

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE  
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**KRĀSU REDZES JUTĪBAS IZMAIŅAS PIRMS  
UN PĒC KATARAKTAS OPERĀCIJAS**

MAGISTRA DARBS

**Autors: Zane Jansone**

Studentu apliecības Nr.: zj12017

Darba vadītājs: Dr.habil.phys Māris Ozoliņš

Darba vadītājs: Mg.sc. Renārs Trukša

RĪGA 2017

## **Anotācija**

Maģistra darbs ir uzrakstīts latviešu valodā uz 48 lapām. Tas satur 23 attēlus, 6 tabulas, 41 literatūras avotu un 5 pielikumus.

**Darba mērķis** ir izvērtēt, vai katarakta rada hromatiskās izšķirtspējas izmaiņas pirms un pēc operācijas periodā (sakarā ar palielināto redzamās gaismas absorbcija acs lēcā).

**Rezultāti:** Kataraktas radītie lēcas apduļķojumi, ievērojami samazina redzamās gaismas hromatisko izšķirtspēju. Pirms operācijas, daļai pacientu rezultāti D15 testā liecina par ievērojami samazinātu gaismas jutību īso viļņu spektra daļā, jo uzrādīties rezultāti ir būtiski raksturīgi *tritan* krāsu redzes deficītam.

**Atslēgas vārdi:** krāsu redze, krāsu redzes jutības izmaiņas, katarakta, D15 krāsu redzes tests

## **Anotation**

The Master work is written on 48 pages. It contains 23 images, 6 tabels, 41 litature resources and 5 appendixies.

**Aim:** to evaluate, if the color vision chromatic resolution changes, before and after cataract surgery.

**Results:** Cataracts caused lens opacities significantly decreases visible lights chromatic resolution. Before the cataract surgery, the D15 test stimulus arrangment sequency showed similarities with *tritan* color defency.

**Key words:** Color vision, color vision sensivity changes, cataracta, D15 color test

## Apzīmējumu saraksts

Diferencējošais vektors – jaunizveidots vektors, kura sākumpunkts veidojas no divu blakus novietotu stimulu koordināšu starpības. Diferencējoša vektora beigu punkts tiek atlikts (0;0).

Konfūzijas indekss (C indekss) – parametrs raksturo attiecību starp pacienta D15 testa izpildes galveno rādīšu un pilnīgi pareizas testa izpildes gadījumā iegūtu galveno rādīšu.

Konfūzijas leņķis ( $\sigma$ ) – parametrs, kas palīdz klasificēt krāsu redzes defektu.

Kopējais kļūdu rezultāts (TES) – lielākā un mazākā vektoru (rādīšu) summa, kas norāda uz sakārtošanas secības kopējo kļūdu (vienībās).

Minor un major radius– vidējots lielums, kas apraksta inerces momenta sadalījumu (grādi).

Selektivitātes indekss (S indekss) – parametrs raksturo pacienta salikuma paralelītāti konfūzijas leņķim (vienībās).

Specifitāte ( $\sigma_a^2$ ) – Least square metodes parametrs, kas raksturo pacienta D15 testa kauliņu secības selektivitāti, un ļauj nošķirt nespecifisku kauliņu salikšanas secību, no specifiskas, kas ir raksturīgs *tritan*, *deuton*, *protan* krāsu redzes defektam vai neizmainītai krāsu redzei. Specifitātes mērvienība ir vienības.

TCDS – *Bowman* metodes parametrs, kas raksturo kopējā krāsu atšķirības rezultātu, kas veidojas saskaitot starpību starp sajauktajām stimulu koordinātēm ( $\Delta E$ ).

# Saturs

1. Literatūras pārskats .....	8
1.1. Katarakta .....	8
1.1.1. Kataraktas izplatība .....	8
1.1.2. Kataraktas radītās pacienta subjektīvās sūdzības .....	8
1.1.3. Kataraktas veidošanās.....	9
1.1.4. Kataraktas klasifikācija.....	10
1.1.5. Kataraktas ietekme uz redzes funkcijām .....	11
1.1.5. Intraokulārās lēcas ietekme uz redzes funkcijām.....	15
1.2. Krāsu redzes jutības izmaiņas pacientiem ar kataraktu .....	16
1.2. Krāsu redze .....	17
1.3. Krāsu redzes izmaiņas dzīves laikā.....	19
1.5. CIELuv krāsu telpa .....	20
1.6. CIE Lab krāsu koordināšu telpa.....	20
2. Praktiskā daļa.....	22
2.1. Pētījuma dalībnieki .....	23
2.2. Metodika .....	24
2.2.1. Farnsworth D – 15 tests.....	24
2.2.3. Inerces momenta metode.....	28
2.3. Rezultāti .....	30
2.3.1. D15 piesātinātā testa rezultātu analīze pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot Bowman metodi .....	30
2.3.2. D15 nepiesātinātā testa rezultātu analīze pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot Bowman metodi .....	31
2.3.3. Piesātinātā D15 testa rezultātu analīze pirms kataraktas operācijas, izmantojot inerces momentu metodi .....	31
2.3.4. Datu salīdzinājums pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot Least square metodi .....	36
Secinājumi .....	38

Nobeigums.....	39
Pateicība .....	40
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	41
Pielikums .....	45

## Ievads

Katarakta ir viens no izplatītākajām slimībām pasaulē, kura ietekmē redzes funkcijas. Katarakta ir galvenais akluma izraisītājs 47% populācijas jeb 18 milj. cilvēku (*World Health Organizatin*, 2007). Tās galvenais efekts ir gaismas izkliedes palielināšana acī, kas samazina redzes funkcijas, kā kontrastredzi, redzes asumu, krāsu redzi (*Pesudovs & Coster*, 1995). Optometrista praksē mēs saskaramies ar pacientiem pirms un pēc kataraktas operācijas, izvērtējam pacienta redzes funkcijas kā redzes asumu, labāko optisko korekciju, kontrastredzi, bet lielākā daļa no mums neizvērtē krāsu redzi. Krāsu redzes novērtēšana, var mums dot ieskatu par patoloģiskām izmaiņām acs struktūrā, ko ierosina katarakta, glaukoma, cukura diabēts u.c.

**Darba mērķis** ir izvērtēt, vai katarakta rada krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas.

### **Darba uzdevumi:**

- 1) Pacientu medicīnisko karšu apstrāde;
- 2) Krāsu redzes novērtēšana pacientiem pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot D15 testu;
- 3) Pētījuma dalībnieku krāsu sakārtošanas testa rezultātu apstrāde, izmantojot Inerces momenta, *Bowman*, *Least square* metodi;
- 4) Noskaidrot, vai *Bowman*, *Leats square* un Inerces momenta metodes iegūtie rezultāti, ir salīdzināmi.

# 1. Literatūras pārskats

## 1.1. Katarakta

Katarakta ir daļēja vai pilna lēcas vai lēcas kapsulas apduļķošanās. Kataraktas attīstību izraisa lēcā samazināto ūdenī šķīstošie olbaltumu daudzums, bet pavairojas nešķīstošie olbaltumi. Faktori, kas varētu samazināt kataraktas attīstības risku, ir multivitamīniem bagāts uzturs (*Mares & Perlaman, 2000*).

### 1.1.1. Kataraktas izplatība

Katarakta ir galvenais akluma izraisītājs 47% populācijas jeb 18 milj. cilvēku (*World Health Organization, 2007*). 17% ASV iedzīvotājiem, vecumā no 40 gadiem, ir katarakta (*Prevent Blindness America, 2004*). *Liang et al. (2008)* veiktajā pētījumā Ķīnā, kurā piedalījās 2778 cilvēki, tika konstatēts, ka redzes asuma samazināšanos, 31% pētījuma dalībnieku, ir izraisījusi katarakta. Kataraktas izraisīts aklums visvairāk ir izplatīts Dienvidāzijā. Izplatība korelē ar ekonomisko attīstību (*Drummond, 1988*).

### 1.1.2. Kataraktas radītās pacienta subjektīvās sūdzības

Pacienta subjektīvās sūdzības kataraktas gadījumā:

- Pasliktinās redzi tālumā (miopizācijas, lēcas apduļķojumu dēļ);
- Apzīlbums vai pastiprināta gaismas jutība;
- Orioli ap gaismas avotiem;
- Pārāk bieža presbiotisko briļļu maiņa;
- Apgrūtināta redze krēslas stāvoklī, tumsā;
- Monokulāra dubultošanās;
- Prasības pēc spožākas gaismas;
- “izbalējušas” krāsas.

Pacienta sūdzības ir atkarīgas no apduļķojuma lokalizācijas. Redzes pasliktināšanās ātrums katram cilvēkam ir individuāls (*Murrin & Van Brocklin, 1995*).

### 1.1.3. Kataraktas veidošanās

Kataraktas iedalījums pēc izcelsmes:

1. Iegūta;
2. Iedzimta.

Iedzimtas kataraktas cēloņi:

- 1) Hromosomu anomālijas (piem. Dauna sindroms);
- 2) Dažādu slimību ietekme embrionālā periodā (piem. masalas – rada kodola kataraktu, hepatīts u.c.);
- 3) Ar citām acu slimībām saistīta katarakta (piem. uveīts, retinoblastoma u.c.)

Iedzimtas kataraktas ierosinošas slimības:

- 1) Marfāna sindroms – lēcas dislokācija;
- 2) Mikroafakija – maza lēca;
- 3) Lēcas priekšējā vai mugurējā pola konisks izslīpējums;
- 4) Pussfēriska lēcas izslīpējums;
- 5) Lēcas koloboma;
- 6) *Peters* anomālija.

Iegūtās kataraktas izcelsmes cēloņi:

1. Novecošana (aptuveni 90% no visām kataraktām);
2. *Complicata* tipa kataraktas – kādu citu acu saslimšanu rezultātā;
3. Traumatiskas – pēc acu traumām;
4. Toksiskas – medikamentu inducētas;
5. Kataraktas sistemātiskas slimības gadījumā;
6. Sekundāras.

Visbiežāk sastopama vecuma katarakta. Riska faktori:

- 1) Neveselīgs dzīvesveids;
- 2) Smēķēšana;
- 3) Alkohola lietošana;
- 4) Kortikosteroīdu lietošana;
- 5) Miopija;
- 6) Olbaltumvielu deficīts;

- 7) Specifiskas aminoskābēm radušās neveselīga uztura dēļ;
- 8) Cukura diabēts – lēcas hiperhidrācija, novērojami bilaterāli balti “sniegpārslu” mugurējās vai priekšējās kapsulas apduļķojumi (*Brown, 1993*).

Sekundārā katarakta rodas, ja acī paliek daļa priekšējās lēcas kapsulas (netika pilnībā izņemta operācijas laikā), kas turpina producēt lēcas šķiedras veidojošās šūnas, kuras migrē uz lēcas mugurējās kapsulas centrālo daļu (*Baumane et al., 2008*).

#### 1.1.4. Kataraktas klasifikācija

Klīniski kataraktas var klasificēt pēc lēcas apduļķojuma lokalizācijas, atrašanās vietas:

- Polārās (priekšējā un mugurējā) kataraktas – parasti iedzimtas.
  - 1) Priekšējās polārās kataraktas – apduļķojumi parasti izteikti kā mazi, pienveidīgi apduļķojumi, neizteiktām robežām. Rada miopizāciju.
  - 2) Mugurējās polārās kataraktas – izveidojas hiolidās artērijas atlikumu dēļ. Apduļķojumi ir mazi, cirkulāri, atrodas uz lēcas aizmugurējās daļas (*Anad & Rani, 2015*).
- Zonulārās jeb slāņainās – izraisa D vitamīna deficīts, ģenētiskās izmaiņas dominantajā hromosomas daļā;
- Nukleārās jeb kodola (20 – 25%) – veidojas agrāk nekā garozas katarakta, sākotnēji simptomus nerada. Tās attīstība ir saistīta ar proteīnu modifikāciju un nešķīšanu vai pastiprinātu pigmentāciju;
- Kortikālās jeb garozas (75 – 80% no kataraktām) – kļūveidīgs apduļķojums priekšējā vai mugurējā lēcas garozā. Veidojas ap 50 gadu vecumu. Sākotnēji ir pelēcīga, attīstības gaitā kļūst bālgana nobriestot. Apduļķojums sākas perifērijā, visbiežāk klīniski nevērojama nazāli;
- Totālās jeb difūzās.

Pēc pakāpes kataraktas, attīstības stadijas klasificē (decimālās vienības):

1. Sākotnēja katarakta (incipiens) – redzes asums 0.8 – 1.0;
2. Negatava katarakta (nondum matura) – redzes asums 0.4 – 0.7;
3. Gandrīz gatava katarakta (fere matura) – redzes asums 0.3 – 0.1;
4. Gatava katarakta (matura) – redzes asums mazāks par 0.1 līdz pareizai gaismas projekcijai;
5. Pārgatavas (hypermatura) kataraktas, kad lēca pastiprināti uzņem ūdeni (*Chylack, 2008*).

Lēcas uzbriešana veidojas, kad lēcas priekšējā virsma izliecas, priekšējā kamera kļūst sekla, paaugstinās intraokulārais spiediens. Tas var radīt neatgriezenisku redzes zudumu. Lēcas uzbriešanas tipiskās pazīme ir lasīt bez brillēm tuvumā, kaut vai iepriekš ir bijušas brilles lasīšanai. Paaugstināta acu spiediena gadījumā kataraktas operācija jāveic nekavējoties (Baumane et al., 2008).

### **1.1.5. Kataraktas ietekme uz redzes funkcijām**

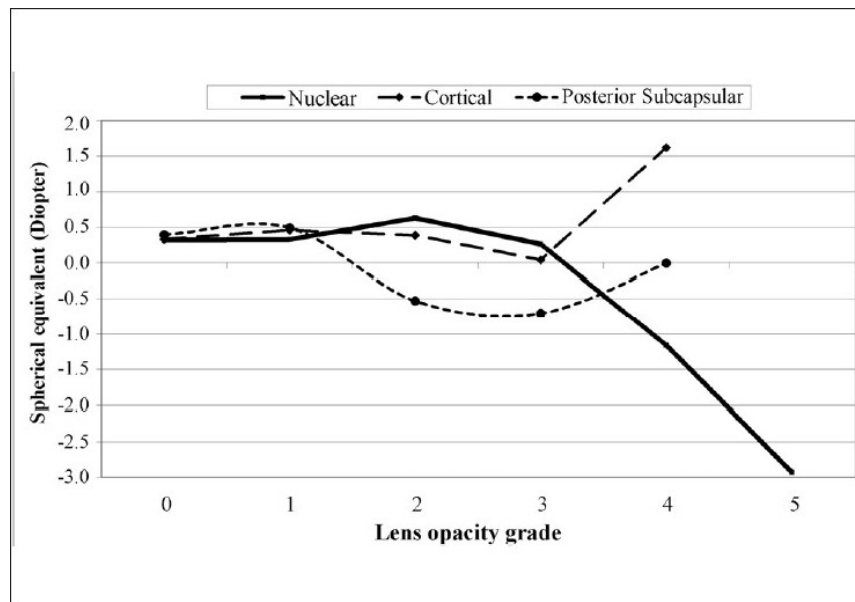
Kataraktas ierosinātās redzes funkciju izmaiņas:

1. Miopizācija;
2. Astigmātisma veidošanās;
3. Monokulāra dubultošanās;
4. Kontrasta jutības samazināšanās;
5. Apžilbums;
6. Krāsu redzes jutības izmaiņas;
7. Acs gaismas caurlaidības samazināšanās;
8. Redzes asuma samazināšanās.

Astigmātisms rodas lēcas nelīdzenuma, nehomogenitātes dēļ. Veidojoties apduļķojumiem tiek izmainīts staru laušanas virziens, nelīdzēnās lēcas dēļ. Palielinoties apduļķojuma intensitātei, palielinās astigmātisms (*Brown, 1993*).

Veidojoties apduļķojumiem acs lēcā, mainās lēcas kopējais laušanas indekss. Apduļķojumiem ir lielāks laušanas indekss nekā lēcai. Mainoties lēcas laušanas indeksam, lēcas stīprums pieaug – notiek miopizācija. Kodola katarakta un subkapsulārā sākotnējā stadijā rada miopizāciju (skatīt attēlu 1.1.5.1.). Dabīgā lēcas dzeltēšana pieaugot vecumam, tā pat kā garozas, subkapsulārā katarakta (3 pakāpē) rada hipermetropizāciju. Ja pacientam ir novērojama miopizācija 0,50 D apmērā 2 gadu laikā, tad var novērot kodola kataraktas attīstību (*Hashemi et al., 2011*).

*Hashemi et al.* (2011) veica pētījumu, lai noskaidrotu, kā kataraktas veids ietekmētu cilvēka refrakciju. Pētījumā piedalījās 1313 pacienti, kuru katarakta bija aprakstīta, izmantojot LOCS III klasifikāciju. Optiskā korekcija tika noteikta pēc cikloplēģijas, izvērtējot pacienta redzes asumu ar un bez korekcijas. Vērā tika ņemti dati par intraokulāro spiedienu, biomikroskopijas.



**1.1.5.1. attēls.** Kataraktas radītās refraktīvās kļūdas lielums atkarībā no kataraktas pakāpes. Uz y ass atainots sfēriskais stiprums, uz x ass LOOC III kataraktas klasifikācijas skala. Palielinoties kataraktas blīvumam (pieaug skalas vērtība) kodola kataraktas gadījumā notiek lielāka miopizācija. Garozas kataraktai attīstoties palielinās hipermetropizācija. Sākotnējās posterior subkapsulārās kataraktas gadījumā sākotnēji notiek maza hipermetropizācija, bet pieaugot blīvumam (2 vai 3 pakāpe) sākas miopizācija. Sasniedzot 4 pakāpi novērojama “-” samazināšanās (*Hashemi et al., 2011*).

Rezultāti liecināja (skatīt 1.1.5.1. attēlu), ka 57.30% tika novērota hipermetropizācija, 19.43% pacientiem miopizācija.

#### **1.1.5.1. Redzes asuma izmaiņas**

Gāzoras kataraktas gadījumā strukturālās izmaiņas rada gaismas izkliedes centrus ar atšķirīgiem laušanas koeficientiem. Redzes asums tiek ietekmēts, ja apduļķojums skar zīlītes centru. Subkapsulārās katarakta ierosina dramatiskus redzes pasliktināšanos, vēlīnajās stadijās tā vismazāk padodas refrakcijas korekcijai.

Redzes asuma samazināšanās katram pacientam ir individuāla un nav prognozējama. *Leimonen & Laatikainen (1999)* gadā veica pētījumu, kurā vēlējās noskaidrot redzes asuma izmaiņas pacientiem, kuri gaida kataraktas operāciju. Pētījumā piedalījās 124 pacienti, kuri vidēji operāciju gaidīja 13 mēnešus. Sākotnējais, labāk iegūstamais redzes asums, bija 0.21 decimālās vienības, pirms pašas operācijas 0.11 decimālās vienības.

*Ni et al. (2012)* gadā veica pētījumu, kurā vēlējās izvērtēt redzes funkciju izmaiņas pacientiem ar kataraktu, izmantojot standarta testus. Pētījumā tika salīdzināti rezultāti izmantojot klīniskos redzes funkciju izvērtēšanas testus: Titmuss tests – stereoredzei; *Bailey* –

Lovie logMAR tabula tāluma redzes asuma novērtēšanai; tuvuma redzes asuma novērtēšana ar Colendranderu jauktā kontrasta kartēm (*Colenbrander & Fletcher, 2005*) kontrastredzes jutību – OPTEC 6500 (*Hohberger et al., 2007*), un ikdienā pielietojamos testus (RLVT) kā sejas atpazīšanu, avīzes lasīšanu, šūšanu, ceļazīmju atpazīšanu, atslēgas ielikšanu durvīs, iepirkšanos veikalā. Salīdzinot binokulāri redzes asumu pacientiem ar kataraktu, izmantojot RLVT tika novērtēts zemāks redzes asums, nekā izmantojot klīnisko testu.

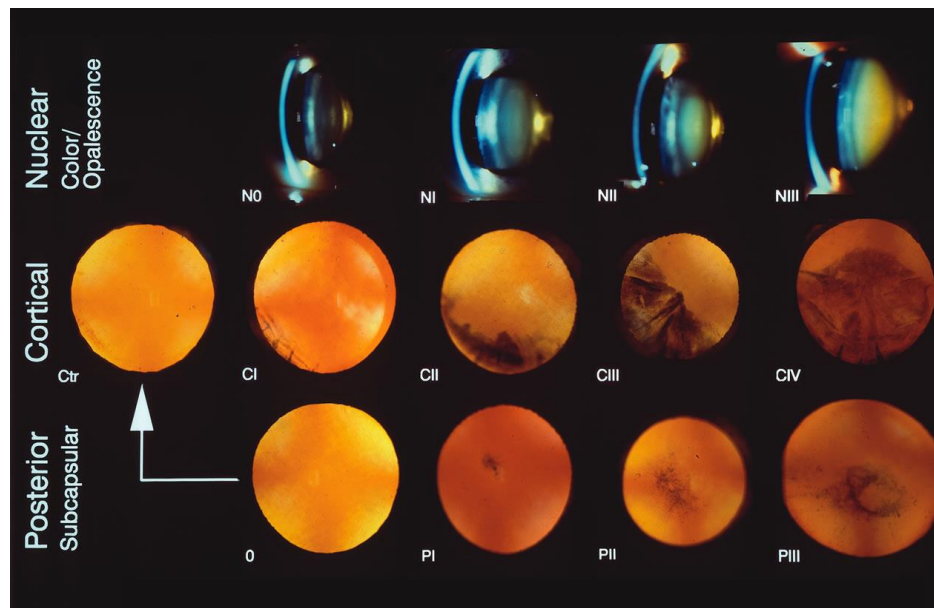
Samazinoties apkārtējam apgaismojumam, redzes asums tūlīt uzlabojas, novērojot klīniski un ar ikdienišķu testu. Samazinoties apgaismojumam fizioloģiski palielinās zīlīte, kas samazina apduļķojuma ietekmi uz redzes asumu. Ceļa zīmju atpazīšana, eksperimenta dalībniekiem sagādāja grūtības, jo nepieciešamais redzes asums, lai pamanītu ceļa zīmi, ir 0.6 decimālās vienības, bet pacientiem, kuriem ir katarakta, vidējais redzes asums bija 0.49 decimālās vienības (*Ni et al., 2012*).

#### **1.1.5.2. Gaismas izkliede, apžilbums**

Gaismas izkliede, lēcas apduļķojuma dēļ, visvairāk ietekmē redzes funkcijas. Tā samazina attēla “skaidrumu”, kas nonāk uz tīklenes, attēls ir izplūdis, attēla kontrasts ir samazināts. Gaismas izkliedi ietekmē kataraktas lokalizācija, lielums. Ja katarakta nosedz lēcu, zīlītes atvēruma vietā pilnīgi, tīklene saņem tikai izkliedētus gaismas starus – neveidojas skaidrs attēls (*Brown, 1993*).

Gaismas izkļiedes rezultātā, jebkādas pakāpes lēcas, kapsulas apduļķojams izraisa apžilbumu. Vispēcīgāk apžilbumu pacients sajūtīs, ja objekts ir novietots tuvu un apkārt ir skotopiski apstākļi. Apžilbumam ir maza korelācija ar augstas pakāpes kontrastredzi (*Abrahamson & Sjostrand, 1986*). Apžilbums vairāk rodas gaismas īsā spektra daļā, kas saistīts ar lēcas blīvuma maiņu (acs lēcakļūst dzeltenīgāka) un izkliedētās gaismas nonākšanu līdz tīklenei (*Tupper et al., 1985*)

*Lasa et al (1993)* veiktajā pētījumā tika analizēts pacientu subjektīvais un objektīvais apžilbums. Pacienti, kuriem bija kodola, garozas, subkapsulāru katarakta, izjuta sūdzības, vadot auto nakts laikā, ko radīja apžilbums. Objektīvi tika novērtēts pastiprināts apžilbums par 22%, ja pacientiem ir kodola kodola, 20% - garozas, 55% - subkapsulārās kataraktas gadījumā. Ja katarakta ir lielāka vai vienāda ar 2 pakāpi (skatīt attēlu 1.5.2.1.), tad apžilbums subjektīvi tiks novērots pastiprināti.



**1.5.2.1. attēls** LOCS III klasifikācija. Attēlu kopums, kas raksturo kataraktas līvumu, tās pakāpi. Katru kataraktas veidu raksturo 4 vai 5 attēli. Attēli, N0 līdz NIII, atspoguļo standartizētu kodola kataraktas apduļķojuma blīvumu, krāsau. Ctr līdz CIV – tiek pieņemts garozas kataraktas standarts, O līdz PIII – subkapsulāras kataraktas standarts (*Chylack et a., 1993*).

### **1.1.5.3. Monokulāra dubultošanās**

Monokulāra dubultošanās ir bieži sastopama subjektīva pacientu sūdzība. Biomikroskopiski tiek novēroti kodolveida ķīļi vai lēcas briešanas pazīmes. Apduļķojumiem un acs lēcai atšķiras laušanas koeficienti. Redzamās gaismas atšķirīgā staru lūšana, veido neskaidru attēlu uz tīklene un pacientiem tiek novērota monokulāru dubulttošanos. Mainoties lēcas laušanas koeficientiem, tiek novēroti prizmatiskie efekti, kuri rada dubultošanos. Samazinoties redzes asumam (zem 0.50 decimālās vienībām) var parādīties monokulāra diplopija (*Brown, 1993*).

### **1.1.5.4. Kontratsredzes samazināšanās**

Jebkurš kataraktas veids pasliktina kontrastredzi, subkapsulārās kataraktas gadījumā tā ir vissamazinātākā. Visizteiktāk tiek samazināta kontrastredzes jutība pie zemām telpiskās frekvences (piem. lielle optotipi). Pacientam grūtības sagādā atšķirt maza kontrasta atšķirībā starp fonu un simbolu (*Brown, 1993*).

Liela nozīme ir apkārtējam apgaismojumam un kataraktas veidam, jo ja zīlītes izmērs spilgtā gaismā ir mazs un pacientam ir nobriedusi subkapsulāra vai garozas katarakta, viņš

izjutīs kontrasta samazināšanos. Samazinoties īso gaismas viļņu spektram, apžilbšana no gaismas palielinās (*Elliott et al.*, 1989).

*Shandiz et al.* (2010) pētījumā secināja, ka liela nozīme pie kontrastredzes un redzes asuma samazināšanos, ir lēcas apduļķojuma blīvums un tā lokalizācijai. Ja katarakta ir gatava, tad kontrastredzes jutība būs samazināta gan uz zemajām, gan augstajām telpiskajām frekvencēm.

### **1.1.5. Intraokulārās lēcas ietekme uz redzes funkcijām**

Kataraktas ārstēšana ir tikai ķirurģiska, ievietojot intraokulāro lēcu. Vidēji Latvijā gadā veic ap 7000 operāciju (*Baumane et al.*, 2008).

Intraokulārās lēcas iedala:

- 1) Atkarībā no implantācijas vietas (varavīksnenes, mugurējās, priekšējās kameras lēcas);
- 2) Atkarībā no materiāla (PMMA, akrila);
- 3) No malas dizaina (apaļa, asa mala);
- 4) No lēcas refrakcijas (monofokālās, multifokālās, toriskās).

Veicot intraokulārās lēcas implantēšanu, ir svarīgi zināt tās materiālu un transmisijas spektru. *Eberthard et al.* (2008) veica pētījumu, kurā vēlējās noskaidrot, vai tiks novērotas krāsu redzes, kontrastredzes jutības izmaiņas, mērījumus veicot ar zilās gaismas filtru un bez tā iestrādātajām intraokulārajām lēcām (IOL). Rezultāti liecina, ka 17.4% no pētījuma dalībniekiem tika novērotas krāsu redzes izmaiņas monokulāri. 2 pacientiem tas tika novērots *deuton* krāsu asī, pārējiem vienmērīgi *protan*, *deuton* un *tritan* asīs. Binokulāri krāsu redzes atšķirības netika novērotas. Izvērtējot vidējo pieļauto kļūdu skaiti, veicot *Farnsworth – Munsell* 100 testu, pacientiem ar neitrālo IOL vidējā vērtība bija  $276.2 \pm 48.6$  vienības, ar zilās krāsas filtru –  $257.8 \pm 48.5$  kļūdas. Salīdzinot kontrasta jutības izmaiņas, tiek iegūtas nelielas atšķirības kontrasta jutības sliekšņa vērtībā. Augstāka jutība novērojama, ja pacientam ir implantēta zilās krāsas filtra IOL, vidējām telpiskām frekvencēm robežās no 1.52 cikli/grāds līdz 2.85 cikli/grādu. Mērot kontrastredzes sliekšni intraokulārajām lēcām bez filtra un ar zilās krāsas filtru, iegūtie rezultāti bija līdzīgi. Netika novērota būtiskas vidējo vērtību atšķirības starp šīm grupām (vidējās vērtības *tritan* konfūziju ass virzienā:  $43.4 \pm 9.5$  pret  $46.6 \pm 11.1$  cikli uz grādu;  $p = 0.24$ ).

*Diez – Ajenjo et al.* (2014) veica pētījumu, lai novērtētu IOL transmisijas spektru ietekmi uz redzes funkcijām un optiskajiem faktoriem. Tika salīdzinātas oranžas IOL (PC440Y)

un dzeltenas IOL (SN60AT). Rezultāti liecināja, ka oranžas krāsas IOL vairāk absorbēja gaismu zilās krāsas spektrā (370nm), dzeltena IOL – 490 nm. Redzes asuma atšķirības starp grupām netika novērtētas (2 līdz 3 mēnešus pēc operācijas vidējais redzes asums abu IOL gadījumā bija  $0.02 \pm 0.10$  logMAR vienības,  $p = 0.84$ ). Kontrastredzes mērījumi tika veikti izmantojot Gabora melnu – baltu režģi (telpiskās frekvences: 3;6;12;18 cikli/ grādu). Pacientam, kuram tika implantēta dzeltena IOL tika novērota labāka kontrastredze, bet būtiskas atšķirības netika novērotas.

*Diez – Ayaki et al. (2015)* veica pētījumu, kurā izvērtēja 206 pacientiem implantēto intraokulāro lēcu veidu, kas atšķiras no kataraktas veida. Kodola kataraktas gadījumā 38.70% gadījumos implantēja dzidru IOL, 15.60% - dzeltenu IOL. Centrāli garozas kataraktas gadījumā 48.90% eksperimenta dalībniekiem – IOL dzeltenu, 45.20% - dzidru IOL. Subkapsulāras kataraktas gadījumā pirmā izvēle bija dzidra IOL. Veicot pacientu anketēšanu, lai noskaidrotu pacientu sajūtas pēc atkārtotas operācijas (subkapsulārās kataraktas gadījumā), pacienti bija daudz apmierinātāki par “skaidru redzi”, 1 – 2 mēnešus pēc operācijas, jo sākotnēji pie subkapsulārās kataraktas attīstības tika novērota apkārtējās pasaules “dzeltēšana”.

## **1.2. Krāsu redzes jutības izmaiņas pacientiem ar kataraktu**

Cilvēkam novecojot, mainās redzamās gaismas daudzums, kas nonāk līdz tīklenei, lēcas dabiskās dzeltēšanas dēļ. Nešķīstošo olbaltumvielu uzkrāšanās, palielina lēcas dzeltēšanu, kas rada palielinātu gaismas absorbcija īso viļņu spektrā (*Weale, 1988*). Neraugoties uz lēcas pakāpenisko dzeltēšanu krāsu uztvere saglabājas relatīvi stabila (*Scheffrin & Werner, 1993*). Sākotnēji pacienti nenovēro krāsu redzes izmaiņas, attīstoties kataraktai. *Granville (1990)* veica pētījumu, kurā noskaidroja, ka nākamajā rītā pēc kataraktas operācijas, pacienti subjektīvi debesu krāsu uztver vairāk piesātināti zilu. Pēc acs lēcas ekstrakcijas redzes sistēmai ir nepieciešams laiks, lai adaptētos. *Neitz et al. (2012)* veica pētījumu, kurā tika apskatīta redzes sistēmas adaptācijai. Rezultāti liecināja, ka 12 dienas nēsājot sarkanās krāsas filtru (590 nm), pēc tā noņemšanas tīri dzeltenā (*unique yellow*) spektra daļa bija nobīdījusies par  $\pm 4$  nm. Paejot 7stundām, tīri dzeltenā krāsa atgriezās pozīcijā, pirms pētījuma sākšanas. Pacienti, kuriem ir kodola katarakta, krāsu un kontrastredzes izmaiņas izjutīs visspēcīgāk.

*Friström & Lundh (2000)* publicēja pētījumu, kurā novērtēja kataraktas radītās krāsu redzes izmaiņas centrālajā un perifērajā tīklenes daļā. Kā krāsu testu viņi izmantoja uz datora monitora demonstrētu hromatiskā flikera testa, pacientam atrodoties 1 m attālumā. Pētījumā piedalījās 30 pacienti – pirms un pēc kataraktas operācijas. Pētījuma dalībniekus sadalīja grupās, izvērtējot kataraktas lokalizāciju, veidu: garozas, kodola, subkapsulārā katarakta.

Vidējais redzes asums pirms operācijas bija  $0.52 \pm 0.20$  decimālās vienības, pēc operācijas –  $0.90 \pm 0.12$  decimālās vienības Iegūtie dati tika salīdzināti ar kontrolgrupu – 66 pacienti, kuriem nav novērota katarakta.

Rezultāti liecina, ka krāsu kontrasta sliekšņa izmaiņas perifērijā pirms un pēc operācijas, ir ļoti atšķirīgas. Krāsu redzes jutības uzlabojums, pirms un pēc kataraktas operācijas, ir 12.40 % garozas kataraktas gadījumā, *protan* asī. Subkapsulārā katarakta samazināja krāsu redzes jutību *protan* konfūzijas asī par 16.90 %. Kodola kataraktas gadījumā tika novērota 12.10% būtiska atšķirība pirms un pēc kataraktas operācijas (*Friström & Lundh, 2000*).

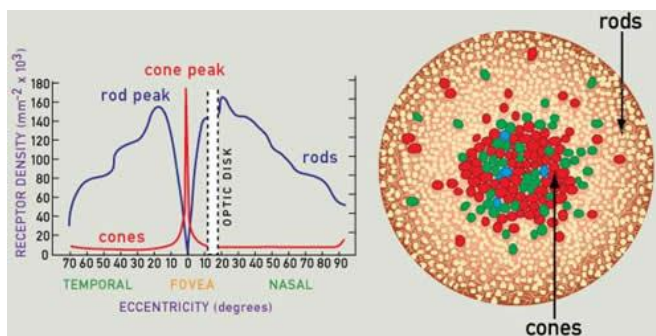
Novērtējot krāsu jutības sliekšņa izmaiņas centrāli, tika novērota būtiska atšķirība pirms un pēc kataraktas operācijas, krāsu redzes asīs. Centrāli, kodola kataraktas gadījumā izmaiņas ir novērojamas viskrasāk – 43.00% uz vienības, subkapsulārās kataraktas gadījumā – 42.90% uz vienību. Izvērtējot datus netika novērota būtiska atšķirība starp kataraktas grupām. Salīdzinot pēc operāciju datu rezultātus, ar datiem no cilvēkiem, kuriem nav katarakta – tika novērotas vērā ņemamas izmaiņas visās krāsu asīs; 7% vienības *protan* asī ( $p < 0.0001$ ), 6.5% vienības *deuton* konfūzijas asī ( $p < 0.0001$ ) un 4.1 % vienības izmaiņas *tritan* asīs ( $p = 0.0065$ ).

Lai izvērtētu krāsu redzi pēc operācijas, *Delahunt et al. (2003)* veica pētījumu, kurā salīdzināja ahromatiskas iestatījumus pirms un pēc kataraktas operācijas. Stimuls tika demonstrēts uz CRT monitora, stimulu spožums bija konstants  $32 \text{cd/m}^2$ . Pētījumā piedalījās 4 pacienti, kuriem vienā acī bija kodola katarakta, otrā acī katarakta netika novērota. Pirms pētījuma sākšanas tika novērotas ahromatiskā stimula koordinātes veselajai un acij ar kataraktu. Sākotnēji, dienu pēc operācijas, tika novērotas ahromatiska stimula nobīde uz dzeltenā spektra daļu. Ahromatiska stimula koordinātes nostabilizējās 2 mēnešus pēc kataraktas operācijas (abās acīs ahromatiska stimula koordinātes bija vienādas).

## 1.2. Krāsu redze

Cilvēku tīklenē ir izvietotas šūnas, kura nodrošina apkārtējās informācijas uztveri (skatīt attēlu 1.2.1.). Fotoreceptori funkcija ir nodrošināt gaismas signālu uztveri un pārvadi caur tālākiem apstrādes ceļiem. Fotoreceptori absorbē gaismas fotonus, kuri ierosina elektrofizioloģiskos procesus, tālāk nosūtot informāciju smadzeņu garozai, kura to apstrādā. Absorbējot gaismas fotonu vāļītē notiek proteīnu molekulas formas maiņa, kuras rezultātā atbrīvojas enerģija, kas ierosina ķīmiskās reakcijas ķēdi. Sasniedzot ganglionāno šūnu līmeni signāls pārvietojas pa optisko redzes nervu, līdz LĢĶ (lateriālais ģenikulārais ķermenis), kur

notiek signālu sadale. Tālāk informācija tiek nosūtīta uz smadzeņu garozas (V4 zonu), kur tā tiek apstrādāta.



**1.2.1. attēls.** Fotoreceptoru organizācija tīklenē (Curcio et al., 1990).

1.25° foveas centrā atrodas tikai vāļītes (Curcio et al., 1990). Pēc 1.25° grādiem novēro pakāpenisku nūjiņu blīvuma palielināšanos. Vāļītes nodrošina krāsu redzi (Cole, 2007).

Vāļīšu iedalījums pēc absorbcijas spektriem:

- 1) Īso viļņu jutības vāļītes – spektrālās jutības maksimums no 440 – 450 nm;
- 2) Vidējās jutības vāļītes – spektrālās jutības maksimums no 535 -550 nm;
- 3) Garo viļņu jutības vāļītes – jutības maksimums no 570 – 590 nm.

Tīklenes vāļīšu trīs fotopigmentu klašu spektrālā jutība pārklājas, nosedzot redzamās gaismas spektru. Katram cilvēkam individuāli ir raksturīga atšķirība vāļīšu proporciju sadalījumā, kas rada ietekmi uz krāsu izšķirtspēju (Cole, 2007).

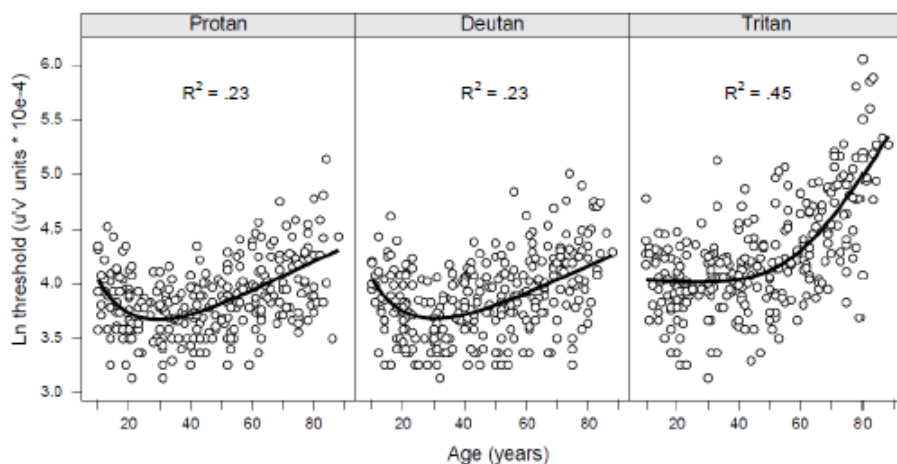
Vāļīšu viena no galvenajām funkcijām ir krāsu redzes nodrošināšana. Krāsu redzes defekti rodas vāļīšu anomālijas dēļ – tās nefunkcionē vai ir izmainīts tā fotopigments. Normālu krāsu redzi sauc par trihromāziju, kad funkcionē un redzes uztverē piedalās visu trīs: īso, vidējo, garo viļņu jutības vāļītes. *Protan* defekta gadījumā traucēta garo viļņu vāļīšu jutība, fotopigmenta neesamības vai izmainīta blīvuma dēļ. *Deuton* krāsu redzes defekts raksturo M vāļīšu fotopigmenta neesamību vai izmainītu tā struktūru. *Trian* krāsu redzes defekts raksturo S vāļīšu izmainītu redzamās gaismas jutību fotopigmenta neesamības, strukturālo izmaiņu dēļ.

Pacienti, kuriem ir *dihromāzija* (*dihromāzija* – krāsu redzes defekts, kurā viens no trim vāļīšu tipiem nefunkcionē), grūtību sagādās vai nespēs atšķirt krāsu, kura atrodas uz vienas krāsas konfūzijas līnijas CIE xy krāsu diagrammā (Westland, 2015). CIE xy krāsu diagrammā konfūzijas līnijas konverģē vienā punktā jeb konfokālajā punktā. Konfokālā punkta atrašanās katram krāsu redzes defektam atšķiras.

Krāsu redzes defekts var būt iedzimts un iegūts. Iegūtu krāsas redzes defektu ierosina acu traumas, slimības, kuras bojā tīkleni, toksiski medikamenti un redzes nerva bojājumi. Iedzimtie krāsu redzes defekti visvairāk ir sastopami vīriešiem. *Deuton* krāsu redzes defekts ir sastopamākais – 8% no populācijas (*Bailey et al., 2004*).

### 1.3. Krāsu redzes izmaiņas dzīves laikā

Krāsu izšķirtspējas jutība dzīves laikā mainās. Bērnībā, redzes sistēmai nobriestot, krāsu izšķirtspēja uzlabojas. 18 līdz 30 gadu vecumam krāsu izšķirtspējas jutība sasniedz maksimumu un gadu gaitā tā samazinās. *Paramei & Oaky (2014)* gadā veica pētījumu, kurā noskaidroja, ka krāsu izšķirtspējas sliekšnis dzīves laikā mainās “U” līknes veidā. *Hashord & Rubin (2015)* izstrādāja pētījumu, kurā novērtēja trihromāta krāsu izšķirtspēju, izmantojot *Cambridge Colour Test*. Pētījumā piedalījās 291 dalībnieks, vecumā no 10 līdz 88 gadiem. Rezultāti liecināja, ka palielinoties vecumam, sākot no 40 gadu vecuma, krāsu izšķirtspēja strauji samazinās (skatīt attēlu 1.4.1.). Novecošana rada izmaiņas fotoreceptoru līmenī. Tīklesnes perifērijā samazinās šūnu jutība. Lēca dzeltē, kas absorbē īso viļņu spektra gaismu. Vislielākās izmaiņas tiek novērotas *tritan* asī, lai arī tiek novērotas izmaiņas izšķirtspējas jutībai vidējo un garo viļņu jutības vāļītēs.



**1.4.1. attēls.** *Cambridge Colour Test* iegūtie rezultāti 291 trihromātam. Naturālais logaritms iegūtajiem krāsu izšķirtspējas sliekšņiem *protan*, *deuton*, *tritan* konfūzijas asīs atkarībā no vecuma.

Melnā līnija parāda datu izmaiņu tendences (*Paramei & Oaky, 2014*)

## 1.5. CIELuv krāsu telpa

CIELuv koordināšu telpa ir viena no visplašāk izmantotajām krāsu telpām. CIELuv krāsu koordināšu telpa tiek tieši atvasināta no CIExyz krāsu koordināšu telpas, kas tiek labi pielietota gaismas izstarojošu stimulu raksturošanā un mērīšanā. Tā pamatā tiek izmantotas koordinātes pseidohromatisko un citu krāsu redzes testu, stimulu apzīmēšanai (*Birch, 1993*). Orģinālās D15 testa stimulu koordinātes tika atainotas CIELuv koordināšu telpā (*Vingry & Smith, 1988*). “L” raksturo stimula gaišumu. “v” raksturo hromatiskā stimula novietojumu CIELuv koordināšu sistēmas vertikālajā virzienā, “u” – horizontālajā virzienā. Stimulu krāsu atšķirību ir iespējams novērtēt ar Eiklīda attālumu (*Rothen et al., 2013*).

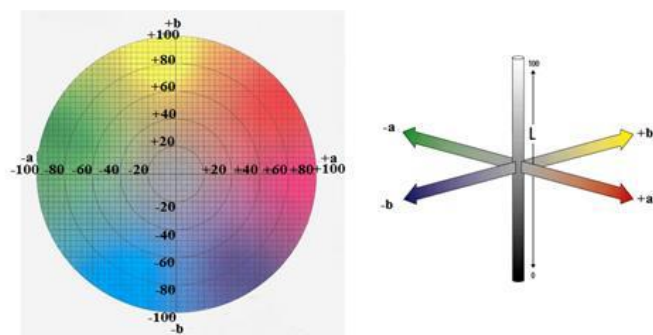
Piemērs: krāsas koordinātes  $L_1u_1v_1$  atšķirība no krāsas  $L_2u_2v_2$  izsakāma kā  $\Delta E(u;v)$ :

$$\Delta E(u;v) = \sqrt{(\Delta L)^2 + (\Delta u)^2 + (\Delta v)^2},$$

$\Delta L = L_1 - L_2$ ,  $\Delta u = u_1 - u_2$  un  $\Delta v = v_1 - v_2$ . Palielinoties Eiklīda attālumam, pieaug krāsu piesātinājums (pacientam vieglāk būs izšķirt krāsas). Krāsas, kuru koordinātes ir tuvu  $u = 0$ ,  $v = 0$ , ir mazāk piesātinātas, krāsas kuras krāsu telpā atrodas tālāk ir izteiktākas. CIELuv krāsu telpa, tāpat kā CIExyz koordināšu telpa ir lineāra, kā dēļ tajās ir viegli operēt, salīdzinot ar krāsu redzes defekta konfūzijas līnijām.

## 1.6. CIE Lab krāsu koordināšu telpa

Acs tīklenes struktūrā sākumā notiek krāsu signālu iegūšana ar trīs spektrāli atšķirīgu fotoreceptoru starpniecību. Tālāk signāls pārvietojas pa gangliju nervu šūnu galiem uz smadzeņu garozu. Signāli sākotnēji tiek kodēti un sadalīti pēc algoritma; vairāk gaišs vai tumšs, vairāk īso viļņu garuma stimulu ieguldījums nekā vidējo un garo. Tā tiek veidota Lab krāsu koordināšu sistēma, kas ir balstīta uz krāsu oponentātās uztveres teoriju (*Ashdown, 2007*). CIELab krāsu telpā ir iespējams attēlot divdimensionālā plāknē. “L” nozīmē, tāpat kā CIELuv sistēmā – gaišumu. Izmantojot “a” un “b” iespējams nosaukt krāsu toni, bet attālums no centra ( $a;b = 0;0$ ) ļauj definēt krāsas piesātinājumu.  $\Delta E$  raksturo attālumu CIELab krāsu telpā starp diviem salīdzināmiem stimuliem.



**1.5.1. attēls.** CIELab krāsu telpa ar “a” un “b” koordinātēm no 0 līdz  $\pm 100$  (pa kreisi) un gaišuma ass “L” ar koordinātēm no 0 līdz 100 (pa labi).

“a” ass raksturo sarkani – zaļās pretkrāsas jeb pozitīvas a vērtības attēlo sarkanās krāsas daudzumu, negatīvās – zaļās krāsas daudzumu. “b” ass raksturo dzeltenī – zilās pretkrāsas. “+” b vērtības norāda uz dzeltenās krāsas daudzumu, “-” b vērtības – zilās krāsas daudzumu. Pie “a” un “b” vērtībām, kas ir tuvu nullei, krāsas atbilst ahromātiskajām krāsām.

CIE Lab koordināšu telpa ir vērsta uz cilvēka atbildēm, veicot krāsu redzes testus, turklāt labi darbojas atstarojošu stimulu gadījumos, ievērojot stimulu apgaismojuma spektrālo sastāvu.

## 2. Praktiskā daļa

Praktiskās daļas mērķis bija noskaidrot, kā mainās krāsu redzes jutība cilvēkiem kuriem ir katarakta – pirms un pēc operācijas periodā. Analizējot datus noskaidrot, vai, izmantojot D15 krāsu redzes testu, var diferencēt dažādas kataraktas attīstības stadijas, ar vecumu radītās krāsu redzes jutības izmaiņas no patoloģiski iegūtajām.

Pirms operācijas periodā, 1 līdz 3 nedēļām līdz operācijai, tika analizēta informācija no:

1. pacientu medicīniskajām kartēm:
  - 1.1) Redzes asums; ar un bez pacienta esošās redzes korekcijas tūlumā un tuvumā;
  - 1.2) Tonometrijas mērījumi;
  - 1.3) *Fundus* novērtējums, izmantojot biomikroskopu un 90D lēcu (tīklenes izvērtējums);
  - 1.4) OCT (optiskā kohorences tomogrāfija) novērtējums;
  - 1.5) Biomikroskopijas izmeklējumi (acs optiskās vides izvērtējums);
  - 1.6) Kataraktas veids, atkarībā no lēcas apduļķojuma – spraugas lampa;
  - 1.7) Intraokulārās lēcas dati; materiāls, veids (Ayaki et al. 2015).
2. Krāsu redzes jutības novērtēšana, izmantojot D – 15 krāsu redzes testu.

Pēc operācijas periodā, 1,5 līdz 2 mēneši pēc kataraktas ekstrakcijas, tika veikta datu analīze, mērījumi, pacientam ierodoties uz pēcoperācijas izmeklējumiem:

1. Krāsu redzes jutības novērtēšana, izmantojot D – 15 krāsu redzes testu;
2. Iegūtie dati no pacientu medicīniskajām kartēm:
  - 2.1) Redzes asums; ar/bez pacienta esošās redzes korekcijas tūlumā un tuvumā;
  - 2.2) Tonometrijas mērījumi;
  - 2.3) Tīklenes izvērtējums (izmantojot OCT, spraugas lampu ar 90D lēcu);
  - 2.4) Biomikroskopijas izmeklējumi.

Pētījums tika izstrādāts maģistra darba ietvaros, izmeklējumus veicot Paula Stradiņa klīniskās universitātes slimnīcas Oftalmoloģijas nodaļā. Pētījumu veikšanas laiks – no 2016. gada 1.decembra līdz 2017.gada 31.martam. Pētījums tika apstiprināts Paula Stradiņa Klīniskās universitātes slimnīcas ētikas komitejā (skatīt 1. pielikumu). Pirms datu ievākšanas pacienti tika informēti par izmantotajām darba metodēm, ierīcēm. Darbā tika izmantoti dati tikai no

pacienti, kuri sniedza rakstisku atļauju savu datu izmantošanai, parakstot sagataves formu (skatīt 5.pielikumu).

Lai noskaidrotu, vai pastāv korelācija starp kataraktas veidu un krāsu redzi, datu apstrādei tika izmantots T tests (*Sadler, 2005*).

## 2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās 46 pacienti (vidējais vecums  $68.5 \pm 0.9$  gadi). 33 no 46 pacientiem, kuriem ir cukura diabēts, glaukoma (*Georgalas, 2009; Bengtsson et al. 1997*), mīkstās drūzas – pētījumā nepiedalīsies (*Frennesson et al. 1995*). Pacienti, kuru redzes asums pirms operācijas ir līdz 0.10, vai virs 0.70 decimālās vienības – pētījumā nepiedalīsies (*Friström & Lundh, 2000*). Cukura diabēts veicina jaunu asinsvadu veidošanos tīklenē. Plāno sieviņu dēļ, asinsvadiem plīstot, veidojas hemorāģijas tīklenē, vēlāk tīklenes tūska. *Fong et al. (1999)* pētījumā piedalījās 2701 pacients, kuri slimoja ar diabētisko retinopātiju. Rezultāti liecināja, ka 50% pētījuma dalībniekiem ir samazināta krāsu redzes jutība. Par galvenajiem iemesliem, kuri veicināja krāsu redzes defekta veidošanos, tika uzskatīti jaunu asinsvadu veidošanās un makulas edēmas.

Manā pētījumā, tika izmantoti dari par 26 acīm, kurām ir katarakta (labā acs – 46.16%, kreisā acs 53.84%) un kuras atbilda pētījuma kritērijiem. Pacientu vidējais vecums  $70.9 \pm 3.4$  gadi. Pirms operācijas pacientu redzes asums ar piemērojamo korekciju ( $SE -0.97 \pm 0.60$  D, ja korekciju bija iespējams piemeklēt, un tā deva redzes asuma uzlabojumu) –  $0.30 \pm 0.05$  decimālās vienības. Redzes asums tuvumā ar korekciju, ja bija iespējams to piemeklēt (vidējais briļļu korekcijas stiprums:  $3.50 \pm 0.25$  D, vertex distance 8mm) –  $0.50 \pm 0.05$  decimālās vienības. Intraokulārais spiediens:  $15.81 \pm 0.86$  mmHg st (bezkontakta metode, Keeler firmas tonometrs). Visas redzes funkcijas pacientiem tika pārbaudītas pirms Mydriacyli 0.5% iepilināšanas.

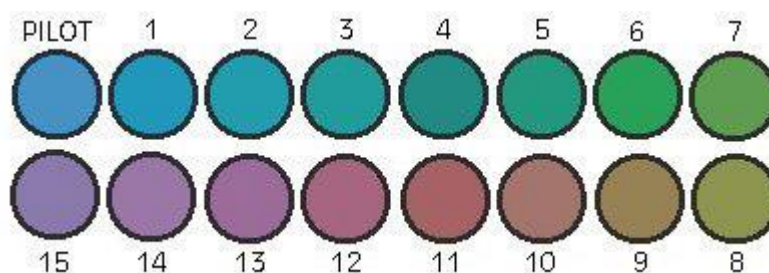
Pēc operācijas, pacienta redzes funkcijas un krāsu redzes tests tika veikts 45 – 60 dienas pēc kataraktas operācijas. Redzes asums tālumā, ja korekciju bija iespējams piemeklēt (vidējais briļļu korekcijas lielums  $SE -0.50$  D Sph  $\pm 0.25$  D):  $0.55 \pm 0.05$  decimālās vienības. Redzes asums tuvumā (briļļu korekcija  $SE +2.75 \pm 0.50$  D sph, vertex distance 8 mm):  $0.63 \pm 0.05$  decimālās vienības. 24 acīm tika ievietota SN60WF (ar UV filtru) moduļa intaokulārā lēca, 2 acīm ZCBOO (bez UV filtra). Vidējais IOL lēcas stiprums  $19.31 \pm 1.15$  mm. Lēcas garums 13 mm, optiskās zonas diametrs 6 mm (visiem vienāds).

## 2.2. Metodika

### 2.2.1. Farnsworth D – 15 tests

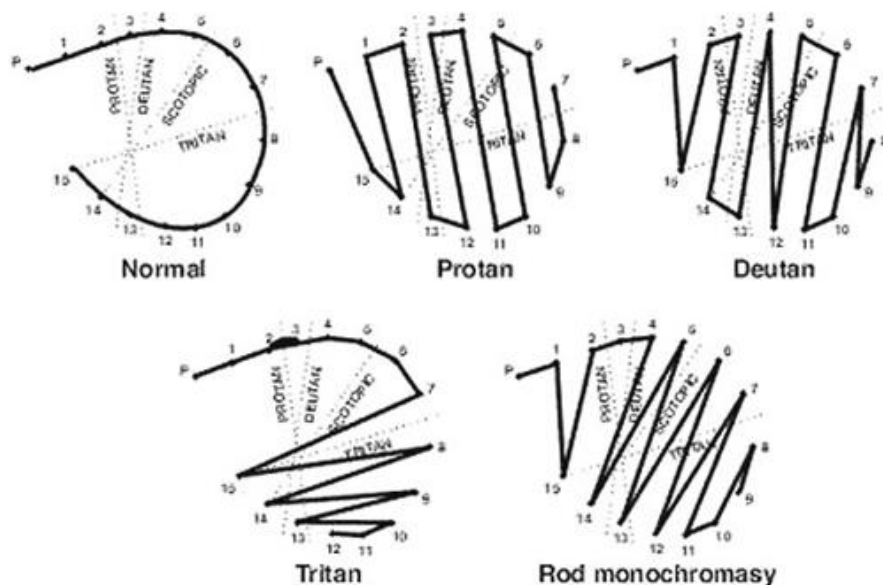
Krāsu sakārtošanas tests Farnsworth D-15 (D-15) tiek uzskatīts par vienu no visvairāk pielietojamākajiem krāsu redzes testiem redzes aprūpes sfērā. Farnsworth D – 15 tests ir neinvazīvs. D-15 krāsu sakārtošanas tests, iedala krāsu redzes veiktspēju divās grupās;

1. Gadījumi ar normālu vai neizmainītu krāsu redzi un ar nelielu krāsu redzes defektu;
2. Gadījumi ar vidējas un stipras pakāpes krāsu redzes defektu.



**2.2.1.1. attēls.** D – 15 stimulu krāsu numerācija (*Dain, 2004*)

Muciņu vienā pusē ir kodējums (PILOT vai kārtas skaitlis), bet otrā krāsains reflektīvs stimuls. Dalībnieka uzdevums ir salikt mucīņas, pieskaņojot vienu otrai, pēc to krāsu līdzības, nepārtrauktā secībā. Sakārtotā krāsu stimulu secība tiek grafiski attēlota diagrammā (ideālā gadījumā lokveida figūrā), kura tiek iegūta, savienojot punktus salikto „muciņu” secībā grafikā CIE Luv krāsu koordinātu telpā (*Dain, 2004*), kur katrs izdalītais punkts atbilst atbilstošās „muciņas” hromatiskajām vērtībām (skatīt 2.att.). Muciņas atradās 60 cm attālumā no pacienta briļļu plaknes, apkārtējais apgaismojums telpā – 150 lux.



**2.2.1.2. attēls.** Stimulu secība CIE Luv krāsu koordinātu telpā trihromātam, cilvēkam ar normālu krāsu redzi (A), *protan* (L vāļišu jutības izmaiņas), *deutan* (M vāļišu jutības izmaiņas), *tritan* (S vāļišu jutības izmaiņas), viena vāļišu tipa esamība (Dain, 2004)

Tipiskākie stimulu pāri, ko sajauc pacients ar *protan* krāsu redzes defektu ir 1 ar 14; 2 ar 13; 3 ar 12; 4 ar 11; 5 ar 10; 6 ar 9. Pacients ar *deutan* krāsu redzes defektu sajauc 2 ar 15; 3 ar 14; 4 ar 13; 5 ar 12; 6 ar 11; 7 ar 10 kauliņus. *Tritan* defekta gadījumā saliek mucuņas pareizā secībā, līdz nonāk līdz 7 mucuņai, tad viņš sajauc 8 ar 15, 9 ar 14, 10 ar 13 (Scheffrin, 1994).

Farnsworth D-15 testa izmantošanas plus ir testa izpildes īsais laiks – līdz 5 min. Izmantojot Farnsworth D-15 testu, ir iespējams noteikt krāsu redzes izmaiņas ne tikai *protan*, *deutan* gadījumos, bet arī *tritan* defekta gadījumā. Testa izmantošanas mīnus ir tā jutība. Birch (2008) veica pētījumu, kurā salīdzināja pacientu krāsu redzes defekta nediagnosticēšanu ar D15 testu. Iegūtie rezultāti tika salīdzināti ar Nagel anomaloskopu. No 517 pacientiem 36% izkrita pildot D15 testu. 67% pacientu, kuriem ir novērota viegli izteikta protanomālija, izdevās D15 testu nepieļaujot kļūdas kauliņu salikšanas secībā.

Pētījumā netika izmantoti standarta testi, kuriem ir augstāka jutība: Išihara pseidohromatisko karšu tests (jutība: 0.93), HRR tests (jutība 1.0), jo ar to palīdzību, nav iespējams noteikt pacienta krāsu redzes jutību izmaiņas *tritan* konfūzijas asī (HRR tests sastāv no 5 S vāļišu jutības testa kartēm, kas nedod ieskatu par krāsu redzes defekta spēcīgumu, French et al., 2008).

## 2.2.2. Kļūdu skaitīšanas metodes D15 testā

*Farnsworth* D15 testu izmanto spēcīgi, vidēji izteiktas krāsu redzes izmaiņas diagnostikai. Lai apstrādātu D15 testu, tiek izmantotas dažādas metodes. Kvantitatīvi testa rezultātus var analizēt izmantojot krustošanās punktu skaitīšanu. Ja novērojamas 2 vai vairāk krustošanās vietas, tas norāda uz izmainītu krāsu redzi. Ja diagrammā veidojas apļveida figūra, nevienai līnijai nekrustojoties, rezultāti norāda uz normālu krāsu redzi vai viegli izteiktu krāsu redzes defektu (*Birch*, 1993). Par kvalitatīvām D15 testa apstrādes metodēm uzskata inerces momenta metodi, *Bowman* metodi un *Least square* metode.

*Bowman* (1982) metodes rezultātus raksturo, izmantojot kopējā krāsu atšķirības rezultātu (TCDS), kas veidojas saskaitot kopējo starpību starp sajauktajām stimulu koordinātēm ( $\sum \Delta E$ ). Ar *Bowman* metodes palīdzību var novērot krāsu redzes deficīta izteiktību, atšķirību no normas, bet ar metodes palīdzību nav iespējams diagnosticēt krāsu redzes defekta veidu. Lai aprēķinātu starpību starp 2 stimuliem, tika izmantotas “muciņu” koordinātes no CIELab krāsu koordināšu sistēmas. Starpība ( $\Delta E$ ) starp jebkurām 2 krāsām tiek aprēķināta  $\Delta E = [(\Delta L)^2 + (\Delta a)^2 + (\Delta b)^2]^{1/2}$ . Kopējo TCDS vērtību ir iespējams aprēķināt, zinot D15 kauliņu krāsu koordinātes un telpas apgaismojumu. *Bowman* (1980) gadā veica pētījumu, lai izvērtētu  $\Delta E$  vērtības pacientiem ar krāsu redzes defektu, tīklenes sasilšanām. Iegūtie rezultāti liecināja, ka TCDS norma ir 165  $\Delta E$  vienības (saliekot perfektā kārtībā), skaitlis pieaug palielinoties transpozicionālajiem krustpunktiem jeb ar vietām sajaukto stimulu krustpunktiem. S vāļišu samazinātas jutības gadījumā vidējā vērtība ir ap 201.7  $\Delta E$  vienības, M vāļišu - 253.0  $\Delta E$  vienības, L vāļišu – 350.0  $\Delta E$  vienības. Kopējais krāsu starpību rezultāts tritanopijas defekta gadījumā ir ap 300.0  $\Delta E$ , protanopijas – 525.0  $\Delta E$  vienības, deitanopijas – 525  $\Delta E$  vienības. Kopējais krāsu diferences (TCDS) rezultāts ir atkarīgs no apkārtējā telpas apgaismojuma. Ja luminiscence ir 1000 lux, tad TDCS precīzā sakārtošanas gadījumā ir 122.4  $\Delta E$  vienības, viegli izteikta krāsu redzes defekta gadījumā, spēcīgi izteikta krāsu redzes defekta gadījumā – 210.8  $\Delta E$  vienības. Samazinoties apkārtējam telpas apgaismojumam palielinās krāsu diferences TCDS vērtības.

*Least square* metode (LSR) jeb darbojas CIELuv koordināšu sistēmā (D15 piesātinātā testa stimulu koordinātes, skatīt 2. pielikumu). LSR metodes pamatā ir lineārās regresijas līkne, ko veido nepareizi novietota kauliņu secība, pēc kuras tiek aprēķināts konfūzijas leņķis. Izmantojot LSR metodi ir iespējams klasificēt, krāsu redzes defekta tipu, selektivitāti un spēcīgumu (*Foutch et al.*, 2011).

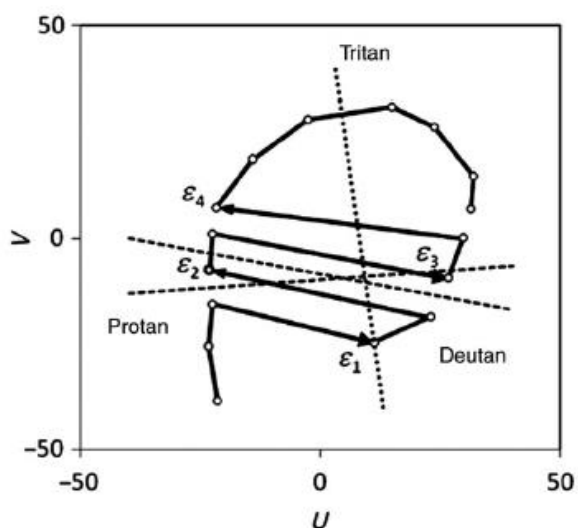
Datu apstrādes metode darbojas tikai tad, ja pacients D15 ir sajaucis ar vietām vismaz 2 stimulu pārus.

Krāsu diferences vektora garums ( $\varepsilon$ ) tiek aprēķināts pēc formulas:

$$\varepsilon_i = \sqrt{\Delta u_i^2 + \Delta v_i^2},$$

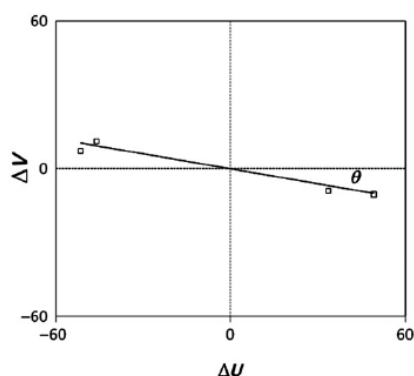
D15 testa savietošanas secības izteikums, ir kopējo kļūdu vektoru summas:

$$\varepsilon_{\text{kopējais}} = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \dots + \varepsilon_n, \text{ kur } n \text{ apzīmē pieļauto kļūdu skaitu.}$$



**2.2.2.1. attēls.** Krāsu starpības vektors (CDVs) pacientam, kuram ir *deuton* defekts. CIELuv sistēmā atainotas D15 stimula koordinātes. *Tritan* – *tritan* konfūzijas ass; *protan* – *protan* konfūzijas ass; *deuton* – *deutan* konfūzijas ass. Vektori  $\varepsilon_1$ ;  $\varepsilon_2$ ;  $\varepsilon_3$ ;  $\varepsilon_4$  – raksturo sajaukto kauliņu krāsu diferences vektorus starp kauliņu pāriem (*Foutch et al.*, 2011).

*LSR* metodes lineārās regresija modelis tiek izvilckts caur ( $\Delta u = 0$ ;  $\Delta v = 0$ ) un vektoru sākuma un beigu punktiem.



**2.2.2.2. attēls.** Lineārās regresijas līkne, kas tiek novilkta caur krāsu redzes diferences vektoru sākuma un beigu punktiem (*Foutch et al.*, 2011).

Pēc tam zinot regresijas līkni, tiek aprēķināts leņķis starp lineāro regresijas līkni asi, kur koordinātes ir ( $\Delta u = 0$ ;  $\Delta v = 0$ ). Leņķis tiek aprēķināts pēc formulas:

$$\sigma = \tan^{-1}(m) = \tan^{-1}\left(\frac{[\sum_{i=1}^n \Delta u_i \Delta v_i]}{\sum_{i=1}^n \Delta u_i^2}\right)$$

Leņķim ( $\sigma$ ) atainojot pacienta krāsu redzes defektu, bet ( $\sigma_a^2$ ) raksturo selektivitāti, kas ļauj mums izvērtēt, cik lielā mērā regresijas modelis atbilst eksperimentālajiem datiem.  $\sigma_a^2$  aprēķināta pēc formulas:

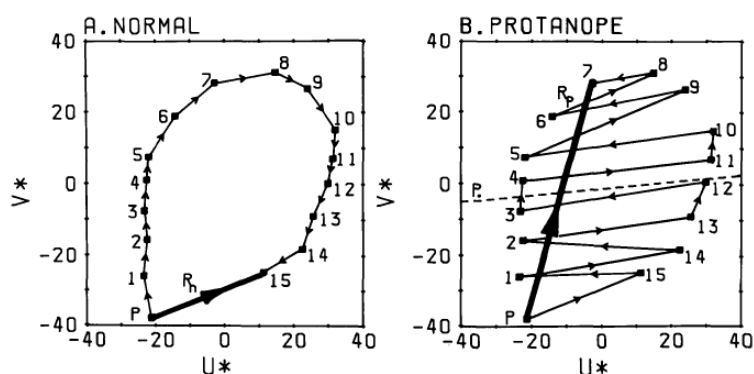
$$\sigma_a^2 = \frac{\sum_{i=1}^n v_i^2}{(n-1)}, \text{ kur } V_i \text{ ir atliktā vērtība, } n \text{ pieļauto kļūdu skaits.}$$

Angle ( $\theta$ )	Type	$\sigma_a^2$	Selectivity	$\epsilon_{TOTAL}$	Severity
$-30^\circ < \theta \leq 0^\circ$	Deutan	$>340$	Random	$>83$	Abnormal
$0^\circ < \theta \leq 30^\circ$	Protan	$\leq 340$	Selective	$\leq 83$	Normal
$ \theta  > 71^\circ$	Tritan				
$30^\circ <  \theta  \leq 71^\circ$	Others				

**2.2.2.3. attēls.** *Foutch et al.* (2011) pieņemtās metodes normas pacientiem ar krāsu redzes defektu.

### 2.2.3. Inerces momenta metode

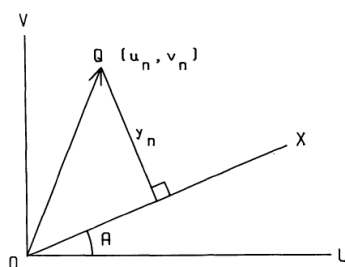
Inerces momenta metode tiek uzskatīta par kvantitatīvu kļūdu skaitīšanas metodi. Metode ietver pacienta izveidotās stimulu secības atšķirību no pilnīgi pareizas secības, kas tiek atspoguļota ar vektoru palīdzību. Katram no 16 “muciņu” stimuliem ir noteiktas koordinātes CIELUV krāsu telpā.



**2.2.3.1. attēls.** Izveidotā kauliņu secība normālas krāsu redzes (pa kreisi) un protonopijas (pa labi) gadījumā, CIELUV krāsu telpā (*Vingrys & Smith, 1988*).

Vektora garums, ko savieno D15 kauliņa koordinātes ar pēdējā kauliņa koordinātēm, normālas krāsu redzes gadījumā, ir īsāks salīdzinājumā ar protonopijas defekta vektorālo garumu. Saglabājot vektoru virzienu, garumu, vektora novietojuma leņķi pret horizontālo un

vertikālo asi, tiek atliktas divu blakus novietotu stimulu koordināšu jaunizveidotie vektori, kuri tiek saukti par krāsu redzi diferencējošiem vektoriem.



**2.2.3.2. attēls** Krāsu redzes diferencējošā vektora (OQ) paralelītāte ( $y_n$ ) konfūzijas asij (OX), A – konfūzijas leņķis (Vingryst & Smith, 1988).

Krāsu redzes defekta un krāsu redzes jutību izmaiņu gadījumā, ir raksturīga augsta krāsu redzi diferencējošo vektoru paralelītāte konfūzijas asij, atkarībā no defekta veida (mazas  $y_n$  vērtības), normālas krāsu redzes gadījumā ir vērojama maza paralelītāte (lielas  $y_n$  vērtības).

Lai noteiktu inerces momentu ir nepieciešamas 3 vērtības:

1. Konfūzijas leņķis – parametrs palīdz klasificēt krāsu redzes defekta veidu, salīdzinot iegūto ass pozīciju ar normas pozīciju.

Konfūzijas leņķa normas, nepieļaujot kļūdas D15 stimulu secībā – 62.0. Protanopijas gadījumā - +8.8 (tam variējot no +3.0 līdz +1.70 grādiem atkarībā no pacienta); protanomālijas: +28.3; deiteranopijas: -7.4 (robežās no -4.0 līdz -11.0) ; deiteranomālijas: -5.8; *tritan* defekta gadījumā: -82.8 (sākot no -70.0 līdz -90.0 grādiem). Sliksnis, kas tiek pieņemts, lai atdalītu *protan* no *deuton* krāsu redzes defekta ir +0.70 grādi.

2. Selektivitātes indekss (S) – parametrs raksturo pacienta salikuma paralelītāti konfūzijas leņķim;

Mazas selektivitātes indeksa vērtības norāda uz krāsu redzes deficīta neesamību, vai izpildes secībai ir gadījuma raksturs. Augstas vērtības norāda uz augstu vektoru novietojumu savstarpējo paralēlismu. Selektivitātes indeksa norma (perfektas “muciņu” sakārtošanas secības gadījumā) ir 1.38, protanopijas – 6.16; protanomālijas – 1.97; deiteranopijas – 6.19; deiteranomālijas – 1.68 līdz 2.99; *tritan* defekta gadījumā 3.94 (Vingryst & Smith, 1988).

3. Konfūzijas indekss (C) – attiecība starp pacientu D15 testu izpildes galveno rādīsu un pilnīgi pareizas testa izpildes gadījumā iegūto galveno rādīsu.

Konfūzijas indeksa norma– 1.0, 4.20 indekss liecina par protanopiju, protanomālijas – 1.95, deiteranopijas – 4.10, deiteranomālijas – 2.75, *tritan* defekta gadījumā – 2.60. Ja C indekss ir lielāks par 1.77, tad tas var liecināt par izmainītu krāsu redzi.

Protanopam inerces moments būs relatīvi liels attiecībā pret vertikāli iedomātu taisni (vidēji -80.30 grādi) un maza attiecība pret horizontālo taisni - +9.70 grādi. Deiteranopam konfūzijas leņķis attiecībā pret vertikālo taisni vidēji ir -7.4 grādi. Horizontālā taisne nošķir M vāļišu jutības izmaiņas ( “-” zem  $\Delta v$  ass ) no L vāļišu jutības izmaiņām ( “+” virs  $\Delta v$  ass).

Lai padziļinātāk izvērtētu pacienta D15 kauliņu secību, var izvērtēt kopējo kļūdu skaitu (TES), kas raksturo lielākās un mazākā vektoru (radiusu) summu (norma – 11.40), un lielāko (*major radius*) un mazāko rādiusu (*minor radius*), kas raksturo vidējoto lielumu, kas apraksta inerces momenta sadalījumu. Saliekot precīzu “muciņu” secību *major radius* 9.20, *minor radius* 6.70.

## 2.3. Rezultāti

Pētījumā tika analizētas 13 pacientu labā, kreisā acs. Katra acs tika kodēta ar lielajiem alfabēta burtiem piem. 1 acs ir AA; 2 acs ir BB u.t.t. .

### 2.3.1. D15 piesātinātā testa rezultātu analīze pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot *Bowman* metodi

Pa visam tika apskatītas 26 acis pirms un pēc kataraktas operācijas. Lai nodrošinātu precīzu datu iegūšanu telpā, kurā tika veikts tests, apkārtējais apgaismojums bija konstants 500 lux.

#### 2.3.1.1. tabula.

Krāsu atšķirības TCDS ( $\Delta E$  vienības) summa pacientiem pirms un pēc operācijas, piesātinātajai D15 testa versijai

	Pirms operācijas, $\Delta E$ vienības	Pēc operācijas, $\Delta E$ vienības
OD (TCDS)	186.9 ± 14.4	135.5 ± 8.4
OS_(TCDS)	194.8 ± 13.7	128.9 ± 5.5

Salīdzinot labās acs krāsu atšķirību vidējās vērtības ( $\Delta E$ ), statistiski ir novērojamas atšķirības pirms un pēc operācijas periodā veiktajos mērījumos ( $t = 2.68 > t_{0.05;16} = 2.13$ ,  $p=0.08$ ). Izanalizējot D15 piesātinātā testa sajaukto stimulu secību kreisajai acij, tika atrastas būtiskas atšķirības pirms un pēc operācijas datu kopai ( $t = 4.95 > t_{0.05;16} = 2.13$ ,  $p = 0.08$ ).

Pēc *Bowman* (1982) gada publikācijas atrodams informācija pacientiem pirms un pēc operācijas periodā ir novērojamas hromatiskās izmaiņas.

### 2.3.2. D15 nepiesātinātā testa rezultātu analīze pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot *Bowman* metodi

#### 2.3.2.1. tabula

Pētījumu dalībnieku krāsu atšķirību vidējās vērtības TCDS vidējās vērtības pirms un pēc operācijas, nepiesātinātajai D15 testa versijai

	Pirms operācijas, $\Delta E$ vienības	Pēc operācijas, $\Delta E$ vienības
OD (TCDS)	508.4 $\pm$ 5.6	60.2 $\pm$ 2.2
OS (TCDS)	90.0 $\pm$ 6.1	61.7 $\pm$ 3.2

Izvērtējot pētījuma dalībnieku krāsu atšķirību vidējās vērtības ( $\Delta E$ ) labajai acij (skatīt tabulu 2.3.2.1.), tika konstatētas atšķirības ( $t = 5.46 > t_{0.05;26} = 2.09$ ,  $p=0.01 < 0.02$ ), pirms un pēc kataraktas operācijas. Salīdzinot vidējās kreiso acu  $\Delta E$  vērtības, tika konstatēta statistiski nozīmīga atšķirības starp šīm vērtībām, pirms un pēc operācijas ( $t = 4.12 > t_{0.05;26} = 2.07$ ,  $p < 0.05$ ).

### 2.3.3. Piesātinātā D15 testa rezultātu analīze pirms kataraktas operācijas, izmantojot inerces momentu metodi

Lai izvērtētu krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas, tika salīdzināts C indekss, kas norāda uz krāsu redzes deficīta izteiktību.

#### 2.3.3.1. tabula

C indeksa vidējās vērtības pirms un pēc operācijas

	Pirms operācijas	Pēc operācijas

C indekss OD	2.06 ± 0.13	1.34 ± 0.05
--------------	-------------	-------------

Izvērtējot konfūzijas indeksa (C indeksa) vidējās vērtības (skatīt 2.3.3.1. tabulu) tika konstatētas būtiskas indeksa atšķirības pirms un pēc kataraktas operācijas ( $t = 4.77 > t_{0.05;26} = 2.04$ ,  $p < 0.05$ ).

Selektivitātes indekss (S indekss) raksturo pacienta kauliņu salikuma paralelītāti konfūzijas leņķim. Mazas vērtības norāda uz krāsu redzes deficīta neesamību vai gadījuma raksturu.

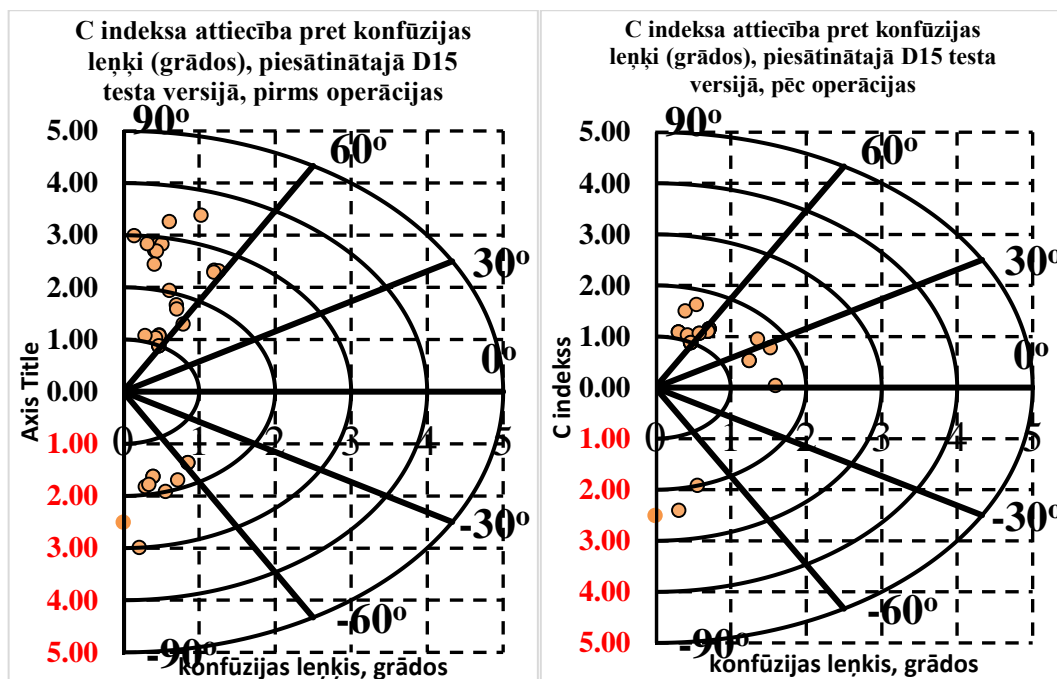
### 2.3.3.2. tabula

Selektivitātes indeksa (S indeksa) vidējās vērtības pirms un pēc kataraktas operācijas

	Pirms operācijas	Pēc operācijas
S indekss	2.33 ± 0.78	1.71 ± 0.10

Analizējot pirms un pēc kataraktas operācijas, kauliņu salikšanas secību, tika novērotas būtiskas atšķirības selektivitātes indeksā ( $t = 3.68 > t_{0.05;26} = 2.04$ ,  $p < 0.05$ ).

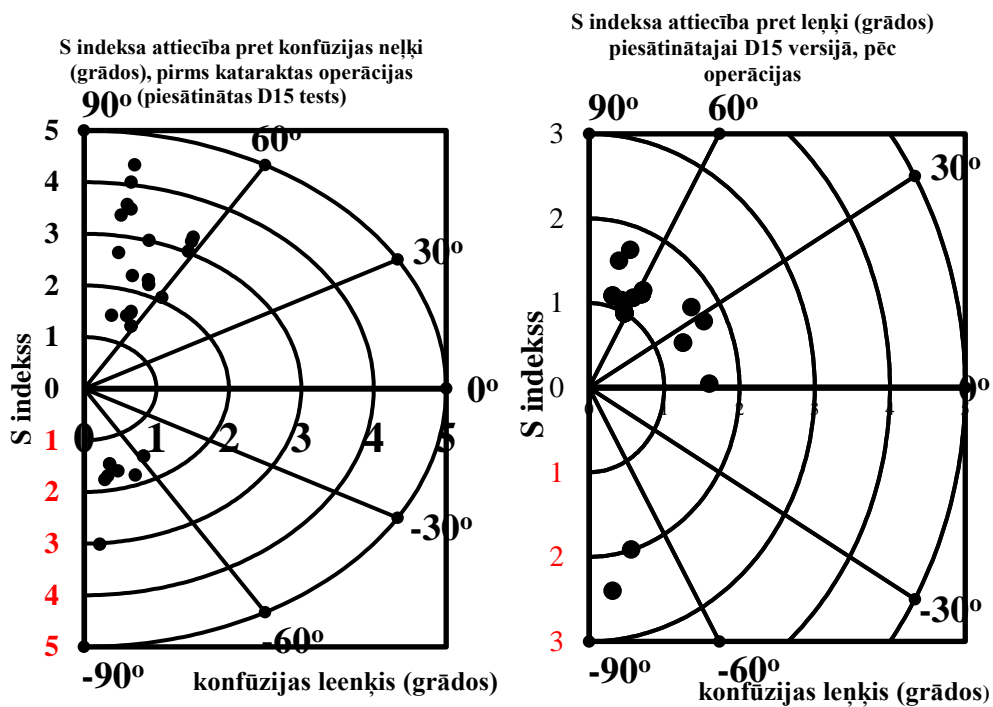
Izmantojot inerces momenta metodi (*Vingry & Smith*, 1988), tika salīdzinātas pacientu kļūdu rakstura secība attiecībā pret konfūzijas līnijām (skatīt 3. pielikumu). Lai uzskatāmāk demonstrētu rezultātus, dati tika aprakstīti izmantojot polārās koordinātes CIELuv krāsu koordināšu telpā, vērtējot attiecību starp konfūzijas indeksu (C – indekss, kas raksturo krāsu redzes deficīta izteiktību) un konfūzijas leņķi, kas palīdz klasificēt krāsu redzes defektu (dati tika apskatīti piesātinātajai D15 testa versijai).



2.3.3.3. attēls.. Pētījuma dalībnieku uzrādīto, D15 kauliņu sakārtošanas secībām atbilstošo, konfūzijas indeksu (C indekss) un konfūzijas leņķi (grādi) pirms un pēc kataraktas operācijas.

7 acīm (skatīt 2.3.3.3. attēlu), pirms operācijas, tika novērotas kopējā inerces momenta nobīdes *tritan* ass virzienā (vidējais C indekss  $1.9 \pm 0.2$ , konfūzijas leņķis:  $-82.4 \pm 3.0$  grādi). Kauliņu salikšanas secība, 8 acīm konfūzijas leņķa vērtības neatbilst nevienam no krāsu redzes deficītu gadījumiem (vidējais C indekss  $2.91 \pm 0.20$ , konfūzijas leņķis:  $82.6 \pm 0.4$  grādi). 11 acīm netika novērotas būtiskas atšķirības no normas, salīdzinot tās ar literatūrā atrodamajām vidējām vērtībām (Vingrys & Smith, 1988). Vidējais C indekss pētījuma dalībniekiem:  $1.4 \pm 0.3$ ; konfūzijas leņķis:  $65.2 \pm 0.6$  grādi.

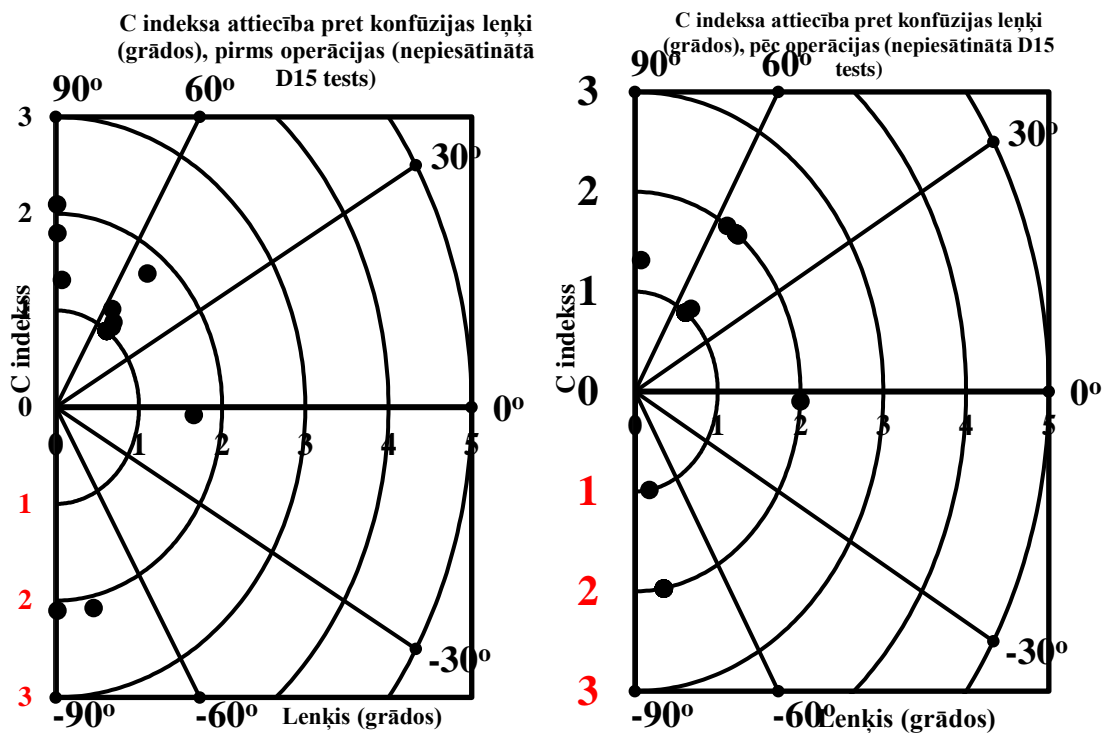
Pēc operācijas 20 acīm netika novērotas krāsu jutības izmaiņas ( $t=1.82 < t_{0.05;20}=1.94$ ,  $p<0.05$ ). – vidējais C indekss:  $1.20 \pm 0.15$ ; konfūzijas leņķis:  $+65.2 \pm 2.6$  grādi (skatīt 2.3.3.3.attēlu). 3 acīm kauliņu secības kļūdu raksturs norāda uz krāsu jutības izmaiņām *protan* konfūzijas ass virzienā (vidējais C indekss  $1.62 \pm 0.11$ ; konfūzijas leņķis  $+28.9 \pm 0.3$  grādi). Pēc Vingry & Smith, (1988) publikācijā atrodamās informācijas pacienti D15 kauliņu secība atgādina protanomālījas krāsu redzes defektu. 1 pacienta kauliņu salikšanas secības kļūdu raksturs, norāda uz krāsu redzes jutības izmaiņām *deuton* konfūzijas ass virzienā (skatīt 2.3.3.3.attēlu). 2 acīm tika novērota krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā (konfūzijas indekss  $-2.10 \pm 0.15$ ; konfūzijas leņķis:  $-82.6 \pm 0.8$  grādi).



**2.3.3.4. attēls.** Pētījuma dalībnieku uzrādīto, D15 kauliņu sakārtošanas secībām, atbilstošo selektivitātes indeksu (S indekss) un konfūzijas leņķi (grādi) pirms un pēc kataraktas operācijas. Pirms operācijas 7 pacientiem tika novērots krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā. Pēc operācijas 6 pacientu, D15 kauliņu salikšanas kļūdu raksturs, liecina par krāsu redzes jutības izmaiņas *protan* (3 dalībnieki), *deuton* (1 dalībnieks), *tritan* (2 dalībnieki) konfūzijas ass virzienā.

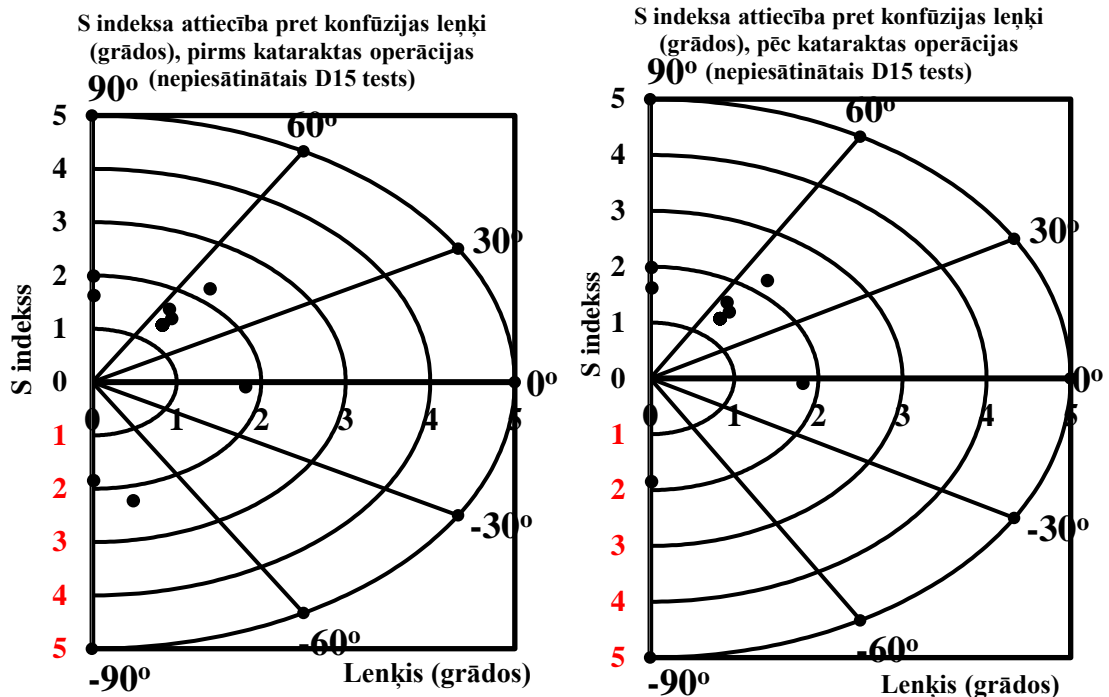
Selektivitātes indeksa un konfūzijas leņķa attiecība, 13 acu D15 kauliņu salikšanas secībām, norāda uz krāsu redzes jutību izmaiņām (skatīt attēlu 2.3.3.4.). 13 acu kauliņu salikšanas kļūdu raksturs norāda uz krāsu redzes neesamību vai gadījuma raksturu, veicot krāsu redzes testu (vidējais S indekss –  $1.85 \pm 0.23$ ).

5 pacientiem pēc operācijas tika novērotas krāsu redzes jutības izmaiņas. 2 acīm (BB;EE) tika novērotas krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā (skatīt attēlu 2.3.3.4.). 21 acs D15 kauliņu salikšanas secība, nenorāda uz izmainītu krāsu redzes jutību (Vingry & Smith, 1988).



2.3.3.5. attēls. Pētījuma dalībnieku uzrādīto, D15 kauliņu sakārtošanas secībām atbilstošo, konfūzijas indeksu (C indekss) un konfūzijas leņķi (grādi) pirms un pēc kataraktas operācijas. Pirms operācijas 5 pacientiem ir novērojamas krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā (kā kritērijs tiek pieņemts  $< +85.00$ , kas liecina par vairāk *tritan* krāsu redzes defektu, nevis normu).

Eksperimenta dalībnieka, 1 acs (II) D15 stimulu salikšanas secības (konfūzijas indekss 1.70 (pirms operācijas), 2.00 (pēc operācijas); konfūzijas leņķis: -2.74 grādi (pirms operācijas) -2.51 grādi (pēc operācijas), kļūdu raksturs norāda krāsu redzes jutības izmaiņas *deuton* konfūzijas ass virzienā. EE un II acs, konfūzijas indeksa attiecība pirms un pēc kataraktas operācijas, norāda uz krāsu redzes jutības izmaiņām *tritan* konfūzijas ass virzienā.



**2.3.3.6. attēls.** Pētījuma dalībnieku uzrādīto, D15 kauliņu sakārtošanas secībām, atbilstošo selektivitātes indeksu (S indekss) un konfūzijas leņķi (grādi) pirms un pēc kataraktas operācijas. Pirms operācijas 4 pacientiem tika novērots krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā, pēc operācijas 3 pacientiem. Pirms un pēc operācijas pacienta (HH) aci tiek novērotas krāsu redzes jutības izmaiņas *deutan* konfūzijas ass virzienā.

Izvērtējot selektivitātes indeksa attiecība pret konfūzijas leņķi (grādos), tika novērotas būtiskas izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas 25 acīm (S indekss:  $t = 3.96 > t_{25;0.05} = 2.03$ ,  $p < 0.05$ ; konfūzijas leņķis:  $t = 3.63 > t_{25;0.05} = 2.03$ ,  $p < 0.05$ ). Acij II tika novērotas selektivitātes indeksa (no 2.40 uz 1.95), konfūzijas leņķa (pirms operācijas: -86.20 uz -90.00) samazināšanās. Pirms un pēc operācijas pacientam ir novērojamas krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā. Analizējot pacienta medicīnisko vēsturi, netika norādītas patoloģiskas saslimšanas, medikamenti, kuri varētu izraisīt krāsu redzes jutības izmaiņas.

### 2.3.4. Datu salīdzinājums pirms un pēc kataraktas operācijas, izmantojot Least square metodi

Pirms operācijas periodā dati tika ievākti no 32 pacientiem. 3 pacientu dati (GG – OD; NN – OS; PP – OD acs) tālāk netika apskatīti, jo viņu saliktajā D15 testa kauliņu secībā netika pieļautas kļūdas. 29 acis vidēji pieļāva  $2.17 \pm 0.2$  kļūdas.

Pēc operācijas periodā tika apskatītas 26 gadījumiem, no kurām 6 gadījumi pieļāva 2 vairāk kļūdu stimulu pareizā savietošanas secībā (vidējais kļūdu lielums.  $1.17 \pm 0.3$  kļūdas).

### 2.3.4.1. tabula

Pacientu D15 krāsu redzes stimulu sakārtošanas secības specifitāte ( $\sigma_a^2$ ), konfūzijas leņķis ( $\sigma$ ), pirms un pēc kataraktas operācijas

	Pirms operācijas	Pēc operācijas
Konfūzijas leņķis ( $\sigma$ ), grādos	24.8 ± 8.9	42.8 ± 6.9
Specifitāte ( $\sigma_a^2$ )	521.3 ± 77.8	224.8 ± 53.74

Salīdzinot datus tika noskaidrots, ka ir novērojama būtiskas specifitātes ( $\sigma_a^2$ ) lieluma atšķirības pirms un pēc kataraktas operācijas ( $t = -3.13 < t_{0.05; 29} = 2.01$ ,  $p=0.001 < 0.002$ ). Pirms un pēc kataraktas operācijas, netika novērotas būtiskas konfūzijas leņķa izmaiņas ( $t = -1.58 < t_{0.05; 29} = 2.00$ ,  $p < 0.06$ ).

Pirms operācijas dati liecina, ka pacientiem ir novērojamas krāsu redzes izmaiņas, bet pēc *Foutch et al.*, 2011 gada atrodamās informācijas, nav iespējams diferencēt krāsu redzes jutības izmaiņas pacientiem ir novērojams (nespecifisks krāsu redzes defekts). Salīdzinot pirms un pēc operācijas datus, ir redzams, ka pacienti ir mazāk pieļāvis.

Pacientiem veicot nepiesātināto D15 testu, netika atrastas statistiski būtiskas atšķirības starp kopām: konfūzijas leņķis (grādos) pirms un pēc operācijas ( $t = 0.36 < t_{0.05; 29} = 2.03$ ,  $p < 0.05$ ); specifitāte (vienībās) pirms/ pēc operācijas  $t = -0.01 < t_{0.05; 29} = 2.20$ ,  $p < 0.05$ . Diemžēl literatūrā nav atrodama informācija par LSR metodes pielietojumu nepiesātinātajai D15 testa versijai.

## Secinājumi

1. Balstoties uz klīniskajiem izmeklējumiem un krāsu sakārtošanas testa rezultātiem (*Bowman*, *Least Square* un inerces momenta metode) secinu, ka kataraktai ir ietekme un krāsu hromatisko izšķirtspēju. Krāsu redzes jutības izmaiņas ir novērojamas pirms un pēc kataraktas operācijas periodā.
2. Diviem pētījuma dalībniekiem tika novērotas būtiskas hromatiskās izšķirtspējas uzlabošanās pēc kataraktas operācijas, tomēr dalībnieku uzrādītie rezultāti, krāsu sakārtošanas testā, liecina par zemāku hromatisko izšķirtspēju nekā norma. Rezultāti liecina, ka hromatisko izšķirtspēju ne tikai ietekmē palielināta gaismas absorbcija lēcā, bet citas vecuma radītās fizioloģiskās izmaiņas.
3. Ir konstatēts, ka kataraktas pacientu uzrādītie konfūzijas koeficienti ar LSR un Inerces momentu metodi, ir augsts korelācija ar *Bowman* metodes TCDS parametru. Iegūtajiem pētījuma rezultātiem ir praktiska nozīme klīnikā, izvērtējot kataraktas ietekmi uz hromatisko izšķirtspēju.

## Nobeigums

Izmantojot 3 *Farnsworth* D15 datu apstrādes metodes: Inerces momenta metodi (*Vingry & Smith*, 1988), *Bowman* metodi (1982) un *Least square* metodi (*Brian et al.*, 2011), secinu, ka ar to palīdzību var novērtēt kataraktas izmaiņas dinamikā. Kataraktas pacientu uzrādītajām kauliņu sakārtošanas secībām, atbilstošo TCDS vērtību var aprēķināt, izmantojot *Bowman* piedāvātās tabulas, kas nodrošina iespēju kvantitatīvi izvērtēt kataraktas radītās krāsu redzes jutības izmaiņas (skatīt 4.pielikumu). Šīs datu apstrādes metodes varētu kalpot kā papildus tests acu slimību diagnostikai. D15 tests var būt informatīvs un sniegt informāciju par medikamentu, citu acu pataloģiju ietekmi uz preretinālo absorbciju.

Pirms un pēc kataraktas periodā pacientiem, kuriem ir izteiktāka katarakta ir novērojamas krāsu redzes jutības izmaiņas. Lai varētu precīzāk konstatēt kādas konfūzijas ass virzienā pacientam mainās krāsu redze, būtu nepieciešama lielāks pētījuma dalībnieku skaits.

2 acīm tika novērotas krāsu redzes jutības izmaiņas *tritan* konfūzijas ass virzienā pirms un pēc kataraktas operācijas. Lai izslēgtu, ka šīs izmaiņas rada “vecums”, būtu nepieciešama lielāka eksperimentu dalībnieku grupa un pacientu pārbaude ar anomaloskopu.

Maģistra darba mērķis ir noskaidrot, kā katarakta ietekmē krās redzi. Lai padziļinātāk varētu izprast kataraktas ietekmi uz krāsu redzi, turpmākais pētījuma virziens, ir salīdzināt krāsu redzes jutības izmaiņas dažādiem kataraktas veidiem un izvērtēt, krāsu redzes jutības izmaiņas pēc kataraktas operācijas, implantējot atšķirīgu materiālu intraokulārās lēcās.

## **Pateicība**

Vēlos izteikt pateicību profesorei Gunai Loganovskai, par iespēju savu maģistra darba pētnieciskās daļas datus, iegūt Paula Stradiņa klīniskās universitātes slimnīcā. Maģistra darba pētījuma izstrādes laikā, man tika dota iespēja apgūt papildus izmeklēšanas metodes kā OCT, perimetrijas, acs ultraskaņas izmeklēšanu, kas uzlaboja manas profesionālās prasmes.

Vēlos izteikt pateicību, mana darba vadītājam, Renāram Trukšam, par atbalstu, pacietību un tehnisko nodrošināšanu pētījuma tapšanai.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Abrahamson M, Sjostrand J. (1986) Impairment of contrast sensitivity function as a measure of disability glare. *Invest Ophthalmol Vis Sci*, 27, 1131 – 1136.

Anand, S., & Rani, N. (2015). Posterior Polar Cataract and Its Management. *Surgical Science*, 6(07), 304 – 310.

Atchison, D. A., Bowman, K. J., & Vingrys, A. J. (1991). Quantitative scoring of panel tests for assessment of colour vision in age related maculopathy. *Clinical and Experimental Optometry*, 74(1), 6 – 10.

Baumane, K., Laganovska, G., & Haringtone, A. (2008). Acu slimības. Rīga: *Nacionālais apgaids*, 173 – 186.

Bailey J.E, Neitz M, Tait D.M, Neitz J. (2004) Evaluation of an updated HRR color vision test. *Visual Neuroscience*, 21, 431– 436.

Berg, T. J., Rijn, L., Kaper-Bongers, R., Vonhoff, D., Völker-Dieben, H., Grabner, G., Gamer, D. (2009). Disability Glare in the Aging Eye. Assessment and Impact on Driving. *Journal of Optometry*, 2(3), 112 – 118.

Bowman, K. J. (1980) The clinical assessment of colour discrimination in senile macular degeneration. *Acta Ophthalmol*), 58, 337 – 346.

Bowman, K. J. (1982). A Method for Quantitative Scoring of The Farnsworth Panel D-15. *Acta Ophthalmologica*, 60(6), 907-916.

Brown A.N.P.. (1993) The morphology of cataract and visual Performance. *Eye*, 7, 63 – 67.

Chylack, L. T. (2008). Subjective Classification and Objective Quantitation of Human Cataract. Albert & Jakobiec's Principles. *Practice of Ophthalmology*, 10, 1379 – 1393.

Chylack, L.T., Wolfe, J.K., Singer, D.M. (1993) The Lens Opacities Classification System III. *Archives of Ophthalmology*, 111(6). 831 – 836.

Cole B.L. (2007) Assessment of inherited colour vision defects in clinical practice. *Clinical and Experimental Optometry*, 90(3), 157 – 175.

Colenbrander A., Fletcher C. Donald (2005) The mixed contrast reading card, a new screening test for contrast sensitivity. *International Congress Series*, 1282, 492 – 497.

- Curcio, C. A., Sloan, K. R., Kalina, R. E., & Hendrickson, A. E. (1990). Human photoreceptor topography. *The Journal of Comparative Neurology*, 292(4), 497 – 523.
- Delahunt, P.B., Webster, A.M., Ma L., Werner, J.S. (2004). Long term renormalization of chromatic mechanisms following cataract surgery. *Visual Neuroscience*, 21, 301 – 307.
- Díez – Ajenjo, M., García-Domene, M., Peris-Martínez, C., Artigas, J., & Felipe, A. (2014). Effect of the color of the intraocular lens on optical and visual quality. *Indian Journal of Ophthalmology*, 62(11), 1064.
- Drummond M.F.(1988) Economic aspects of cataract. *Ophthalmology*, 95, 1147 – 1153.
- Elliott, D.B., Gilchrist, J., Pickwell, L.D., Sheridan, M., Weatherill, J., Whitaker, D. (1989) The subjective assessment of cataract. *Ophthalmic Physiol Opt*, 9, 16 – 19.
- Foutch, B. K., Stringham, J. M., & Lakshminarayanan, V. (2011). A new quantitative technique for grading Farnsworth D-15 color panel tests. *Journal of Modern Optics*, 58(19-20), 1755 – 1763.
- Fotouhi, A., Hashemi, H., Khabazkhoob, M., Miraftab, M., & Mohammad, K. (2011). The association between refractive errors and cataract: The Tehran eye study. *Middle East African Journal of Ophthalmology*, 18(2), 154.
- Fristrom, B., & Lundh, B. L. (2000). Colour contrast sensitivity in cataract and pseudophakia. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 78(5), 506 – 511.
- Granville, W.C. (1990). Colors do look different after a lens implant. *Color Research and Application* 15, 59 – 62.
- Hasrod, N., & Rubin, A. (2015). Colour vision: A review of the Cambridge Colour Test and other colour testing methods. *African Vision and Eye Health*, 74(1) 50 – 54.
- Hohberger, B., Laemmer, R., Adler, W., Juenemann, A. G., & Horn, F. K. (2007). Measuring contrast sensitivity in normal subjects with OPTEC® 6500: influence of age and glare. *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245(12), 1805 – 1814.
- Liang Y. B., Friedman D. S., Wong T.Y., Zhan S. Y., Sun L. P., Wang J.J, Xin R. D., Yang H., Wang F. H., Zhou Q., Wang N. L. (2008). Prevalence and causes of low vision and blindness in a rural chinese adult population: the Handan Eye Study. *Ophthalmology*. 115 (11), 1964 – 1972.
- Mukesh, B. N. (2006). Development of Cataract and Associated Risk Factors. *Archives of Ophthalmology*, 124(1), 78 – 79.

- Mares – Perlman, J. A. (2000). Vitamin Supplement Use and Incident Cataracts in a Population-Based Study. *Archives of Ophthalmology*, 118(11), 1556 – 1563.
- Murrill, C. A., Stanfield, D. L., Van Brocklin, M. D. (1995). Care of the adult patient with cataract: Reference guide for clinicians. St. Louis, MO: *American Optometric Association*.
- Neitz, J., Carroll, J., Yamauchi, Y., Neitz, M. & Williams, D.R. (2002). Color perception is mediated by a plastic neural mechanism that is adjustable in adults. *Neuron* 35, 783 – 792.
- Ni, W., Li, X., Ao, M., Zhang, H., Hou, Z., Si, S., & Wang, W. (2012). Using the real-life vision test to assess the functional vision of age-related cataract patients. *Eye*, 26(11), 1402 – 1411.
- Paramei, G., Oakley B. 2014 Variation of color discrimination across the life span. *Journal of the Optical Society of America A*, 31(4), 375 – 384.
- Pesudovs, K., & Coster, D. J. (1995). The Impact Of Cataract On Visual Function - The Influence Of Cataract Morphology. *Optometry and Vision Science*, 72, 186.
- Prevent Blindness America. (2004) Vision problems action plan: a national public health strategy 2004. Schaumburg (IL): Prevent Blindness America. 1, 5 – 10.
- Rothen, N., Seth, A. K., Witzel, C., & Ward, J. (2013). Diagnosing synaesthesia with online colour pickers: Maximising sensitivity and specificity. *Journal of Neuroscience Methods*, 215(1), 156 – 160.
- Scheffrin, B. E. (1994). Diagnosis of Defective Colour Vision, by Jennifer Birch, *Oxford University Press*, New York, 1993, Paperback, 187.
- Scheffrin, B.E. & Werner, J.S. (1993). Age-related changes in the color appearance of broadband surfaces. *Color Research and Application* 18, 380 – 389.
- Tupper B, Miller D, Miller R. (1985) The effect of a 55nm cut-off filter on the vision of cataract patients. *Ann Ophthalmol*, 17, 67 – 72.
- van den Berg, T. J. (1986). Importance of pathological intraocular light scatter for visual disability. *Doc. Ophthalmol.* 61, 327 – 333.
- Weale, R.A. (1988). Age and the transmittance of the human crystalline lens. *Journal of Physiology (London)* 395, 577 – 587.
- Westland, S. (2015). CIE Chromaticity Coordinates (xyY). *Encyclopedia of Color Science and Technology*, 1 – 4.

World health organization. (2007) Vision 2020 the right to sight. Global initiative for the elimination of avoidable blindness. *Arch Ophthalmology* (1), 656 – 660.

# Pielikums

## 1. Pielikums

1.pielikums Kārtība, kādā tiek veikta akadēmiskā pētniecība VSIA „Paula Stradiņa klīniskā universitātes slimnīca”

ID P-Zin-1.2/01  
Versija 02  
Spēkā no 30.08.2016.

VSIA „Paula Stradiņa klīniskā universitātes slimnīca”  
Zinātniskā institūta direktora

**IESNIEGUMS AKADĒMISKĀ PĒTĪJUMA ATĻAUJAS SAŅEMŠANAI**  
2016. gada 31.oktobris

**IESNIEGUMA IESNIEDZEJS / PĒTĪJUMA AUTORS VAI AUTORU KOLEKTĪVA VADĪTĀJS**

Vārds, uzvārds	Zane Jansone		
Tāl.	25518461	E-pasts	jansonezane1993@gmail.com
Izglītības iestādes nosaukums*	Latvijas Universitātes Fizikas un Matemātikas Fakultāte		
Studiju programma*	Optometrija		

**PĒTĪJUMA ZINĀTNISKAIS VADĪTĀJS\***

Vārds, uzvārds	Zane Jansone		
Izglītības iestādes nosaukums, amats	Latvijas Universitātes Fizikas un Matemātikas fakultāte, Optometrijas nodaļas, 2.kursa, profesionālā maģistra programmas studente		
Zinātniskā vadītāja paraksts, datums	Māris Ozoliņš, 31.10.2016.		

**PĒTĪJUMA NOSAUKUMS**

Krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas

**PĒTĪJUMA NORISES VIETA**

Klīnika/centrs/nodaļa	Paula Stradiņa klīniskās universitātes Oftalmoloģijas klīnika
Klīnikas/centra/nodaļas vadītāja saskaņojums par pētījuma veikšanu	
Slimnīcas darbinieks- galvotājs** paraksts, datums	Guna Laganovska, 28.10.2016.

**NORISES LAIKS**

Pētījuma norises laiks, norādot sākuma un beigu datumu	01.11.2016. 31.03.2016.
--	----------------------------

**IZMANTOJAMĀS PACIENTU SLIMĪBAS VĒSTURES**

Pētījumā paredzēts izmantot  $\leq 100$    $\geq 100$ \*\*\*

Slimības vēsturu diagnožu kodi (SSK-10) vai Slimības vēsturu numuri, ja zīmīgi

\* Šo sadaļu aizpilda studenti, maģistranti un doktoranti  
\*\* ja iesnieguma iesniedzējs pats vai zinātniskā darba vadītājs nav Slimnīcas darbinieks, nepieciešams galvotājs (Slimnīcas darbinieks, ārstniecības persona, kura ir atbildīga par pētniecības norisi un juridiskajām sekām).  
\*\*\* ja paredzēts izmantot vairāk kā 100 Slimības vēstures, iesniegumam nepieciešams pievienot rakstisku pamatojumu brīvā formā.

11.11.2016. /datums/ /iesniedzēja paraksts, atšifrējums/

VSIA „Paula Stradiņa klīniskā universitātes slimnīca”  
Zinātniskā institūta  
Zinātnes nodaļas vadītājs  
Pēteris Ersts

Slimnīcas atļauja:  
Zin-1-006 versija 02

Paula Stradiņa klīniskās universitātes komitejas atļauja

## 2. Pielikums

Cap #	U	V	$\Delta U$	$\Delta V$
REF	-21.54	-38.39	0	0
1	-23.26	-25.56	0	0
2	-22.41	-15.53	0	0
15	11.2	-24.61	33.61	-9.08
14	22.92	-18.65	0	0
3	-23.11	-7.45	-46.03	11.20
4	-22.45	1.1	0	0
13	26.64	-9.38	49.09	-10.48
12	29.79	0.1	0	0
5	-21.67	7.35	-51.46	7.25
6	-14.08	18.74	0	0
7	-2.72	28.13	0	0
8	14.84	31.13	0	0
9	23.87	26.35	0	0
10	31.82	14.76	0	0
11	31.42	6.99	0	0

D15 piesātinātā testa stimulu koordinātes CIELuv koordināšu telpā.

### 3. Pielikums

26 acu, pirms operācijas, iegūtie rezultāti ar D15 testa piesātināto un nepiesātināto versiju.

	Piesātinātais D15	Piesātinātais D15	Nepiesātinātais D15	Nepiesātinātais D15
Acs	Labā	Kreisā	Labā	Kreisā
Konfūzijas leņķis (grādos)	8,27 ± 5,20	-8,92 ± 4,23	9,98 ± 12,08	-11,63 ± 5,06
R – MAX (grādos)	+18,19 ± 1,79	+19,92 ± 1,70	+6,34 ± 0,47	+6,01 ± 0,56
R – min (grādos)	+8,55 ± 0,58	+8,13 ± 0,36	+3,16 ± 0,27	+3,04 ± 0,25
TES	20,91 ± 1,81	21,69 ± 1,60	7,17 ± 0,46	6,85 ± 0,53
S indekss	2,17 ± 0,21	2,50 ± 0,23	2,15 ± 0,21	2,11 ± 0,24
C indekss	1,97 ± 0,19	2,16 ± 0,18	1,99 ± 0,15	1,89 ± 0,17

Kopējie, 26 acu, rezultāti liecina, ka C indekss, veicot piesātināto, nepiesātināto D15 testu, ir  $1,97 \pm 0,19$ , kas ir statistiski ( $p < 0,05$ ) nozīmīgs un liecina par krāsu redzes jutības izmaiņām, statistiski līdzīgs protanomālijas gadījumam. Selektivitātes indekss, piesātinātajā un nepiesātinātajā testā (skatīt tabulu 2.3.1.5.) norāda uz statistiski būtiskām krāsu redzes jutību izmaiņām protanomālijas deficīta virzienā. Izvērtējot 26 pirms operāciju acis, ir novērojama konfūzijas leņķa būtiska nobīde *deuton* konfūzijas ass virzienā (skatīt 2.3.1.5. tabulu).

### 4. Pielikums

Table 1.  
Calculated colour differences ( $\Delta E$ ) between each cap of the Panel D-15 and all other fifteen caps. The reference or pilot cap is designated by P.

Panel D-15 cap number	P	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
P	-	9.4	15.9	21.7	27.5	31.9	39.1	46.4	51.1	49.4	44.3	40.4	37.2	33.3	30.3	23.0
1		-	6.7	12.5	18.4	22.8	30.5	38.7	44.9	44.4	41.5	38.8	36.7	34.3	33.0	26.5
2			-	5.9	11.7	16.1	24.0	32.6	39.7	40.0	38.8	37.0	35.8	34.6	34.6	28.9
3				-	5.9	10.4	18.8	28.1	36.4	37.7	38.3	37.5	37.0	36.9	37.8	32.8
4					-	4.5	13.3	23.2	32.6	35.0	37.4	37.6	38.0	38.8	40.6	36.4
5						-	9.4	19.7	29.9	33.2	37.0	38.0	38.9	40.5	42.9	39.3
6							-	10.5	21.7	26.3	32.7	35.1	37.3	40.3	43.9	41.9
7								-	12.1	18.4	27.8	31.8	35.3	39.8	44.6	44.3
8									-	7.9	19.7	25.2	29.8	35.6	41.4	43.1
9										-	12.2	18.1	23.0	29.3	35.4	38.1
10											-	6.3	11.5	18.2	24.5	28.6
11												-	5.2	11.9	18.2	22.8
12													-	7.0	13.0	18.0
13														-	6.5	12.2
14															-	7.5
15																-

Bowman (1982)  $\Delta E$  starpība starp D15 piesātinātajiem “kauliņiem”

## 5. Pielikums

### Informācija pētījuma dalībniekiem

Latvijas Universitātes, Fizikas un Matemātikas fakultātes, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā, maģistra darba ietvaros, norisinās krāsu redzes jutības pētīšana, kuras **mērķis** ir novērtēt krāsu redzes jutības izmaiņas, pirms un pēc operācijas periodā.

**Neinvazīvi** izmantotās metodes – dati tiek iegūti tikai kā atbildes uz krāsu redzes stimulu (muciņu).

**Iespējamie riski un blakusparādības** – iespējamā testa ietekme uz dalībnieka veselību un dzīvību nav iespējamās.

#### **Dalībnieka pienākums (un tiesības):**

- 1) viņam / viņai vēlas pētījumu pārtraukt. Dalībniekam nav pienākums, paskaidrot savas rīcības motīvus. Ja dalībnieks vēlas, pētījumu vēlāk var atsākt, taču piedalīšanās pētījumā jebkurā brīdī ir brīvprātīga dalībnieka izvēle.

**Anonimitāte:** Redzes pētījumos tiek ievākta tikai personīgā informācija, netiek ievākti un saglabāti dalībnieku audu paraugi. Sniegtā personīgā informācija paliek anonīma. Pētījuma mērķu īstenošanai kopā ar medicīnas vēsturi var tikt apstrādāti tādi dati kā dalībnieka dzimums, vecums, lai raksturotu kopējās tendences, taču dalībnieku identitāte (ieskaitot iniciāļus), jebkurā veidā prezentējot pētījuma rezultātus, vienmēr paliek anonīma.

Pētījums ir saskaņots ar Paula Stradiņa klīniskās universitātes slimnīcas Attīstības biedrību, Klīniskās izpētes ētikas komiteju.

Es, \_\_\_\_\_, (Vārds, Uzvārds), apliecinu, ka esmu informēts par pētījuma mērķiem un norisi, kā arī par pielietotajām pētījuma metodēm un atļauju, izmantot manis sniegto informāciju un manis sniegtos datus, pētījuma mērķu sasniegšanai.

\_\_\_\_\_.

Datums

\_\_\_\_\_

/datums/

Maģistra darbs „Krāsu redzes jutības izmaiņas pirms un pēc kataraktas operācijas”  
izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie  
informācijas avoti un iesniegtā darba elektroniskā kopija atbilst izdrukai.

Autore: Zane Jansone

Studentu apliecības nr. zj12017

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: profesores Dr.habil.phys Māris Ozoliņš

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Darba vadītājs: Mg.sc. Renārs Trukša

Recenzents: docents, Dr.fiz. Gatis Ikaunieks

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā \_\_\_\_\_

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē

\_\_\_\_\_. protokola Nr. \_\_\_\_\_

Komisijas sekretārs: \_\_\_\_\_