjutība (procenti),  $L_{max}$  ir divu salīdzināmo apgabalu maksimālais spilgtums un  $L_{min}$  ir divu salīdzināmo apgabalu minimālais spilgtums ( $cd/m^2$ ).[69] Telpiskās frekvences, kurās tika veikti kontrastjutības sliekšņa mērījumi, tika parādītas augošā secībā no vidējas līdz augstai: 4; 6; 12; 18 cikli/grādi (cpd) pie fona spožuma 60; 85; 100  $cd/m^2$ . Visiem pacientiem fona spožums un telpiskās frekvences tika parādītas vienādā secībā.



9. attēls Alternatīvo piespiedu izvēles (AFC) testa stimulš.

Šī pētījuma mērķis bija salīdzināt Vēbera likuma koeficientu un kontrastjutības vidējās vērtības pirms un pēc operācijas, grupām pie dažādiem fona apgaismojuma līmeņiem.[69] Vēbera likums nosaka, ka diferenciālā jutība samazinās, palielinoties starpības elementu lielumam; otrādi, relatīvā diferenciālā jutība paliek nemainīga neatkarīgi no izmēra. Saskaņā ar Vēbera likumu, fona spožuma līmeņiem nevajadzētu ietekmēt konstantes vērtību, un rezultātam jāatrodas uz vienas taisnes. Vēbera koeficients matemātiski tiek aprēķināts kā:  $k = \frac{\Delta I}{I}$ , kur  $k$  ir Vēbera koeficients,  $\Delta I$  (lux) ir vismazāk pamanāmā atšķirība (JND) vai mazākās intensitātes izmaiņas, bet  $I$  ir stimula sākotnējā intensitāte vai lielums. Vēbera koeficients ir skalā no 0 līdz

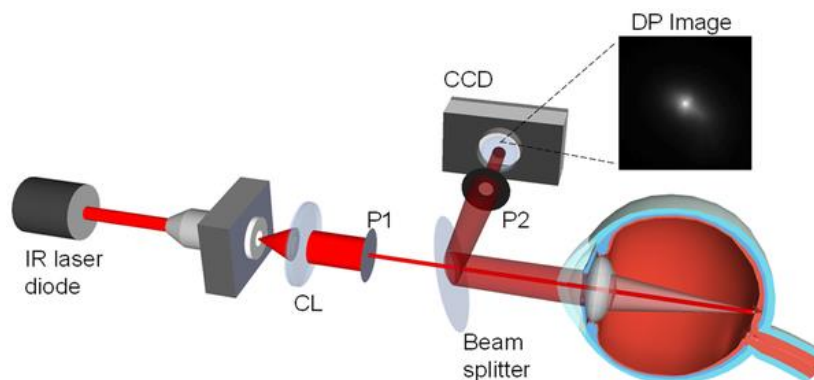


10, paredzot – jo lielāka vērtība, jo lielākai jābūt stimula intensitātes atšķirībai, lai to izšķirtu.[68-70] Piem., ja katarakta neietekmētu kontrastjutības vērtības, rezultāti dažādos fona spožumu līmeņos būtu uz vienas taisnes. Tādējādi, pētījumā tika vērtēts, vai pastāv statistiski nozīmīga korelācija starp Vēbera likuma koeficienta vidējām vērtībām katrā fona apgaismojuma līmenī un kontrastjutības vidējām vērtībām, pirms un pēc operācijas dažādās kataraktas grupās. Ja tiktu novērota statistiski nozīmīga korelācija, tas liecinātu, ka Vēbera likums nav izpildīts.

### **Objektīvās izkliedes indekss**

Objektīvās izkliedes indekss (OSI) ir parametrs ko izmanto, lai novērtētu objektīvo intraokulāro acs gaismas izkliedi. To aprēķina, novērtējot gaismas daudzumu acs perifērijā, attiecībā pret gaismu daudzumu centrālajā daļā, izmantojot divkāršu gaismas caurlaides metodi (sk. 10. att.).[71,72]. Divkāršai gaismas caurlaidei ir vairāki plusi. Metode ļauj atdalīt aberācijas, kas rodas no dažādiem optiskās sistēmas komponentiem, precīzāk noteikt gaismas izkliedi acī. Analizējot tīklenes attēlu to kļūst vieglāk izolēt un kvantitatīvi noteikt konkrētas esošās aberācijas. Divkāršās plūsmas analīze var nodrošināt lielāku jutību pret zemākas pakāpes aberācijām, kuras varētu neuztvert vienas gaismas kārtas metodes. Šī paaugstinātā jutība ļauj precīzāk raksturot optisko veiktspēju. Šī metodes mazāk ietekmē acs akomodācijas (fokusēšanas) reakciju. Tas ir tāpēc, ka acs akomodācijas sistēmai ir tendence izlīdzināt aberācijas akomodācijas laikā, kas var novest pie nepietiekamas rezultātu ieguves, kuras netiktu novērstas vienas kārtas metodē. Papildus divkāršās gaismas caurlaides metode ļauj novērtēt attēla kontrastu un kvalitāti. HD Attēla kontrasta un kvalitātes izvērtēšanai izmanto modulācijas pārsūtīšanas funkcija (MTF).[73] MTF ir optikas un attēlu analīzes pamatjēdziens, kas apraksta optiskās sistēmas spēju precīzi pārraidīt kontrasta un telpiskās frekvences izmaiņas no objekta uz tā attēlu. Novērtējot gaismas izplatību telpiskajās frekvencēs, tas sniedz ieskatu par to, cik labi optiskā sistēma saglabā smalkas detaļas un samazina gaismas izkliedi.

*HD Analyzer* ierīce mēra punkta izplūdes funkciju (PSF) caur lielu un mazu aparatūru, imitējot platu zīlīti nakts laikā (dilatēta) un šauru zīlīti dienas laikā (mioze). PSF atspoguļo gaismas intensitātes sadalījumu uz tīklenes pēc tās optiskās sistēmas izlaišanas cauri. OSI tiek aprēķināts:  $OSI = \frac{1}{4} \times \frac{V_{plata} - V_{šaura}}{V_{šaura}}$ , kur  $V_{plata}$  raksturo PSF pie platas zīlītes (piem.8 mm) un  $V_{šaura}$  raksturo PSF vērtību pie mazas aparatūras (piem.3 mm). Platāka aparatūra palīdz nomērīt lielākā zonā atstaroto gaismu no tīklenes un novērtēt izkliedes ietekmi plašākā apstākļu diapazonā. Acīm ar normālu izkliedes līmeni (t. i., jaunām acīm) OSI vērtība parasti ir mazāka par 1,0 vienību. Vērtības, kas ir augstāka par 2, bieži vien ir saistītas ar palielinātu gaismas izkliedes līmeni acī un var liecināt par kataraktas veidošanos. OSI vērtības no 2 līdz 4 vienībām atbilst acīm ar vidēju gaismas izkliedi (izteiktāku kataraktas pakāpi). OSI pamatotība ir pierādīta objektīvai kataraktas attīstības klasifikācijai, kas ir stabilāka un precīzāka par iepriekš izmantotajām subjektīvajām klasifikācijām.[74]

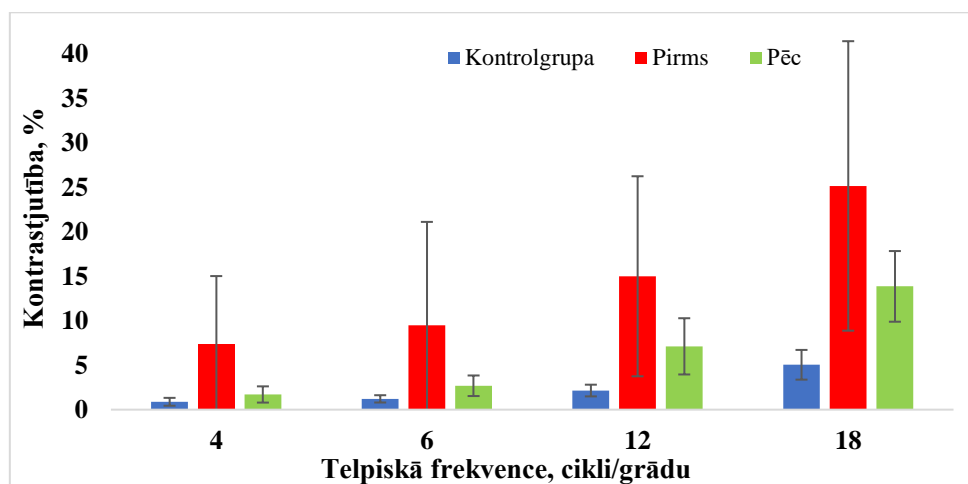


**10. attēls** Divkāršās caurlaides metodes shēma. Kolimētu infrasarkanā diodes lāzera staru (CL) novirza acī pēc tam, kad tas ir šķērsojis ieejas atveri (P1). Pēc atstarošanās tīklenē un divkāršās cauriešanas, caur acs dzidrajām struktūrām gaismā tiek atstarota no staru kūļa sadalītāja un iziet caur izejas apertūru (P2), pirms to fiksē digitālā kamera.[72]

## 2.3. Rezultāti

### 2.3.1. Kontrasta jutība pirms un pēc kataraktas operācijas dažādos fona spožuma līmeņos

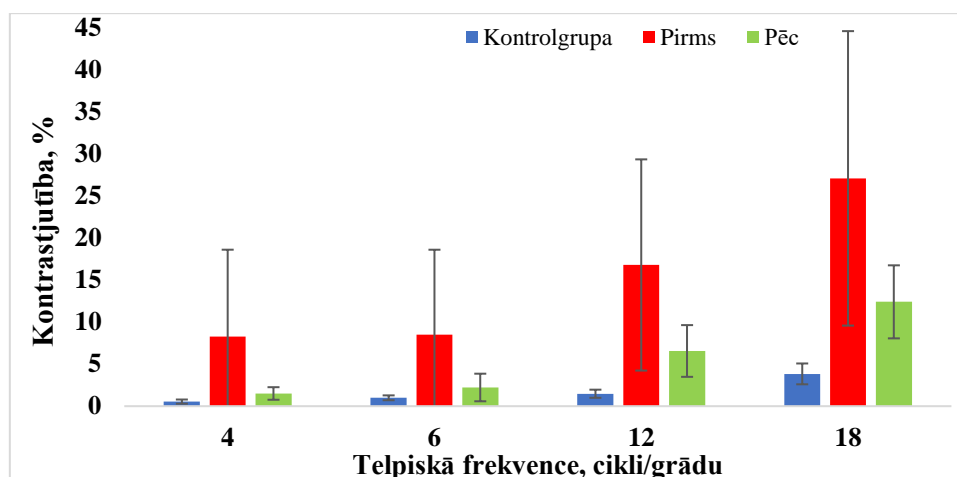
Pētījumā tika veikti mērījumi dažādos fona spožuma līmeņos un telpiskās frekvencēs.[dis 4] Rezultāti 11. attēlā demonstrē kontrastjutību pie fona spožuma līmeņa  $60 \text{ cd/m}^2$ , atklājot statistiski nozīmīgu atšķirību rezultātos starp kontroles grupu, pirms operācijas un pēc operācijas grupu visās telpiskajās frekvencēs ( $p < 0,01$ ). Augstāks kontrastjutības procents atbilst zemākam kontrastjutības sliekšnim, jo pacientam ar kontrastjutību  $25,16 \pm 2,16\%$  ir sliktāks kontrastjutības sliekšnis salīdzinājumā ar  $7,39 \pm 1,10\%$ . Visnozīmīgākais kontrastjutības uzlabojums tika novērots 12 un 18 ciklos uz grādu pēc kataraktas operācijas.



**11. attēls** Kontrastjutības rezultāti pie  $60 \text{ cd/m}^2$  fona spožuma. Kontroles grupas rezultāti - zilā krāsā; pirms kataraktas izņemšanas operācijas – sarkanā krāsā; pēc operācijas – zaļā krāsā.

Tendences saglabājās, norādot ka kontrastjutības sliekšnis samazinājās, palielinoties telpiskajam frekvencei (sk. 12. att.). Personām ar kataraktu bija viszemākā kontrastjutība visos fona spožuma līmeņos. Rezultāti attiecībā uz telpisko frekvenci 4 cpd un 8 cpd neuzrādīja statistiski nozīmīgas atšķirības kontrastjutībā pirms un pēc operācijas (attiecīgi  $p = 0,07$  un  $p$

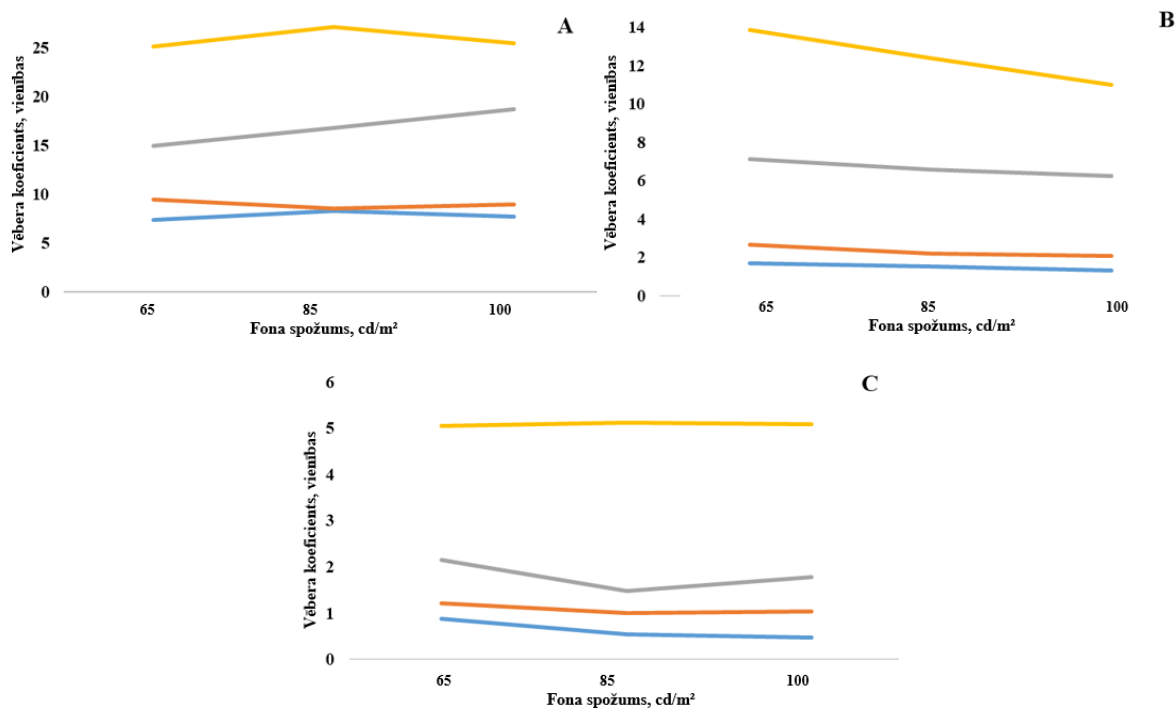
= 0,09). Tomēr pēc kataraktas operācijas pacientu kontrastredzes sliekšņa rezultāti atšķīrās no kontroles grupu rezultātiem ( $p < 0,001$ ).



**12. attēls** Diagrammā parādīti kontrastjutības rezultāti pie 85 cd/m<sup>2</sup> fona spožuma līmeņa. Kontrol grupas rezultāti – zilā krāsā; pirms kataraktas operācijas – sarkanā krāsā; pēc operācijas – zaļā krāsā.

Pie 60 un 85 cd/m<sup>2</sup> fona apgaismojuma līmeņa, kataraktas operācijas rezultātā ievērojami uzlabojās kontrastjutību 4 cikli/grādu un 18 cikli/grādu telpiskajās frekvencēs. Pie 100 cd/m<sup>2</sup> fona spožuma līmeņa, pēc kataraktas operācijas, tika novēroti ievērojami uzlabojumi visās telpiskajās frekvencēs. Rezultāti parādīja, ka pēc operācijas pie zemāka fona spožuma līmeņa 60 cd/m<sup>2</sup>, kontrastjutības rezultāti vidējās telpiskās frekvencēs (4 cikli/grādu un 6 cikli/grādu) bija salīdzināmi ar kontroles grupas rezultātiem, bet pie augstākām telpiskām frekvencēm rezultāti būtiski atšķīrās. Šie rezultāti daļēji saskan ar *Packer et al.* (2006) pētījumu, kurā tika ziņots, ka pēc-operācijas kontrastjutības rezultāti būtiski neatšķīrās no kontroles grupas rezultātiem.[75] Pēc kataraktas izņemšanas un IOL implantācijas attēla optisko kvalitāti ietekmē arī IOL radītās aberācijas un gaismas izkliedēšana, kas var būt par iemeslu kāpēc kontrastjutība ir sliktāka kā kontrolgrupas dalībniekiem.

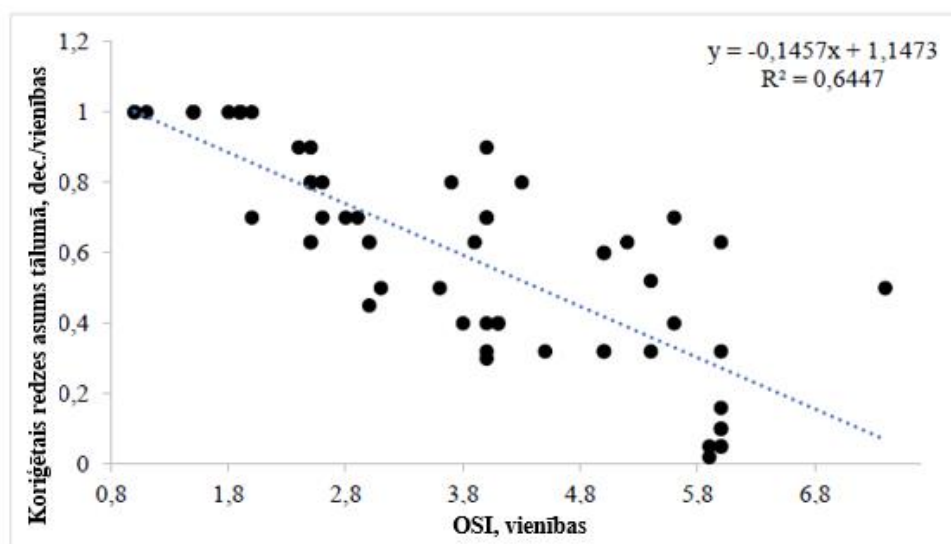
Pētījumā salīdzinātas Vēbera koeficienta vidējās vērtības pie dažādiem fona spožuma līmeņiem, telpiskajām frekvencēm un pētījuma grupām (pirms kataraktas operācijas, pēc operācijas un kontroles grupā). Rezultāti (parādīti 13. attēlā) liecina, ka nevienā no trim grupām (pirms, pēc un kontroles) nebija būtisku atšķirību Vēbera koeficientā pie dažādiem fona spožumiem ( $p > 0,05$ ). Tomēr pirms kataraktas operācijas, Vēbera likums neizpildījās pie augstajām telpiskajām frekvencēm (12 un 18 cikli/grādu), norādot, ka acs lēcas apduļķojums samazināja kontrastjutību. Pēc operācijas rezultātus varēja ietekmēt arī citi faktori. Vienīgās statistiski nozīmīgās Vēbera koeficienta atšķirības tika novērotas starp 4 un 6 cikliem/grādu rezultātiem visās trijās grupās (pirms  $p = 0,03$ ; pēc  $p = 0,03$ ; kontroles grupā  $p = 0,05$ ), savukārt citu telpisko frekvenču rezultāti neuzrādīja līdzības ( $p > 0,42$ ).



**13. attēls.** Vēbera koeficienta vidējās vērtības pie dažādiem fona spožuma līmeņiem visās telpiskajās frekvencēs. A attēlā (pa kreisi) parādīti rezultāti pirms kataraktas operācijas, B – pēc operācijas, C – kontroles grupā. Krāsainās līnijas attēlo telpiskās frekvenču izmaiņas attiecībā pret fona spožuma līmeni (zilā 4 cikli/grādu; oranžā 6 cikli/grādu; pelēkā 12 cikli/grādu; dzeltenā 18 cikli/grādu).

### 2.3.2. Objektīvais izkliedes indekss

Pētījumā tika konstatēts, ka kopējās kataraktas grupas objektīvais gaismas izkliedes indekss (OSI) bija  $3,75 \pm 1,62$  vienības, kas norāda uz mērenām gaismas izkliedes izmaiņām. [dis 4] Šis rezultāts bija statistiski nozīmīgi atšķirīgs no kontroles grupas rezultātiem ( $OSI 0,96 \pm 0,27$  vienības;  $p = 0,002$ ). Vidējais OSI indekss dažādiem kataraktas veidiem bija šāds: garozas katarakta ( $2,93 \pm 2,0$  vienības), kodola katarakta ( $4,63 \pm 3,00$  vienības) un aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta ( $3,93 \pm 1,67$  vienības). Aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas grupā bija visaugstākā gaismas izkliedes pakāpe. Tika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirība starp garozas un kodola kataraktas grupām ( $p = 0,001$ ) un starp garozas un aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas grupām ( $p = 0,02$ ), bet starp aizmugurējās virsmas subkapsulārās un kodola kataraktas grupām netika konstatēta nozīmīga atšķirība ( $p = 0,12$ ). Starp pacientu OSI rezultātiem un labāko koriģējošo redzes asumu tūlumā (DCVA) pastāv spēcīga negatīva korelācija ( $r = -0,80$ ), norādot, ka palielinoties objektīvajam gaismas izkliedes indeksam, redzes asums samazinājās (skatīt 14.attēlu).



**14. attēls.** Gaismas izkliedes indeksa korelācija ar labāko koriģējamo tāluma redzes asumu. Rezultāti liecina par negatīvu korelāciju starp objektīvo izkliedes indeksu (OSI) un labāko koriģējamo tāluma redzes asumu (CDVA) ( $r = -0,80$ ).

### 3. Krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas.

#### 3.1. Literatūras pārskats

Cilvēkam novecojot, palielinās acs lēcas blīvums, radot izmaiņas lēcas absorbcijā un izejošā gaismas daudzumā, kurš sasniedz tīkleni.[76] Fizioloģiskas krāsu redzes izmaiņas izraisa tādi faktori kā samazināts zīlītes izmērs, samazināta vāļišu fotonu absorbcijas efektivitāte un tīkles ganglionāro šūnu zudums. Novecojot cilvēka acs spēja absorbēt dažāda viļņu garuma gaismu mainās un īsāku viļņu garumu gaismas tiek vairāk absorbēta, acs lēcas dzeltēšanas dēļ.[76-80] Lai gan krāsu uztvere saglabājas stabila visu mūža garumā, pateicoties tādiem mehānismiem kā krāsu konstantums un ilgtermiņa hromatiskā adaptācija, novecojot samazinās spēja atšķirt dažādus toņus.[79,80]

Vairumā gadījumu pacienti pirms kataraktas operācijas neizjūt krāsu redzes izmaiņas, ja vien viņiem nav novērota kodola katarakta. Tomēr vairākos pētījumos ir pierādīts, ka pēc kataraktas izņemšanas pacientiem var rasties krāsu redzes jutības izmaiņas.[81-83] Pēc operācijas pacientu ahromātiskais punkts nobīdās dzeltenā spektra virzienā, pielāgojoties palielinātajam īso viļņu gaismas daudzumam, kas pēc operācijas sasniedz tīkleni. Vienu dienu pēc operācijas ahromātiskie iestatījumi joprojām ir salīdzinoši tuvi stāvoklim pirms operācijas, un ir vajadzīgi aptuveni 3 mēneši, lai tie stabilizētos. Nozares literatūrā ir aprakstīti tikai daži pētījumi, kuros tiek pētītas ilgtermiņa krāsu redzes jutības izmaiņas.[79,80,84] Vēl aizvien zinātniekiem nav skaidri fizioloģiskie mehānismi, kuri skaidrotu kāpēc notiek izmaiņas. Nepieciešams veikt vairāk pētījumus, lai skaidrotu ilgtermiņa krāsu redzes adaptācijas mehānismu.

Optometrijas praksē krāsu redzes testus parasti neizmanto kataraktas progresēšanas uzraudzībai. Tomēr šie testi var būt noderīgi, lai izvērtētu kataraktas attīstību un izanalizētu jebkādas krāsu redzes atšķirības, kas pacientiem var rasties pirms un pēc kataraktas operācijas. Tas var palīdzēt optometristiem labāk izprast pacientu sūdzības un sekot līdzi krāsu redzes

izmaiņām laika gaitā, kas var ietekmēt lēmumu, kad nosūtīt pacientu uz kataraktas operāciju. Pētījuma mērķis bija izvērtēt bieži izmantotos krāsu redzes testus optometristu praksē, lai noteiktu, kurš no tiem var būt noderīgs krāsu redzes izmaiņu noteikšanai katarakta pacientiem.

### 3.2. Metode

Lai noteiktu kurš krāsu redzes tests ir visjutīgākais, lai izvērtētu krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas, tika izmantoti 4 krāsu redzes testi: *Farnsworth D-15 (D15)* piesātinātais un nepiesātinātais testa versijas; *Farnsworth-Munsell 100* nokrāsu tests (FM100); *Hardy Rand and Rittles 4th edition* tests (HRR). Pētījuma mērķis bija noskaidrot, kuru testu varētu izmantot optometristu praksē, lai noteiktu krāsu redzes izmaiņas pēc kataraktas operācijas. Visi testi tika izvēlēti tāpēc, ka tiem ir īss veikšanas laiks, tie ir pārnēsājami, viegli saprotami un ar tiem ir iespējams noteikt krāsu redzes traucējumus *tritan*, *protan* un *deutan* konfūzijas līniju virzienos. Aprakstoša informācija par pētījuma dalībniekiem un testēšanas biežumu ir sniegta 4. tabulā.

*Farnsworth D-15 (D15)* nokrāsu tests dod iespēju atšķirt normālu krāsu redzi no krāsu redzes deficīta, kā arī izšķirt dažādas krāsu redzes deficīta smaguma pakāpes.[85] D15 testa laikā pacientu uzdevums ir savietot 15 mazas krāsu mucīņas (kauliņus), pamatojoties pēc to līdzības, sākot no fiksēta atskaites kauliņu (skatīt 15.att). Kauliņu salikšanas secībai ir jābūt nepārtrauktai, balstoties uz katra pacienta hromatisko izšķirtspēju (piem., gala rezultātā veidojas varavīksnei līdzīga krāsu kauliņu secība). Pēc tam testu reģistrē manuāli un novērtē, vizuāli pārbaudot kauliņu izkārtojumu krāsu telpā, lai noteiktu krāsu deficīta raksturu un tā pakāpi. Testēšanas laikā tika izmantota piesātinātā un nepiesātinātā D15 testa versijas, kuru stimuli atšķīrās pēc to krāsu piesātinājuma. Testi tika veikti monokulāri, 500 luksu apgaismojumā.



15.attēls *Farnsworth D-15 (D15)* nokrāsu tests.[86]

*Farnsworth-Munsell 100* nokrāsu krāsu redzes tests ir plaši atzīts un standartizēts krāsu redzes novērtēšanas rīks, ar kuru novērtē indivīda spēju atšķirt un sakārtot krāsas noteiktā toņu secībā (skatīt 16.att.).[87] Tests sastāv no četrām daļām, kopā veidojot 85 krāsu kauliņus, kuras ir sakārtotas nejaušā secībā. Pacienta uzdevums ir sakārtot kauliņus pēc to toņu līdzības, pārejot no vienas krāsas uz nākamo. Pacienta kauliņa salikšanas secību izmanto, lai diagnosticētu un novērtētu krāsu redzes traucējumus, jo īpaši sarkan-zaļās krāsas deficītu un to pakāpi, kā arī, lai novērotu krāsu redzes deficīta attīstību laikā.



16.attēls *The Farnsworth-Munsell 100 nokrāsu tests*. [88]

*Hardy Rand and Rittles 4<sup>th</sup> edition* pseidoizohromatisks krāsu redzes tests (HRR) ir klīniskais rīks, ko izmanto iedzimtu un iegūto krāsu redzes traucējumu diagnosticēšanai un novērtēšanai (skatīt 17.att.). [89] Tests sastāv no 24 pseidoizohromatisku plāksņu komplekta, kura laukumu veido dažādu nokrāsu un intensitātes punkti, kas sakārtoti noteiktā konfigurācijā. Pacientam ir jāidentificē slēptais skaitlis vai forma plātnē (aplis, krusts, trijstūris). HRR tests tiek uzskatīts par uzticamu un derīgu krāsu redzes skrīninga rīku, un to parasti izmanto acu klīniskās un optikās. Pētījumā HRR tests tika veikts monokulāri, 500 luksu apgaismojumā visiem pacientiem, 0,40 m attālumā. Rezultāti tika analizēti, ņemot vērā rokasgrāmatā esošo kļūdu skaitīšanas metodi.



17. attēls. *Hardy Rand and Rittles 4. izdevuma* krāsu redzes tests. [90]

4. tabula. Eksperimenta apstākļu aprakstošā informācija.

Krāsu redzes tests	<i>Farnsworth D-15</i> nokrāsu tests (piesātinātā versija)	<i>Farnsworth D-15</i> nokrāsu tests (nepiesātinātā versija)	<i>Farnsworth Munsell 100</i> nokrāsu tests (FM100)	<i>Hardy Rand and Rittles</i> pseidoizohromatiskais tests, 4 <sup>th</sup> verija (HRR)
Pētījuma dalībnieku skaits; kataraktas veids	n = 92 acis (vecuma katarakta)	n = 108 acis (vecuma katarakta)	n = 160 acis (kodola katarakta)	n = 108 acis (vecuma katarakta)
Pētījuma testēšanas laiks	1 diena pirms operācijas, 1 mēnesi pēc kataraktas operācijas	2 stundas pirms operācijas, 1 nedēļu pēc kataraktas operācijas	1 dienu pirms operācijas, 2 nedēļas un 6 mēnešus pēc kataraktas operācijas	2 stundas pirms operācijas, 1 nedēļu pēc operācijas

### 3.2.1. Krāsu kauliņu salikšanas secības analīze

Literatūrā ir atrodamas dažādas metodes, lai kvantitatīvi novērtētu D15 un FM100 krāsu redzes testus. Ar *Bowman* metodes palīdzību var izvērtēt, vai pacientam ir novērojamas krāsu redzes deficīts, bet nav iespējams noteikt, kāda veida krāsu redzes traucējums ir pacientam.[91] Metode aprēķina kopējo starpību starp sajauktajām stimulu (muciņu) koordinātēm, saskaitot krāsu koordināšu atšķirības no CIE Lab krāsu koordinātu sistēmas. Starpību ( $\Delta E$ ) starp jebkurām divām krāsu stimuliem aprēķina pēc formulas:

$$\Delta E = [(L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

TES normas ir 165  $\Delta E$  (ja kauliņi ir salikti ideālā secībā) – skaits palielinās, palielinoties trans pozicionālo krustpunktu skaitam.

*Vingry & Kinga-Smita* (VK-S) metode izmanto krāsu starpības vektorus, lai noteiktu konkrētu krāsu redzes deficīta smagumu, selektivitāti un tā veidu.[92,93] Metode ietver pacienta izveidotās stimulu secības atšķirību no pilnīgi pareizas secības, kas tiek atspoguļota ar vektoru palīdzību. VK-S izstrādāja četrus parametrus, kuri veido inerces momenta metodi. Metodes normas ir aplūkojamas 5. tabulā, kuras raksturo konfūzijas leņķis (Angle), kurš identificē krāsu redzes deficīta veidu, konfūzijas indekss (C indekss) kvantitatīvi nosaka krāsu redzes defekta izteiktību un selektivitātes indekss (S indekss) kvantitatīvi nosaka krāsu kauliņu izkārtojuma specifiku. Konfūzijas leņķis tiek aprēķināts, zinot krāsu mucu koordinātas CIExyz hromatiskajā diagrammā, kuras tika sajauktas vietām. Pēc tam tiek aprēķināts taisnes slīpums  $m$ , kurš iet caur 2 mucu koordinātēm:  $m = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$ . Lai aprēķinātu konfūzijas leņķi (Angle), tiek izmantota arctangen funkcija: Angle = arctan( $m$ ). Konfūzijas indeksu aprēķina:  $C = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (O_i - C_i)^2$ , kur  $N$  mucu skaits,  $O_i$  ir mucu koordinātas  $i$  pacientu saliktajā secībā un  $C_i$  pareizā mucu pozīcija  $i$  koordinātu telpā. Selektivitātes indeksu aprēķina: S index =  $\frac{C \text{ index}}{TES}$ , kur  $C \text{ index}$  ir konfūzijas indekss, kurš raksturo pacienta krāsu redzes defekta izteiktību, balstoties uz tā mucu salikšanas secību. *TES* jeb *Total Error Score* raksturo sajaukto mucu summu, balstoties uz to nepareizajām pozīcijām.

Paredzams, ka C indekss, kas lielāks par 1,77, norāda uz ārpus normas kauliņu izkārtojumu. S indekss ir noderīgs, lai izvērtētu krāsu redzes deficīta ilgumu (deficītiem kuri ir iedzimti, tiks novērots lielāks S indekss). Krāsu redzes deficīta klasifikācija balstās uz vektora virzienu, kurš ir izveidojies, balstoties uz kauliņu salikšanas secības kļūdām, un tā perpendikularitāti ar konfūzijas asīm (*protan*, *deutan*, *tritan*). Slietns, kas ļauj atšķirt *protan* krāsu defektu no *deutan*, ir +0,70 grādi. Nepiesātinātā D15 testa konfūzijas leņķa normas ir 55,71 grādi, C un S indekss neatšķiras no iepriekš minētajam normas vērtībām.

**5.tabula.** *Vingrys & KingSmith* (VK-S) metodes normas vērtības.[94]

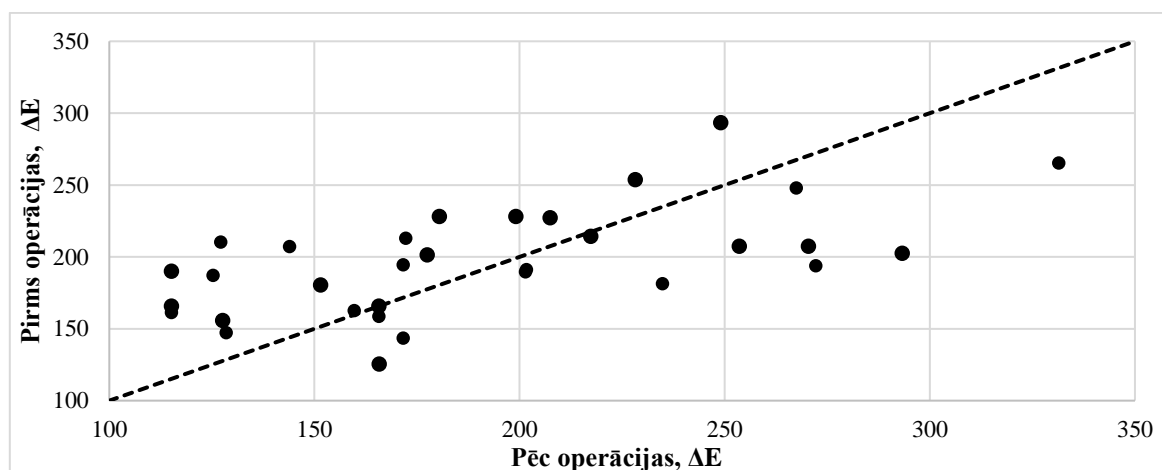
Deficīts	C indekss, vienības	S indekss, vienības	Konfūzijas leņķis, normas
Normas	1.00	1.38	+62
<i>Deutan</i>	< 1.77	< 1.40	-11 ... -4
<i>Protan</i>	> 1.77	> 1.68	0 ... +30
<i>Tritan</i>	> 1.77	< 4.00	0 ... -70



### 3.3. Rezultāti

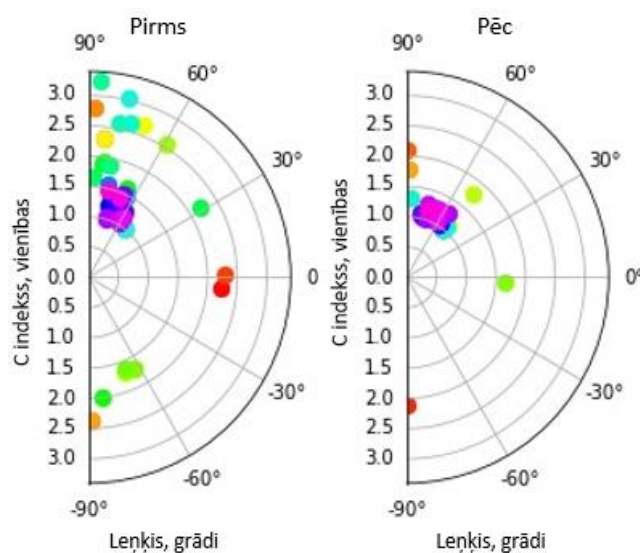
#### 3.3.1. Piesātinātais D15 tests

Šī pētījuma rezultāti tika analizēti, izmantojot *Bowman* metodi, un tie ir attēloti 14. attēlā. Pirms operācijas pacienti uzrādīja  $190,87 \pm 0,41\Delta E$  vienības un pēc operācijas  $132,18 \pm 0,42 \Delta E$  vienības, un tika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirība ( $p = 0,001$ ;  $n = 32$ ) starp pirms un pēc kauliņu salikšanas secībām (sk. 18. attēlu). Pēc kataraktas operācijas kauliņu salikšanas secība bija precīzāka, pacienti mazāk pieļāva kļūdas.[dis 5]



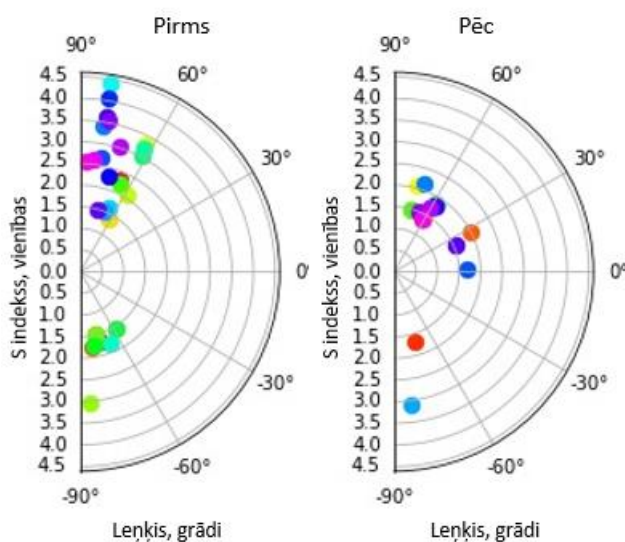
**18. attēls** Krāsu starpības TCDS ( $\Delta E$ ) summas pacientiem (punkti) pirms un pēc kataraktas operācijas ( $n = 32$ ). D15 krāsu redzes testā. Pārtrauktā līnija demonstrē references taisni, kad starp kauliņu salikšanas secībām netika novērotas izmaiņas ( $\Delta E = 0$ ).

Pētījumā tika konstatēts, ka pirms kataraktas operācijas 7 acīm kauliņu salikšanas secība bija līdzīga *tritan* krāsu redzes deficītam, un 8 acīm nebija specifisku krāsu redzes traucējumu, bet bija novirze uz *tritan* konfūzijas līnijas pusi (sk. 19. att.). Septiņpadsmit kauliņu salikšanas secības neuzrādīja būtiskas atšķirības ar literatūrā atrodamajām normām. Pēc operācijas 24 pacientu acu rezultāti neuzrādīja statistiski nozīmīgas krāsu redzes jutības izmaiņas. Trīs pacientu kauliņu salikšanas secību rezultāti uzrādīja līdzību ar *protan* kauliņu salikšanas secību, un vienas acs rezultāti uzrādīja līdzību ar *deutan* konfūzijas ass virzienu. Divu acu dati uzrādīja krāsu jutības izmaiņas uz *tritan* konfūzijas ass pusi. Septiņiem pacientiem, kuriem bija sākotnēji tika novērotas krāsu jutības izmaiņas uz *tritan* konfūzijas ass pusi, krāsu jutības izmaiņas netika novērotas pēc operācijas. Viens pacients palika tajā pašā pozīcijā, bet vēl viena kauliņu secība “virzījās” uz *tritan* konfūzijas līnijas pusi.



**19. attēls** Pacientu D15 krāsu kauliņu secība, kas atbilst konfūzijas indeksam (C indekss) un konfūzijas leņķim (grādi) pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot piesātināto D15 testu. Krāsainie punkti parāda individuālu dalībnieku kauliņu izkārtojuma secību pirms un pēc operācijas.

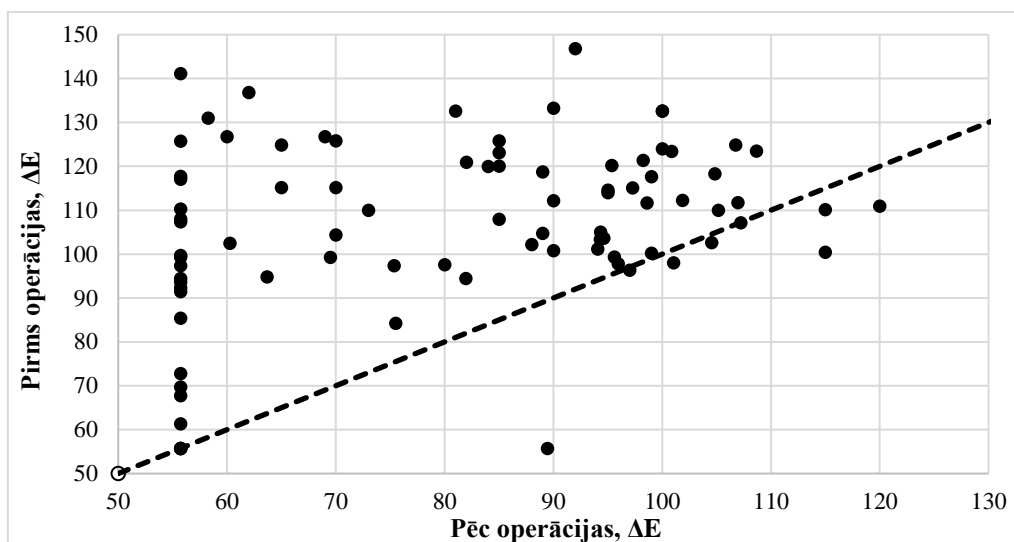
S indeksa parametrs tiek izmantots, lai kvantitatīvi noteiktu, cik lielā mērā pacientu izkārtojuma secība ir paralēla konfūzijas leņķim. Pirms operācijas vidējais S indekss bija  $2,33 \pm 0,78$  vienības, bet pēc procedūras –  $1,71 \pm 0,10$  vienības. Novērotās S indeksa atšķirība pirms un pēc operācijas bija statistiski nozīmīga ( $p < 0,01$ ). Pēc kataraktas izņemšanas krāsu redzes jutības izmaiņas nebija tik izteiktas, un vāciņu izkārtojuma secība bija precīzāka, ne tik haotiska (sk. 20. att.).[dis 5]



**20. attēls** Pacienta D15 krāsu kauliņu secība, veicot piesātināto D15 testu. Polārās koordinātes raksturo selektivitātes indeksa (S indekss) un konfūzijas leņķa (grādos) lielumus pirms un pēc kataraktas operācijas. Krāsaini punkti parāda individuālo dalībnieku kauliņu izkārtojumu. Pirms operācijas 7 acu kauliņu salikšanas secība norādīja līdzību ar *tritan* deficītu. Pēc operācijas 6 kauliņu salikšanas secības norādīja uz krāsu redzes deficīta esamību.

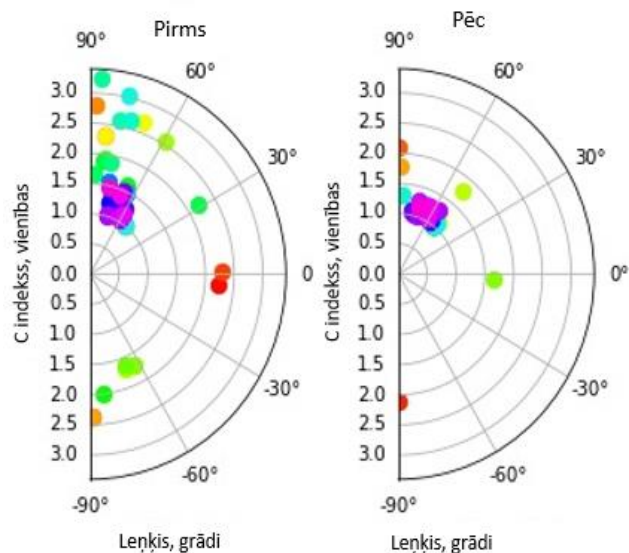
### 3.3.2. Nepiesātinātais D15 tests

Rezultāti, kas analizēti ar *Bowman* metodi liecina, ka starp rezultātiem pirms un 1 nedēļu pēc kataraktas operācijas ir statistiski nozīmīga atšķirība ( $p = 0,001$ ) (skatīt 21. attēls). TCDS vērtību skaits samazinājās, norādot uz mazāk kļūdām, savietojot kauliņus nepiesātinātajā D15 testā. Statistiski nozīmīga atšķirība ( $p = 0,02$ ) pēc kataraktas operācijas tika konstatēta, salīdzinot to ar *Bowmana* metodes normas vērtībām ( $\Delta E = 55,71$  vienības), kas liecina par hromatiskās izšķirtspējas izmaiņām.[dis 2]



**21. attēls** Krāsu starpības TCDS ( $\Delta E$ ) summas pacientiem (melnie punkti) pirms un pēc kataraktas operācijas ( $n = 104$ ) (nepiesātinātais D15 krāsu redzes tests). Raustītā līnija (references taisne) norāda, ka krāsu starpības summās nav izmaiņu ( $\Delta E = 0$ ).

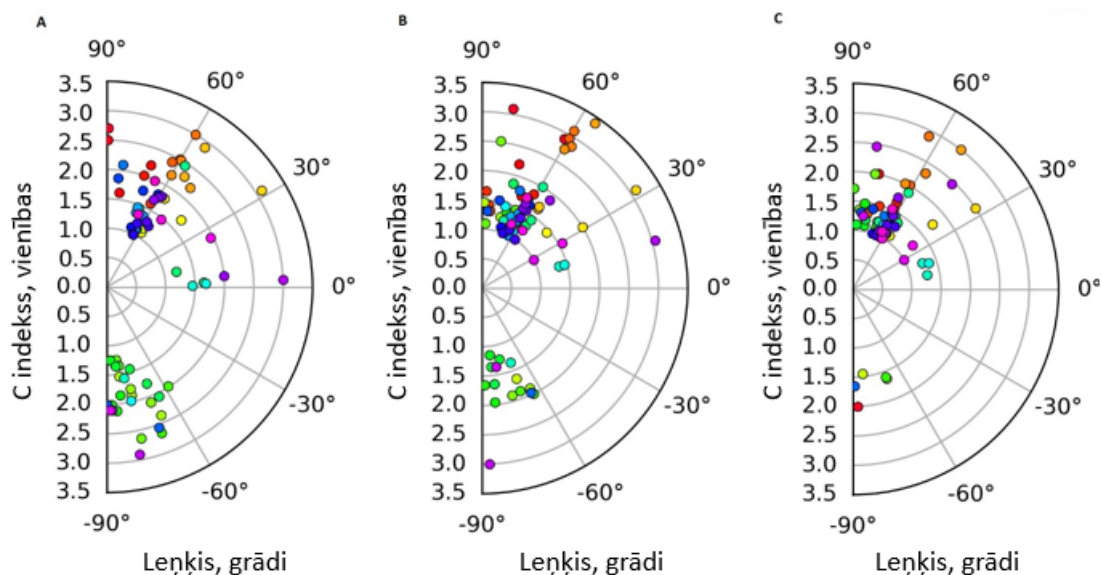
Lai noteiktu krāsu redzes jutību pirms un pēc kataraktas operācijas, tika salīdzināts vidējais pacientu konfūzijas indekss, un tika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirība – krāsu redzes deficīta izteiktība samazinājās ( $p < 0,01$ ) (22. attēls). Selektivitātes indekss raksturo pacienta izkārtojuma secības paralēlisko secību attiecībā pret konfūzijas leņķi. Pirms un pēc kataraktas operācijas netika novērota statistiski būtiska vidējā S indeksa atšķirība ( $p = 0,12$ ) Kopumā pēc operācijas krāsu redzes jutības izmaiņas nebija tik izteiktas, un kauliņu izkārtojuma secība bija precīzāka. Pirms operācijas 6 pacientiem bija novērojama krāsu jutības nobīde uz *tritan* konfūzijas ass pusi. Vienu nedēļu pēc operācijas šiem pacientiem netika novērojamas nekāds krāsu redzes deficīts. Četrām acīm, kurām pirms operācijas bija normāla kauliņu izkārtojuma secība, pēc operācijas krāsu jutība bija nespecifiska, atradās tuvāk *protan* konfūzijas asij. Iespējams, ka pacienta redzes sistēma joprojām kompensē kataraktu un viens mēnesis nav pietiekams, lai redzes sistēma pielāgotos jaunajai intraokulārai lēcai.[dis2; dis 5]



**22. attēls** Pacientu nepiesātinātā D15 krāsu kauliņu secība, kas atbilst konfūzijas indeksam (C indekss) un konfūzijas leņķim (grādos) pirms un pēc kataraktas operācijas. Krāsaini punkti demonstrē individuālu dalībnieku kauliņu izkārtojuma secību.

### 3.3.3. FM100 nokrāsas tests

Pētījumā tika konstatēts [dīs 3], ka pirms kataraktas operācijas 7 acu kauliņu salikšanas secībai bija novirze uz *tritan* konfūzijas ass virzienu un 8 acu rezultātiem bija nespecifisks krāsu redzes deficīts, ar nelielu novirzi uz *tritan* pusi (skatīt 23. att.). Pacientu rezultāti 17 acīm neuzrādīja statistiski būtiskas atšķirības kauliņu salikšanas secībā ar literatūrā atrodamajām normas vērtībām. Tika konstatēts, ka pirms kataraktas operācijas 39 pacientiem inerces momenta nobīde nebija ārpus normas robežām. Pēc operācijas 24 pacientu rezultāti neuzrādīja statistiski nozīmīgas krāsu jutības izmaiņas. Tomēr kauliņu secības kļūdas 3 pacientiem liecināja par līdzību ar *protan* konfūzijas ass virzienu. Trīs acu rezultāti uzrādīja līdzību ar protanomāla pacienta kauliņu salikšanas secību, un 1 acs uzrādīja līdzību ar *deutan* pacienta kauliņu salikšanas secību. Divu acu dati uzrādīja krāsu jutības izmaiņas uz *tritan* konfūzijas ass pusi. Pēc operācijas 7 pacientiem, kuriem bija novērojama krāsu jutības izmaiņa uz *tritan* konfūzijas ass pusi, izmaiņas nebija novērojamas un uzrādīja normas vērtības. Viens patients palika tajā pašā pozīcijā, bet vēl viens patients migrēja uz *tritan* konfūzijas ass pusi.



**23. attēls** Attēlā demonstrēta individuāla pacientu krāsu kauliņu izkārtojuma secības, kas attēlo visu dalībnieku ( $n = 80$ ) konfūzijas indeksa (C indekss) un konfūzijas leņķa (leņķis) attiecību FM100 testā. Kauliņu izkārtojuma secības parādītas pirms operācijas (A), 2 nedēļas (B) un 6 mēnešus pēc operācijas (C). Pirms operācijas 25 pacientiem demonstrēja kauliņu izkārtojuma secības, kas bija līdzīgas *tritan* krāsu redzes deficītam, 10 pacientiem secība bija līdzīga *protan* vai *deutan* krāsu redzes deficītam, 6 pacientiem bija nespecifisks krāsu redzes deficīts, bet 39 pacientiem bija normāla krāsu redzes jutība. Katrs patients visos attēlos ir apzīmēts ar vienu krāsu, bet šī krāsa nav saistīta ar krāsu redzes deficīta veidu.

### 3.3.4. HHR rezultāti

Pirms operācijas nevienam no 54 pacientiem ar HRR testu netika konstatēti krāsu redzes jutības traucējumi.[dis 2] Pēc kataraktas operācijas pacienti nekļūdījās un uzrādīja normālu krāsu redzes jutību, visās 24 demonstrētajās platēs. HRR tests nebija jutīgs krāsu redzes izmaiņu noteikšanai kataraktas pacientiem.

## 4. Krāsu redzes testa korelācija ar krāsu redzes anketu

### 4.1. Literatūras pārskats

Lai gūtu dziļāku izpratni par pacientu subjektīvo krāsu redzi, tika veikts pētījums, kurā tika analizētas subjektīvie pacientu krāsu redzes novērojumi (aptaujas anketas) un subjektīvo sajūtu saistību ar *Farnsworth-Munsell 100* nokrāsu testu.[87] Nozāres literatūrā nav atrodami līdzīgi pētījumi šim. Pētījuma mērķis bija novērtēt, vai pacientu kauliņu izkārtojuma secība ir saistīta ar pacienta subjektīvajām krāsu redzes sajūtām.[dis 3] Pētījuma rezultāti ļaus veselības aprūpes speciālistiem noteikt, vai pastāv korelācija un pierādījumi pacientu subjektīvajiem pārdzīvojumiem ikdienas aktivitātēs, kas saistītas ar krāsu redzi. Pētījuma rezultāti varētu sniegt atbildi, vai krāsu redzes aptaujas anketas var izmantot krāsu redzes jutības izmaiņu noteikšanai, lai uzraudzītu kataraktas progresēšanu, un dotu labāku izpratni – ko jūt kataraktas pacienti pēc kataraktas operācijas.

## 4.2. Metode

Pētījumā tika analizēti katra dalībnieka kauliņu sakārtojuma secības. Pētījuma dalībnieki tika sadalīti piecās grupās, pamatojoties uz kauliņu sakārtošanas secību pirms kataraktas operācijas: normāla ( $n = 39$ ), nespecifiska ( $n = 6$ ), *tritan* ( $n = 25$ ) un *protan/deutan* deficīta kombinācija ( $n = 10$ ). [dis 3] Pētījumā tika izmantots Pīrsona korelācijas koeficients ( $r$ ), lai pārbaudītu, vai pastāv saistība starp pacienta subjektīvajām aptaujas anketas atbildēm un konfūzijas indeksu (C indekss). Anketas rezultāti un C indeksa vērtības tika salīdzinātas katram laika periodam atsevišķi – pirms operācijas, 2 nedēļas un 6 mēnešus pēc operācijas. Korelācijas koeficients no 0,7 līdz 1,0 tika uzskatīts par spēcīgu pozitīvu korelāciju, no 0,5 līdz 0,7 – par mērenu, no 0,3 līdz 0,5 – par vāji pozitīvu, bet no 0 līdz 0,3 – par nenozīmīgu korelāciju.

## 4.3. Rezultāti

Kopējās grupas ( $n = 80$ ) rezultāti parādīja, ka pirms un pēc kataraktas operācijas starp C indeksu un pacientu subjektīvajām atbildēm uz pirmo, otro, trešo un ceturto jautājumu bija mērena pozitīva korelācija (sk. 6.tabulu). Visspēcīgākā pozitīvā korelācija, starp anketas atbildēm un C indeksu, tika novērota 2 nedēļas pēc kataraktas operācijas ( $r = 0,79$ ), kas norāda uz saistību starp pacientu sūdzībām un krāsu redzes testa rezultātiem. Novērots, ka korelācija samazinājās, palielinoties laikam pēc operācijas. Jautājumā Nr. 8 (krāsu spožums) tika konstatēta vismazākā pozitīvā korelācija salīdzinājumā ar citiem jautājumiem.

Pirms kataraktas operācijas pacientiem, kuriem bija normāla kauliņu sakārtošanas secība ( $n = 39$ ), uzrādīja mērenu pozitīvu korelāciju ar pirmajiem četriem jautājumiem. Pacientu atbildes atbilda krāsu redzes testa rezultātiem un uzrādīja spēcīgu pozitīvu korelāciju ar septīto (pirms) un pirmo (6 mēnešus pēc) jautājumu. Sešu mēnešu laikā pēc operācijas tika novērota vāja korelācija ar ceturto, piekto, sesto un septīto jautājumu.

Pirms kataraktas operācijas 25 dalībnieku FM100 kauliņu salikšanas secība uzrādīja līdzību ar *tritan* krāsu redzes deficītu. Kauliņu izkārtojuma secībai bija spēcīga pozitīva korelācija ar otro jautājumu pirms, 6 mēnešus pēc un sesto jautājumu 2 nedēļas pēc operācijas. Pirms operācijas rezultāti liecina, ka krāsu redzes testa kauliņu secība atbilst aptaujas rezultātiem pirmajos trīs jautājumos, bet pēc tam korelācija krasi samazinās. Pirmie trīs jautājumi var tikt izmantoti optometrista praksē, lai izvērtētu pacientus ar *tritan* līdzīgu kauliņu salikšanas secību.

Tā kā dalībnieku, ar *protan* un *deutan* deficītu, skaits bija ierobežots, pētījumā tika apvienoti viņu dati. Pirmajam jautājumam bija mēreni pozitīva korelācija 2 nedēļas un 6 mēnešu pēc operācijas. Korelācijas koeficients starp anketas rezultātu un C indeksu bija negatīvs otrajā un astotajā jautājumā, kas liecina, ka, lai gan pacienti ziņoja par subjektīvām izmaiņām ( $p < 0,02$ ), C indeksā nebija statistiski nozīmīgu izmaiņu ( $p > 0,15$ ). Kopumā rezultāti liecināja, ka visspēcīgākā pozitīvā korelācija starp aptaujas punktu skaitu un konfūzijas indeksu bija *protan* un *deutan* grupā 2 nedēļas pēc operācijas.

**6.tabula** Korelācijas koeficienti (r) starp subjektīvās aptaujas anketas rezultātiem un C indeksu katram jautājumam dažādos laika periodos. <sup>a</sup>

Pirms	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normāls (n = 39)	0.65	0.64	0.68	0.64	0.22	0.43	<b>0.71</b>	0.47
Nespecifisks (n = 6)	0.61	<b>0.94</b>	<b>0.94</b>	-0.61	0.41	0.33	0.13	0.41
Tritan (n = 25)	0.64	<b>0.70</b>	0.54	0.28	0.28	0.04	0.03	0.37
Protan/Deutan (n = 10)	0.14	-0.18	<b>0.76</b>	0.54	0.40	0.63	0.57	0.32
Visi (n = 80)	0.58	0.59	<b>0.76</b>	0.60	0.43	0.61	0.50	0.43
2 nedēļas	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normāls (n = 39)	0.64	0.62	0.58	0.55	0.50	0.49	0.21	0.23
Nespecifisks (n = 6)	<b>0.73</b>	0.18	<b>0.75</b>	<b>0.89</b>	<b>0.80</b>	0.21	0.53	-0.07
Tritan (n = 25)	0.39	0.001	0.15	0.36	0.13	<b>0.72</b>	0.29	-0.14
Protan/Deutan (n = 10)	0.54	-0.26	<b>0.82</b>	<b>0.70</b>	<b>0.72</b>	0.34	0.60	-0.45
Visi (n = 80)	0.60	<b>0.77</b>	<b>0.72</b>	<b>0.79</b>	0.67	0.44	0.39	0.20
6 mēneši	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.
Normāls (n = 39)	<b>0.73</b>	-0.09	0.54	0.25	0.30	0.32	-0.06	0.38
Nespecifisks (n = 6)	0.61	<b>0.78</b>	0.38	-0.25	-0.67	0.20	NA	-0.37
Tritan (n = 25)	<b>0.72</b>	0.19	0.21	0.59	-0.07	0.68	0.12	0.19
Protan/Deutan (n = 10)	0.57	0.02	<b>0.77</b>	0.65	<b>0.88</b>	0.34	-0.43	<b>-0.81</b>
Visi (n = 80)	0.68	0.67	0.66	0.52	0.23	0.01	0.01	0.14

Sešiem pacientu kauliņu salikšanas secībai pirms operācijas tika konstatēta līdzība ar nespecifiskiem krāsu redzes traucējumiem. Kā redzams 6. tabulā, pirmajos trijos jautājumos, novērotāju starpā pirms un pēc kataraktas operācijas, bija vērojama spēcīga pozitīva korelācija. Tomēr ceturtajā jautājumā par subjektīvo krāsu izskatu, korelācijas koeficients uzrādīja negatīvu sakarību starp abiem parametriem pirms operācijas un sešu mēnešu novērošanas laikā.

## METODOLOĢIJA KATARAKTAS UN TĀS RADĪTO REDZES FUNKCIJU IZMAIŅU IZVĒRTĒŠANAI

Metodoloģija ir izstrādāta, balstoties uz promocijas darbā iegūtajiem rezultātiem. Veselības aprūpes speciālisti var izmantot iegūtos rezultātus kataraktas novērtēšanai dinamiskā vai kataraktas operācijas rekomendēšanai. Lēmumu par kataraktas operācijas pieņem oftalmologs, balstoties uz pacienta velmi veikt operāciju un iegūtajiem rezultātiem.

Katarakta un tās veida noteikšana, izmantojot objektīvā gaismas izkliedes indeksa (OSI) rezultātus:

Ja OSI:

- 1) < 2 vienības → katarakta nav diagnosticēta;
- 2) 2 līdz 3 vienības → garozas katarakta;
- 3) 3 līdz 4 vienības → aizmugurējās virsmas subkapsulārā katarakta;

- 4)  $> 4$  vienības  $\rightarrow$  kodola katarakta.

Ja pacientam ir novērojama katarakta, bet nav sūdzību:

1. Redzes asuma pārbaude (Snellena tabula):
  - a)  $> 1,00$  decimālās vienības  $\rightarrow$  kontrole pēc 1 gada pie oftalmologa;
  - b)  $1,00 - 0,63$  decimālās vienības  $\rightarrow$  kontrole pēc 1 gada pie oftalmologa;
  - c)  $< 0,63$  decimālās vienības  $\rightarrow$  kontrole pie oftalmologa 6 mēnešu laikā.

Redzes asums, zemāks par 0,63 decimālajām vienībām, neatbilst cilvēkam nepieciešamajai funkcionālajai redzei (B kategorijas automašīnas vadīšana, darbs ar datoru).

2. Anketa: Subjektīvo sajūtu novērtējums (VF-14):
  - a) 99 līdz 100 punkti  $\rightarrow$  sūdzības nav novērojamas, kontrole pēc 1 gada;
  - b) 75 – 98 punkti  $\rightarrow$  vāji izteiktas sūdzības, kontrole pēc 1 gada;
  - c)  $< 75$  punktiem  $\rightarrow$  vidēji vai spēcīgi izteiktas sūdzības, ieteikta dzīves kvalitāte. Pacientam ieteicams rekomendēt oftalmologa konsultāciju.
3. Objektīvās gaismas izkliedes indekss (OSI):
  - a)  $\geq 3$  vienības  $\rightarrow$  tiek rekomendēta oftalmologa konsultācija (gaismas izkliedes dēļ tiek ieteikts funkcionālais redzes asums 0,63 decimālās vienības);
  - b)  $\leq 3$  vienības  $\rightarrow$  kontrole pēc 1 gada pie oftalmologa.

Redzes asuma pārbaude, objektīvās gaismas izkliedes indeksa mērījums un anketu rezultāti palīdzēs izvērtēt kataraktu dinamikā redzes aprūpes speciālistiem. Primāras aprūpes speciālists (ģimenes ārsts) ikdienu praksē pacientiem var veikt redzes asuma testu un anketēšanu (analizēt vesela vai “slima” pacienta izmaiņas laika gaitā). Redzes aprūpes speciālista uzdevums ir informēt pacientu par sagaidāmajām sūdzībām ja katarakta progresēs, balstoties uz kataraktas veidu (skatīt sadaļu 1.1).

Ja pacientam ir novērojamas sūdzības:

1. Redzes asuma pārbaude: neatkarīgi no redzes asuma, rekomendēt oftalmologa konsultāciju.
2. Kontrastredzes pārbaude augstās telpiskajās frekvencēs: 12 un 14 cikli/grādu, pie spožuma līmeņa  $60 - 100 \text{ cd/m}^2$ . Testa spožuma līmenis atkarīgs no sūdzībām kuras izjūt pacients. Piem. Ja pacientam ir sūdzības par redzes funkcijām tumsā, tests tiek veikts  $60 \text{ cd/m}^2$  spožumā.
  - a)  $> 10\%$   $\rightarrow$  tiek rekomendēta oftalmologa konsultācija;
  - b)  $< 10\%$   $\rightarrow$  kontrole pēc 6 mēnešiem.
3. Anketa – subjektīvo sajūtu novērtējums (VF-14): neatkarīgi no anketas punktu skaita, rekomendē oftalmologa konsultāciju. Anketas rezultāti kalpos kā rīks kataraktas progresijas izvērtēšanai. Pacientu subjektīvās sajūtas pie dažādiem kataraktas veidiem atrodamas 1.1. daļā.
4. Krāsu redzes tests: *Farnsworth-Munsell* 100 nokrāsu tests vai *Farnsworth-Munsell* D15 krāsu redzes tests.
  - a) Neizmainīta krāsu redze: Pieļaujama kļūdu skaits D15 testā: 2; FM100 testā 16 kļūdas;
  - b) Ja pacients pieļauj vairāk kā 2 kļūdas D15 testā un vairāk kā 16 kļūdas FM100 testā  $\rightarrow$  tiek veikta kauliņu salikšanas secības analīze, nosakot secības līdzību ar krāsu



redzes deficītiem → tiek aizpildīta krāsu redzes jutības anketa (1.-4. jautājums), lai labāk izprastu sūdzības par krāsu redzes izmaiņām.

Ja kauliņu salikšanas secība uzrāda *tritan* krāsu redzes deficītu → redzes aprūpes speciālista uzdevums ir informēt pacientu, ka pēc operācijas pacients novēros izteiktākas krāsu redzes izmaiņas.

## KOPSAVILKUMS

Divas nedēļas pēc kataraktas operācijas pacientiem ievērojami uzlabojas dzīves kvalitāte, īpaši saistībā ar darbu tuvumā. Starp dažādiem kataraktas veidiem, pacienti ar garozas kataraktu pēc operācijas ziņo par vislielāko subjektīvo dzīves kvalitātes uzlabojumu, kam seko pacienti ar aizmugurējās virsmas subkapsulāro un kodolu kataraktu. Pirms operācijas pacienti ar kodola kataraktu bija apmierinātāki savās ikdienas aktivitātēs kā pacienti ar pārējiem kataraktas veidiem. Pacientiem ar aizmugurējās virsmas subkapsulāro kataraktu visvairāk sūdzību bija par ikdienas aktivitātēm, kas ir saistītas ar priekšmetiem, kuros ir atstarojoši elementi, piemēram, ceļa zīmes, televizors. Tomēr aptaujas anketu rezultāti, jautājumos par lielo, drukāto burtu, grāmatu lasīšanu, seju atpazīšanu un sporta aktivitātēm, pirms un pēc operācijas būtiski neatšķīrās, neatkarīgi no kataraktas veida, liecinot to, ka operācija neuzlabo šīs dzīves funkcijas. Tāpat pirms un pēc kataraktas operācijas nebija būtisku atšķirību kataraktas grupas respondentu atbildēs, kas saistītas ar soļu saredzēšanu un braukšanu ar automašīnu. Jautājumi nr. 1.; 6.; 7.; 8.; 9.; 12.; 13. var tikt izmantoti kataraktas veida diferencēšanā, jo rezultāti uzrādīja atšķirības starp kodola, garozas un aizmugurējās virsmas subkapsulārās kataraktas pacientu atbildēm.

Pēc kataraktas operācijas uzlabojās FM100, D15 krāsu redzes testa rezultāti un subjektīvās krāsu redzes sajūtas. Tomēr aptaujas anketas rezultāti pirms operācijas būtiski atšķiras, salīdzinot ar 6 mēnešu pēc-operācijas rezultātiem. Kas norāda, ka subjektīvās izmaiņas var novērot tikai ilgākā laika posmā pēc operācijas. Paredzams, ka ar krāsu redzes sajūtām saistītās sūdzības samazināsies, sākot no divām nedēļām pēc operācijas. Pacienti pirms operācijas ziņoja par nelielām problēmām ar krāsu nosaukšanu, sajūtu, izskatu, un to, ka viss kļūst zilāks. Krāsu sajaukšana un atšķiršana bija nozīmīgākās problēmas, ar kurām pacienti saskāras ikdienas dzīves situācijās pirms operācijas, taču šīs sūdzības nav plaši pētītas pašreizējā literatūrā, un ir nepieciešams veikt papildus mērījumus. Divas nedēļas pēc kataraktas operācijas pacienti nejuta atšķirību krāsu sajaukšanas, atšķiršanas, nosaukšanas un ēdiena pagatavošanas jomā, salīdzinājumā ar laiku pirms operācijas. Krāsu izskats un sajūta kas kļuva zilāks, uzrādīja krasu subjektīvo vērtējumu pieaugumu, kas tika novērots visos turpmākajos kontroles posmos pēc operācijas – pacienti izteikti novēroja šīs divas lietas. Pacienti novēroja, ka ikdienā redzami priekšmeti izskatās dzeltenāki un spilgtāki, pēc operācijas. Sešus mēnešu pēc operācijas subjektīvās sajūtas bija samazinājušās un pacienti neizjuta izmaiņas objektu izskatā. Kopējie rezultāti liecina, ka redzes aprūpes speciālistiem pacientu ir jāinformē, ka pēc kataraktas operācijas subjektīvās krāsu redzes sajūtas neizmainīsies ātrāk kā 2 nedēļas pēc operācijas, kodola kataraktas gadījumā.

Kopumā pacientu subjektīvā krāsu sajūta labi atbilst krāsu redzes testu kauliņu salikšanas secībai pirms un 2 nedēļas pēc operācijas. Tomēr šīs metodes ticamība samazinās pēc ilgāka laika perioda, atkarībā no uzdotā jautājuma. Pirmā (krāsu sajaukšana), otrā (krāsu nosaukšana), trešā (krāsu atšķiršana) un ceturrtā jautājuma (krāsu sajūta ir atšķirīga) rezultāti uzrādīja spēcīgu pozitīvu korelāciju ar C indeksu. Taču piektā (viss šķiet zilāks), sestā (ēdiena gatavošana),

septītā (ikdienas priekšmetu dzeltēšana) un astotā (spilgtuma izmaiņas) jautājuma rezultāti nebija ticami 6 mēnešu laikā pēc pārbaudes. Anketā minētie pirmie četri jautājumi var tikt uzdoti pacientiem un izmantoti optometrista praksē, kā raksturojošs rīks krāsu redzes izmaiņām, kataraktas dēļ.

Krāsu redzes testi, piemēram, FM100 un D15 nokrāsas tests, ir jutīgi, lai noteiktu krāsu redzes jutības izmaiņas pēc kataraktas operācijas, un var kalpot kā papildu metode kataraktas novērošanu dinamikā. Ar D15 testa palīdzību bija iespēja novērtēt krāsu redzes jutības izmaiņas, 1 nedēļu pēc kataraktas operācijas. Pirms kataraktas operācijas 30% pacientiem novēro līdzības ar *tritan* krāsu kauliņu secību, kas pēc laika mainās uz normālu secību. Krāsu redzes jutības izmaiņas var novērot ilgāk nekā 6 mēnešus pēc kataraktas izņemšanas.

Attiecībā uz citiem faktoriem, kas varētu ietekmēt aptaujas anketas rādītājus, rezultāti liecina, ka kataraktas izraisītā gaismas izkliede būtiski samazina kontrastjutību visās telpiskajās frekvencēs. Pirms operācijas, viszemākā kontrastjutība tika novērota augstās telpiskās frekvencēs uz tumšākajā fona. Netika novērota būtisku atšķirību starp Vēbera koeficientiem, palielinot fona spožuma līmeni grupām pirms kataraktas operācijas un kontroles grupā. Pie apgaismojuma līmeņa  $60 \text{ cd/m}^2$ , kataraktas operācija nodrošina būtisku uzlabojumu kontrastjutībā vidējās telpiskās frekvencēs, bet pie fona apgaismojuma spožuma līmeņa  $85 \text{ cd/m}^2$  un  $100 \text{ cd/m}^2$  kontrastjutības uzlabojums tiek panākts pie augstām telpiskām frekvencēm (12 un 18 cikli/grādu).

Veselības aprūpes speciālisti var izmantot promocijas darbā aprakstītos rezultātus, izmantojot aprakstītās aptaujas anketas, kā vērtīgu rīku, lai labāk izprastu pacientu subjektīvās sajūtas un, lai sekotu līdzi kataraktas pacientu krāsu redzes jutības izmaiņām. Turklāt, mūsu pētījums veselības aprūpes speciālistiem sniedz labāku ieskatu attiecībā uz kodola kataraktas pacientu subjektīvajiem pārdzīvojumiem pirms un pēc kataraktas operācijas, kas saistīti ar krāsu redzi. Krāsu kauliņu salikšanas testi ikdienā var kalpot kā papildus rīki kataraktas izvērtēšanai.

## TĒZES

1. Lai novērtētu pacientu subjektīvās sajūtas pirms kataraktas operācijas, ir izstrādāta krāsu redzes jutības novērtēšanas anketa. Tika konstatēts, ka dzīves kvalitātes subjektīvais novērtējums korelē ar kontrastjutību, redzes asumu un krāsu redzes testa rezultātiem. Anketu izmantošana var būt vērtīgs instruments kataraktas progresēšanas uzraudzībai.
2. Eksperimentāli pierādīts, ka subjektīvās krāsu redzes jutības izmaiņas kataraktas pacientiem rodas laika posmā no 2 nedēļām līdz 6 mēnešiem pēc kataraktas operācijas.
3. Eksperimentāli pierādīts, ka *Farnsworth-Munsell 100* un *Farnsworth D-15* krāsu redzes testi uzrāda lielāku jutību krāsu redzes izmaiņu noteikšanā kataraktas pacientiem pirms un pēc operācijas, salīdzinot ar *Hardy Rand Rittler* testu. Līdz ar to krāsu redzes testus var izmantot kā papildu metodi kataraktas novērtēšanai, kas nav darīts līdz šim.
4. Objektīvo gaismas izklijes indeksu var izmantot kā papildu diagnostikas rīku dažādu kataraktas veidu noteikšanai. Objektīvais gaismas izklijes indekss līdz šim netika izmantots kataraktas veidu diagnostikai, bet eksperimentāli tika pierādītas tā pielietojums.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

1. A. of Ophthalmology. Cataract in the adult eye preferred practice pattern. *Am Acad Ophthalmol.* no.1 (2021): 1–126412.
2. Zhang, J. H., Ramke, J., Lee, C. N., Gordon, I., Safi, S., Lingham, G., et al. "A systematic review of Clinical Practice Guidelines for Cataract: Evidence to support the development of the WHO package of Eye Care Interventions." *Vision* 6, no. 2 (2022): 36. doi:10.3390/vision6020036.
3. Leske, M.C. "Nine-year incidence of lens opacities in the Barbados eye studies." *Ophthalmology* 111 (2004): 483–490.
4. Veselibas statistikas datubāze. Available: [https://statistika.spkc.gov.lv/pxweb/lv/Health/Health\\_\\_Veselibas%20aprupe\\_\\_AmbulatoraPalidziba/AMB040.px/table/tableViewLayout2/](https://statistika.spkc.gov.lv/pxweb/lv/Health/Health__Veselibas%20aprupe__AmbulatoraPalidziba/AMB040.px/table/tableViewLayout2/). (atvērts: 28.05.2023.)
5. Lewis A., Congdon N., Munoz B., et al. Cataract surgery and subtype in a defined, older population: The SEECAT Project. *Br J Ophthalmol.*, no.88 (2004):1512-1517.
6. Michael, A.J., Afshari, N.A. "Cataract and Systemic Disease: A Review." *Clinical & Experimental Ophthalmology* 49, no. 2 (2021): 118-127.
7. Park, S., Taehun, K., Sung-II, C., Eun-Hee, L. "Association between Cataract and the Degree of Obesity." *Optometry and Vision Science* 90, no. 9 (2013): 1019–1027.
8. Moorman, C. "Cataract surgery." In *Ophthalmic Surgery: Principles and Practice*. (2012):1618.
9. Lam, D., Srinivas K. R., Vineet R., Yizhi L., Paul M., King, J., Marie-José T., Jonas, J., Chi P. P., and Chang., D.F. "Cataract." *Nature Reviews Disease Primers* 1, no. 1 (2015). <https://doi.org/10.1038/nrdp.2015.14>.
10. Husain, Farhan. "Major Advances in Cataract Surgery." *Cataract Surgery*.(2013) <https://doi.org/10.5772/53068>.
11. APACRS. "Principles of Preferred Practice in cataract surgery." *Asia-Pacific association of cataract & refractive surgeons, APACRS*(2017): 4-46
12. Datta, S., Foss, AJ., Grainge, MJ., et al. "The importance of acuity, stereopsis, and contrast sensitivity for health-related quality of life in elderly women with cataracts." *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, no. 49 (2008): 1-6.
13. Mishor, G., Schmid, FG., Lifshitz, T., Levy, J., Rosen, JS., Wild, JM. "Cataract and Wavefront Aberrometry." *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, no. 48(13)(2007): 3819.
14. Mello, G.R., Rocha, K.M., Santhiago, M.R., Smadja, D., Krueger, RR. "Applications of wavefront technology." *Journal of Cataract & Refractive Surgery*, no. 38(9) (2012): 1671-1683.
15. Mainster, M.A., & Turner, P.L. "Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study." *American Journal of Ophthalmology*, no. 153(4), (2012): 587–593.
16. Khan, S. & Rocha, G. "Cataract surgery and optimal spherical aberration: As simple as you think?" *Canadian Journal of Ophthalmology*, no. 43(6) (2008): 693–701.
17. Cheng, C., Parreno, J., Nowak, R.B., Biswas, S.K., Wang, K., Hoshino, M., Uesugi, K., Yagi, N., Moncaster, J.A., Lo, W.K., Pierscionek, B., & Fowler, V.M. "Age-related changes in eye lens biomechanics, morphology, refractive index and transparency." *Aging*, no. 11(24) (2019): 12497–12531.

18. Steinberg, E.P., Tielsch, J.M., Schein, O.D., et al. "The VF-14. An index of functional impairment in patients with cataract." *Archives of Ophthalmology*, no. 112 (1994): 630-638.
19. Leinonen J, Laatikainen L. "The decrease of visual acuity in cataract patients waiting for surgery". *Acta Ophthalmol. Scand*, no.77 (1999); 681–684.
20. Foss J.E.A., Harwood R.H., Osborn F, et al. "Falls and health status in elderly women following second eye cataract surgery: a randomised controlled trial." *Age Ageing*, no.35 (2006):66–71.
21. Finger R.P., Kupitz D.G., Fenwick E, et al. "The impact of successful cataract surgery on quality of life, household income and social status in south india." *PLoS ONE*, no.7 (2012): e44268.
22. Broman A.T., Munoz B, Rodriguez J, et al. "The impact of visual impairment and eye disease on vision related quality of life in a Mexican-American population: Proyecto VER." *Invest Ophthalmol Vis Sci.*,no.43 (2002): 3393-3398.
23. Harwood R.H., Foss A.J., Osborn F, et al. "Falls and health status in elderly women following first eye cataract surgery: A randomised controlled trial." *Br J Ophthalmol.*,no.89 (2005): 53-59.
24. Gray C.S., Karimova G, Hildreth A.J., et al. "Recovery of visual and functional disability following cataract surgery in older people: Sunderland Cataract Study." *J Cataract Refract Surg*, no.32 (2006): 60-66.
25. Lee, B.S, Munoz, B.E., West, S.K., Gower, E.W. "Functional improvement after one- and two-eye cataract surgery in the Salisbury Eye Evaluation." *Ophthalmology*, no. 120 (2013): 949-955.
26. McCarty, C.A., Mukesh, B.N., Dimitrov, P.N., et al. "Incidence and progression of cataract in the Melbourne Visual Impairment Project." *Am. J. Ophthalmol.*, no. 136 (2003): 10–17.
27. Nuclear sclerotic cataract. *Atlas Eye*. (2022, February 10). <https://atlaseye.sg/nuclear-sclerotic-cataract/> (atvērts: 04.09.23)
28. Marc D. Myers, O. (2015, October 1). No kidding around: Managing pediatric and early-onset cataract. *Review of Optometry*. <https://www.reviewofoptometry.com/article/no-kidding-around-managing-pediatric-and-earlyonset-cataract> (atvērts: 04.09.2023.)
29. File:posterior subcapsular Cataract.jpg - Wikimedia Commons. (n.d.). [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Posterior\\_Subcapsular\\_Cataract.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Posterior_Subcapsular_Cataract.jpg) (atvērts: 04.09.2023.)
30. van den Berg, T.J.T.P., Franssen, L. & Coppens, JE. "Ocular Media Clarity and Straylight." *Encyclopedia of the Eye*, Oxford Academic Press, no. 3 (2010): 173-183.
31. Bohren, C.F. & Huffman, DR. "Absorption and Scattering of Light by Small Particle." *John Wiley and Sons*, (1998): 82–129.
32. Guru, B.S., & Hızıroğlu, HR. (2004). *Electromagnetic Field Theory Fundamentals*. Cambridge University Press.339-370
33. Piñero, D.P., Ortiz, D., & Alio, J.L. "Ocular scattering." *Optometry and Vision Science*, no. 87(9) (2010): E682-E696.
34. Dewi, C.U. & O'Connor, M. "Use of human pluripotent stem cells to define initiating molecular mechanisms of cataract for Anti-Cataract Drug Discovery." *Cells*, no. 8(10), (2019): 1269.

35. de Wit, GC., Franssen, L., Coppens, JE., & van den Berg, T.J.T.P. "Simulating the straylight effects of cataracts." *Journal of Cataract and Refractive Surgery*, no. 32(2) (2006): 294–300.
36. Ginis, H.S., Perez, G.M., Bueno, J.M., Pennos, A., Artal, P. (2013). "Wavelength dependence of the ocular straylight." *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, no.54(5)(2013): 3702.
37. Gilliland, K.O., Freel, C.D., Johnsen, S., Craig F., W. & Costello, M.J. "Distribution, spherical structure and predicted Mie scattering of multilamellar bodies in human age related nuclear cataracts." *Exp Eye Res*, no.79 (2004):563-76.
38. Mainster, M.A. & Turner, P.L. "Glare's causes, consequences, and clinical challenges after a century of ophthalmic study." *American Journal of Ophthalmology*, no.153(4) (2012): 587–593.
39. Vos, J.J. "On the cause of disability glare and its dependence on glare angle, age and ocular pigmentation." *Clinical and Experimental Optometry*, no.86(6) (2003): 363–370.
40. Kasthurirangan, S., Markwell, E.L., Atchison, D.A. & Pope, J.M. "In vivo study of changes in refractive index distribution in the human crystalline lens with age and accommodation." *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, no.49, (2008): 2531-40.
41. Lovicu, F.J. & Robinson, M.L. "Development of the Ocular Lens." Cambridge University Press. (2004): 32-51.
42. Bahrami, M., Hoshino, M., Pierscionek, B., Yagi, N., Regini, J., & Uesugi, K. „Refractive index degeneration in older lenses: A potential functional correlate to structural changes that Underlie Cataract Formation." *Experimental Eye Research*, no. 140 (2015): 19–27.
43. Uhlhorn, S.R., Borja, D., Manns, F., & Parel, J.M. "Refractive index measurement of the isolated crystalline lens using optical coherence tomography." *Vision Research*, no.48(27) (2008): 2732–2738.
44. Pajer, V., Rárosi, F., Kolozsvári, L., Hopp, B., & Nógrádi, A. "Age-related absorption of the human lens in the near-ultraviolet range." *Photochemistry and Photobiology*, no. 96(4) (2020): 826–833.
45. Cheng, C., Parreno, J., Nowak, RB., Biswas, SK., Wang, K., Hoshino, M., Uesugi, K., Yagi, N., Moncaster, JA., Lo, W.K., Pierscionek, B., & Fowler, VM. "Age-related changes in eye lens biomechanics, morphology, refractive index and transparency." *Aging*, no.11(24) (2019): 12497–12531.
46. Michael R., Bron A.J. "The ageing lens and cataract: a model of normal and pathological ageing." *Philos Trans R Soc Lond B Biol Sci*, no. 366(1568) (2007):1278-92.
47. Yokoyama, S., & Aoki, K. „, Calculation of equivalent dose for the lens of the eye in a positron field using EGS5." *Progress in Nuclear Science and Technology*, no. 4 (2014): 788–792.
48. David, P., Landau, K., Binder "A guide To Monte Carlo Simulations in Statistical Physics Third Edition." Cambridge University Press, (2009): 1-96.
49. Zhou, H., Jia, X., Fu, L.Y., & Tourin, A. "Monte Carlo simulations of ultrasound scattering and absorption in finite-size heterogeneous materials." *Physical Review Applied*, 16(3) (2021): 5-7.
50. Shinomori, K. "Ageing effects on colour vision changed and unchanged perceptions." *Biology (Basel)* (2005).

51. Delahunt, P. B., Webster, M. A., Ma, L., & Werner, J. S. "Long-term renormalization of chromatic mechanisms following cataract surgery." *Visual Neurosci*, no. 21 (2004): 301-307.
52. Bilbao, A., Quintana, J. M., Escobar, A., et al. "Responsiveness and clinically important differences for the VF-14 index, SF-36, and visual acuity in patients undergoing cataract surgery." *Ophthalmology*, no. 116 (2009): 418-424.
53. Seshadri, J., and V. Lakshminarayanan†. "Screening Efficiency of the Hardy–Rand–Rittler (HRR) Colour Test (4th EDN)." *Journal of Modern Optics* 54, no. 9 (2007): 1361–65. <https://doi.org/10.1080/09500340600855544>.
54. Sloane, M. E., Ball, K., Owsley, C., Bruni, J. R., & Roenker, D. L. "The visual activities questionnaire: developing an instrument for assessing problems in everyday visual tasks." In *Noninvasive Assessment of the Visual System*. Optica Publishing Group, (1992):Paper SuB4.
55. Werner, J. S., Delahunt, P. B., & Hardy, J. L. "Chromatic-spatial vision of the aging eye." *Opt. Rev.* 11 (2004): 226-234.
56. Chan, X. B. V., Goh, S. M. S., & Tan, N. C. "Subjects with colour vision deficiency in the community: what do primary care physicians need to know?" *Asia Pac. Fam. Med.* 13 (2014): 10.
57. Beirne, Raymond O., Lee McIlreavy, and Margarita B. Zlatkova. "The Effect of Age-Related Lens Yellowing on Farnsworth-Munsell 100 Hue Error Score." *Ophthalmic and Physiological Optics* 28, no. 5 (2008): 448–56. <https://doi.org/10.1111/j.1475-1313.2008.00593.x>.
58. Lasa, M. S., Podgor, M. J., Datiles, M. B., Caruso, R. C., & Magno, B. V. "Glare sensitivity in early cataracts." *British Journal of Ophthalmology* 77, no. 8 (1993): 489-491. doi:10.1136/bjo.77.8.489
59. Stenson, S., Fisk, D. "Contrast Sensitivity, Glare, and Quality of Vision." *Clinical and Refractive Optometry*, no.19 (2008): 296-307.
60. Rosenthal, B. P., Fischer, M. "Functional Vision Changes in the Normal and Aging Eye." *Geriatric Rehabilitation Manual*. (2007):357-367.
61. Pelli, D., Bex, P. "Measuring contrast sensitivity." *Vision Research (Oxford)*, no. 90 (2013): 10-14.
62. Parede, T. R., Torricelli, A. A., Mukai, A., Vieira, N. M., Bechara, S. J. "Quality of vision in refractive and cataract surgery, indirect measurers: review article." *Arquivos Brasileiros de Oftalmologia* 76, no. 6 (2013): 386–390.
63. Stifter, E., Sacu, S., Thaler, A., Weghaupt, H. "Contrast acuity in cataracts of different morphology and association to self-reported visual function." *Invest. Ophthalmol. Vision Science* 47, no. 12 (2006): 5412-5422.
64. Bouman, C. A. "The Visual Perception of Images." *Purdue Engineering: Digital Image Processing*, (2022):9-11.
65. Bierings, R., Overkempe, T., Van Berkel, C., Kuiper, M., Jansonius, N. "Spatial contrast sensitivity from star to sunlight in healthy subjects and patients with glaucoma." *Vision Research* 158 (2019): 31-39.
66. Vaegan, and B L Halliday. "A Forced-Choice Test Improves Clinical Contrast Sensitivity Testing." *British Journal of Ophthalmology* 66, no. 8 (1982): 477–91. <https://doi.org/10.1136/bjo.66.8.477>.

67. DeCarlo, Lawrence T. "On a Signal Detection Approach to Alternative Forced Choice with Bias, with Maximum Likelihood and Bayesian Approaches to Estimation." *Journal of Mathematical Psychology* 56, no. 3 (2012): 196–207.
68. Kulikowski, J.J., and A. Gorea. "Complete Adaptation to Patterned Stimuli: A Necessary and Sufficient Condition for Weber's Law for Contrast." *Vision Research* 18, no. 9 (1978): 1223–27.
69. Peli, E. "Contrast in complex images". Annual Meeting Optical Society of America, no.7(10) (1988): 2032-2040.
70. Kandel, ERJ., Schwartz, TM., Siegelbaum, JH., Hudspeth, AJ. "Principles of neural science." Kandel, Eric R., no. 5 (2013): 451.
71. Kamiya, Kazutaka, Fujimura Fusako, Kawamorita Takushi, Masahide Takahashi, Wakako Ando, Yoshihiko Iida, and Nobuyuki Shoji. "Quantitative Analysis of Objective Forward Scattering and Its Relevant Factors in Eyes with Cataract." *Scientific Reports* 9, no. 1 (2019): 3167.
72. Artal, Pablo, Benito, Antonio, Pérez, Guillermo M., Alcón, Eva, De Casas, Ángel, Pujol, Jaume, & Marín, José M. "An Objective Scatter Index Based on Double-Pass Retinal Images of a Point Source to Classify Cataracts." *PLoS ONE* 6, no. 2 (2011):137.
73. Scott, RM. "The practical applications of modulation transfer functions." *Optical Engineering*, no. 2(4) (1964): 132.
74. User Manual - Keeler USA. (n.d.-b). [https://www.keelerusa.com/pub/media/productattachments/files/h/d/hd\\_analyzer\\_v2.2\\_rev6\\_cod2\\_english.pdf](https://www.keelerusa.com/pub/media/productattachments/files/h/d/hd_analyzer_v2.2_rev6_cod2_english.pdf) (seen 04.09.2023.)
75. Packer, Mark, Fine, I. Howard, and Hoffman, Richard S. "Contrast Sensitivity and Measuring Cataract Outcomes." *Ophthalmol Clin Am*, no.19 (2006): 21-533.
76. Paramei, Galina V., and Beata Oakley. "Variation of Color Discrimination across the Life Span." *Journal of the Optical Society of America A* 31, no. 4 (2014). <https://doi.org/10.1364/josaa.31.00a375>.
77. Wuerger, Sophie, Xiao, Ke, and Chauhan, Tushar. "Colour vision across the life span: effect of age, ambient illumination and individual differences." *J. Vis.* 17, no. 7 (2017): 26.
78. Ao, Mian, Li, Xiaotong, Qiu, Weichao, Hou, Zhichao, Su, Jiao, and Wang, Wei. "The impact of age-related cataracts on colour perception, postoperative recovery and related spectra derived from test of hue perception." *BMC Ophthalmol.* 19, no. 1 (2019):59
79. Delahunt, P. B., Webster, M. A., Ma, L., and Werner, J. S. "Longterm renormalization of chromatic mechanisms following cataract surgery." *Visual Neurosci.* 21, no. 3 (2004): 301–307.
80. Shinomori, K., Scheffrin, B. E., and Werner, J. S. "Age-related changes in wavelength discrimination." *J. Opt. Soc. Am. A* 18, no. 2 (2001): 310–318.
81. Mehta, U., Diep, A., Nguyen, K., Le, B., Yuh, C., Frambach, C., Doan, J., Wei, A., Palma, A. M., Farid, M., Garg, S., Kedhar, S., Wade, M., Marshall, K. A., Jameson, K. A., Kenney, M. C., and Browne, A. W. "Quantifying color vision changes associated with cataracts using cone contrast thresholds." *Transl. Vis. Sci. Technol.* 9, no. 1 (2020): 11.
82. Granville, W. C. "Colors do look different after a lens implant!" *Leonardo* 24, no. 3 (1991): 351–354.
83. Friström, B., and Lundh, B. L. "Colour contrast sensitivity in cataract and pseudophakia." *Acta Ophthalmol. Scand.* 78, no. 5 (2000): 506–511.

84. Neitz, J., Carroll, J., Yamauchi, Y., Neitz, M., and Williams, D. R. "Color perception is mediated by a plastic neural mechanism that is adjustable in adults." *Neuron* 35, no. 4 (2002): 783–792.
85. Linksz, Arthur. "The Farnsworth Panel D-15 Test." *American Journal of Ophthalmology* 62, no. 1 (1966): 27–37. [https://doi.org/10.1016/0002-9394\(66\)91673-4](https://doi.org/10.1016/0002-9394(66)91673-4).
86. Farnsworth D-15 color blind test . Colorlite. Available: <https://www.colorlitelens.com/d15-color-blind-test-more>. (atvērts: 28.05.2023.)
87. Rigby, H S, B F Warren, J Diamond, C Carter, and J W Bradfield. "Colour Perception in Pathologists: The Farnsworth-Munsell 100-Hue Test." *Journal of Clinical Pathology* 44, no. 9 (1991): 745–48. <https://doi.org/10.1136/jcp.44.9.745>.
88. Farnsworth Munsell 100 Hue Test. *XRite*. Available: <https://www.xrite.com/categories/visual-assessment-tools/fm-100-hue-test>. (atvērts: 28.05.2023.)
89. Cole, Barry L, Ka-ye Lian, and Carol Lakkis. "The New Richmond HRR Pseudoisochromatic Test for Colour Vision Is Better than the Ishihara Test." *Clinical and Experimental Optometry* 89, no. 2 (2006): 73–80. <https://doi.org/10.1111/j.1444-0938.2006.00015.x>.
90. Laminated HRR Standard Pseudoisochromatic Test, 4th Edition. Optimed. Available: <https://optimed.com.au/index.php/our-products/eshop/miscellaneous-testing-items/colour-vision-tests/laminated-hrr-standard-pseudoisochromatic-test-4th-edition>. (atvērts: 28.05.2023.)
91. Bowman, K. J. "A Method for Quantitative Scoring of The Farnsworth Panel D-15." *Acta Ophthalmologica* 60, no. 6 (1982): 907-916.
92. Vingrys, A. J. "Quantitative Scoring Methods for D15 Panel Tests in the Diagnosis of Congenital Color Vision Deficiencies." *Optometry and Vision Science* 68, no. 1 (1991): 41-48.
93. Vingrys, A. J., and E. K. Smith. "A Quantitative Scoring Technique for Panel Tests of Color Vision." *Investigative Ophthalmology & Visual Science* 29, no. 1 (1988): 50-63.

## PAPILDUS INFORMĀCIJA

### Promocijas darbā neiekļautās publikācijas

1. **Jansone Langina, Z.**, Ozolinsh. M. (2023) Cataract type dependence on lens thickness parameter, *Perception*, 52, 5, 354-355. doi: 10.1177/0301006623115753
2. Truksa, R., **Jansone-Langina, Z.**, Fomins, S.& Dzenis, J. (2023) Modelling D15 test sequences in red-green anomalous trichromacy, *J. Opt. Soc. Am. A*, Vol.40 No.3, A85-A90. doi: 10.1364/JOSAA.479848
3. Truksa, R., Fomins, S., **Jansone-Langina, Z.**, Fomins, S., Dzenis, J. (2023) Software based solution to improve colour rendering accuracy, *Perception*, 52,5, 362-636. doi: 10.1177/03010066231157537
4. **Jansone-Langina, Z.**, Mikelsons, R. and Gertnere, J. (2022) Differences of corneal biomechanical parameters for keratoconus patients, Proc. SPIE 12146, Clinical Biophotonics II, 121460B. doi.org/10.1117/12.2617095



5. **Jansone Langina, Z** Ozolinsh M Truksa R Fomins, S. (2022) Contrast sensitivity changes at different background brightness levels in patients before and after cataract removal surgery, AVA Virtual Christmas, December 20 2021, *Perception*, 5, 21, 360-361. doi: 10.1177/03010066221091992
6. Karitans, V., Ozolinsh, M., **Jansone-Langina, Z.**, Paulins, P. (2021) Tolerance of observers vision during misusing of light protective goggles, *Perception*, Vol.50, 1, 216. doi:10.1177/03010066211059887
7. Ozolinsh, M., **Jansone, Z.**, Berzinsh, J., Pastare, A., Paulins, P. (2018) Tunable liquid lens equipped virtual reality adapter for scientific, medical, and therapeutic goals. *Optoelectronic Imaging and Multimedia Technology V*, 1081704 doi: 10.1117/12.2500292
8. **Jansone, Z.**, Ozolinsh, M (2018) Colour Vision Sensitivity Changes Before and After Cataract Surgery AVA Christmas Meeting Queen Mary University of London, December 18 2017 Abstracts, *Perception*, 47, 5, 564. doi: 10 1177 0301006618756416

## PATEICĪBAS

Vēlos izteikt pateicību savam darba vadītājam, profesoram Dr. habil. phys. Mārim Ozoliņam par manis iesaistīšanu krāsu redzes pētījumos un manas zinātniskās karjeras virzību no maģistra laikiem. Izsaku pateicību kolēģiem no Optometrijas un Redzes zinātnes nodaļas (Gatim, Jānim, Varim, Evitai, Aigai, Tatjanai) par pētnieciskajiem padomiem, ieteikumiem, palīdzību tehniskajos jautājumos, kā arī par draudzību, sapratni un atbalstu. Īpaši esmu pateicīga Sergejam Fominam un Renāram Trukšam, par lieliskas darba atmosfēras veidošanu un iedrošinājumu man neatlaidīgi strādāt un nepamest studijas. Vēlos izteikt pateicību arī savai ģimenei par nelokāmo atbalstu un sapratni, visu studiju laiku. Īpaša pateicība pienākas manam vīram, Aigaram Langinam, par nenovērtējamo palīdzību visa darba tapšanā, padomiem, iedrošinājumu un izturību promocijas darba rakstīšanas noslēguma posmā. Turklāt vēlos izteikt pateicību starptautiskajiem kolēģiem, par viņu padomiem un atbalstu, kam bija izšķiroša nozīme mana promocijas darba tapšanā: *Jasna Martinovic (The University of Edinburgh)*, *Michael Webster (University of Nevada)*, un *Christoph Witzel (University of Southampton)*.

Šī promocijas darba izstrāde ir bijusi iespējama, pateicoties vairāku starptautisku un nacionālu projektu finansiālajam atbalstam, tostarp "SAM projekta (8.2.2.2./18/A/010, reģistrācijas Nr. ESS2018/289)" un SPIE stipendija "par vislielāko potenciālu sniegt ieguldījumu optikā, fotonikā vai līdzīgā nozarē". Bez viņu palīdzības es nebūtu varējusi pabeigt savu promocijas darbu.