

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE  
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**AKOMODĀCIJAS ATPALIKŠANA PIRMS UN  
PĒC TUVUMA DARBA.**

BAKALAURA DARBS

Autors: **Diāna Urtāne**

Studenta apliecības Nr.: du12003

Darba vadītājs: docents, Dr. fiz., Sergejs Fomins

RĪGA 2015

## ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs uzrakstīts latviešu valodā, datorsalikumā uz 39 lappusēm un satur 14 attēlus, 2 tabulas, un tajā ir izmantots 30 literatūras avoti.

**Darba mērķis:** Darba mērķis ir noskaidrot, kā akomodācijas atpalikšanu ietekmē tuvuma darbs pie datora monitora un cik ātri normalizējas šī akomodācijas atpalikšana, izmantojot modificēto retinoskopijas metodi.

**Metode:** ar modificētās dinamiskās retinoskopijas Nott metodi tika novērtēta akomodācijas atpalikšana un tās izmaiņas eksperimenta dalībniekiem 2 stundu gara tuvuma darba laikā pie datora monitoriem un tika mērīts laiks, cik ātri akomodācijas atpalikšanas vērtība normalizēties pēc tuvuma darba.

**Rezultāti un secinājumi:** Akomodācijas atpalikšanas vērtība tuvuma darba laikā pieauga pakāpeniski, bet pēc tuvuma darba akomodācijas atpalikšanas vērtība ātri pielīdzinājās vērtībai pirms tuvuma darba. Akomodācijas atpalikšanas vērtība pēc tuvuma darba normalizējās būtiski īsākā laikā nekā tuvuma darba laikā pieauga.

**Atslēgas vārdi:** akomodācija, dinamiskā retinoskopija.

## ABSTRACT

The Bachelor's paper is written in Latvian and it has 39 pages and it contains 14 graph, 2 tables, 30 literature sources.

**The aim** is to find out how the long-term proximity work affects to accommodative lag, and how quickly accommodative lag normalizē.

**Method:** the modified dynamic retinoscopy Nott method was used to measure accommodative lag after 2 hours proximity work at the computer monitors.

**Results and conclusions:** after 2 hour near work accommodative lag increase by 0,269 D in average. The changes of accommodative lag can be fitted with 2nd order polynome function, for both relaxationa nd near work phases. Accommodative lag returns to initial values in around 6 minutes.

**Keywords:** accommodation, dynamic retinoscopy.

# Saturs

IEVADS .....	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS.....	2
1.1. AKOMODĀCIJA .....	2
1.1.1. Akomodācijas darbības mehānisms .....	3
1.1.2. Akomodācijas sastāvdaļas .....	5
1.1.3. Akomodāciju raksturojošie parametri.....	5
1.1.4. Akomodācijas atkarība no vecuma.....	7
1.1.5. Akomodācijas traucējumi .....	8
1.1.6. Akomodācijas darbības traucējumi presbiopijas vecumā .....	9
1.1.7. Akomodācijas novērtēšanas metodes.....	10
1.2. RETINOSKOPIJA.....	11
1.2.1. Dinamiskā retinoskopija .....	12
1.2.2. Dinamiskās retinoskopijas veidi .....	13
1.2.3. Dinamiskās retinoskopijas iemesli rezultātu neprecizitātei .....	15
2. PRAKTISKĀ DAĻA.....	17
2.1. Darba mērķis un uzdevumi.....	17
2.2. Eksperimenta dalībnieki .....	17
2.3. Eksperimenta gaita .....	17
2.4. Iekārtas apraksts.....	18
2.5. Iekārtas darbība un mērīšana.....	21
2.6. Eksperimenta rezultāti un analīze .....	22
SECINĀJUMI .....	30
NOBEIGUMS .....	31
PATEICĪBA .....	32
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI .....	33

## IEVADS

Līdz ar jaunāko tehnoloģiju attīstību, kas 21. gadsimtā attīstījās ļoti strauji, cilvēki mūsdienās ļoti daudz laika pavada pie datora monitoriem- gan strādājot darbā, gan atpūšoties. Cilvēku ikdienas prasības pret redzi darbam tuvuma attālumā ir krietni paaugstinājies, un nepieciešamais darba attālums ir samazinājies. Cilvēki arvien vairāk izjūt diskomfortu, veicot darbus tuvumā un sāk sūdzēties par nepietiekamu redzes kvalitāti. Visbiežāk sūdzības ir par noguruma sajūtu, redzes miglošanos tuvumā, saspringuma sajūtu un diskomfortu. Gan darba režīms, gan darba vides apstākļi, gan katra cilvēka individuālās redzes sistēmas īpatnības ietekmē redzes kvalitāti un komfortu tuvuma darba laikā, tostarp arī lasot un rakstot.

Darba mērķis ir noskaidrot, kā akomodācijas atpalikšanu ietekmē tuvuma darbs pie datora monitora un cik ātri normalizējas šī akomodācijas atpalikšana, izmantojot modificēto retinoskopijas metodi.

Darba autore izvirza hipotēzi: pie ilgstoša tuvuma darba pie datora monitora, akomodācijas noslodze jeb atpalikšana pakāpeniski palielināsies, bet atslodzes jeb akomodācijas normalizēšanās laiks būs īsāks nekā noslodzes laiks.

Darba uzdevumi:

- 1) Noskaidrot, kā ilgstoša tuvuma darba radīts redzes sistēmas nogurums ietekmē akomodācijas atbildi, izmantojot dinamiskās retinoskopijas *Nott* metodi.
- 2) Salīdzināt, kā atšķiras akomodācijas atpalikšana un normalizēšanās atkarībā no laika.
- 3) Noskaidrot, cik ilgā laikā notiek akomodācijas normalizēšanās pēc ilgstoša darba pie datora monitora.

# 1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

## 1.1. AKOMODĀCIJA

Definīcijas:

- 1.) Akomodācija (franču: *accomodation*, no latīņu: *accomodatio* - piemērošanās) ir acs lēcas spēja mainīt tās izliekumu, respektīvi, fokusu jeb optisko stiprumu, pielāgojoties priekšmetu aplūkošanai dažādā attālumā. Akomodējoties acs izmaina savu optiskās sistēmas laušanas spēju tā, lai visu objektu attēli, kuri atrodas starp tuvāko skaidras redzes punktu un tālāko skaidras redzes punktu, veidotos uz tīklenes, nevis pirms vai pēc tās. [1]
- 2.) Akomodācija ir sensoro, neiromuskulāro un biofizikālo fenomenu kompleksu plejāde, ar kuru palīdzību notiek vispārēja ātra acs optiskā stipruma maiņa, sekojot objektiem dažādos attālumos, lai uz tīklenes saglabātu asu attēlu.

Akomodācijas mērvienība ir dioptrijas (D). Dioptrija ir apgriezts lielums skata fiksācijas attālumam. Akomodācijai jāstrādā precīzi jo tā nodrošina skaidru redzi tuvuma attālumā. Akomodācija spēj nodrošināt skaidru attēlu tikai vienā attālumā, uz vienu objektu, kur fokusē acis, bet pārējie objekti, kas atrodas telpā ir neskaidri.

Akomodācijas sistēma nodrošina skaidru attēlu uz tīklenes. Akomodācija notiek, mainoties lēcas izliekumam- ja aplūko priekšmetus, kas atrodas tuvumā, acs starenes jeb akomodācijas muskuļa šķiedras saraujas un lēcas saites atslābst. Līdz ar to lēca vairāk izliecas un tās gaismas laušanas spēja palielinās. Toties akomodācijas muskulim atslābstot, lēcas saites tiek iestieptas, kā rezultātā lēca kļūst plakanāka un lēcas laužspēja samazinās. Acs akomodē zināmās robežās. Jebkuram objektam, kas atrodas apgabalā no tuvākā skaidras redzes punkta (*punctum proximum – PP*), jeb vismazāko attālumu, no kura acs spēj skaidri redzēt, maksimāli sasprindzinot akomodācijas muskuli, līdz tālākajam skaidras redzes punktam (*punctum proximum– PP*), jeb attālumu, kurā acs skaidri redz, akomodācijas muskuli nesasprindzinot, ir jābūt skaidri saskatāmam. Akomodācijas laikā mainās acs divas optiskās sistēmas – ass garums un lēca. [2,3,4,5,6]

### 1.1.1. Akomodācijas darbības mehānisms

Akomodācijas darbību nodrošina sarežģīts un smalks neiromuskulārās sistēmas mehānisms. Akomodācijas aparāts sastāv no vairākām acs struktūras daļām – acs lēca, Cinna saites, ciliārais muskulis, sklēra, stiklveida ķermenis un acs muskuļi.

Acs lēca atrodas frontālā plaknē starp varavīksneni un stiklveida ķermeni. Tā ir abpusēji izliekta, caurspīdīga. Akomodācijas procesā tā maina savu formu. Akomodācijas laikā, lēcas priekšējā virsma straujāk un vairāk maina savu liekumu, jo tai nav aktīvas pretestības no priekšējās kameras puses, bet aizmugurējā lēcas virsma lēnāk un mazāk.[5,7,8]

Ciliārais ķermenis sastāv no ciliārā muskuļa un tajā ir vairāku veida muskuļu šķiedru, kur katra no šīm muskuļu šķiedrām dod ciliārā ķermeņa sasprindzinājumu. Ciliārais muskulis sastāv no cirkulārām šķiedrām, radiālām jeb slīpām šķiedrām un longitudinālām šķiedrām. Katram muskuļu šķiedras veidam ir savs uzdevums akomodācijas procesā, kur katrs veic savu specifisku funkciju. Longitudinālās muskuļu šķiedras jeb meridionālās šķiedras mēdz saukt arī par Brukes muskuli. Tas pēc anatomiskajām īpašībām visvairāk piedalās akomodācijas funkciju realizācijā un pārspēj pārējās ciliārā muskuļa šķiedras pēc savām enerģētiskajām īpašībām. Cirkulārās jeb gredzenveida šķiedras mēdz saukt arī par Millera muskuli. Katram muskuļu šķiedru veidam ir savs uzdevums akomodācijas procesā. Akomodācijas rezultātā ciliārā muskuļa šķiedras saraujas, tā rezultātā ciliārais muskulis kļūst īsāks. Brukes muskuļa inervāciju nosaka parasimpātiskā un simpātiskā nervu sistēma. Acs lēca ir saistīta kopā ar ciliāro ķermeni, kurus kopā notur Cinna saites- tās novietotas trīs kūlīšos, tās ir elastīgas, gludas saites.

Acs lēca un ciliārais muskulis saites velk katrs uz savu pusi, kas rada turgonu – Cinna saišu nostiepšanu.

Stiklveida ķermeņa funkcija ir noturēt acs ābolu un tā iekšējās struktūras -acs lēcu un tīkleni- savā vietā, uzturēt acs ābola formu, kā arī noturēt nemainīgu acs iekšējo spiedienu. Tā kā stiklveida ķermenis notur savā vietā arī tīkleni, tas ir atbildīgs par to, lai gaismas stari varētu brīvi nokļūt uz tīklenes.

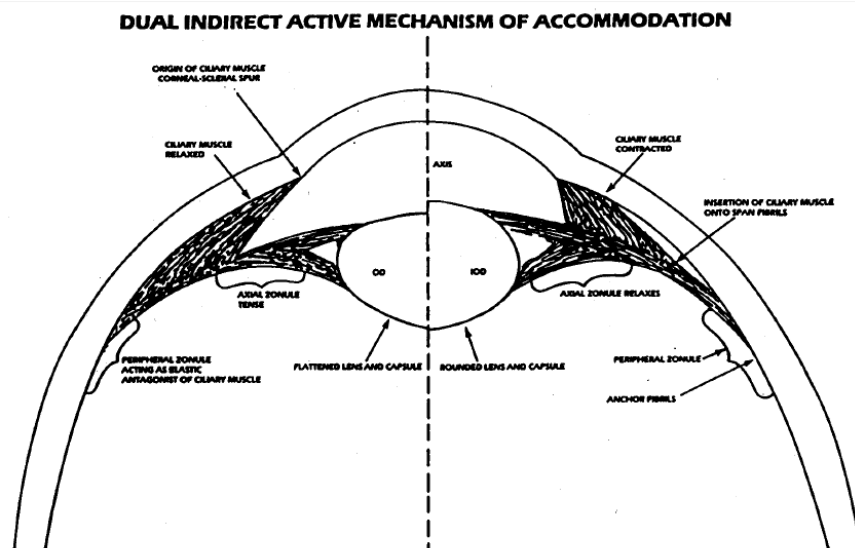
Sklēra ir ļoti elastīga. Sklēra tiek uzskatīta par samērā blīvu apvalku. Akomodācijas darbības laikā ir ļoti svarīga šī sklēras īpašība, kas ļauj mainīties acs aksiālajam garumam, kas ir viens no akomodācijas komponentiem.

Katrai acij ir 6 kustību muskuļi, kas nodrošina acu kustības. Acij akomodējot, acs ārējie kustību muskuļi tiešu darbību neveic, bet izmaina acs aksiālo garumu, jo spiež uz sklēru. [7,8]

Cinna saites ir elastīgu šķiedru komplekss, kas savieno ciliāro ķermeni ar lēcas kapsulu. Cinna saites gludas, elastīgas, bezstruktūras šķiedras. Tās nodrošina lēcas dabību, jeb izliekuma izmaiņu. Cinna saites piestiprinātas pie ciliārā ķermeņa izaugumiem no vienas puses, un no otras piestiprinās pie lēcas tās ekvatoriālajā daļā, jeb vietā, kur lēcas priekšējā virsma pāriet aizmugurējā virsmā.

Stiklveida ķermenis akomodācijā piedalās pasīvi, tā galvenā funkcijas aizsargfunkcija pie redzes orgānu traumām, tīklenes aizsargfunkcija, kā arī sargā ciliāro ķermeni un lēcu no dislokācijas.

Akomodācijas darbības rezultātā, cilvēks spēj skaidri redzēt dažādos attālumos. Akomodācijas mehānisms ir tāds, ka skatoties tālumā, ciliārais muskulis ir atslābis, bet Cinna saites nostieptas, līdz ar to lēca ir plakanāka un lēcas laužspēja samazinās. Bet skatoties tuvumā, ciliārais muskulis ir sasprindzis, Cinna saites atslābinātas, līdz ar to lēca vairāk izliecas, tās laužspēja palielinās. Par pareizu akomodācijas darbības teoriju uzskata *Gulstrand* (1912) akomodācijas teoriju. Šajā teorijā tiek uzskatīts, ka ciliārajam muskulim piemīt divējādas antagoniskas īpašības, kur no vienas puses tas jūt iestiepumu no asinsvadu apvalka puses, un lēcas elastīgo spēku iedarbību no otras puses. Meridionālās un cirkulārās ciliārā muskuļa šķiedras saīsinās, skatoties tuvumā, tās inervē acs kustību nervs. Rezultātā ciliārais ķermenis nedaudz pabīdās uz priekšupusi un iestiepj asinsvadu apvalku. Vienlaicīgi novēro cinna saišu gredzena diametra samazināšanās. Šis darbības rezultātā, saišu iestiepums atslābst, savu elastīgo spēku ietekmē, lēca palielina savu laušanas virsmas liekumu, kā rezultātā acs var redzēt tuvus esošus objektus. Toties radiālā muskuļa šķiedru saīsināšanās, kas saņem simpātisko inervāciju, veicina cinna saišu iestiepšanos. Iepriekš iestieptais asinsvadu apvaks saīsinās, lēca saplok un nedaudz pavirzās uz mugurpusi, kā rezultātā acs spēj skaidri saskatīt objektus, kas atrodas tālumā. Miera stāvoklī, kad cilvēks tīklene ir konjugēta ar tāluma punktu, akomodācijas darbība nenotiek. Miera stāvoklis tiek novērots tumsā, miega laikā, vispārējā anestēzijā un to dēvē par tonisko akomodāciju. Tā kā akomodācijas process notiek vienlaicīgi mainoties lēcas formai un acs ass garumam, tad to iedala intraakomodatīvajā un ekstraakomodatīvajā daļā. Intraakomodatīvā daļa ir saistīta ar lēcas formas izmaiņām, tā nodrošina acs optiskās sistēmas piemērošanos lielākoties apgabalā no bezgalības līdz 50 cm no ass. Ekstraakomodatīvā daļa ir saistīta ar acs ābola priekšējās mugurējās ass pagarināšanos, kas notiek uz sklēras deformācijas rēķina un veido acs piemērošanos apgabalā no 50 cm un mazāk. [5,6,8,9,10]



1.2. att. Akomodācijas darbība, fokusējot skatu tālumā un tuvumā. [10]

### 1.1.2. Akomodācijas sastāvdaļas

Heath (1956) ir aprakstījis akomodācijas sastāvdaļas.

Reflektīvā akomodācija ir viena no svarīgākajām akomodācijas sastāvdaļām. Par reflektīvo akomodāciju uzskata automātisko pielāgošanos acs refraktīvajam stāvoklim, kas ir ap 2,00 dioptriju diapazonā. Proksimālā jeb psihiskā akomodācija tiek saistīta ar tuvu esošo priekšmetu psihisko ietekmi uz akomodācijas darbību. Konverģences akomodācija tiek saistīta ar akomodācijas ierosinātu fusionālo vergenci. Bet toniskā akomodācija rada noteiktu refraktīvu stāvokli, kuru neietekmē ne specifiska inervācija, ne objektu attēlu fokusēšana, lielākoties tā darbojās, skatoties tumsā vai monokulāri acs priekša novietojot diafragmu. Toniskā akomodācija ir neatkarīga no iepriekšminētām akomodācijas sastāvdaļām. [8]

### 1.1.3. Akomodāciju raksturojošie parametri

Ir noteikti dažādi akomodāciju raksturojošie parametri.

1. Tālākais skaidras redzes punkts *punctum remotum* (PR) ir objekta punkts, kas fokusējas uz tīklenes, kad akomodācija ir pilnīgi relaksēta.

2. Tuvākais skaidras redzes punkts jeb *punctum proksimum* (PP) ir objekta punkts, kas saistīts ar tīkleni, jeb fokusējās uz tīklenes, kad akomodācija tiek izmantota jeb darbojās maksimāli.
3. Par fiksācijas punktu tiek uzskatīts punkts, kurā krustojās abu acu redzes asis vai uz kuru ir vērsta vienas acs redzes līnija.
4. Akomodācijas miera funkcionālais punkts ir punkts, uz kuru tiek vērsta vai fiksēta acs, kad redzes laukā nav stimula, kas veicinātu akomodācijas darbību.
5. Par akomodācijas apgabalu tiek uzskatīta zona starp tuvāko (PR) un tālāko (PP) skaidrās redzes punktiem. Šo attālumu mēra metros, to ietekmē acs refrakcija, redzes asums, zīlītes platums, kā arī objekta krāsa un apkārtējais apgaismojums. To iedala negatīvajā jeb izmantojamā daļā un pozitīvajā daļā, kur abas daļas nodala fiksācijas punkts.
6. Akomodācijas amplitūda ir mērs, kas raksturo apgabalu, kurā acs spēj mainīt savu laušanas spēju. Kopumā tas ir attālums no tuvākā skaidras redzes punkta līdz tālākam skaidras redzes punktam dioptrijas. Minimālā akomodācijas amplitūda ir atkarīga no vecuma ( skatīt attēlu 1.1.)
7. Par akomodācijas apjomu tiek uzskatīts acs optiskās sistēmas laušanas spējas pieaugums, kuru rada akomodācijas darbība.
8. Izmantojamās akomodācijas apjoms ir binokulāri fiksētā tālākā skaidras redzes punkta akomodācijas apjoms, kad acs āboli ir pagriezti uz leju. Šim akomodācijas apjomam jābūt 2/3 no maksimālā akomodācijas apjoma.
9. Akomodācijas neizmantoto daļu izteiktu dioptrijas, kad acs tiek fokusēta fiksācijas punktā, tiek saukta par akomodācijas rezervi.
10. Akomodācijas vieglums ir ātrums, ar kādu noteiktā laika periodā akomodācijas darbība tiek atkārtoti sasprindzināta un atslābināta. Tas ir svarīgs fiksējot skatu no tālu esošā objekta uz tuvu esošo objektu un atpakaļ.
11. Absolūtā akomodācija ir vienas acs akomodācija, skatoties uz priekšmetu monokulāri. Tā ir atkarīga no lēcas un ciliārā muskuļa darbības. Absolūtās akomodācijas pakāpi jeb lielumu nosaka skaidras redzes tuvuma punkta atrašanās vieta.
12. Par relatīvo akomodāciju tiek uzskatīta absolūtās akomodācijas daļa, skatoties binokulāri. Tā piemīt pie noteikta konverģences stāvokļa un pastāvot binokulārai redzei. To iedala pozitīvajā un negatīvajā relatīvās akomodācijas daļā. Pozitīvā daļa ir tā daļa, kas atrodas rezervē, tā tiek izmantota skatoties tuvāk par konverģences tuvāko punktu, kā arī pēc ilgāka darba tajā pašā attālumā. To nosaka

ar izkliedētājlēcām. Negatīvā daļa tiek izmantota attālumā, kas ir lielāks par tuvāko konverģences punktu. To nosaka ar savācējlēcām. [8]

#### 1.1.4. Akomodācijas atkarība no vecuma

Akomodācijas vērtība ir atkarīga no lēcas elastības. Bērniem ir vislielākā acs akomodācija. Akomodācija normalizējas un normāli attīstās bērniem no 5-24 mēnešu vecuma. Bērniem vecumā ap 10 gadiem (5-15 gadi) akomodācijas izmaiņas starp šo vecumu grupām nav statistiski nozīmīgi, tieši tā pat ir vecumā no 20-30 gadiem, kad akomodācijas vērtības starpība nav būtiski liela. Strauja akomodācijas vērtības samazināšanās sākās ap 40 gadiem. Mūža gaitā lēcas elastība samazinās, tāpēc samazinās arī akomodācija. Skaidras redzes tuvuma punkts pakāpeniski attālinās, īpaši pēc 40 gadu vecuma akomodācijas spējas ir ļoti vājas, akomodācijas vērtība ir ļoti neliela, bet apmēram 60-65 gadu vecumā akomodācijas vērtība pietuvinās nullei. [5,6,11,12]

Līdz ar vecumu palielinās lēcas biezums, jo nāk klāt jaunas šķiedras priekšējā un aizmugurējā garozā. Šī iemesla pēc palielinās gaismas izkliede, jo rodas proteīnu savienojumi no lēcu šķiedrām. Palielinās lēcas refrakcijas koeficients, līdz ar to acs kļūst miopāka. Pieaug lēcu deformācijas, tās saistītas ar dehidratāciju, dažādu ķīmisku vai fizikālu saišu veidošanos lēcā, proteīnu hiperpolimerizāciju, neskaitāmiem citiem procesiem. Kopumā lēca zaudē savu elasticitāti, kļūst cietāka. Stiklveida ķermenis kļūst šķidrāks, kas rada mazāku atspiešanās spēku lēcas mugurējai daļai. [10.12]

Vision for Emmetrope		
Age	Amplitude of Accommodation (Diopters)	Near Point For Emmetrope (cm)
10	14.0	7.0
20	10.0	10.0
30	7.0	14.2
40	4.5	22.2
45	3.5	28.5
50	2.5	40.0
55	1.75	57.0
60	1.00	100.0
65	0.50	200.0
70	0.25	400.00

1.1.att. Akomodācijas amplitūda atkarībā no vecuma. [6]

Attēlā 1.1. Ir parādīta akomodācijas un tuvuma punkta attiecība pret vecumu. Līdz ar vecumu akomodācijas amplitūda (dioptrijas) samazinās, bet tuvuma punkts emetropiem attālinās. Tas parāda to, ka akomodācijas spēja ar vecumu sāk strauji samazināties.

### **1.1.5. Akomodācijas traucējumi**

Acs akomodācijas traucējumi var būt akomodācijas spazmas un akomodācijas paralīze, akomodācijas vājums un kūtrums, akomodācijas nepietiekamība, akomodācijas ekscēss. Akomodācijas spazma rodas galvenokārt jauniem cilvēkiem pēc ilgstošas akomodācijas muskuļa piepūles vai traumas; izpaužas tuvredzībā. Akomodācijas paralīzei, ko izraisa infekciju slimības, intoksikācija, traumas, raksturīga pamazināta spēja skaidri redzēt tuvumā. [5]

#### **Akomodācijas spazmas**

Akomodācijas spazms ir stāvoklis, kad acs ciliārais muskulis ir konstantas kontrakcijas stāvoklī un nespēj atslābt. Biežāk sastopamās pazīmes ir samazināts redzes asums tālumā vai tuvumā. Pacients var sūdzēties par makropsiju. Grūti koriģējas ar ieliektu lēcu, novēro lēnu redzes asuma kāpumu, bieži rodas lielas grūtības izkoriģēt līdz labam redzes asumam. Akomodācijas amplitūda ir normāla, jeb atbilst vecuma normai. Pārbaudot binokulāri, zemas pozitīvās akomodācijas rezerves un negatīvās akomodācijas rezerves. Maza akomodācijas atpalikšana, mazāka par 0.25D. Simptomi jeb sūdzības galvenokārt saistītas ar tuvuma un tāluma darbiem, pastāvīga miglaina redze tālumā un arī tuvumā, izteiktas acu un galvas sāpes, grūti fokusēt no tāluma uz tuvumu, palielināta gaismas jūtība. [13]

#### **Akomodācijas atpalikšana**

Akomodācijas atpalikšana ir dioptriju vērtība, kad akomodācijas stimulš pārsniedz akomodācijas atbildi. Tā ir atšķirība starp akomodācijas stimulu un pacienta atbildi uz šo stimulu. Atpalikšanu var izmērīt ar vairākām metodēm- ar krustotajiem cilindriem, ar tuvuma punktu retinoskopijā un citām metodēm.[14,15]

Akomodācijas atpalikšana nenozīmē ka akomodācijas atbilde ir nepilnīga. Zināma atšķirība starp akomodācijas lieluma nepieciešamību un akomodācijas atbildes lielumu ir normāli. Akomodācijas atpalikšana par 1,25D un vairāk tiek uzskatīta par augstu. [11]

Akomodācijas atpalikšana palielinās, palielinot skata jeb fokusēšanās attālumu. Tas nozīmē to, ka akomodācijas atpalikšana palielinās līdz ar noslodzes palielināšanās laiku.

Akomodācijas atpalikšanas vērtība būs lielāka ilgstoši skatoties tālākos objektos, nekā ļoti tuvu esošos objektos. [16]

### **Akomodācijas ekscess**

Akomodācijas ekscess ir stāvoklis, kad pacienta akomodācijas atbilde ir lielāka kā nepieciešams dotajam redzes stimulam vai arī pacients nespēj atbilstoši atslābināt akomodāciju. Dažas no pazīmēm ir samazināts redzes asums tālumā, kas var būt periodisks, izteiktāks pēc lielākas tuvuma slodzes. Redzes asums tuvumā atbilst normai, bet mēdz lasīt ļoti tuvu. Koriģējot sākotnēji prasās ieliektu lēcu, tomēr atslābinot akomodāciju, nepieciešamā korekcijai nepieciešama izliekta lēca. Akomodācijas amplitūda atbilst vecuma normai. Maza akomodācijas atpalikšana. Zemas akomodācijas rezerves. Sūdzības ir saistītas ar tuvuma darbiem, bet pacients pats sūdzas par miglainu redzi tālumā, jeb miglaina redze pēc lasīšanas, acu un galvas sāpes, grūti fokusēt no tāluma uz tuvumu, palielināta gaismas jutība. [13]

### **Akomodācijas nepietiekamība**

Akomodācijas nepietiekamība ir nespēja nodrošināt nepieciešamo akomodācijas apjomu atbilstoši pacienta vecumam. Visbiežākās pazīmes ir samazināts redzes asums tuvumā, akomodācijas amplitūda neatbilst vecuma normai. Reizēm ir hiperkonverģence. Zemas pozitīvās akomodācijas rezerves pārbaudot binokulāri, monokulāri. Pārbaudot binokulāri ir zemas pozitīvās akomodācijas rezerves. Ir liela akomodācijas atpalikšana, virs 0,75 D. Sūdzības lielākoties saistītas ar tuvuma darbiem, grūti lasīt normālā attālumā, miglošanās, astenopijas, diplopija, mikropsija, galvas un acu sāpes. Vieglāk lasīt liekot tekstu tālāk, labāk redz. [13]

#### **1.1.6. Akomodācijas darbības traucējumi presbiopijas vecumā**

Akomodācijas darbība un mehānisms mainās cilvēkam novecojot, jeb iesākoties presbiopijas vecumam (no 40-45 gadiem), kad samazinās cilvēka akomodācijas amplitūda, jeb akomodācijas tuvuma punkts attālinās tālāk par tuvuma darba attālumu- 40 cm. Presbiopijas vecumā acs lēcas fizioloģiskais un ķīmiskais sastāvs mainās vielmaiņas procesu dēļ, kā rezultātā acs lēca kļūst blīvāka, tajā veidojas blīvs, ciets kodols, kā rezultātā tā zaudē savu elastību, pieaug lēcas masa, tāpēc mazinās akomodācijas spējas. Tad rodas nepieciešamība pēc korekcijas tuvumā, jeb pozitīva lēca. Šajā vecumā akomodācijas vērtība ir 1,0-1,5D, kas nav izmantojama kā aktīva akomodācija, jo lasīšanas attālumā (25-40 cm),

emetropai acij nepieciešamā akomodācija atbilst 2,5-4,0 D. Presbiopijas pirmās pazīmes ir nogurums, diskomforts, galvassāpes pie tuvuma darba, kā arī nepieciešams labs apgaismojums redzei tuvumā, grūtības veikt tuvuma darbu, kā arī pēc lielas slodzes dienas laikā tuvumā, vakaros redze tālumā miglojās. Pazīmju parādīšanas ātrums atkarīgs no refrakcijas stāvokļa, jo nekoriģētiem hipermetropiem presbiopija parasti sākās ātrāk nekā emetropiem, bet miopiem pirmās pazīmes parādās vēlāk. Tas ir saistīts ar to, ka emetropi nelieto akomodāciju tālumā, bet maksimāli akomodē tuvumā, miopiem acs praktiski nelieto akomodāciju ( simptomi biežāk parādās vājas miopijas gadījumā), bet hipermetropa acs lieto akomodāciju gan tuvumā, gan tālumā, tāpēc presbiopijas pazīmes hipermetropiem parādās ātrāk. [10,18]

### **1.1.7. Akomodācijas novērtēšanas metodes**

Akomodāciju var novērtēt ar dažādām subjektīvām un objektīvām metodēm jeb akomodācijas novērtēšanas testiem. Pirms akomodācijas izmeklēšanas ir nepieciešama pilna tāluma korekcija, tāpēc pirms akomodācijas novērtēšanas testiem tiek veikta pilna refrakcijas korekcijas izmeklēšana. Neprecīza vai nepareiza korekcija var ietekmēt akomodācijas funkciju rezultātus.

Subjektīvajos akomodācijas novērtēšanas testos ir iespējams noteikt akomodācijas amplitūdu, relatīvo akomodāciju un akomodācijas vieglumu, akomodācijas rezerves.

Akomodācijas amplitūda jeb apjoms ir akomodācijas garums starp tuvāko skaidras redzes punktu (PP) un tālāko skaidras redzes punktu (PR), ko izsaka dioptrijās. Tuvākais skaidras redzes punkts atbilst maksimālam akomodācijas saspringumam, bet maksimālais akomodācijas atslābums atbilst skaidras redzes tālākajam punktam. Tas liecina par ciliārā muskuļa maksimālo spēju sarauties un atslābināties. Visbiežāk akomodācijas amplitūdu nosaka katrai acij atsevišķi- nonokulāri- absolūtā akomodācija. Relatīvo akomodāciju nosaka binokulāri, ko ietekmē konverģence un redzes asu sabīdīšanās uz fiksācijas objektu. Relatīvā akomodācijas amplitūda ir nedaudz mazāka par absolūto. Akomodācijas amplitūdu nosaka, izmantojot formulu:

$$AA=PP-PR$$

AA- akomodācijas amplitūda,

PP- acs optiskā refrakcija tuvākā skaidras redzes punktā,

PR- acs optiskā refrakcija tālākā skaidras redzes punktā.

Akomodācijas rezerves ļauj noteikt ciliārā muskuļa funkcionālo stāvokli. Absolūtās akomodācijas rezerves nosaka monokulāri, binokulāri nosaka relatīvās akomodācijas rezerves. Akomodācijas rezerves pozitīvo daļu nosaka ar negatīvām lēcām, tā ir akomodācijas apjoma nepatērētā daļa. Negatīvo daļu nosaka ar pozitīvām lēcām, kura parāda, cik daudz ciliārais muskulis spēj atslābināties. To nosaka ar maksimālo lēcu, kamēr saglabājas skaidra redze. Absolūtās un relatīvās akomodācijas rezerves nosaka tuvumā (40 cm). Normāli akomodācijas negatīvās rezerves lielums tuvuma attālumā ir 2,00-2,50 D. Palielinātas negatīvās akomodācijas rezerves liecina par pārāk lielu akomodācijas saspringumu, samazinātas liecina par nepietiekamu akomodācijas spēju atslābināties. Pozitīvās akomodācijas rezerves normas nosaka pēc vecuma.

Akomodācijas vieglums nosaka akomodācijas aparāta spēju pielāgoties mainīgam akomodācijas stimulam. To nosaka ar +/- 2,00D stipru fliperi 40 cm attālumā, fiksējot skatu pie redzes asuma 0,7. Var gan binokulāri, gan monokulāri. Optometrists liek priekšā acīm fliperu, līdz pacients apstiprina, ka ieguva skaidru attēlu. Šāda flipera maiņa notiek minūti, tad tiek saskaitīti cikli, cik reizes pacients ir ieguvis skaidru attēlu, rezultātu daļa ar 2. Mērījumu norma binokulāri ir 6 cikli, monokulāri 10 cikli. Svarīgi ievērot visu mērījumu vienādu tempu. Lēnāka sasprindzināšanās fāze tiek saistīta ar redzes nogurumu, bet lēnāka atslābināšanās fāze tiek saistīta ar akomodācijas ekscesu. [18]

## 1.2. RETINOSKOPIJA

Retinoskopija jeb skiaskopija ir metode, ar kuras palīdzību ir iespējams objektīvi novērtēt pacienta refrakcijas kļūdu. To veic ar retinoskopa iekārtu. Tai ir divi veidi- statiskā un dinamiskā retinoskopija. Ar statisko retinoskopiju ir iespējams noteikt refrakcijas lielumu, bet dinamiskā retinoskopija ļauj noteikt akomodācijas darbību. Tās darbības pamatā ir tīklenes reflekss uz retinoskopa kvēldiega gaismas spīdināšanu. Tās būtība ir ar retinoskopa un papildus piederumiem (lēcām) noteikt refleksa neitralizāciju. Retinoskopija ir ļoti noderīga situācijās, kad pacientam ir grūti vai nav iespējams veikt subjektīvo refrakcijas noteikšanu.

Tā vienmēr tiek uzsākta ar retinoskopa kvēldiegu vertikālā virzienā. Neitralizācija ir sārts zīlītes reflekss, kas aizpilda visu zīlīti un tai ir nenosakāms virziens un ātrums. Neitralizācijas noteikšanai lieto lēcas. Pozitīvās un negatīvās lēcas lieto atkarībā no novērotās kustības- līdzkustībai lieto pozitīvās lēcas, pretkustībai ir negatīvās lēcas. Vienmēr pēc neitralizācijas iegūšanas vienā meridiānā, jāpārbauda vai neitralizācija ir arī tam perpendikulārā virzienā. Neitralizējošā lēca ir maksimāli pozitīvā vai minimāli negatīvā lēca,

ar kuru iegūst neitralizāciju. Neitralizējošā lēca un darba attālums ietekmē retinoskopijas rezultātus, jo tos izmainot, mainās arī neitralizācijas vērtība. Neitralizācijas iegūšanai lieto retinoskopijas līstes, proves lēcas vai forofteru. Retinoskopijas līstes nodrošina ātru darba veikšanu un minimālas kustības optometristam. Tomēr tā negatīvie aspekti ir tādi, ka optometristam ir aizņemtās rokas, grūti ilgstoši noturēt līsti vienā pozīcijā, un līstes ir ar soli 0,5D, kas var radīt grūtības ar precīzu ass novērtēšanu. Proves lēcu solis ir 0.25 D, tām ir precīza lēcas pozīcijas, un cilindra asi ir iespējams novērtēt precīzāk. Tomēr ar proves lēcām negatīvais aspekts ir tās, ka darbs veicams lēni. Forofterim arī solis ir 0,25D, tam nav nepieciešams aprēķināt darba attālumu, vieglāk noteikt cilindra asi un lēcas atrodas pareizā pozīcijā. Tomēr retinoskopējot ar forofteri, optometristam jāveic daudz kustību, foroftera uzstādīšana ir lēna un pacienta galvas stāvoklis ir neērts. [19]

### **1.2.1. Dinamiskā retinoskopija**

Dinamiskā retinoskopija ir retinoskopijas sistēma, ar kuras palīdzību novērtē akomodācijas darbību, kad acī novēro akomodācijas un konverģences darbību, testa izpildes laikā. Ar dinamisko retinoskopiju, atšķirībā no statiskās retinoskopijas, ir iespējams novērtēt akomodācijas darbību dinamikā. Ir vairākas dinamiskās retinoskopijas metodes akomodācijas novērtēšanai. Dinamiskās retinoskopijas veikšanas laikā, patients fiksē skatu uz optotipu vai kādu fokusēšanas mērķi, kas novietoti vienā plaknē ar retinoskopu. Ja ir nepieciešamība, pirms dinamiskās retinoskopijas, pacientam veic pilnu ametropijas korekciju. Pacientam vērsot skatu uz fiksācijas objektu, akomodācijai jāfiksē uz dotajiem optotipiem, kas atrodas retinoskopa plaknē, tad optometristam būtu jānovēro neitralizācija. Bieži neitralizācijas vietā novēro līdzkustību vai pretkustību, kas var liecināt par akomodācijas atpalikšanu vai steigšanos. Lai kompensētu akomodācijas nepietiekamību vai pastiprinātu akomodācijas atbildi, proves rāmī ievieto pozitīvu vai negatīvu lēcu, līdz iegūst neitralizāciju nepieciešamajā attālumā. Lēcas stiprums norāda vērtību, cik daudz akomodāciju ir jāsasprindzina vai jāatslābina, lai akomodācija fokusētos tieši uz fiksācijas mērķi, kas ir vienā plaknē ar retinoskopu. [19, 20]

Ar dinamisko retinoskopiju ir iespējams novērtēt akomodācijas atpalikšanu. Par normu tiek uzskatīta no 0-0,75D liela akomodācijas atpalikšana. Ja dinamiskās retinoskopijas lielums pārsniedz 0,75D, tas var norādīt uz akomodācijas darbības nepietiekamību, samazinātu akomodācijas amplitūdu, kā arī līdz galam neizkoriģētu hipermetropiju, pārkoriģētu miopiju, kā arī par ezoforiju. Toties, ja akomodācijas lielums ir mazāks par normā

noteikto, tas var liecināt par akomodācijas pastiprinātu darbību- ekscess vai akomodācijas spazmas, kā arī eksoforiju. Dinamisko retinoskopu izmanto arī kā papildus testu akomodācijas nepietiekamības novērtēšanai.

## 1.2.2. Dinamiskās retinoskopijas veidi

### MEM dinamiskā retinoskopija

MEM ir monokulāras dinamiskās retinoskopijas metode, ar kuras palīdzību ir iespējams novērtēt akomodācijas atpalikšanu. Pirms procedūras veikšanas, ja ir nepieciešams, pacientam izkorigē ametropiju, lai atrastu labāko korekciju tālumā. Pacientam jāfokusē uz optotipa kartes, kas atrodas 40 cm attālumā. Optotipiem jābūt labi izgaismotiem. Šo testu veic pacientam fiksējot skatu binokulāri. Lai noskaidrotu, vai pacients saglabā fiksēšanas mērķi skaidru, lūdz pacientam mērķus lasīt skaļi. Optometrists novēro retinoskopa kvēldiega kustības refleksu pacientam. Ja novēro līdzkustību vai pretkustību, liek klāt lēcas, ar soli 0,25D, līdz iegūst neitralizāciju. Svarīgi ir lēcu novietot acs priekšā ne ilgāk kā vienu minūti, lai akomodācija nepaspētu pielāgoties. Lēcas lielums, ar kuru ieguva neitralizāciju, norāda akomodācijas atbildes reakcijas lielumu. To pašu atkārtoti arī ar otru aci. Par normu tiek uzskatītas lēcas, kuru stiprums nepārsniedz 0,75D. [21, 22]

### Nott dinamiskā retinoskopija

Šo metodi izstrādāja *I.S.Nott* 1920. gadā. Galvenais mērķis ir identisks kā MEM metodē, kas ir noteikt akomodācijas darbību, kamēr pacients fokusē skatu tuvumā. Pacients fokusē skatu uz optotipa kartes, kas atrodas 40 cm attālumā. Testu veic ar labu redzes asumu, tāpēc pacientam izkorigē ametropiju, ja tas ir nepieciešams. Pacients binokulāri fokusē optotipu karti, optometrists veic retinoskopiju no fokusēšanās attāluma, jeb 40 cm attālumā. Ja tiek novērota līdzkustība, attālinās no fokusēšanās punkta, līdz iegūst neitralizāciju. Dioptriju attālums starp fokusēšanās punktu un neitralizācijas punktu ir akomodācijas atpalikšana. Jeb no iegūtā attāluma var aprēķināt akomodācijas atpalikšanas vērtību dioptrijas, pacientam akomodējot 40 cm attālumā. To izrēķina pēc formulas:

$$Aa = \frac{1}{0,40} - \frac{1}{0,40 + B}$$

Aa- akomodācijas atpalikšana (dioptrijas)

B- attālums no fiksācijas punkta līdz neitralizācijas plaknei (metros)

Akomodācijas atpalikšanu mēra katrai acij atsevišķi. Par normu uzskata 0,5-0,75D atpalikšanu, jeb neitralizācija tiek iegūta līdz 17 cm attāluma no fokusēšanās attāluma. Ja šis attālums ir lielāks, tā tiek uzskatīta par akomodācijas nepietiekamību, pārkoriģētu miopiju vai nepilnu hipermetropijas korekciju. Hiperakomodāciju nevar nomērīt standarta Nott retinoskopijā, bet tas ir iespējams ar modificētu Nott retinoskopiju. Palielinātu jeb hiperakomodāciju novēro, kad neitralizācija tiek iegūta pirms fiksācijas punkta, jeb tuvāk, nekā 40 cm attālumā. Tas var norādīt uz akomodācijas spazmām. [21,22]

### **Bella dinamiskā retinoskopija**

Šī metode tika izveidota, lai novērotu akomodācijas un konverģences mijiedarbību. Šajā metodē izmanto metāla bumbiņa, kas iekārta auklā, un tiek izmantots kā fiksācijas objekts. Šis fiksācijas objekts novietots pa vidu starp abām acīm, 50 cm attālumā un pacients uz to skatās binokulāri. Šo fiksācijas mērķi pārvieto tuvāk pacientam, lai izraisītu konverģences un akomodācijas atbildi. Retinoskopu tur fiksācijas mērķa sākuma pozīcijā, jeb 50 cm no pacienta. Ar nelielām retinoskopa kustībām novēro kustības refleksu. Optometrista uzdevums ir šo fiksācijas objektu tuvināt un attālināt, līdz iegūst neitralizāciju. Par normu tiek uzskatīta neitralizācija 35-42 cm un 37-45 cm attālumā, kas arī nozīmētu 0,5-0,75 D lielu akomodācijas atpalikšanu. [21,22,23]

### **Book dinamiskā retinoskopija**

Dinamiskās retinoskopijas metode, kuru biežāk izmanto bērniem un pusaudžiem, balstoties uz uzskatu, ka objekta lielums, kā arī koncentrēšanās uz fiksācijas objektu, kas šajā situācijā ir attēls vai teksts, ietekmē akomodācijas darbības lielumu. Respektīvi mainoties fiksācijas objektu izmēriem un koncentrēšanās lielumam uz šiem objektiem, mainās akomodācijas darbības lielums. Svarīgi, lai pacients fiksē skatu uz fiksācijas objektu un tie atrodas pretī redzes asij. Retinoskopu nepieciešams turēt vienā plaknē ar fiksācijas objektu, novēro refleksa spožumu, kustības ātrumu un refleksa meridionālās atšķirības. Viegla un neapgrūtināta fokusēšanās brīdī novēro refleksa svārstīšanos no neitralizācijas līdz ātrai refleksa kustībai, kā arī refleksam redzamas spilgtas, asas malas, kā arī refleksa krāsa ir gaiša, iesārta. Refleksam ir mainīgais ātrums, redzama pretkustība, kā arī refleksa krāsa ir spilgti iesārtā, rozā nokrāsā, tas liecina ka pastāv nelielas grūtības ar objekta fokusēšanu. Toties ļoti lēns refleksa ātrums, blāvi ķieģeļu sarkanā refleksa nokrāsa liecina par apgrūtinātu fiksācijas objekta fokusēšanu. Izmantojot pozitīvās un negatīvās lēcām ir iespējams mainīt akomodācijas darbību, kā rezultātā, mainīsies refleksa krāsa, ātrums un spožums. [21,23]

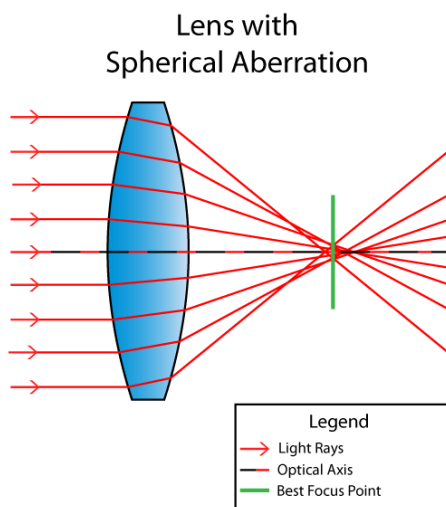
### 1.2.3. Dinamiskās retinoskopijas iemesli rezultātu neprecizitātei

Lielākā daļa dinamiskās retinoskopijas mērījumu neprecizitātes iemesli ir saistīti ar iemaņu, pieredzes un zināšanu trūkuma dēļ, kā arī sliktas sadarbības ar pacientu dēļ. Viena no bieži sastopamajām problēmām ir optometrista un pacienta sliktā sadarbība, kā rezultātā rodas saziņas trūkums. Tā rezultātā pacientam zūd interese par uzdevuma veikšanu, nepietiekama koncentrācija uz fiksācijas objektu, un tādēļ akomodācijas darbība nav pilnīga. Fiksācijas objektam ir jābūt labi pārredzamam, salasāmam, ar pietiekamu apgaismojumu, kontrastu. Arī optometristam ir jāprot precīzi un korekti izskaidrot pacienta veicamo uzdevumu, un jāvēro, cik centīgi tiek izpildīts šis uzdevums. Lai izvairītos no šīs problēmas, optometristam ir jāprot komunicēt ar pacientu, jāspēj korekti izskaidrot pacienta uzdevumu, jāseko, cik precīzi šis uzdevums tiek pildīts, piemēram, lūgt skaļi lasīt optotipu vai tekstu, uz kura fiksē skatu. Viens no iemesliem rezultātu neprecizitātei ir nepareiza metodes izpildīšana, jo dinamiskajā retinoskopijā svarīgs ir mainīgais darba attālums. Līdz tiek mainīts darba attālums, rezultāti var mainīties. Svarīgi ir arī lai retinoskopa ass virziens sakrīt ar redzes ass virzienu. Risinājums tam varētu būt sliede, uz kura uzbūvēts retinoskops, kas ļauj retinoskopu pārvietot un noturēt stabilu nepieciešamo attālumu. Dinamiskās retinoskopijas rezultātus ietekmē arī izmaiņas acs optiskajās vidēs- apduļķojumi, katarakta. Akomodācijas darbību var traucēt dažādi faktori, tajā skaitā arī apžilbšana, kas var rasties optometristam ilgu laiku spīdinot retinoskopa gaismu acī. Veicot dinamisko retinoskopiju, jāprot novērtēt neitralizāciju, jo pāreja nav strauja, bet pakāpeniska, un tuvojoties neitralizācijai, līdzkustība vai pretkustība ir ļoti ātra, tāpēc var rasties maldīgs iespaids par neitralizāciju. [22, 24]

Dinamiskā retinoskopa mērījumu neprecizitāti var radīt mērījuma kļūda, kas nav atkarīga no pacienta līdzdalības un optometrista darbības. Retinoskopijas mērījumos ir iesaistīta acs optiskā sistēma ar lielu optisko stiprumu, tas var radīt dažādas optiskās aberācijas- hromatiskās un sfēriskās, kas ietekmē attēla kvalitāti.

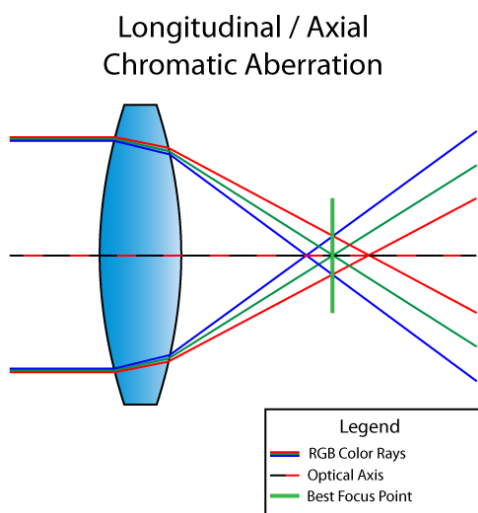
Sfērisko aberāciju novēro plašu gaismas kūļu gadījumā, ja tie krīt uz lēcu tālu no galvenās optiskās ass, kā rezultātā stari nekrīt fokusā, tāpēc attēls izskatās izplūdis. Veicot retinoskopiju, var rasties sfēriskā aberācija, ja gaismas stari, kas nāk no retinoskopa un krīt acs optiskās vides centrā, tiek laužti mazāk, bet vairāk tiek laužti stari, kas krīt perifērijā. Sfēriskās aberācijas staru gaita ir attēlota attēlā 1.2, kur uz lēcu ejošie paralēlie stari vairāk lūst lēcas malās, nekā centrā, tāpēc šiem stariem ir dažādi fokusēšanās punkti uz optiskās ass. Sfēriskā aberācija atkarīga galvenokārt no lēcas formas un materiāla refrakcijas (laušanas)

indeksa. Sfēriskās aberācijas samazinās, samazinoties lēcas refrakcijas indeksam. [25,26,27,28,29]



1.2.att. Lēcas sfēriskā aberācija. [27]

Hromatiskā aberācija jeb dispersija veidojās, ja uz optisko sistēmu spīdina polihromatisku ( no vairākām krāsām sastāvošo) gaismas staru sakopojumu, kas izplatās lēcās, kā arī acs optiskajās vidēs. Tā ir novērojama, jo lēcas materiāla gaismas laušanas koeficients ir atkarīgs no gaismas viļņa garuma  $\lambda$ . Gaismai ar dažādu viļņa garumu ir atšķirīgs laušanas koeficients, tāpēc lēcas fokusa attālums ir atšķirīgs, kā rezultātā attēls ir izplūdis. Hromatiskās aberācijas staru gaita ir parādīta attēlā 1.3, kur paralēli nākošie polihromatiskie gaismas stari lēcā lūst ar dažādu laušanas fokusu, un katra krāsas viļņa garuma stars fokusējās dažādās vietās uz optiskās ass. [25,26,27,28,29]



1.3.att. Lēcas hromatiskā aberācija. [27]

## **2. PRAKTISKĀ DAĻA**

### **2.1. Darba mērķis un uzdevumi**

**Darba mērķis:** Noskaidrot, kā akomodācijas atpalikšanu ietekmē tuvuma darbs pie datora un cik ātri normalizējas šī akomodācijas atpalikšana.

#### **Darba uzdevumi:**

1. Noskaidrot, kā ilgstoša tuvuma darbs radīts redzes sistēmas nogurums ietekmē akomodācijas atbildi, izmantojot dinamiskās retinoskopijas Nott metodi.
2. Salīdzināt, kā atšķiras akomodācijas atpalikšana un normalizēšanās atkarībā no noslodzes laika.
3. Noskaidrot, cik ilgā laikā notiek akomodācijas normalizēšanās pēc ilgstoša darba pie datora monitora.

### **2.2. Eksperimenta dalībnieki**

Eksperimentā piedalījās 9 dalībnieki vecumā no 21 – 30 gadiem. Dalībniekiem eksperimenta laikā bija optiskās refrakcijas korekcija, ja tāda bija nepieciešama. Ar optisko korekciju visiem dalībniekiem tika iegūts redzes asums vismaz 1,0 decimālajās vienībās. Visiem eksperimenta dalībniekiem bija stabila binokulārā redze, ortoforija vai nelielas forijas, kuras ar korekciju tiek kompensētas.

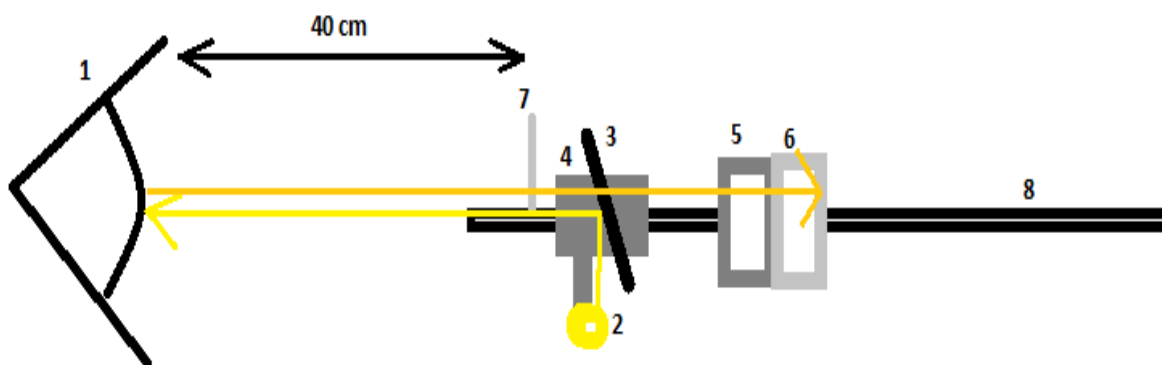
### **2.3. Eksperimenta gaita**

Katram dalībniekam eksperiments tika veikts vienu dienu. Dalībnieku uzdevums bija lasīt tekstu datora monitorā. Eksperimenta sākumā dalībniekam vajadzēja uzturēties vismaz 5 minūtes tumšā telpā, skatoties tālumā, lai atslābinātu jau esošo akomodācijas darbību. Tika mērīta akomodācijas atpalikšana ar modificēto dinamisko retinoskopu pirms eksperimenta sākšanas. Tad eksperimenta dalībnieks sāka lasīt sevis izvēlētos tekstus uz datora monitora. Akomodācijas atpalikšanas mērījumi tika veikti ar 15 minūšu intervālu, respektīvi, 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 minūšu tuvuma darba periods. Katrā laika intervālā mērījums tika veikts 5 reizes, modificētajā dinamiskā retinoskopā atrodot cik vien iespējams labāku un spilgtāk redzamu neitralizāciju. Eksperimenta dalībniekiem bija vienādi apstākļi eksperimenta

veikšanas laikā- vienāds apgaismojums un darba attālums, kas bija vidēji 40-50 cm no pētījuma dalībnieka līdz monitoram. Akomodācijas atpalikšana tika mērīta tikai vadošajai acij. Atslodzes laikā dalībniekiem tika lūgts skatīties tikai tālumā, lai atvieglotu akomodācijas darbību. Atslodzes periodā, dalībniekam akomodācijas atpalikšana tika mērīta ar intervālu 2 minūtes, respektīvi 2,4,6,8 minūšu atslodzes periods. Eksperiments tika pārtraukts, līdz akomodācijas atpalikšanas vērtība atslodzes periodā bija tuva akomodācijas atpalikšanas vērtībai eksperimenta sākumā.

## 2.4. Iekārtas apraksts

Balstoties uz klasiskā retinoskopa darbības principiem, tika izveidota modificētā dinamiskā retinoskopa iekārta. Modificētā retinoskopa iekārtas shēma ir attēlota attēlā 2.1, kur no metāla konstruktora, kurā iebūvēta sliede, uz kuras novietota kamera ar objektīvu, servo motors HXT 900, uz kura piestiprināta stikla plāksnīte, infrasarkanā diode (850 nm), un fiksācijas objekts.



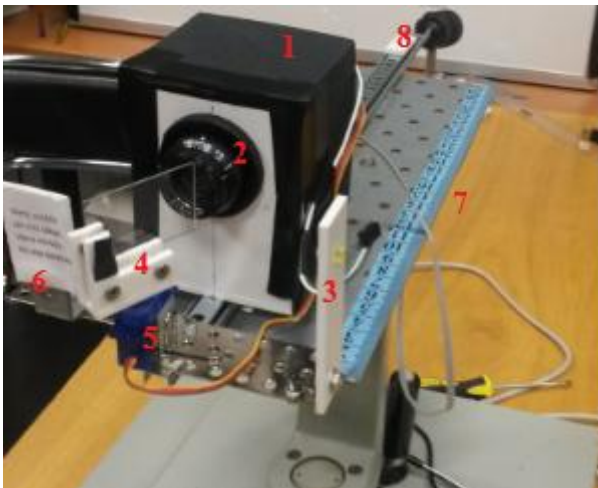
### 2.1. att. Iekārtas shēma

Iekārtas shēmas raksturojums:

1. Eksperimenta dalībnieks
2. IS diode (850 nm)
3. Stikls
4. Servo motors HXT 900
5. Objektīvs
6. Kamera
7. Fiksācijas objekts
8. Sliede



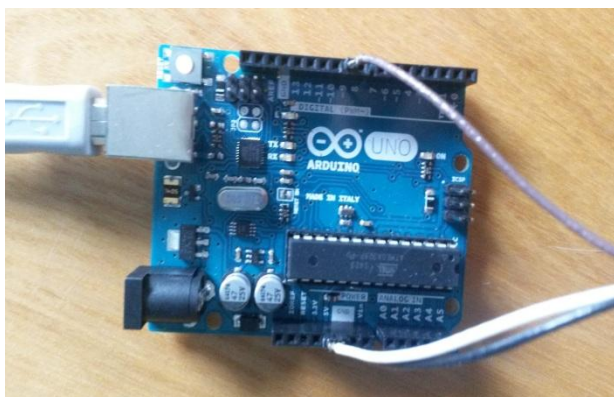
**2.2. att. Modificētā dinamiskā retinoskopa iekārta ar zoda balstu. Attālums no fiksācijas objekta līdz zoda balstam 40cm.**



**2.3. att. Modificētā dinamiskā retinoskopa iekārta: kamera (1), objektīvs (2), 850nm infrasarkanā diode (3), stikliņš (4), kurš piestiprināts pie HXT 900 servo motora (5), fiksācijas objekts (6), lineāls (7), sliede (8).**

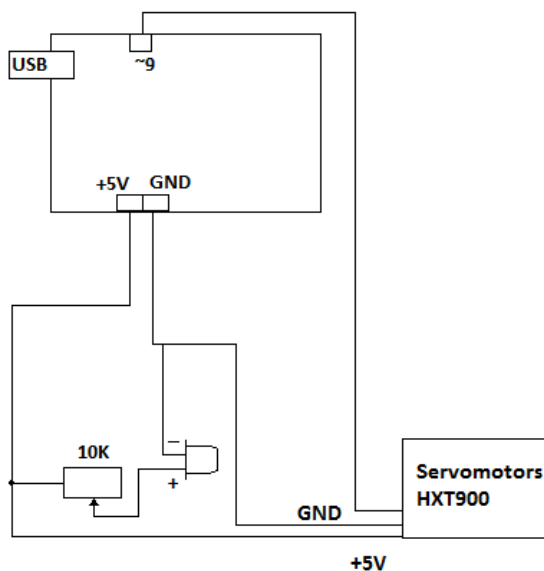
Modificētās dinamiskās retinoskopijas iekārta ir attēlota attēlā 2.2., kur redzama iekārta ar zoda balstu un attēlā 2.3., kur redzamas modificētās dinamiskās retinoskopijas iekārtas sastāvdaļas. Lai ērti varētu mainīt attālumu no retinoskopa līdz novērotāja acij, modificēta retinoskopa iekārta ir novietota uz sliedes, kas ļauj iekārtu bīdīt dažādos attālumos, lai nodrošinātu ērtu un ātru neitralizācijas iegūšanu dinamiskās retinoskopijas laikā. Retinoskopa iekārta sastāv no kameras un objektīva, kas fiksē jeb filmē refleksu pētījuma dalībnieku aci. Iekārtas kamera saistīta ar datoru, kur izmantojot *CL-EYE-Test* programmu, uz datora ekrāna ir redzams attēls, ko filmē iekārtas kamera. Objektīvs nodrošina lielāku attēla palielinājumu. Infrasarkanā diode, kas maksimāli pietuvināta klasiskā retinoskopa gaismas avotam. Servo motors nodrošina stikliņa kustību pa labi un pa kreisi, lai gaisma no

infrasarkanās diodes iespīdētu pētījuma dalībnieka acī, un servo motors nodrošina šīs gaismiņas kustību, kas imitē retinoskopa kustību, lai novērotu refleksu. Gaisma nāk no infrasarkanās diodes, atstarojas no stikla un ieiet pētījuma dalībniekā acī. Visa retinoskopa iekārta atrodas uz pārvietojamas pamatnes, kas piestiprināta sliedeī, kas ļauj modificētā retinoskopa iekārtu novietot nepieciešamā attālumā, neitralizācijas iegūšanai.



#### 2.4. att. Mikrokontroliera plate (Arduino UNO)

Kamera, objektīvs, servo motors un infrasarkanā diode ir savienota ar mikrokontroliera plati ARDUINO UNO (skatīt attēlu 2.4), kas pieslēgta pie datora. Servo motors (HXT 900) tiek darbināts caur mikrokontroliera plati ar 5 voltu lielu strāvu. Elektriskā shēma ir dota attēlā 2.5. [30]



#### 2.5. att. Modificētās dinamiskās retinoskopijas shēma- mikrokontroliera plate (ARDUINO UNO), servo motors ( HXT 900), infrasarkanā diode (850nm).

## 2.5. Iekārtas darbība un mērīšana

Akomodācijas atpalikšanas vērtība ir dioptrijas, bet tā kā to mēra centimetros, akomodācijas atpalikšanas vērtību dioptrijas var iegūt, izmantojot formulu:

$$Aa = \frac{1}{0,40} - \frac{1}{0,40 + B}$$

Aa- akomodācijas atpalikšana (dioptrijas)

B- attālums no fiksācijas punkta līdz iekārtai (metros)

Lai nodrošinātu pētījuma dalībnieku galvas stāvokli nekustīgu un stabilu, tika izmantots speciāls zoda balsts, kas atrodas 40 cm no fiksācijas objekta, uz kuru pētījuma dalībniekiem mērījumu laikā bija jāfiksē skats. Mērījuma laikā, pētījuma dalībniekam bija jāskatās uz fiksācijas objektu. Šajā laikā tika ieslēgta modificētā dinamiskā retinokopa iekārta un *CL-EYE-Test* programma, kas attēlo iekārtas gaismas kūļa gaitu un tā refleksu acī palielinājumā. Stikla plāksnīte tiek kustināta pa labi un pa kreisi ar servo motora palīdzību, atgādinot klasiskā retinokopa kustību. Datora monitorā ir redzams attēls ar gaismas kūļa kustību, kuru rada infrasarkanās diodes radītā gaisma, kas atstarojas no stikla plāksnītes un iespīd subjekta acī. Attēlā novēro gaismas kūļa kustību un nosaka kustības veidu- līdzkustība, pretkustība vai neitralizācija. Pārvietojot iekārtu, pētījuma vadītājs maina attālumu no iekārtas līdz pētījuma dalībnieka acij, cenšoties atrast neitralizācijas brīdi, kad reflekss ir visspožākais, un nav iespējams redzēt refleksa kustības virzienu, jo refleksa ātrums ir ļoti liels. Nofiksējot neitralizācijas brīdi, tiek pārtraukta iekārtas kustība pa sliedi un nomērīts attālums no fiksācijas objekta, kas atrodas 40 cm attālumā no pētījuma dalībnieka acs, līdz modificētā retinokopa iekārtai. [30]

Akomodācijas atpalikšana pētījuma dalībniekam tika mērīta pirms tuvuma darba (0 min) pie datora monitora, un tad ik pēc 15 minūtēm, divu stundu garumā, kamēr dalībnieks lasīja datora monitorā (15, 30, 45,60, 75, 90, 105, 120). Pēc tuvuma darba, jeb pēc 2 stundu lasīšanas pie datora monitora, pētījuma dalībniekiem tika lūgts atpūsties- skatīties tālumā un nesusprindzināt akomodāciju. Atpūtas laikā, ik pēc katrām 2 minūtēm tika mērīta akomodācijas atpalikšanas vērtības samazināšanās, līdz šī vērtība sasniedz pētījuma sākuma vērtību. Akomodācijas atpalikšanas izmaiņu katrā laika posmā var noteikt pēc formulas:

$$Aai = Aas - Aab$$

Aai- Akomodācijas atpalikšanas izmaiņas konkrētajā laika posmā

Aas- Akomodācijas atpalikšana sākumā

## Aab- Akomodācijas izmaiņas beigās

Ja akomodācijas atpalikšanas izmaiņas konkrētajā laika posmā ir pozitīvs, tad tas liecina par akomodācijas atpalikšanas samazināšanos, ja rezultāts negatīvs, tad tas liecina par akomodācijas atpalikšanas pieaugumu- akomodācija tiek pielietota vairāk.

Lai noteiktu iekārtas precizitāti, vienam eksperimenta dalībniekam tika nomērīta akomodācijas atpalikšana 30 reizes ar modificēto dinamiskā retinoskopa iekārtu. No iegūtajiem datiem tika aprēķināta iekārtas standartklūda. Modificētās retinoskopa iekārtas standartklūda ir 0,008 D, bet standarta novirze ir 0,046 D.

## 2.6. Eksperimenta rezultāti un analīze

Katram eksperimenta dalībniekam tika mērīta akomodācijas atpalikšana ar modificēto retinoskopijas metodi. Tika veikti 5 mērījumi katrā laika posmā noslodzes laikā (0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120 minūte) un atslodzes laikā, jeb atpūtas laikā (2, 4, 6, 8 minūte pēc tuvuma darba). Eksperimenta dalībnieks lasīja datora monitorā sevis izvēlētu tekstu 120 minūtes, un tad atpūtās, jeb skatījās tālumā, nesusprindzinot akomodāciju, līdz akomodācijas atpalikšanas vērtība atgriezās sākuma vērtībā. Dati par katra dalībnieka akomodācijas atpalikšanas (D) vidējo vērtību noslodzes laikā, standartklūda un standarta novirze katrā laika posmā ir apkopoti tabulā 2.1. Dati par katra dalībnieka akomodācijas atpalikšanas (D) vērtību atslodzes laikā, kā arī šo vērtību standartklūda un standarta novirze katrā laika posmā ir apkopoti tabulā 2.2. Tā kā atslodzes laikā akomodācijas atpalikšanas vērtība tika mērīta līdz tā sasniedz sākotnējo vērtību, kas tika noteikta pētījuma sākumā, tāpēc ir dažāds laiks, kad katram dalībniekam akomodācijas atpalikšana normalizējās.

Tabula 2.1.

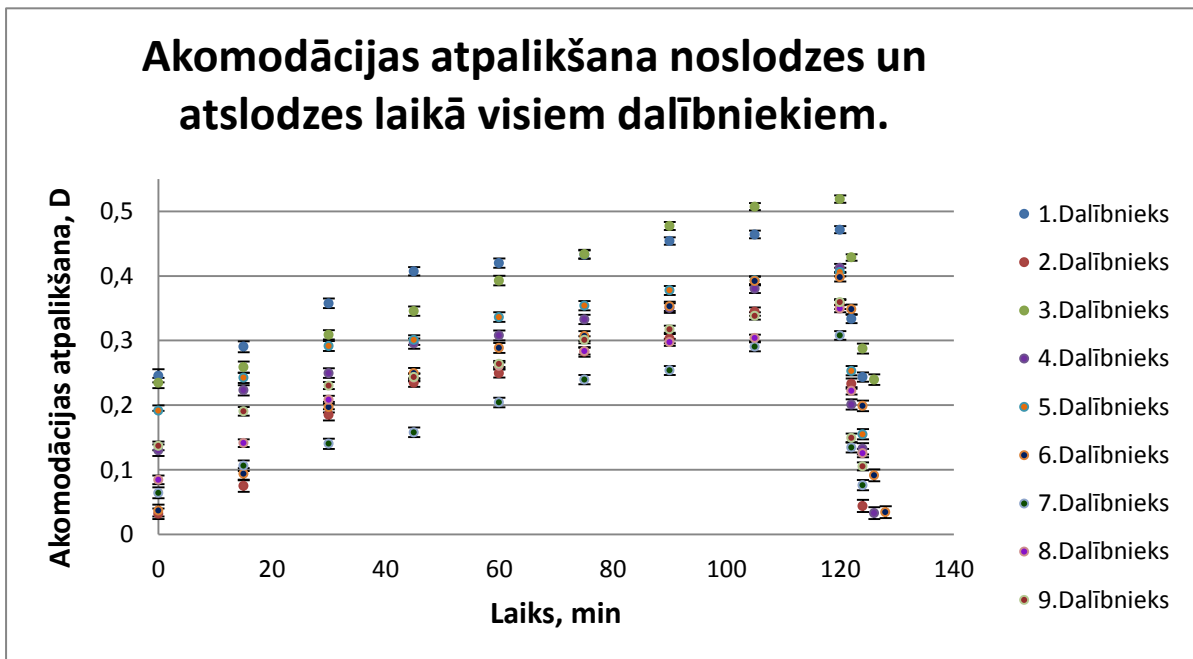
Akomodācijas atpalikšanas (D) atkarība no noslodzes laika.

Dalībnieks	0 min	15min	30min	45min	60min	75min	90min	105min	120min
1.	0,246	0,290	0,358	0,407	0,420	0,433	0,454	0,464	0,472
2.	0,032	0,075	0,185	0,234	0,250	0,283	0,303	0,345	0,356
3.	0,234	0,259	0,309	0,346	0,393	0,434	0,477	0,507	0,519
4.	0,130	0,223	0,250	0,295	0,308	0,333	0,350	0,380	0,412
5.	0,191	0,243	0,291	0,301	0,336	0,354	0,378	0,393	0,406
6.	0,037	0,094	0,197	0,250	0,288	0,307	0,353	0,392	0,398
7.	0,064	0,106	0,140	0,158	0,204	0,239	0,254	0,290	0,308
8.	0,084	0,141	0,208	0,243	0,261	0,284	0,297	0,304	0,349
9.	0,137	0,190	0,230	0,244	0,264	0,301	0,317	0,338	0,360
Vid. vērtība	0,128	0,180	0,241	0,275	0,303	0,330	0,354	0,379	0,398
St.novirze	0,018	0,018	0,018	0,016	0,016	0,015	0,015	0,014	0,014
St.kļūda	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01

Tabula 2.2.

Akomodācijas atpalikšanas atkarība no atslodzes laika.

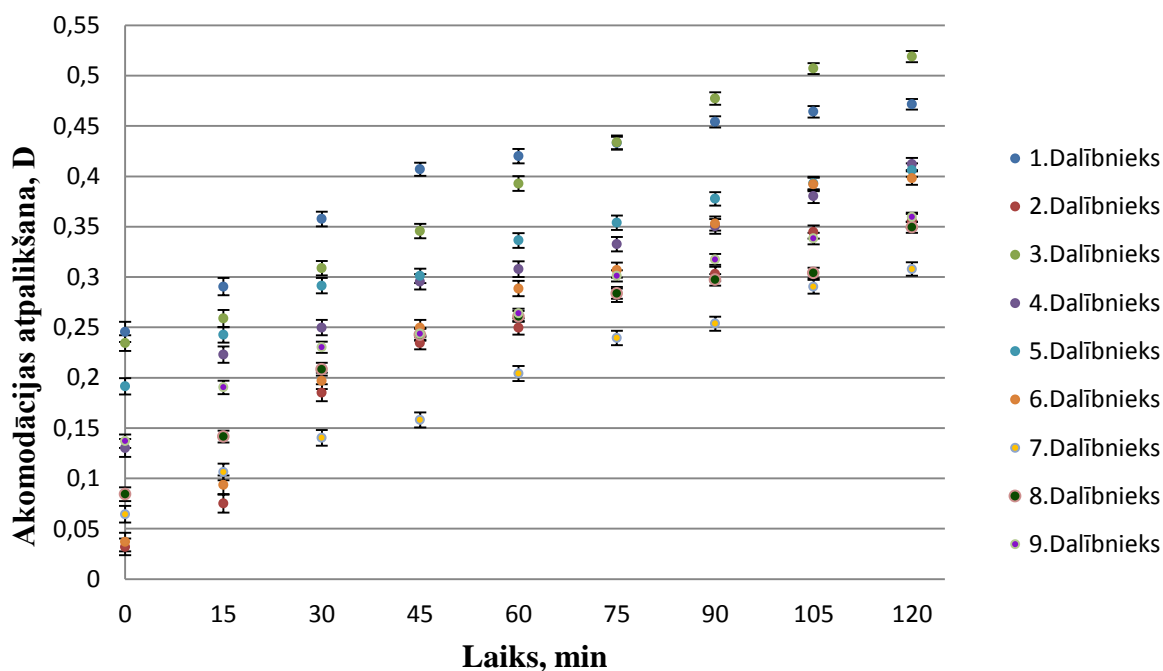
Dalībnieks	122 min	124 min	126 min	128 min
1.	0,334	0,244	-	-
2.	0,233	0,044	-	-
3.	0,429	0,288	0,239	-
4.	0,201	0,132	0,033	-
5.	0,253	0,155	-	-
6.	0,348	0,199	0,091	0,034
7.	0,135	0,076	-	-
8.	0,222	0,126	-	-
9.	0,149	0,105	-	-
Vid. vērtība	0,256	0,152	0,121	0,034
St. novirze	0,016	0,017	0,019	0,020
St.kļūda	0,01	0,01	0,01	0,01



2.6. att. Visu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējās vērtības noslodzes un atslodzes laikā, mērot ar modificēto dinamisko retinoskopu.

Attēlā 2.6. ir attēlots akomodācijas atpalikšanas izmaiņu vidējās vērtības visiem pētījuma dalībniekiem, 2 stundu noslodzes laikā, ar intervālu 15 minūtes, un atslodzes laikā, ar intervālu 2 minūtes. Mērījumi tika veikti ar modificēto dinamiskā retinoskopa metodi (Nott metode). 2.6 attēls parāda, ka akomodācijas atpalikšanas vērtība katram dalībniekam pieaug līdz ar laiku, jo ilgāks noslodzes laiks, jo lielāka akomodācijas atpalikšanas vērtība. Visiem pētījuma dalībniekiem bija konstants noslodzes laiks- 2 stundas. Atslodzes laikā akomodācijas atpalikšanas vērtība samazinājās, jeb normalizējās un atslodzes laiks ir būtiski īsāks nekā noslodzes laiks- normalizēšanās tika novērota jau 4-8 minūtes pēc noslodzes pārtraukšanas. 2.2 attēlā var redzēt, ka akomodācijas atpalikšanas vērtība atslodzes laikā normalizējās daudz ātrāk, nekā noslodzes laikā akomodācijas atpalikšanas vērtība pieauga.

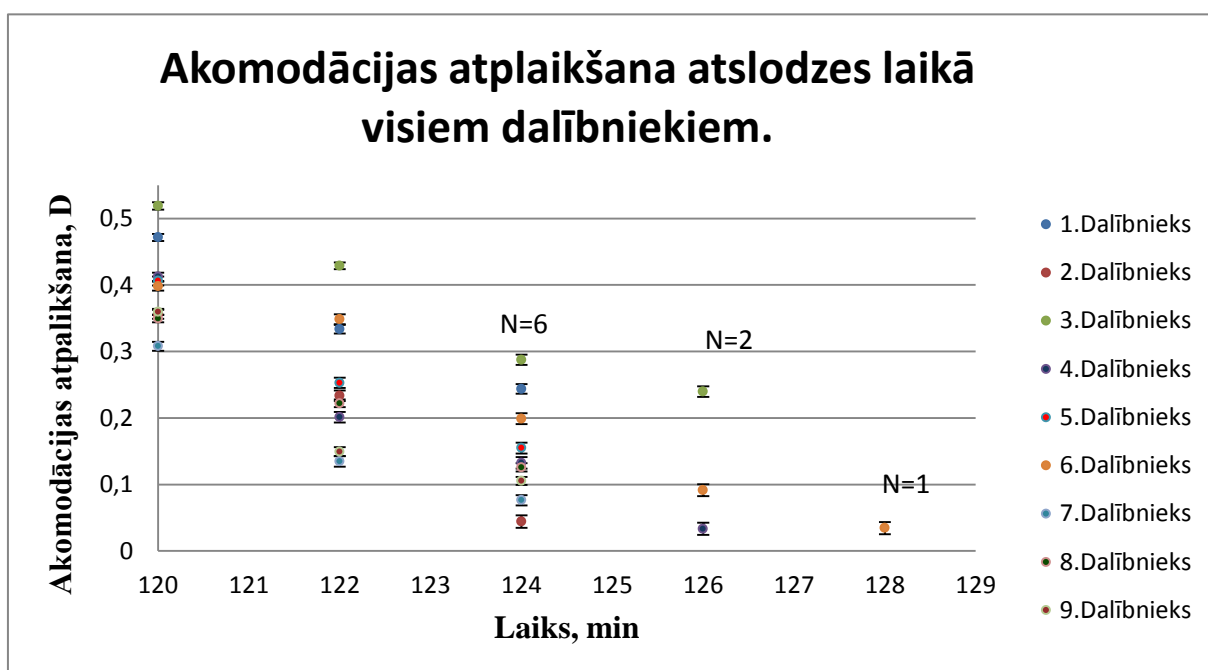
## Akomodācijas atpalikšana noslodzes laikā visiem dalībniekiem



2.7 att. Visu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējās vērtības noslodzes laikā ( 2 stundu tuvuma darbs, lasot tekstu pie datora monitora), mērot ar modificēto dinamisko retinoskopu.

Attēlā 2.7. ir redzamas visu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vērtība noslodzes laikā. Mērījums tika veikts ar modificēto dinamiskās retinoskopijas iekārtu katras 15 minūtes divu stundu garumā, pētījuma dalībniekam nepārtraukti lasot paša izvēlētu tekstu datora monitorā. Attēlā redzams, ka visiem pētījuma dalībniekiem sākuma vērtība, kas tika nomērīta pirms tuvuma darba, ir no 0,037 D līdz 0,246 D jeb vidējā vērtība ir  $0,129 D \pm 0,008 D$ . Pēc pirmajām 15 minūtēm tuvuma darba, akomodācijas atpalikšanas vērtība palielinājās par  $0,052 D \pm 0,008 D$  jeb  $0,18 \pm 0,008$  dioptrijas. Jau pēc 30 minūtēm tuvuma darba pie datora, jeb nākošajās 15 minūtēs, visu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība palielinājās par  $0,061 D$  jeb  $0,241 \pm 0,007 D$ . Nomērot visu pētījuma dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējo vērtību pēc 45 minūšu tuvuma darba, jeb nākamajās minūtēs, vidējā vērtība palielinājās par  $0,034 D$  jeb  $0,275 \pm 0,007 D$ . Vienas stundas ilga tuvuma darba, lasot tekstu datora monitorā, jeb nākošajās 5 minūtēs, akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība palielinājās par  $0,027 D$  jeb  $0,303 \pm 0,007 D$ . Par tikpat lielu vērtību akomodācijas atpalikšana palielinājās nākošajās 15 minūtēs, jeb 75 minūtes tuvuma darba-  $0,330 \pm 0,007 D$ . Pēc 90 minūšu tuvuma darba, jeb vēl pēc 15 minūtēm, visu dalībnieku vidējā akomodācijas atpalikšanas vērtība palielinājās par  $0,002 D$  jeb  $0,354 \pm 0,006 D$ . Nākošajās 15 minūtēs, akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība bija  $0,379 \pm 0,006 D$  (palielinājās par  $0,026 D$ ). Pēc pēdējām 15 minūšu tuvuma

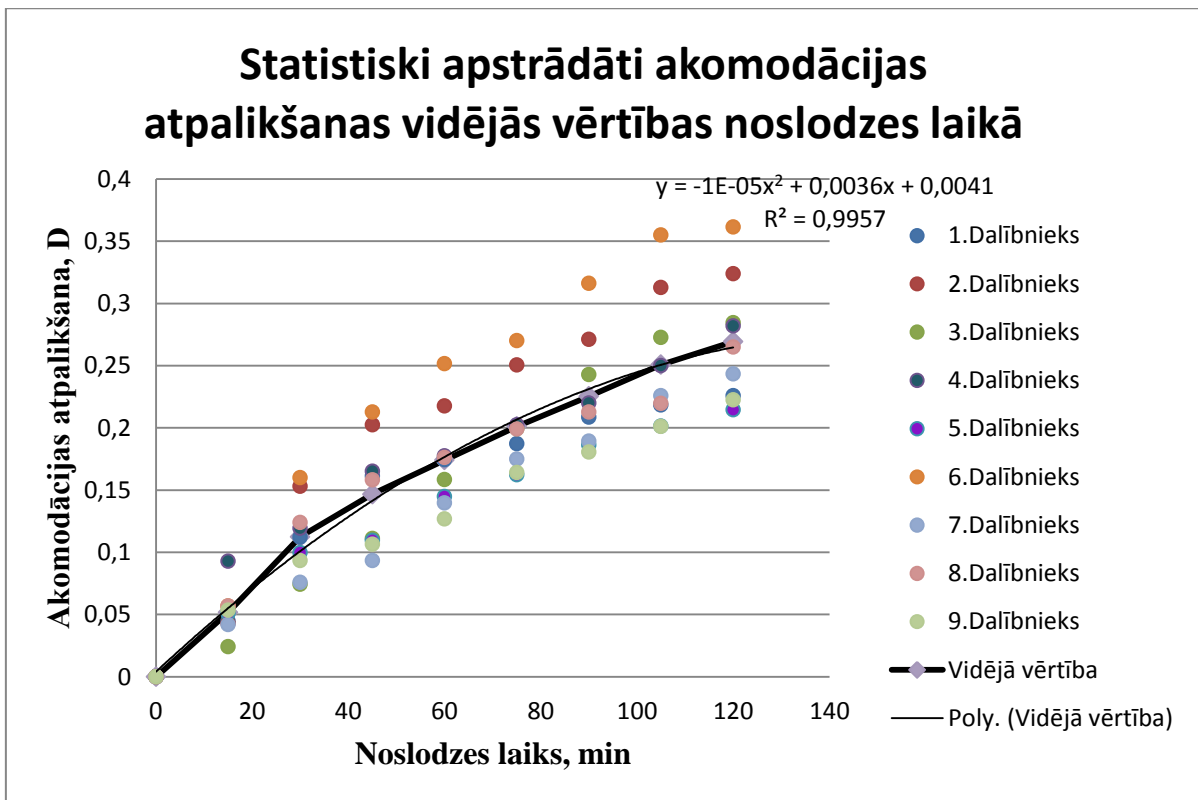
darba (120 minūtē), akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība ir  $0,398 \pm 0,006D$  (palielinājās par  $0,018 D$ ). Kopumā, visu pētījuma dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība pieauga par  $0,269 \pm 0,007D$ , veicot tuvuma darbu jeb lasot tekstu datora monitorā 2 stundu garumā. Vislielākais akomodācijas atpalikšanas vērtības pieaugums tika novērots 6. pētījuma dalībniekam (pieaugums par  $0,36D$ ), vismazākais pieaugums ir 5. dalībniekam (pieaugums  $0,215 D$ ). Vislielākā akomodācijas atpalikšanas vērtība pēc 2 stundu tuvuma darba ir  $0,519 D$  liela akomodācijas atpalikšana. Vismazākā akomodācijas atpalikšanas vērtība ( $0,308 D$ ) pēc 2 stundu tuvuma darba ir 7. pētījuma dalībniekam. Kopumā, visu pētījuma dalībnieku akomodācijas atpalikšana ir normas robežās (norma ir līdz  $0,75D$ ). Tika novērots, ka visiem dalībniekiem vislielākais akomodācijas atpalikšanas vērtības pieaugums ir pirmajās tuvuma darba minūtēs, un pēc tam vērtības pieaugums sāk samazināties- akomodācijas atpalikšanas lielums nepieaug tik strauji, kā sākumā.



2.8. att. Visu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējās vērtības atslodzes laikā, jeb pēc 2 stundu tuvuma darba, mērot ar modificēto dinamisko retinoskopu.

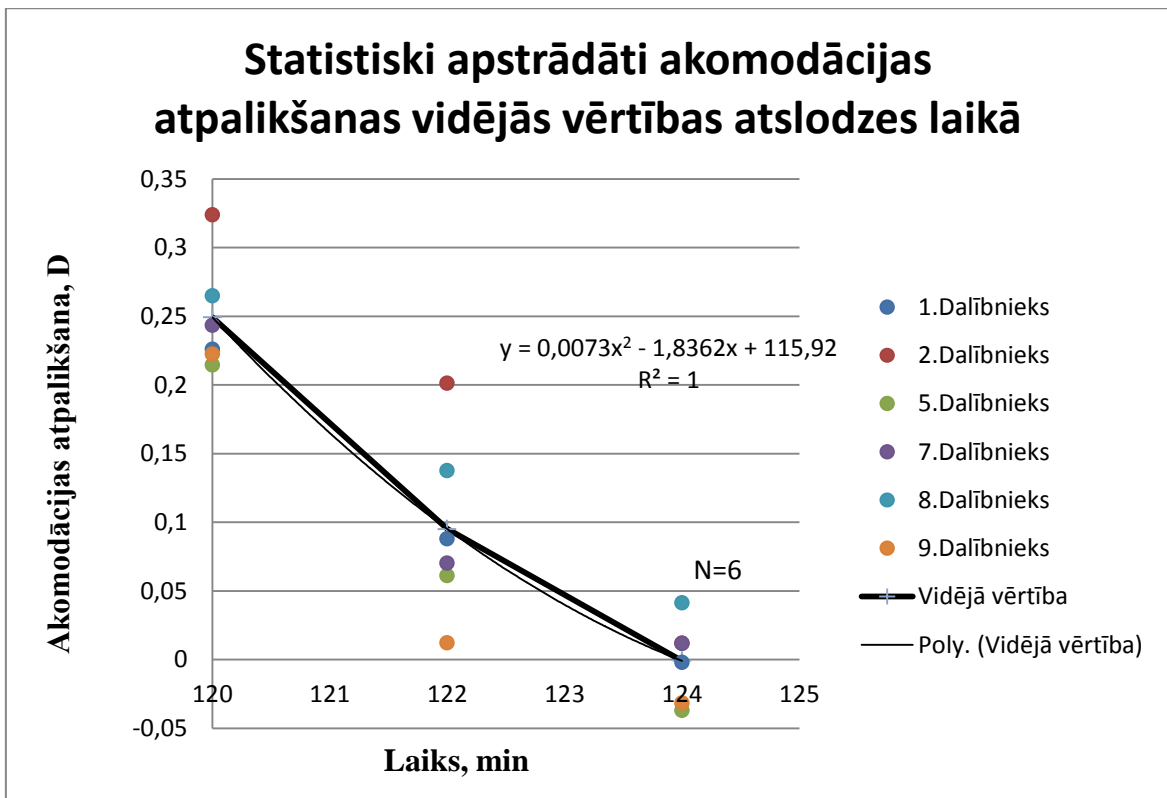
Attēlā 2.8. ir redzama visu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vērtība atslodzes laikā, jeb pēc tuvuma darba. Mērījums tika veikts ar modificēto dinamiskās retinoskopijas iekārtu pēc tuvuma darba, katras 2 minūtes, pētījuma dalībniekiem atpūšoties jeb skatoties telpā tālumā, lai veicinātu akomodācijas atpalikšanas normalizēšanos. 2.8. attēlā redzams, ka akomodācijas atpalikšanas vērtības visiem dalībniekiem 120 minūtē ir vērtības, kas tika

nomērītas uzreiz pēc 2 stundu tuvuma darba pārtraukšanas. Akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība ir  $0,398 \pm 0,006$  D uzreiz pēc tuvuma darba. Pētījuma dalībniekam tika nomērīta akomodācijas atpalikšanas vērtība pēc pirmās 2 minūšu atpūtas, kur vidējā vērtība vidēji ir  $0,256 \pm 0,007$  D, jeb akomodācijas atpalikšanas vērtība vidēji samazinājās par  $0,142 \pm 0,007$  D. Jau nākošajās 2 minūtēs, akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība visiem pētījuma dalībniekiem samazinājās par  $0,104$  D, kur vidēji sasniedza  $0,152 \pm 0,008$  D vērtību. Šajā laikā, jeb kopumā pēc 4 minūšu atpūtas, akomodācijas atpalikšanas vērtība 6 dalībniekiem pielīdzinājās viņu akomodācijas atpalikšanas sākotnējai vērtībai, kas tika nomērīts pirms tuvuma darba. Nākošajās 2 minūtēs, jeb sestajā atpūtas minūtē, pārējo, jeb 3 pētījumu dalībnieku akomodācijas atpalikšanas vidējā vērtība sasniedza  $0,121 \pm 0,009$  D lielu vērtību, kas vidēji samazinājās par  $0,031$  D. Šajā mērījuma laikā akomodācijas atpalikšanas vērtība 2 dalībniekiem sakrita ar viņu vidējo akomodācijas atpalikšanas vērtību pētījuma sākumā. Pēdējam dalībniekam akomodācijas atpalikšanas vērtība pielīdzinājās vērtībai pirms tuvuma darba tikai astotajā atpūtas minūtē, kur šī dalībnieka akomodācijas atpalikšanas vērtība samazinājās par  $0,057$  D, kur vidēji sasniedza  $0,034 \pm 0,009$  D. Kopumā, akomodācijas atpalikšanas vērtība normalizējās, jeb pielīdzinājās ar akomodācijas atpalikšanas vērtību pirms tuvuma darba, 6 dalībniekiem (N=6) jau pēc 4 minūšu atpūtas, 2 pētījuma dalībniekiem (N=2) pēc sešu minūšu atpūtas, bet vienam (N=1) pēc 8 minūšu atpūtas.



2.9. att. Normalizēti akomodācijas atpalikšanas dati visiem pētījuma dalībniekiem noslodzes jeb tuvuma darba laikā.

Attēlā 2.9 ir attēloti normalizēti dati visu pētījuma dalībnieku akomodācijas vidējo vērtību dati tuvuma darba laikā jeb noslodzes laikā. Lai mazinātu datu izkliedi starp pētījuma dalībniekiem, un akomodācijas atpalikšanas datu sākumpunktus pielīdzinātu vienai vērtībai, katram dalībniekam tika atņemta sākuma vērtība, kas tika nomērīta pirms tuvuma darba. 2.9 attēlā ir novilkta visu dalībnieku datu vidējo vērtību līkne, kas ir aprakstīta ar 2.pakāpes polinoma līkni. Pastāv statistiski nozīmīga korelācija starp akomodācijas atpalikšanas vērtību un laiku, kurā notiek tuvuma darbs ( $R^2=0,996$ ).



2.10. att. Normalizēti akomodācijas atpalikšanas dati sešiem pētījuma dalībniekiem atslodzes laikā jeb pēc tuvuma darba.

Attēlā 2.10 ir attēloti normalizēti dati visu pētījuma dalībnieku akomodācijas vidējo vērtību dati pēc tuvuma darba jeb atslodzes laikā. Lai mazinātu datu izkliedi, statistiski apstrādāti tika 6 pētījuma dalībnieku dati, kuru akomodācijas atpalikšanas vērtība pielīdzinājās sākotnējai vērtībai mērījumu sestajā minūtē, kas tika nomērīta pirms tuvuma darba. 2.10. attēlā ir novilkta visu dalībnieku datu vidējo vērtību līkne, kas salīdzināta ar 2. pakāpes polinoma tendences līkni. Pastāv statistiski nozīmīga korelācija starp akomodācijas atpalikšanas vidējo vērtību un laiku pēc tuvuma darba, kurā notiek atpūta ( $R^2=1$ ).

## SECINĀJUMI

1. Iegūtie rezultāti liecina, ka pie ilgstoša darba tuvumā pie datora monitora (2 stundu noslodze) akomodācijas atpalikšanas vērtība pakāpeniski palielinās vidēji par  $0,269 \pm 0,007D$ , kas tika noteiktas ar modificēto Nott dinamisko retinokopa iekārtu (iekārtas precizitāte  $\pm 0,008 D$ ).
2. Noslodzes un atslodzes laika atkarība ir aprakstāma ar 2. kārtas polinoma funkciju ( $R > 0,99$ ).
3. Iegūtie dati liecina, ka pēc 2 stundu tuvuma darba pie datora monitora, jeb atslodzes laikā, akomodācijas atpalikšanas vērtība pielīdzinājās sākotnējai vērtībai būtiski īsākā laikā nekā noslodzes laiks (2stundas), jeb normalizējās vidēji 6 minūtēs.

## NOBEIGUMS

Mūsdienu tehnoloģijas attīstās ļoti strauji un cilvēki sāk aizvien vairāk un vairāk izmantot to ikdienā un darbā. Pieaugot tuvuma darba slodzei, palielinās arī cilvēku sūdzības par dažāda veida redzes sistēmas diskomfortu, veicot gan tuvuma, gan tāluma darbus. Viens no visbiežāk mūsdienās izmantotajām ierīcēm ir dators, kuru liela daļa cilvēku izmanto darbā un mājās- gan strādājot, gan atpūšoties. Bieži vien sēžot pie datora, cilvēki aizmirst vai neaizdomājas par redzes sistēmas atpūtināšanu, un lieto datoru stundām ilgi un bez atpūtām. Tas ir viens no svarīgākajiem iemesliem, kāpēc sava darba ietvaros vēlējos pārbaudīt vienu no akomodācijas mērījumiem- akomodācijas atpalikšanu, gan ilgstoša tuvuma darba laikā pie datora monitora, gan akomodācijas atpalikšanas normalizēšanas laiku, pēc tuvuma darba.

Bakalaura darbā tiek parādīts, ka akomodācijas atpalikšana pakāpeniski pieaug tuvuma darba jeb noslodzes laikā, bet daudz ātrāk normalizējās pēc tuvuma darba, kā arī akomodācijas atpalikšanas vērtība ir atkarīga no noslodzes laika- jo ilgāks ir tuvuma darbs pie datora, jo vairāk palielinās akomodācijas atpalikšanas vērtība. Lietderīgi būtu veikt pētījumus tālāk, lai salīdzinātu akomodācijas atpalikšanas vērtību noslodzes laikā un ātrumu, kurā akomodācijas atpalikšanas vērtība normalizējās, pie dažādiem noslodzes laikiem, kā arī izpētīt, kurā brīdī cilvēkiem akomodācijas atpalikšanas vērtība sāk mazāk palielināties, lai noteiktu, cik ātri rodas akomodācijas atpalikšanas maksimālā vērtība un piesātinājums.

## **PATEICĪBA**

Vēlos izteikt pateicību savam darba vadītājam Sergejam Fominam par atbalstu un palīdzību bakalaura darba tapšanas procesā. Paldies pētījuma dalībniekiem par ziedoto laiku un pacietību. Vēlos pateikt paldies savai ģimenei, radiem un draugiem par atbalstu visu studiju gadu laikā.

Darbs ir tapis ar ESF projekta „Redzes pārslodzes fizioloģijas pētījumi un redzes stresa diagnostikas metodikas izstrāde” atbalstu (2013/0021/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/001).

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

1. [tiešsaiste] – [12.12.2014.]. Pieejams:  
<http://lv.wikipedia.org/wiki/Akomodācija>
2. **Abrams D. Duke** – *Elder's Practice of refraction 10th edition*. London: Churchill Livingstone, 1993. p. 85 - 88.
3. **Ong, E., Ciuffreda, K.J.** *Accommodation nearwork and myopia*. Optometric extension program, 1997, p. 1-117.
4. **Eskidge J. B., Amonos J. F., Bartlett J. D.** *Clinical procedures in otometry*. Philadelphia: Lippincott, 1991. p. 69 – 71, 155 – 165, 231 – 270.
5. [tiešsaiste] – [10.01.2015]. Pieejams:  
[http://www.medicine.lv/raksti/akomodacija\\_pme](http://www.medicine.lv/raksti/akomodacija_pme)
6. [tiešsaiste] – [15.01.2015]. Pieejams:  
<http://www.google.com/patents/EP1328186A1?cl=en>
7. **Hercoga I.** *Akomodācijas fizioloģija un pataloģija*. Rīga: Latvijas Universitāte, 1997.
8. **Gunta Krūmiņa.** *Redzes refraktīvie defekti 1*. Latvijas universitāte.
9. [tiešsaiste] – [14.01.2015.]. Pieejams:  
<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/lag+of+accommodation>
10. [tiešsaiste] – [14.01.2015]. Pieejams:  
[http://tiger.cfi.lu.lv/optometry/ievads\\_2.pdf](http://tiger.cfi.lu.lv/optometry/ievads_2.pdf)
11. **Kristina Tarczy-Hornoch, MD, DPhil** *Accommodative lag and refractive error in infants and toddlers*. Department of Ophthalmology, Keck School of Medicine, University of Southern California, Los Angeles, CA, 2012. p. 112-116.
12. **R. Jime'nez, M. D. Gonza'lez, M. A. Pe'rez and J. A. Garcí'a.** *Evolution of accommodative function and development of ocular movements in children*. Ophthal. Physiol. Opt. 2003 23: 97–107
13. [tiešsaiste] – [05.01.2015]. Pieejams:  
[http://www.lu.lv/fileadmin/user\\_upload/lu\\_portal/projekti/redze/zinas/Tuvuma\\_redzes\\_traucejumi.pdf](http://www.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/redze/zinas/Tuvuma_redzes_traucejumi.pdf)
14. [tiešsaiste] – [14.01.2015.]. Pieejams:  
<http://medical-dictionary.thefreedictionary.com/lag+of+accommodation>
15. **Bartuccio M, Taub MB, Kieser J.** *Accommodative insufficiency: A record and literature review*. Optom Vis Dev 2008;39(1): p. 35-40.
16. **Chinatsu Tosha, Eric Borsting, William H. Ridder III, Chris Chase.** *Accommodation response and visual discomfort*. Ophthal. Physiol. Opt. 2009 29: p. 625–633.

17. [tiešsaiste] – [14.04.2015.]. Pieejams:  
<http://www.acim.lv/2010/07/vecuma-talredziba-jeb-presbiopija/>
18. **Aiga Švede, Gunta Krūmiņa, Jānis Fridrihsons.** *Pamatizmeklēšanas metodes optometrijā.* Latvijas Universitāte, 2008. P. 41 – 46
19. [tiešsaiste] – [05.01.2015]. Pieejams:  
<http://en.wikipedia.org/wiki/Retinoscopy>
20. [tiešsaiste] – [05.04.2015]. Pieejams:  
<http://www.google.lv/url?url=http://www.opt.uab.edu/class2011/2nd%2520year/cevsii/dynamic%2520retinoscopy.doc&rct=j&q=&esrc=s&sa=U&ei=1jFDVc3TFcGtsgG98oCoCw&ved=0CB8QFjAC&usg=AFQjCNH7tx1s69r4-z-a-FQhCI8PBTfC4Q>
21. **Kenneth C, Koslowe, O.D., M.S.** *The dynamic retinoscopies,* Journal of Behavioral Optometry J Behav Optom 2010:21:63-67.
22. **LOCKE, LINDA CASSER; SOMERS, WILLIAM.** *A Comparison Study of Dynamic Retinoscopy Techniques,* Optometry & Vision Science –Vol 66 (8), 1989 August, pp 540 - 544
23. [tiešsaiste] – [20.03.2015]. Pieejams:  
<http://www.oepf.org/VTAAids/Retinoscopy.pdf>
24. **Kosiowe KC,** *The dynamic retinoscopies.* Journal of Behavioral Optometry 2010:21:63-67,
25. [tiešsaiste] – [05.05.2015]. Pieejams:  
<http://lv.wikipedia.org/wiki/Lēca>
26. [tiešsaiste] – [04.05.2015]. Pieejams:  
<http://www.ulbrokas-vsk.lv/diski/Physicon2/Open%20Physics%202.6%20part%20%20Lat/content/chapter3/section/paragraph3/theory.html>
27. [tiešsaiste] – [05.05.2015]. Pieejams:  
<https://photographylife.com/what-is-chromatic-aberration>
28. **O. Students.** *Optika.* Rīga. Zvaigzne, 1971. P 298. – 309.
29. **Hecht.** *Optics third edition.* USA: Addison – Wesley, 1998. p. 230 – 260.
30. **Podziguna L.** Datora monitora izraisīta redzes noguruma ietekme uz akomodācijas atbildi: maģistra darbs. LU Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa. Rīga, 2012. 25.-29 lpp.

Bakalaura darbs „Akomodācijas atpalikšana pirms un pēc tuvuma darba” 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.

Autors: Diāna Urtāne (du12003)

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai  
Vadītāja: docents, Dr. fiz. Sergejs Fomins

Recenzents: docents, Dr. fiz. Vitolds Grabovskis

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā \_\_\_\_\_  
Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta (*personiskais paraksts*)

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē  
\_\_\_\_\_. protokola Nr. \_\_\_\_\_

Komisijas sekretārs: docents, Dr. fiz. Pēteris Cikmačs