

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS, MATEMĀTIKAS UN OPTOMETRIJAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**RELAKSĒJOŠO REDZES VINGRINĀJUMU IETEKME
UZ OBJEKTĪVAJIEM AKOMODĀCIJAS
MĒRĪJUMIEM**

BAKALaura DARBS

Autors: **Līga Puhova**

Studenta apliecības Nr. lp19104

Darba vadītājs: asociētā profesore Dr. phys. Aiga Švede

RĪGA 2022

ANOTĀCIJA

Darbs ir uzrakstīts latviešu valodā uz 35 lapaspusēm. Tas satur 17 attēlus, 5 tabulas, 8 pielikumus un 47 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis bija novērtēt relaksējošo redzes vingrinājumu ietekmi uz objektīvajiem akomodācijas mērījumiem. Pētījumā piedalījās 6 dalībnieki, kuri 1 mēnesi veica relaksējošos redzes vingrinājumus, un 6 kontrolgrupas dalībnieki. Akomodācija tika novērtēta pirms un 1 mēnesi pēc relaksējošo redzes vingrinājumu veikšanas, izmantojot gan klīniskās metodes, gan PowerRef 3 fotorefraktmetrijas iekārtu. Rezultāti parādīja, ka relaksējošie redzes vingrinājumi būtiski nemaina akomodācijas atbildes raksturojošos parametrus pēc 1 mēneša pielietošanas.

Atslēgvārdi: akomodācijas atbilde, mikrofluktuācijas, relaksējošie redzes vingrinājumi.

ABSTRACT

The thesis is written in Latvian on 35 pages. It contains 17 figures, 5 tables, 8 appendices, and 47 references.

The purpose of the thesis was to evaluate the effectiveness of vision relaxation exercises on objective accommodation measurements. There were 6 participants that performed vision relaxation exercises for one month and 6 participants in a control group. Accommodation was evaluated with clinical methods and photofractometer PowerRef 3 before and one month after vision relaxation exercises. The results demonstrated that vision relaxation exercises do not significantly affect accommodation parameters after one month of training.

Keywords: accommodation response, microfluctuations, vision relaxation exercises.

SATURS

IEVADS.....	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	3
1.1. Acs akomodācijas mehānisms.....	3
1.2. Akomodācijas pieprasījums, atbilde un tās komponentes.....	5
1.3. Akomodācijas atbildes raksturojošie parametri	8
1.4. Akomodācijas atbildes traucējumi.....	10
1.5. Redzes vingrinājumi un akomodācija	11
2. METODE	14
2.1. Pētījuma dalībnieki.....	14
2.2. Iekārta un stimuli.....	15
2.3. Pētījuma gaita.....	17
2.4. Datu analīze	18
3. REZULTĀTI	21
3.1. Akomodācijas atbilde pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem.....	21
3.2. Akomodācijas mikrofluktuācijas pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem	21
3.3. Klīniskie akomodācijas mērījumi.....	22
3.4. Objektīvie akomodācijas mērījumi pirms un pēc 1 mēneša.....	24
4. DISKUSIJA	27
SECINĀJUMI.....	29
PATEICĪBA.....	30
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	31
1. PIELIKUMS.....	35
2. PIELIKUMS.....	37
3. PIELIKUMS.....	40
4. PIELIKUMS.....	44
5. PIELIKUMS.....	46
6. PIELIKUMS.....	47
7. PIELIKUMS.....	48
8. PIELIKUMS.....	50

IEVADS

Akomodācija ir spēja mainīt acs gaismas laušanas spēju, mainoties objekta attālumam (no tāluma uz tuvumu un otrādi). Akomodācijas laikā acs optiskā sistēma pielāgojas tā, lai būtu iespēja fokusēt objektu uz tīklenes, mainoties attālumam no acs līdz objektam (*Mangan, 2021*). “Cilvēka acs spēj saskatīt priekšmetus dažādos attālumos.” Šo 1619. gadā pirmo reizi pierādīja *Scheiner* (fiziķis un astronoms), ka cilvēka acs nespēj vienlaicīgi koncentrēties uz tuvu un tālu mērķi. Lai apskatītu objektus tuvumā un tālumā ir jāmaina acs gaismas laušanas spēja (*Ovenseri-Ogbomo & Oduntan, 2015*). Līdz ar to akomodācijas atbildes uzdevums ir koordinēt vizuālo uzmanību pie tuviem objektiem (*Motlagh & Geetha, 2021*).

Akomodācijas pārlietu noslodze tuvumā var radīt sūdzības par acs nogurumu, akomodācijas problēmām, veicot tuvuma darbus un strādājot pie datora. Relaksējošie redzes vingrinājumi var palīdzēt cilvēkiem, kas ikdienā daudz laika pavada pie datora. Šie vingrinājumi ir ļoti svarīgi gan akomodācijas, gan konverģences darbībai (*Horwood & Toor, 2013*). *Noto* un kolēģi (2013) norāda, ka, acu vingrinājumi tiek ieteikti visbiežāk pacientiem redzes terapijā, lai atrisinātu daudzas ar acīm saistītās problēmas, taču trūkst pētījumu par to efektivitāti, jo galvenokārt tāpēc, ka trūkst novērtēšanas rīku. Taču, vērtējot pacienta subjektīvās sajūtas pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem, tiek iegūts, ka ikdienā tie palīdz samazināt acu nogurumu un astenopiskās sūdzības. (*Gupta & Aparna 2020*). Tātad šie vingrinājumi ir efektīvi terapeitiskos nolūkos (*Gupta & Aparna 2020*), bet ir nepieciešami pētījumi, lai saprastu, kā tieši šie vingrinājumi ietekmē redzes sistēmu.

Bakalaura darba **mērķis** ir izvērtēt relaksējošo redzes vingrinājumu ietekmi uz akomodācijas atbildi.

Darba uzdevumi:

1. Izvērtēt klīnisko akomodācijas parametru saistību ar objektīvi novērtētiem akomodācijas parametriem.
2. Izvērtēt acs akomodācijas atbildes izmaiņas pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem.
3. Izvērtēt acs akomodācijas atbildes mikrofluktuāciju izmaiņas pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem.

Darba hipotēze: Pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem akomodācijas atbilde palielināsies un mikrofluktuācijas samazināsies.

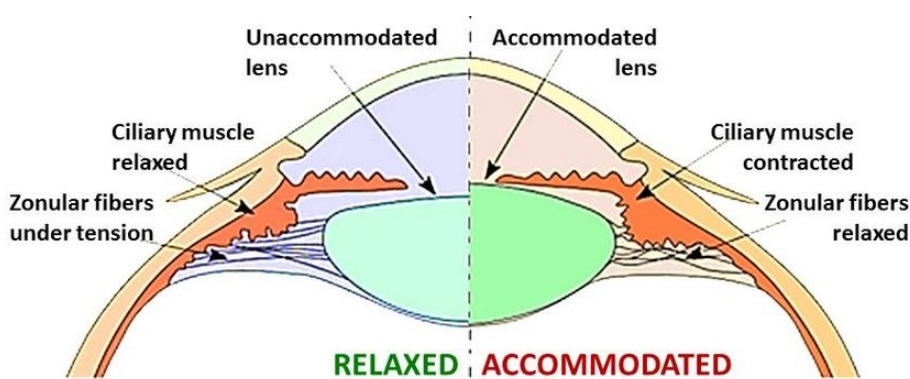
Lai sasniegtu darba mērķi, tiks veikts longitudināls pētījums, kurā tiks novērtēti acs akomodācijas objektīvie parametri: akomodācijas atbildi un mikrofluktuācijas pirms un 1 mēnesi pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem. Iegūtie rezultāti palīdzēs labāk izprast

relaksējošo redzes vingrinājumu nozīmi redzes sūdzību mazināšanā un to ietekmi uz redzes funkcijām.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

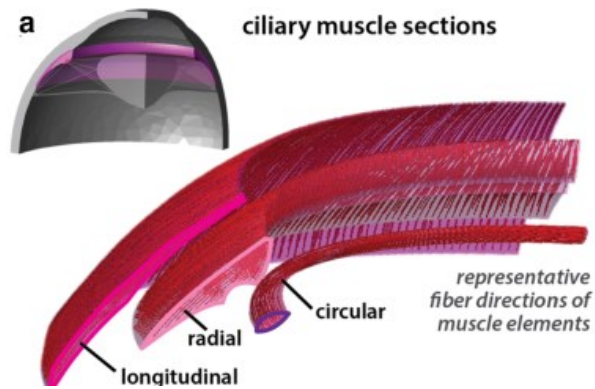
1.1. Acs akomodācijas mehānisms

Akomodācijas mehānismi ir vairāki, taču pašreiz populārākā ir *Helmholtz* teorija. Tā norāda, ka, skatoties uz objektu tālumā, ciliārais muskulis ir atslābis, Cinna saites, kas atrodas starp lēcas kapsulu un ciliāro ķermeni, ir nostieptas un lēca ir saplacināta. Taču, skatoties uz tuvumā esošu objektu, ciliārais muskulis ir sasprindzis, Cinna saites ir atslābušas un lēca ir izliektāka (skat. 1.1.att.) (*Jacob*, 2016).



1.1.att. Acs akomodācijas procesa shematisks attēlojums; labajā pusē – acs lēcas izmaiņas, skatoties tuvumā; kreisajā pusē – acs lēcas izmaiņas, skatoties tālumā (*Vinas*, 2015).

Ciliārais muskulis sastāv no trīs veida šķiedrām – meridionālām šķiedrām (longitudinālās šķiedras; Brukes muskulis), cirkulārām šķiedrām (Millera muskulis) un radiālām šķiedrām (skat. 1.2.att.), kas ir gludās muskuļu šķiedras. Meridionālās šķiedras jeb Brukes muskulis atrodas paralēli sklērai (cīpslenei). Cinna saites saspringst un lēca kļūst plakanāka, samazinot savu optisko stiprumu. Šīs šķiedras piedalās, kad acs jāfokusē uz tālumā esošiem objektiem. Cirkulārās šķiedras sastāv no apaļveida šķiedrām, kas atrodas ciliārā muskuļa iekšējā daļā. Tām saraujoties, Cinna saites atslābst, kas noved pie lēcas formas maiņas – lēca kļūst biezāka un tās optiskais stiprums palielinās. Šī iemesla dēļ mēs spējam saskatīt tuvumā esošos objektus. Radiālās šķiedras atrodas ciliārā muskuļu vidū, krustojoties no mediālās uz laterālo pusi (*Grujičić*, 2021).



1.2.att. Ciliārā muskuļa šķiedras (Knaus et al., 2021).

Ciliāro muskuli inervē okulomotorā jeb 3. kraniālā nerva parasimpātiskās šķiedras. Taču literatūras avotos tiek atrasta arī informācija, ka ciliārais muskulis saņem informāciju no veģetatīvās nervu sistēmas simpātiskajām šķiedrām, taču šīs šķiedras rada kavējošus impulsus, kas šajā ziņā kavē akomodācijas atbildi (Grujičić, 2021).

Cinna saites sastāv no daudzām bezšūnu šķiedrām, kuru sastāvā ir mikrofibrillas, elastīgas šķiedras. Cinna saites palīdz noturēt lēcu vietā. Cinna saites stiepjas no lēcas ekvatoriālās daļas un piestiprinās pie ciliārā ķermeņa (Grujičić, 2021).

Lēca ir abpusēji izliekta un sastāv no 4 struktūrām – lēcas kapsulas (plāna, elastīga membrāna, kas ieskauj lēcu), epitēlija, garozas un lēcas kodola. Lēca ir caurspīdīga un sastāv no elastīgiem audiem, kā rezultātā tā maina savu formu akomodācijas laikā. Laika gaitā līdz ar vecumu, lēca paliek mazāk elastīga, tāpēc pasliktinās redze tuvumā un nākas piemērot pareizu redzes korekciju, lai varētu saskatīt tuvumā esošus priekšmetus (Duffy, 2021). Lēcas svars pieauguša cilvēka acī, salīdzinot ar bērna acs lēcu, palielinās 3 reizes no apmēram 90 mg līdz 250 mg. Lēcā nav asinsvadu un nervu, tāpēc lēcas metaboliskās vajadzības izpildīšanā piedalās stiklveida ķermenis, kas piegādā barības vielas un aizvada vielmaiņas galaproduktus. Lēcas aksiālais biezums ir 4 mm un ekvatoriālais diametrs ir apmēram 10 mm. Lēcas izmēri mainās līdz ar lēcas augšanu, kā arī lēcas mainās akomodācijas laikā (Aliancy & Mamalis, 2018).

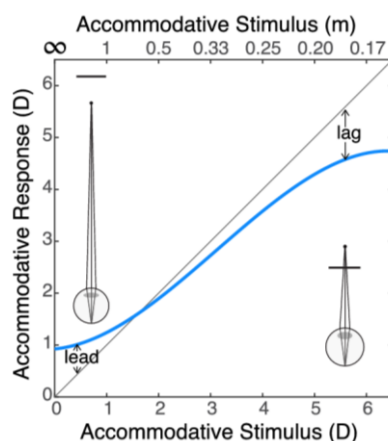
Akomodācija ietilpst, tā sauktās, tuvuma triādes darbībā, kur akomodācijas izmaiņas notiek ciešā saskaņā ar zīlītes un vergēnes izmaiņām. Akomodācijas atbildes pastiprināšanās ir saistīta ar konvergēnes kustību un zīlītes sašaurināšanos. Savukārt, akomodācijas atbildei pavājinoties, redzes asis diverģē un zīlīte paplašinās (Taechameekietichai, 2021).

Taču katrs no tuvuma triādes procesiem var darboties atsevišķi arī no pārējiem. Piemēram, pieliekot plus lēcu, izmainās akomodācijas atbilde (tā pavājinās), bet vergēnes un zīlītes atbilde nemainās (Taechameekietichai, 2021).

1.2. Akomodācijas pieprasījums, atbilde un tās komponentes

Akomodācijas pieprasījums ir apgriezts lielums tuvuma attālumam. To mēra dioptrijās (D). Piemēram, fiksācijas objektam atrodoties 40 cm attālumā, akomodācijas pieprasījums būtu 2,50 D. Taču akomodācijas atbilde jeb apjoms, cik daudz akomodācija reaģē, parasti nesakrīt ar akomodācijas pieprasījumu.

Akomodācijas atbilde var būt vai nu par vāju (akomodācijas atpalikšana jeb *accommodation lag*), ko parasti novēro, skatoties uz tuviem stimuliem, vai par stipru (pārmēru akomodāciju jeb *accommodation lead*), ko parasti novēro, skatoties uz tāliem stimuliem (Labhishetty et al., 2021). Akomodācijas atbildes nobīdes lielums var būt pat 1,00-2,00 D (Plainis et al., 2014). Nobīde rodas, jo tas ietver fizioloģiskas fokusēšanas sistēmas kļūdas, kas rodas akomodācijas stimula un atbildes funkcijas rezultātā (Panke, 2020). 1.3.attēlā var redzēt akomodācijas atbildi noteiktos attālumos. Pelēkā līkne parāda, kā vajadzētu izskatīties akomodācijas atbildei attiecīgajos attālumos, bet zilā līkne attēlo, kādas akomodācijas atbildes visbiežāk tiek novērotas reālos apstākļos.



1.3.att. Akomodācijas atbildes apjoms pie noteikta akomodācijas pieprasījuma (Labhishetty et al., 2021).

Akomodācijas spēju reaģēt uz akomodācijas pieprasījumu raksturo akomodācijas amplitūda, kas ir starpība starp tālāko skaidras redzes punktu un tuvāko skaidras redzes punktu, kas izteikts dioptrijās. Jauniem cilvēkiem tas ir maksimālais akomodācijas atbildes apjoms, kad uz tīklenes fokusējas skaidrs attēls. (Plainis et al., 2014).

Akomodācijas amplitūda samazinās līdz ar vecumu (skat. 1.1.tab.). Tas rodas, jo lēca zaudē savu elastību, līdz ar to nepieciešams papildus plus lēcas lasīšanai (Heron et al., 1999).

1.1.tabula

Vidējā akomodācijas amplitūda noteiktās vecuma grupās (*Chattopadhyay & Seal, 1984*).

Vecums, gados	Acu skaits	Vidējā akomodācijas amplitūda (D)
6-10	26	14,5
11-15	75	10,6
16-20	82	8,4
21-25	84	8,1
26-30	68	6,3
31-35	60	4,5
36-40	106	3,3
41-45	126	2,4
46-50	92	1,7
51-55	44	1,3
56-60	18	1,3
61-65	20	0,8

Tiek izmantotas vairākas metodes, lai izmērītu akomodācijas amplitūdu, piemēram, *push up* metode un mīnus lēcu metode. *Moghaddam* un kolēģi (2014) salīdzināja abas metodes, kur pētījumā piedalījās 52 studenti vecumā no 21 līdz 25 gadiem. Viņi konstatēja, ka augstāki rezultāti tiek iegūti, izmantojot *push up* metodi, bet zemākie rezultāti – ar mīnus lēcu metodi (skat. 1.2.tab.).

1.2.tabula

Vidējā akomodācijas amplitūda, izmantojot dažādas novērtēšanas metodes (*Moghaddam et al., 2014*).

Techniques	PU	PD	MPU	ML
Mean±SD	11.21±1.85	10.92±1.69	10.99±1.02	9.31±1.61
95% CI	10.69-11.73	10.45-11.39	10.70-11.27	8.86-9.76

PU: Push-up, PD: Push-down, ML: Minus lens, MPU: Modified push-up,
CI: Confidence interval, SD: Standard deviation

Madokss aprakstīja vairākas vergences komponentes, kas labi attiecināmas arī uz akomodāciju: toniskā akomodācija, konvergences akomodācija, proksimālā akomodācija un reflektorā akomodācija, kuras visas kopā veido akomodācijas atbildi (*Madokss, minēts Heath, 1956*).

Toniskā akomodācija ir akomodācijas atpūtas stāvoklis jeb stāvoklis, kad nav neviena fiksācijas stimula. Toniskā akomodācijas diapazons ir no 0,50 D līdz 4,00 D, vidējā vērtība ir

apmēram 1,50 D pieaugušam cilvēkam (Schor, 1997). Pētījumā (Zadnik et al., 1999), kas veikts laika periodā no 1991. gada līdz 1994. gadam un kurā piedalījās bērni vecumā no 6 līdz 15 gadiem, no ievāktiem datiem par toniskās akomodācijas mērījumiem tika secināts, ka viszemākā toniskā akomodācija ir dalībniekiem ar miopiju ($1,02 \pm 1,18$ D), vidējie rezultāti ir emetropijas gadījumā ($1,92 \pm 1,59$ D), bet augstākie rādītāji ir dalībniekiem ar hipermetropiju ($2,25 \pm 1,78$ D). Mērījumi tika veikti izmantojot infrasarkanu staru autorefraktometru (Modelis R-I, Canon, Lake Success, NY). Tika atsevišķi salīdzināti arī toniskās akomodācijas rezultāti tukšā telpā un tumšā telpā (skat. 1.3.tab.). Tika secināts, ka tukšā telpā toniskā akomodācija ir augstāka nekā tumšā telpā.

1.3.tabula

Toniskās akomodācijas izmaiņas tukšā un tumšā telpā dažādās refrakcijas grupās (Zadnik et al., 1999).

Year	Refractive Error Group	Number of Subjects	Tonic Accommodation with Lit, Empty Field	Tonic Accommodation with Dark Field
1991	Myopes	71	1.05 ± 0.76	0.94 ± 0.83
	Emmetropes	568	2.13 ± 1.71	1.70 ± 1.50
	Hyperopes	75	2.26 ± 1.92	1.77 ± 1.83
1992	Myopes	78	1.20 ± 1.29	1.00 ± 1.40
	Emmetropes	605	2.13 ± 1.69	1.71 ± 1.58
	Hyperopes	83	2.40 ± 2.27	2.06 ± 2.09
1993	Myopes	69	1.10 ± 0.99	0.93 ± 1.06
	Emmetropes	618	2.15 ± 1.74	1.75 ± 1.61
	Hyperopes	84	2.21 ± 1.83	1.41 ± 1.55
1994	Myopes	60	0.79 ± 0.78	1.07 ± 1.43
	Emmetropes	644	1.92 ± 1.59	1.70 ± 1.63
	Hyperopes	86	2.46 ± 1.88	1.63 ± 1.63

Konverģentā akomodācija ir akomodācijas atbilde, kad tiek mainīta vergence. Lai izvērtētu akomodācijas ietekmi uz vergences izmaiņām, tiek izmantota akomodatīvās konverģences/akomodācijas (AK/A) attiecība. Visbiežāk AK/A attiecības novērtēšanai tiek pielietota gradienta metode, kurā heteroforija tuvumā tiek mērīta pēc tam, kad tiek izmainīta akomodācijas atbilde ar sfēriskām lēcām (parasti ar +1,00 D vai -1,00 D). Šis tests neņem vērā proksimālās akomodācijas un proksimālās vergences ietekmi akomodācijai (Millodot, 2015). Normālas akomodācijas un vergences sadarbības gadījumā AK/A attiecība ir no 3 līdz 5 (Motlagh & Geetha, 2021). Otrs rādītājs ir konverģentās akomodācijas/konverģences (KA/K) attiecība, kurā norāda, cik lielā mērā izmainās akomodācijas atbilde, ja tiek mainīta vergences atbilde. To novērtē, acu priekšā pieliekot prizmas. Ir konstatēts, ka KA/K attiecība ir 0,04 līdz 0,22 (akomodācijas atbilde dioptrijās pret prizmas stiprumu prizmatiskajās dioptrijās) (Hirani & Firth, 2009).

Proksimālā akomodācija sāk darboties, kad fiksācijas objekts tiek uztverts tuvāk. Madokss norādīja, ka “mērķa uztvertais tuvums varētu ietekmēt okulāro vergences atbildi”, līdz

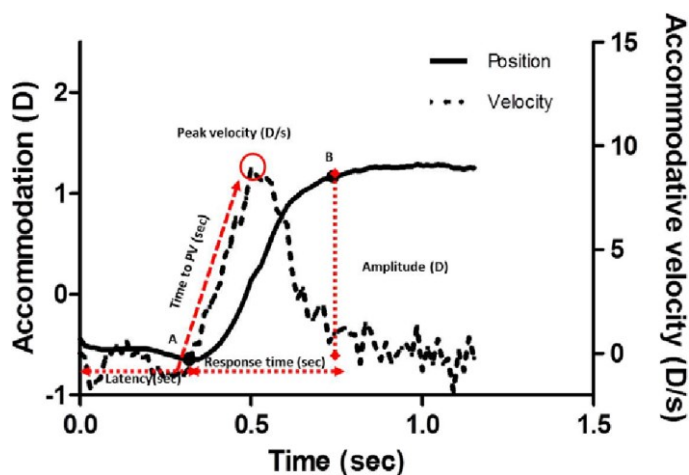
ar to arī akomodācijas atbilde var tikt ietekmēta (Schor, 1997). Jones (1993) norāda, ka ir pierādīts, ka pētījuma dalībnieka izpratne par fiksācijas mērķa tuvumu spēcīgi ietekmē akomodāciju, kad tiek attēloti citi papildu stimuli. Viņu mērķis bija noteikt proksimālo ietekmi uz akomodāciju normālos apstākļos. Tika secināts, ka papildus stimuli ir efektīvi proksimālās akomodācijas stimulēšanai.

Reflektorā akomodācija ir refraktīvā stāvokļa izmaiņa līdz pat pie 2,00 D apmiglojuma, lai saglabātu skaidru objekta attēlu uz tīklenes (Charman, 2008).

1.3. Akomodācijas atbildes raksturojošie parametri

Akomodācijas atbildes raksturojošie parametri ir:

- akomodācijas latence,
- akomodācijas amplitūda,
- akomodācijas atbildes ātrums,
- akomodācijas atbildes laiks,
- akomodācijas mikrofluktuācijas u.c.



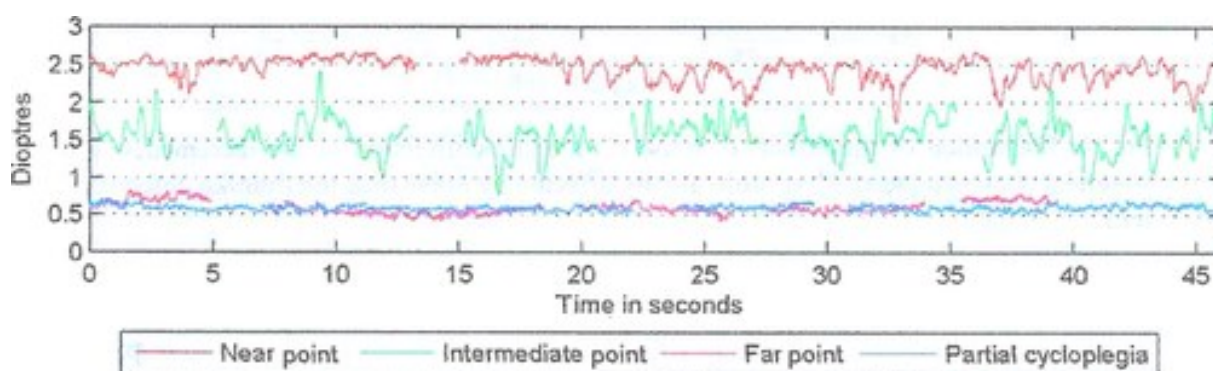
1.4.att. Akomodācijas atbildes amplitūdas un ātruma izmaiņas laikā (Labhishetty, 2014).

Viens no akomodācijas dinamiskajiem atbildes rādītājiem ir latence jeb laiks no stimula parādīšanās brīža līdz akomodācijas atbildes sākumam (skat. 1.4.att.). Akomodācijas latence ir apmēram 350-400 ms. Latence ir par 20 ms īsāka, mainot fiksāciju no tāliem uz tuviem stimuliem, nekā mainot fiksāciju no tuviem uz tāliem stimuliem (Schor, 1997). Latence ir atkarīga galvenokārt no stimula īpašībām, bet tā var būt arī atkarīga no jebkādām izmaiņām akomodācijā (Plainis et al., 2014).

Akomodācijas atbildes laiks ir apmēram no 400 līdz 1000 ms (Plainis et al., 2014). Pēc tam akomodācijai novēro stabilizēšanos (Schor, 1997).

Akomodācijas atbildes ātrums ir apmēram 5-10 D/s (*Schor, 1997*). *Kasthurirangan & Glasser (2006)* pētīja dinamisko akomodāciju parametru ietekmi uz vecumu un tika iegūts, ka akomodācijas atbildes ātrums, pieaugot vecumam, palielinās, skatoties no tāliem objektiem uz tuviem, bet skatoties no tuviem objektiem uz tāliem, akomodācijas atbildes ātrums palika nemainīgs.

Pat tad, kad akomodācija ir šķietami nostabilizējusies, akomodācijas atbilde nepārtraukti mainās. Šīs svārstības sauc par mikrofluktuācijām. Mikrofluktuāciju diapazons 40 cm attālumā parasti ir no 0,20 D līdz 0,50 D. Mikrofluktuāciju lielums mainās dažādos attālumos. 1.5. attēlā var redzēt mikrofluktuācijas dažādos attālumos – tuvā, vidējā un tālā attālumā. Tuvos attālumos mikrofluktuācijas sākumā ir mazas, taču, kad akomodācija ir atslābusi, apmēram pēc 20 s, mikrofluktuācijas palielinās. Tālumā šīs svārstības ir nelielas un svārstās ap 0,50 D, un vidējos attālumos mikrofluktuācijas palielinās no 1,00 D līdz pat 2,50 D (*Leahy et al., 2010* citēts *Charman & Heron, 2015*).



1.5. att. Mikrofluktuāciju izmaiņas dažādos attālumos (*Leahy et al., 2010* citēts *Charman & Heron, 2015*).

Mikrofluktuāciju svārstību frekvences iedala augstās un zemās frekvences komponentēs. Zemās frekvences ($\leq 0,6$ Hz) ir daļēji pakļautas nervu darbībai, bet augstās frekvences svārstības (aptuveni 1,0-2,5 Hz) ir saistītas ar tādiem faktoriem kā sirdsdarbība un elpošana (*Plainis et al., 2014*). *Charman un Heron (2015)* norādīja, ka mikrofluktuācijas ietekmē zīlītes diametra izmaiņas. Pētījumā zīlītes diametrs palielinājās par vismaz 2 mm pie zemām frekvences svārstībām (*Charman & Heron, 2015*). Mikrofluktuācijas mainās arī ar vecumu. *Mordi un Ciuffreda* (aprakstīts *Charman & Heron, 2015*) konstatēja, ka vecākiem cilvēkiem šīs svārstības samazinās. Tika apskatīts arī, vai mikrofluktuācijas mainās mezopiskos un fotopiskos apstākļos. Sistemātiskā pētījumā *Grey* un kolēģi (minēts *Charman & Heron, 2015*) izmantoja augsta kontrasta Maltas krusta stimulu. Tika noskaidrots, ka apgaismojuma

samazinājumam ir neliela ietekme uz augstas frekvences mikrofluktuācijām, taču samazinot apgaismojumu zem $0,1 \text{ cd m}^{-2}$, tas vairāk ietekmēja zemas frekvences mikrofluktuācijas.

1.4. Akomodācijas atbildes traucējumi

Akomodācijai ir būtiska loma, lai varētu darīt ikdienā nepieciešamos tuvuma darbus. Tāpēc, ja ir akomodācijas traucējumi, tas ietekmē redzi un pasliktina darba spējas.

Akomodācijas traucējumi ir:

1. akomodācijas paralīze;
2. akomodācijas nepietiekamība;
3. akomodācijas vājums;
4. akomodācijas inertums jeb kūtrums;
5. akomodācijas ekscess;
6. akomodācijas spazma.

Akomodācijas paralīze ir pilnīgs akomodācijas trūkums vienā vai abās acīs, ko izraisa vai nu organiski nervu sistēmas traucējumi, piemēram, infekcijas, traumas vai toksīni. Šis ir ļoti rets traucējums (*Montenare, 2018*).

Akomodācijas nepietiekamība ir gadījumā, kad akomodācijas atbilde ir zemāka nekā atbilstošā vecuma norma. Šiem pacientiem ir novērota akomodācijas samazinājums par 2,00 D vai vairāk attiecībā pret vecuma normu. Dažas no pazīmēm ir samazināts redzes asums tuvumā, samazināta akomodācijas amplitūda, zemas pozitīvās akomodācijas rezerves. Pacienti sūdzēsies pie tuvuma darbiem, par galvas un acu sāpēm, miglošanos. Ārstēšanā izraksta refrakcijas korekciju ar papildu nepieciešamo aditīvu, veic arī redzes vingrinājumus (*Takvi at al., 2016*).

Akomodācijas vājums ir nespēja nodrošināt ilglaicīgi nepieciešamo akomodācijas atbildes apjomu. Galvenokārt sūdzības ir pie tuvuma darbiem, var palasīt tikai neilgu laiku 5-20 min. Pēc tam parādās galvas un acu sāpes, miglaina redze tuvumā, lasīšanas problēmas, nogurums, miegainība. Ārstēšanā izraksta atbilstošo refrakcijas korekciju un redzes vingrinājumus (*Takvi at al., 2016*).

Akomodācijas inertums jeb kūtrums ir nespēja mainīt acs akomodāciju ar pietiekamu ātrumu un precizitāti, lai sasniegtu normālu akomodācijas darbību. Galvenā sūdzība ir grūtības mainīt fiksāciju starp tuvumu un tālumu. Pacienti sūdzas par miglainu redzi, fiksējot redzi no tuvuma uz tālumu un no tāluma uz tuvumu, kā arī novēro galvas un acu sāpes. Pacientiem ar akomodācijas inertumu izraksta atbilstošu refrakcijas korekciju un nozīmē redzes vingrinājumus (*Takvi at al., 2016*).

Akomodācijas ekscess ir novērojams, kad akomodācijas atbilde ir spēcīgāka nekā akomodācijas pieprasījums. Galvenie simptomi ir periodiska neskaidra redze gan tuvumā, gan tālumā, galvas un acu sāpes. Simptomi pastiprinās pie vāja apgaismojuma. Šis ir visbiežākais traucējums, ko novēro pēc ilgstoša tuvuma darba (arī strādājot ar viedajām ierīcēm). Akomodācijas ekscesa gadījumā-pacientiem izraksta atbilstošu refrakcijas korekciju un nozīmē redzes vingrinājumus (*Takvi at al., 2016*).

Akomodācijas spazma ir grūtības atlabināt akomodāciju. Šis stāvoklis izraisa redzes miglošanos tālumā, galvas sāpes un palielinātu acu jutību uz gaismu (*Montenare, 2018*). Ārstēšanā izmanto cikloplēģiskos līdzekļus, izraksta atbilstošu refrakcijas korekciju, nozīmē redzes vingrinājumus (*Vickers, 2013*).

1.5. Redzes vingrinājumi un akomodācija

Kā parādīts iepriekšējā nodaļā, lielākajai daļai akomodācijas traucējumu kā viens no papildu ārstēšanas veidiem ir redzes vingrinājumi. Šie vingrinājumi palīdz stiprināt acs muskuļus, uzlabo asins cirkulāciju un muskuļu tonusu, kā arī acu vingrinājumi ir veidoti tā, lai stimulētu smadzeņu redzes centrus un uzlabotu koncentrēšanās spējas, un mazinātu nogurumu strādājot pie tuvuma slodzes vai pie datora (*Seltman, 2020*).

Sākotnēji šos vingrinājumus ieviesa oftalmologs Dr. Viljams Horatio Beitss. Beitsa vingrinājumu mērķis bija mazināt sasprindzinājumu acīs un uzlabot asins cirkulāciju. Viņš noliedz, ka redzes problēmas ir ģenētiskas vai ar vecumu saistītas, un tāpēc tās ir nenovēršamas. Lai panāktu kādus uzlabojumus pamata atslēga ir mainīt ierastos ieradumus. Šie vingrinājumi ir pazīstami jau no 1920. gada (*Ramesh & Renuka, 2021*).

Redzes vingrinājumus var iedalīt terapeitiskos un profilaktiskos. Terapeitiskie jeb ārstnieciskie redzes vingrinājumi tiek pielāgoti katram pacientam atsevišķi atbilstoši konkrētam redzes traucējumam. Savukārt, profilaktiskie jeb relaksējošie redzes vingrinājumi (saukti arī par “acu jogu”) ir plašāk izmantojami bez specifiskas redzes speciālista konsultācijas un pielietojami, piemēram, redzes atpūtināšanai pēc ilgstoša tuvuma darba. Šie vingrinājumi ir, piemēram, skatīties uz augšu un uz leju, uz sāniem, skatīties diagonāli, rotēt acis vienā virzienā un otrā virzienā, skatīties uz tuvu esošu objektu un uz tālu esošu objektu (*Osborn, 2018*).

Relaksējošie redzes vingrinājumi var būt īpaši noderīgi cilvēkiem, kuri ikdienā ļoti daudz pavada laiku pie datora, lai samazinātu acu sasprindzinājumu un nogurumu, un vispārēji uzlabotu labsajūtu. Taču šajā gadījumā būtu nepieciešams ievērot arī pareizu darba režīmu un ergonomiku. Piemēram, veikt regulārus pārtraukumus darba laikā, kad acīm ļauj atpūsties, mainot skatu no tuvuma uz tālumu (piemēram, 20-20-20 likums, kur ik pēc 20 min strādājot pie datora, 20 s jāskatās 20 pēdu attālumā) (*Seltman, 2020*).

Bieži vien cilvēkiem rodas priekšstats, ka šo redzes vingrinājumu veikšanas rezultātā var samazināties arī acs refrakcija. Taču nav zinātnisku pamatojuma šādam apgalvojumam. Nav tādu pētījumu, kuri pierādītu, ka, veicot šos redzes vingrinājumus, tie palēninātu miopijas progresēšanu vai samazinātu jau esošu miopiju, uzlabotu redzi cilvēkiem ar hipermetropiju vai astigmātismu, uzlabotu redzi pie tādām acu slimībām kā makulas deģenerācija, glaukoma vai diabētiskās retinopātijas (Joshi & Retharekar, 2017).

Maxvell un kolēģi (2012) norāda, ka iepriekšējos pētījumos konstatēts, ka pētījuma dalībnieku akomodācijas atbildes ātrums un akomodācijas amplitūda palielinās, izmantojot tādus redzes treniņus kā *push up* uzdevums vai Broka virtene, kas ir no terapeitisko vingrinājumu grupas. Maxvell un kolēģi (2012) uzsver, ka neviens pētījums nav objektīvi novērtējis gan akomodāciju, gan akomodatīvās vergēnces izmaiņas pirms un pēc redzes treniņiem un ka vergencei varētu būt liela loma akomodācijas ātruma nodrošināšanai. Savā pētījumā Maxvell un kolēģi (2012) akomodāciju un akomodatīvo vergenci mērīja ar Purkinjē acu kustību pieraksta iekārtu un refraktometru pirms un pēc uzdevuma, kur izmantoja plus un mīnus lēcas (1,50-2,00 D) – lēcu fliperi. Lēcas tika nomainītas vienas vai abu acu priekšā, kad dalībnieks skatījās uz tālu vai tuvu fiksācijas mērķi. Tika rādīti 2 fiksācijas mērķi – viens augsta kontrasta Maltas krusts un otrs zema kontrasta smilšu pulksteņa formas mērķis. Autori norāda, ka viņu pieredze liecina, ka apstākļos, kad ir pieejami 2 fiksācijas mērķi, kur viens fiksācijas mērķis atšķiras no otra (neskaidrāks, miglaināks, atšķirīgos attālumos), akomodācija un akomodācijas vergence palielinās vienmērīgi un ātrums ir viens noteikts. Rezultātos tika demonstrēts, ka vidējais akomodācijas ātrums palielinās pēc redzes treniņiem. Procentuālais akomodatīvās vergēnces ātruma pieaugums bija lielāks par akomodācijas ātruma pieaugumu (Maxwell et al., 2012).

Allen un kolēģi (2010) pētījumā salīdzināja akomodācijas atbildi dalībniekiem ar emetropiju (9 dalībnieki vecumā no 20 līdz 25 gadiem, kuru refrakcija bija no 0,00 D līdz +0,50 D) un dalībniekus ar miopiju (9 dalībnieki vecumā no 20 līdz 23 gadiem, kuru refrakcija bija no -1,50 D līdz -9,50 D). Redzes asums visiem dalībniekiem (miopijas gadījumā – koriģētais) bija vismaz 1,2 (decimālās vienībās). Akomodācijas novērtēšanai tika izmantota *PowerRef* iekārta. Trīs dienas pēc kārtas tika veikts aktīvs uzdevums (5 min monokulāri ar labo aci, 5 min monokulāri ar kreiso aci un 5 min binokulāri) un piektajā dienā tika veikti atkārtoti mērījumi. Uzdevums šajā pētījumā bija ar $\pm 2,00$ D lēcu fliperi saskatīt skaidri tekstu 0,4 m attālumā, kamēr maina lēcas. Rezultāti pierādīja, ka objektīvā akomodācijas atbildes amplitūda pēc redzes treniņiem neuzrādīja statistiski nozīmīgi atšķirīgus rezultātus gan dalībniekiem ar emetropiju, gan dalībniekiem ar miopiju. Emetropijas gadījumā akomodācijas atbildes amplitūda pirms redzes treniņiem uz stimulu tālumā bija $0,90 \text{ D} \pm 0,72 \text{ D}$ un uz stimulu tuvumā

1,70 D \pm 1,54 D, bet pēc redzes treniņiem akomodācijas atbildes amplitūda attiecīgi bija 0,79 D \pm 0,84 D un 1,19 D \pm 1,23 D. Dalībniekiem ar miopiju akomodācijas atbildes amplitūda pirms redzes treniņa, skatoties uz stimulu tālumā bija 1,66 D \pm 0,73 D un uz stimulu tuvumā 2,31 D \pm 1,03 D. Pēc redzes treniņiem akomodācijas atbildes amplitūda bija attiecīgi 1,74 D \pm 1,07 D un 2,92 D \pm 1,38 D. Akomodācijas atbildes ātrums bija lielāks dalībniekiem ar emetropiju pirms redzes treniņiem, skatoties uz stimulu tuvumā (10,13 \pm 9,05 D/s). Pēc treniņiem atbildes ātrums samazinājās līdz 8,90 \pm 7,68 D/s. Tika konstatēts, ka negatīvais atbildes laiks (akomodācijas atslābšana) ir mazāks par pozitīvās atbildes laiku (akomodācijas saspringšana) pirms treniņiem.

Gupta & Aparna (2020) pētījumā vēlējās noskaidrot, vai “acu jogas” vingrinājumi varētu būt svarīgs līdzeklis acs noguruma un astenopisko sūdzību mazināšanai. Pētījumā piedalījās optometrijas koledžas studenti, kuriem koriģētais redzes asums bija 1,0 (decimālās vienībās) un kuriem, aizpildot anketu, tika konstatētas astenopiskās sūdzības un acu nogurums. Dalībnieki ar jebkādu patoloģiju vai augstu ametropiju ($\geq \pm 6,00$ D) tika izslēgti no pētījuma. Acu nogurumu noteica subjektīvi, izmantojot anketu, kurā pētījuma dalībnieki novērtēja acu noguruma līmeni. Tika secināts, ka pēc 6 nedēļu ilgas relaksējošo redzes vingrinājumu izpildes, samazinājās acu nogurums un astenopiskās sūdzības. Līdz ar to autori secināja, ka šie rezultāti apstiprina, ka “acu jogas” vingrinājumus var tikt izmantoti acu noguruma un astenopisko sūdzību mazināšanai. Līdzīgus rezultātus novēroja arī *Kim (2016)*, kur dalībniekiem samazinājās sūdzības 8 nedēļu laikā, veicot “acu jogas” vingrinājumus 2 reizes nedēļā pa vienai stundai. Galvenokārt šie pētījumi veikti, balstoties uz subjektīviem rezultātiem jeb dalībnieku aptaujām. Taču trūkst pētījumu, kas izvērtētu objektīvi kā mainās akomodācijas parametri relaksējošo redzes vingrinājumu ietekmē. Līdz ar to nepieciešami papildu pētījumi relaksējošo redzes vingrinājumu ietekmes izvērtēšanai.

2. METODE

2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās 19 dalībnieki vecumā no 20 līdz 40 gadiem. Dalībnieki tika sadalīti divās grupās. A grupa bija kontrolgrupa, kurā bija 6 dalībnieki, kuri neveica relaksējošos redzes vingrinājumus (vidējais vecums 21 ± 1 gads); B grupā bija 13 dalībnieki, kuri veica relaksējošos redzes vingrinājumus (vidējais vecums 27 ± 6 gadi), $p > 0,05$. Vidējais redzes asums tālumā A grupai bija $1,31 \pm 0,57$ (decimālās vienībās), bet B grupas dalībniekiem $0,83 \pm 0,65$ (decimālās vienībās), $p > 0,05$. Vidējais redzes asums tuvumā A grupas dalībniekiem bija $0,94 \pm 0,14$ (decimālās vienībās), bet B grupas dalībniekiem $0,95 \pm 0,15$ (decimālās vienībās), $p < 0,05$. Vidējā refrakcija A grupas dalībniekiem bija $0,5 \pm 0,79$ D, bet B grupas dalībniekiem $-1,07 \pm 1,26$ D, $p = 0,05$. Visi dalībnieki tika atlasīti pēc noteiktiem kritērijiem: vismaz 4 h strādā pie datora, ar astenopiskām sūdzībām, bez organiskiem acs priekšējo un mugurējo struktūru bojājumiem vai vispārējām slimībām. Dalībnieku atlasei tika izveidota speciāla anketa, kurā tika iekļauti visi minētie atlases kritēriji (skat. 1.pielikumu).

Visiem dalībniekiem tika veikta pilna redzes un redzes funkciju pārbaude, ko veica kvalificēts optometrists, pēc noteikta izmeklēšanas protokola (skat. 2.pielikumu):

- nekoriģētais redzes asums tuvumā un tālumā,
- objektīvā un subjektīvā refrakcija,
- binokulārās funkcijas tālumā un tuvumā (forijas novērtējums (Madoksa tests), AK/A attiecība (gradientu un aprēķinu), pozitīvās un negatīvās fūzijas rezerves (prizmu lineāls), konverģences tuvuma un atjaunošanās punkts (push-up metode), acu kustības novērtējums, redzes raksturs (Vorsa tests un Titmus tests) un stereoredze (Ostenberga tests un Titmus tests)),
- tuvuma redzes asums ar tāluma korekciju un akomodācijas funkciju novērtējums (akomodācijas amplitūda (monokulāri katrai acij, push-up metode, stimuluss atbilst redzes asumam 0,8 decimālās vienībās), pozitīvās un negatīvās akomodācijas rezerves (binokulāri, stimuluss atbilst redzes asumam 0,8 decimālās vienībās), binokulārais un monokulārais akomodācijas vieglums ($\pm 2,00$ D fliperis, stimuluss atbilst redzes asumam 0,8 decimālās vienībās), dinamiskā retinoskopija (retinoskopas, MEM metode)),
- sakādes un sekošanas kustības,
- priekšējās un mugurējās acs struktūras.

Pētījumā tika iekļauti dalībnieki, kuriem nekorigētais redzes asums tuvumā bija vismaz 0,5 (decimālās vienības), lai dalībniekam būtu iespējams labi saskatīt tuvuma stimulu akomodācijasmērījuma laikā, kas tika veikts bezkorekcijas. Kopā visiem dalībniekiem vidējais sfēriskais ekvivalents labai acij bija $-1,46 \pm 2,41$ D un kreisai acij bija $-1,57 \pm 2,5$ D.

Bakalaura darba izstrāde tika veikta saskaņā ar Helsinku deklarācijas prasībām. Pētījums tika saskaņots Latvijas Universitātes Dzīvības un medicīnas zinātņu pētījumu ētikas komitejā. Visiem dalībniekiem tika sniegta informācija par pētījuma mērķi un tā norisi, un visi dalībnieki parakstīja rakstisku piekrišanu par dalību pētījumā. Bakalaura darbs tika izstrādāts Līgum pētījumā par profilaktiskās acu muskulatūras vingrināšanas, nostiprināšanas ierīces pielietojamības metodoloģijas izstrādi ERAF projekta “Jaunas profilaktiskas acu muskulatūras vingrināšanas un nostiprināšanas ierīces EYE ROLL un tās pielietojamības metodoloģijas izstrāde un izpēte” ietvaros.

2.2. Iekārta un stimuli

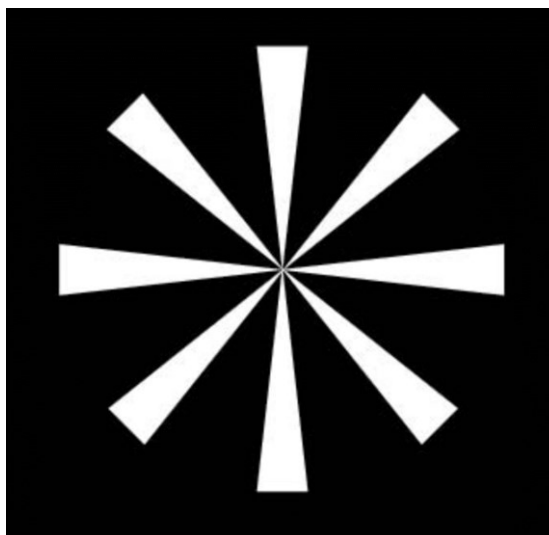
Objektīvie akomodācijas mērījumi tika iegūti, izmantojot fotorefraktometrijas iekārtu *PowerRef 3* (skat. 2.1.att.). Šī ierīce binokulāri ar 50 Hz frekvenci nomēra refrakcijas izmaiņas diapazonā no $-7,00$ D līdz $+5,00$ D ar soli $0,01$ D. Ierīce reģistrē arī zīlītes diametru intervālā $4,0$ - $8,0$ mm ar soli $0,01$ mm. Katrs mērījums tiek veikts ik pēc $0,02$ s. Kopējā optiskā ceļa attālums bija 1 m, pielietojot dubulto spoguļu sistēmu (kameru attālums no dalībnieka acīm 75 cm) (*Plusoptix Inc*, 2019).

Veicot mērījumus, visi dati tiek saglabāti USB atmiņas kartē.



2.1.att. Ekscentriskais fotorefraktometrs *PowerRef 3* (*Plusoptix Inc*, 2019).

Kā stimuls tālumā tika izmantots Maltas krusts (skat. 2.2.att.), kura leņķiskais izmērs bija 3° , kas tiek izmantots arī citos pētījumos tieši kā tāluma stimuls (*Maxvell et al.*, 2012; *Hirota et al.*, 2020). Tā attālums no dalībnieka bija $6,56$ m.



2.2.att. Maltas krusts.

Tuvumā (40 cm attālumā no pacienta) tika rādīts burtu 10x10 kvadrāts, kur burtu izmērs atbilda redzes asūmam 0,4 (decimālās vienībās) (skat. 2.3. att.), kas ļauj brīvi saskatīt tuvuma stimulu, bet vēl joprojām nodarbina akomodāciju.

S	W	P	Q	E	C	I	G	M	N
N	A	M	D	T	P	Z	Q	N	Q
E	S	P	Z	K	F	F	B	K	B
T	Y	W	Y	I	P	P	L	O	D
I	Q	S	W	S	X	Q	Y	M	R
S	B	Z	V	S	R	M	J	P	X
Z	Y	M	K	S	W	W	B	Q	A
A	B	K	O	U	U	V	R	R	W
O	M	M	D	B	Y	J	K	C	W
V	K	A	F	E	Y	V	R	Y	J

2.3.att. 10x10 burtu kvadrāts kā fiksācijas objekts tuvumā.

Eksperimenta laikā tika izmantots arī pieres un zoda balsts, lai izvairītos no liekām galvas kustībām (skat. 2.4.att.).



2.4.att. Eksperimenta vieta un stimulu novietojums tā laikā.

2.3. Pētījuma gaita

Lai sasniegtu darba mērķi, tiks veikts longitudināls pētījums, kur acs akomodācija tika novērtēta pirms un 1 mēnesi pēc relaksējošo redzes vingrinājumu veikšanas. Ja dalībnieks atbilda atlases kritērijiem, dalībnieks aizpildīja anketu (skat. 3.pielikumu). Tad dalībnieks tika uzaicināts uz pirmo mērījumu veikšanu.

Pēc pilnās redzes pārbaudes, dalībniekam tika novērtēta akomodācija ar *PowerRef 3* iekārtu. Mērījumi tika veikti krēslas apstākļos, lai nodrošinātu pietiekamu zīlītes izmēru, atbilstoši *PowerRef 3* iekārtas prasībām. Telpas apgaismojums tika saglabāts konstants visa mērījuma laikā, kā arī visiem pētījuma dalībniekiem: $16,47 \pm 0,45$ lx (nomērīts ar Illuminance meter T-10). Pirms mērījuma veikšanas dalībniekam tika izstāstīts, kā tiks veikts mērījums. Veicot objektīvos akomodācijas mērījumus, dalībniekam bija nepieciešams skatīties 5 reizes tālumā un 5 reizes tuvumā. Skatīšanās laiks gan tālumā, gan tuvumā bija 10 s. Tika izmantota aplikācija *Interval timer*, kas kontrolēja laiku, proti, ik pēc 10 s atskanēja signāls un pēc katra signāla pētījuma dalībniekam bija nepieciešams mainīt fiksāciju no tāluma uz tuvumu vai otrādi. Lai mazāk būtu mirkšķināšanas datu tieši fiksācijas laikā, dalībniekam tika lūgts mirkšķināt pēc iespējas tikai tajā brīdī, kad tika mainīta fiksācija no tāluma uz tuvumu vai otrādi. Taču, ja dalībniekam vajadzēja nomirkšķināt ātrāk, to varēja darīt.

Pēc mērījumiem tika iedota informācija par relaksējošiem redzes vingrinājumiem un par pareizu redzes ergonomiku (skat. 4.pielikumu). Relaksējošie redzes vingrinājumi tika rekomendēti 6 reizes dienā pa 5 min 5 reizes nedēļā jeb 30 min dienā (dalībnieks pats varēja sadalīt šo laiku kā ērtāk). Lai kontrolētu, vai dalībnieks tiešām pilda un cik bieži veic šos

relaksējošos redzes vingrinājumus, tika iedota tabula, kurā dalībniekiem bija jāatzīmē, cik bieži tiek veikti relaksējošie redzes vingrinājumi, par miega režīmu un par viedierīču lietošanu (skat. 5.pielikumu un 6.pielikumu).

Pēc 1 mēneša visi dalībnieki tika uzaicināti uz atkārtotu mērījumu veikšanu: pilno redzes pārbaudi un objektīviem akomodācijas mērījumiem. Papildu visi dalībnieki aizpildīja anketu, kurā tika ievākta informācija par sūdzībām (skat. 7.pielikumu un 8.pielikumu).

Gan pirms, gan pēc 1 mēneša kopējais mērījumu veikšanas laiks (gan pilnā redzes pārbaude, gan objektīvie akomodācijas mērījumi) kopā ar atpūtas pauzēm aizņēma apmēram 1 stundu vienam dalībniekam.

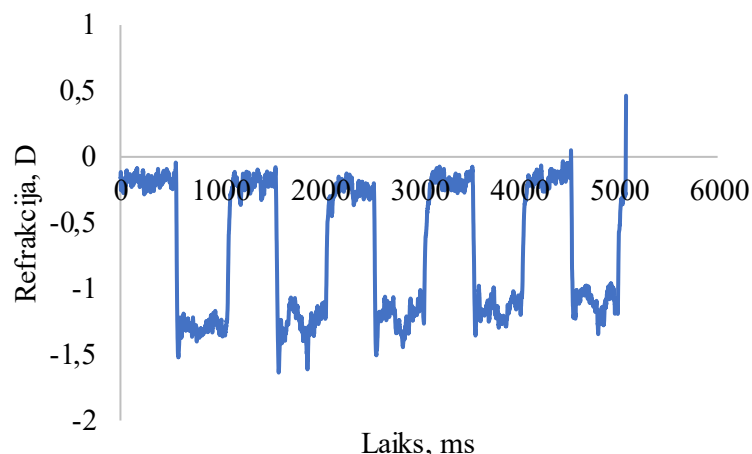
2.4. Datu analīze

Visu dalībnieku refrakcijas mērījumu rezultāti tika saglabāti USB atmiņas kartē Exel formātā. Pirms datu apstrādes, tika izdzēsti mirkšķināšanas dati. Ja kolonnā *PupilFound* tika iegūta vērtība 0, tas norāda, ka acis bijušas aizvērtas un kolonnā *GetAverageRefraction* tika iekopēta pēdējā vērtība, kāda bija pie *PupilFound* 1 vērtības laikā (Panke, 2020). Ja kolonnā *PupilFound* tika iegūta vērtība 1, tad iegūtie refrakcijas novērtējuma dati bija izmantojami (skat. 2.5.att.).

<i>Time</i> [ms]	<i>PupilFound</i> (L)	<i>PupilDiameter</i> MM(L)	<i>GetAverage</i> <i>Refraction</i> (L)
7100	1	5,73435	0,06061
7120	1	5,73435	0,06464
7140	1	5,73435	0,07698
7160	1	5,73435	0,07653
7180	1	5,39665	0,06669
7200	0	0	0,06669
7220	0	0	0,06669
7240	0	0	0,06669
7260	0	0	0,06669
7280	1	5,28539	0,07967
7300	1	5,50987	0,07959
7320	1	5,73435	0,08739
7340	1	5,73435	0,08085
7360	1	5,73435	0,06667
7380	1	5,73435	0,05464

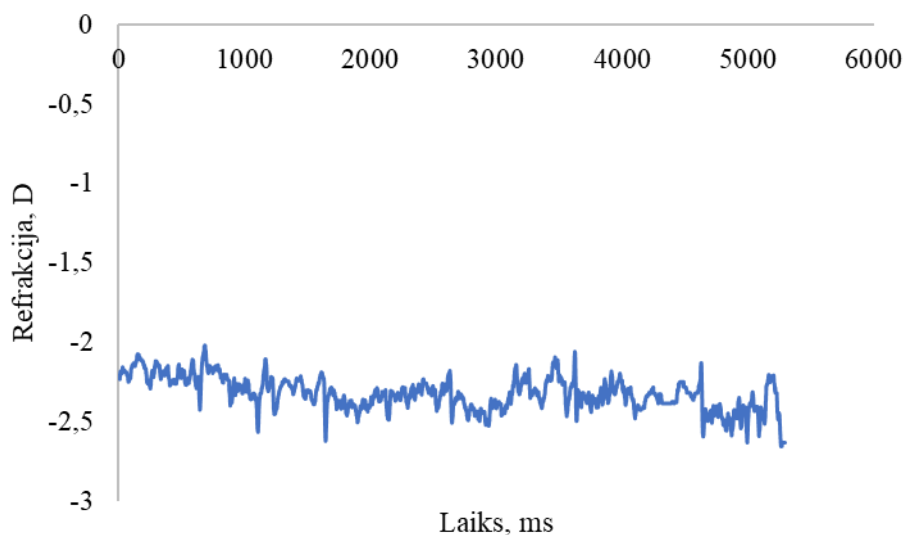
2.5.att. Datu fragments, kur redzami mirkšķināšanas dati kolonna *PupilFound* (L), kas iezīmēti ar sarkano krāsu (Panke, 2020).

Lai atlasītu tuvuma un tāluma refrakcijas rezultātus, tika izveidoti grafiki ar dalībnieka refrakcijas vidējiem rezultātiem (skat. 2.6.att.).



2.6.att. Refrakcijas izmaiņu pieraksta piemērs 1 dalībniekam, mainot fiksāciju no tālumā uz tuvumu un otrādi (lielākās vērtības ir skatoties tālumā, mazākās vērtības – skatoties tuvumā).

No tālākās analīzes tika izslēgti dalībnieki, kuru refrakcijas pieraksts nebija izmantojams, jo no grafikiem nevarēja noteikt, kad dalībnieks skatījās tālumā un kad tuvumā (skat. 2.7.att). Kopā kā nederīgi tika atzīti 7 dalībnieku dati.



2.7.att. Refrakcijas pieraksta piemērs 1 dalībniekam, kura dati tika atzīti kā nederīgi, jo no refrakcijas pieraksta nevar noteikt, kad dalībnieks skatās tālumā un kad tuvumā.

No grafikiem tika atlasīti diapazoni, kuros dalībnieks skatījās tālumā un tuvumā. Lai izvairītos no datiem, kas ir refrakcijas izmaiņu sākumā un beigās, kad novēro refrakcijas izmaiņas, mainot skatīšanās attālumus, netika ņemtas refrakcijas vērtības pirmajā un pēdējā sekundē, kad dalībnieks skatījās tālumā vai tuvumā. Tika izdzēstas, skatoties tuvumā un tālumā, pirmās 50 vērtības un pēdējās 50 vērtības. Kopējais skatīšanās laiks, kas tika analizēts, bija 8 s.

Tika aprēķinātas refrakcijas vērtības, skatoties tālumā un skatoties tuvumā katrai acij atsevišķi, katrā no 5 mērījumiem.

Lai aprēķinātu akomodācijas atbildi, tika izmantota formula, kuru *Panke* (2020) aprakstīja savā promocijas darbā:

$$\text{NPR} = \text{PR} - \text{PPR},$$

kur NPR ir objektīvā akomodācijas atbilde (D), PR ir objektīvā refrakcija, skatoties tuvumā (D), un PPR ir objektīvā refrakcija, skatoties tālumā (D). Tika aprēķinātas 5 objektīvās akomodācijas atbildes vērtības un no tām iegūta vidējā vērtība un standartnovirze. Akomodācijas atbilde sanāca ar negatīvu vērtību, jo, skatoties tuvumā acs akomodācija palielinās un acs kopējā refrakcija arī palielinās līdz ar to novirzoties uz miopiskākas refrakcijas pusi (*Panke*, 2020), taču turpmākā datu analīzē un apstrādē tika izmantota akomodācijas atbildes absolūtā vērtība.

Lai analizētu mikrofluktuācijas, tika aprēķinātas vidējās kvadrātiskās vērtības jeb RMS, kas ir vienādas ar standartnovirzi (*Menozzi*, 2011). Lai iegūtu šīs vērtības, tika izmantota formula:

$$\text{Akomodācijas mikrofluktuācijas} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2},$$

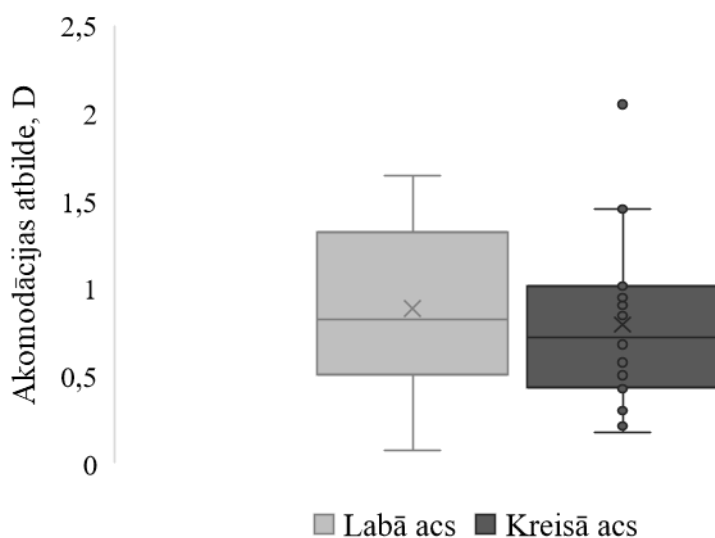
kur n – refrakcijas vērtību punktu skaits, x_i – katrs individuālais ar *PowerRef 3* iegūtais refrakcijas vērtības punkts (D), \bar{x} – vidējā ar *PowerRef 3* iegūtā refrakcijas vērtība (*Panke*, 2020).

Datu analīzei tika izmantota R studio programma. Ja dati bija vairāk kā desmit, tika izmantots parametriskais tests - t-tests, lai novērtētu akomodācijas atbildi un mikrofluktuācijas pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem un klīniskos akomodācijas mērījumus, bet, ja dati bija mazāk par desmit, tika izmantots neparametriskais Vilksona zīmju ranžējuma tests, lai novērtētu atšķirības objektīvajos akomodācijas mērījumos pirms un 1 mēnesi pēc relaksējošo redzes vingrinājumu veikšanas.

3. REZULTĀTI

3.1. Akomodācijas atbilde pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem

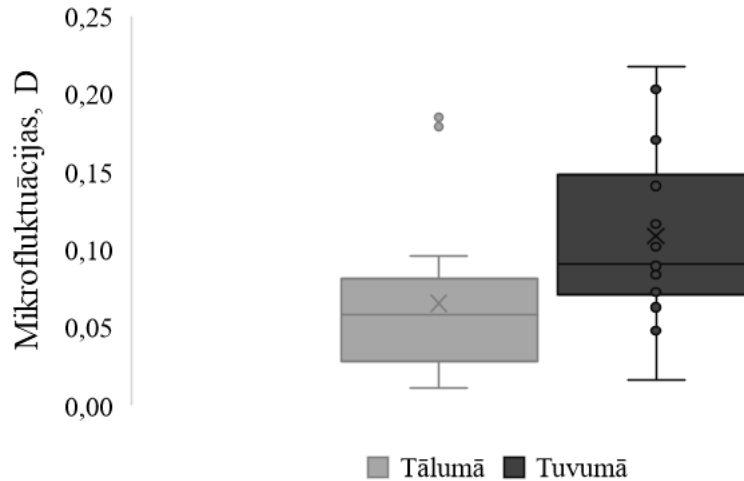
Tika salīdzinātas labās un kreisās acs akomodācijas atbilde starp tālumumu un tuvumu pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem 19 dalībniekiem (skat. 3.1.att.). Labai acij vidējā akomodācijas atbilde bija $0,88 \pm 0,50$ D, bet kreisai acij $0,69 \pm 0,63$ D. Pāra t-tests uzrādīja, ka nav būtiskas atšķirības starp labās un kreisās acs rezultātiem ($p = 0,30$). Līdz ar to turpmākai analīzei tiks izmantota abu acu vidējā akomodācijas atbilde ($0,78 \pm 0,57$ D).



3.1.att. Labās un kreisās acs akomodācijas atbildes salīdzinājums pirmajā vizītē.

3.2. Akomodācijas mikrofluktuācijas pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem

Pāra t-tests neuzrādīja būtiskas atšķirības starp labās acs un kreisās acs mikrofluktuācijām gan tuvumā ($p = 0,78$), gan tālumā ($p = 0,74$), tāpēc tika analizētas abu acu vidējās vērtības. Vidēji mikrofluktuācijas tuvumā bija $0,11 \pm 0,06$ D, bet, skatoties tālumā, vidēji tās bija $0,07 \pm 0,05$ D (skat. 3.2.att.). Salīdzinot mikrofluktuācijas tālumā un tuvumā pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem, novēroja, ka mikrofluktuācijas tālumā ir mazākas par mikrofluktuācijām tuvumā ($p = 0,03$).



3.2.att. Akomodācijas mikrofluktuācijas, skatoties tālumā un tuvumā, pirmajā vizītē.

3.3. Klīniskie akomodācijas mērījumi

Nenovēroja būtiskas izmaiņas klīniskajos akomodācijas mērījumos ne A grupā (6 dalībnieki), ne B grupā (6 dalībnieki) (skat. 3.1.tab.).

3.1.tabula

Vidējie klīniskie akomodācijas mērījumi.

		Vidējais ± SD (pirms)	Vidējais ± SD (pēc)	P vērtība
A grupa	AA (binokulāri)	10,94 ± 1,32 D	11,14 ± 2,11 D	p = 0,84
	AA (labā acs)	10,23 ± 1,33 D	10,27 ± 2,06	p = 0,95
	AA (kreisā acs)	11,75 ± 2,67 D	11,52 ± 3,31 D	p = 0,64
	PAR	-5,17 ± 1,27 D	-5,08 ± 1,76 D	p = 0,93
	NAR	2,17 ± 0,72 D	2,75 ± 0,63 D	p = 0,17
	AV (binokulāri)	7 ± 7 cikli/min	7 ± 9 cikli/min	p = 0,83
	DR (labā acs)	+0,58 ± 0,20 D	+0,45 ± 0,29 D	p = 0,41
	DR (kreisā acs)	+0,67 ± 0,30 D	+0,54 ± 0,19 D	p = 0,41
B grupa	AA (binokulāri)	11,76 ± 2,84 D	11,77 ± 4,47 D	p = 0,99
	AA (labā acs)	10,90 ± 1,79 D	10,70 ± 3,51 D	p = 0,81

AA (kreisā acs)	11,85 ± 2,54 D	11,21 ± 3,58 D	p = 0,51
PAR	-3,22 ± 1,26 D	-4,16 ± 1,36 D	p = 0,17
NAR	2,53 ± 0,36 D	2,44 ± 0,48 D	p = 0,67
AV (binokulāri)	5 ± 5 cikli/min	10 ± 4 cikli/min	p = 0,31
DR (labā acs)	+0,69 ± 0,50 D	+0,5 ± 0,20 D	p = 0,23
DR (kreisā acs)	+0,75 ± 0,48 D	+0,58 ± 0,20 D	p = 0,15

AA – akomodācijas amplitūda; PAR – pozitīvās akomodācijas rezerves; NAR – negatīvās akomodācijas rezerves; AV – akomodācijas vieglums; DR – dinamiskā retinoskopija

Lai noteiktu, kāda ir akomodācijas amplitūdas vēlamā norma, to iespējams aprēķināt, izmantojot Hofstetera formulu: $AA(\min) = 15 - (0,25 \times \text{vecums(gados)})$ (Kassaliete & Švede, 2012). Pirms, AA binokulāri, normas minimālo vērtību nesasniedza 1 dalībnieks no A grupas un 1 dalībnieks no B grupas, ar labo aci 2 no A grupas un 3 no B grupas, bet ar kreiso aci 1 dalībnieks no A grupas un viens dalībnieks no B grupas. Pēc 1 mēneša, AA binokulāri, normas minimālo vērtību nesasniedza 1 dalībnieks no A grupas un 3 dalībnieki no B grupas, ar labo aci 1 dalībnieks no A grupas un 3 dalībnieki no B grupas, ar kreiso aci 1 no A grupas un 2 no B grupas.

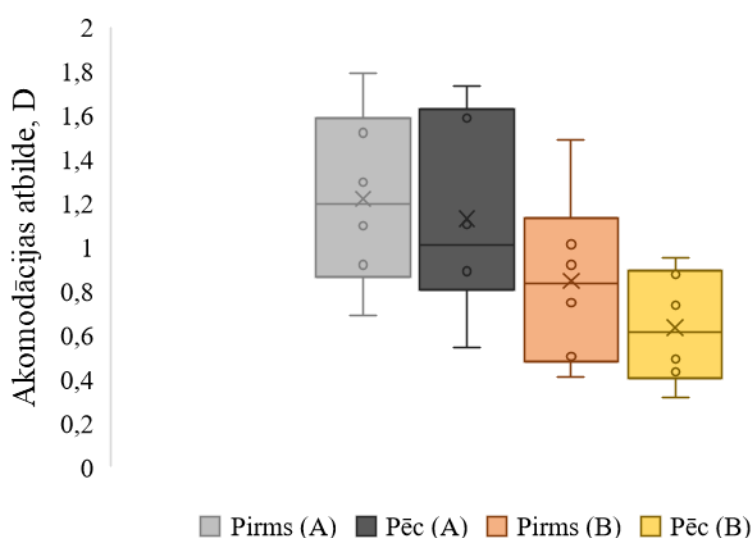
Relatīvās negatīvās akomodācijas norma ir $2,00 \pm 0,50$ D un pozitīvās akomodācijas norma ir $-2,00 \pm 0,50$ D (Kassaliete un Švede, 2012). Zemākas par šīm vērtībām varētu norādīt uz kādām no akomodācijas atbildes traucējumiem (piemēram, zemas gan PAR, gan NAR vērtības var norādīt uz akomodācijas paralīzi, akomodācijas kūtrumu vai akomodācijas spazmu) (Kassaliete un Švede, 2012). 1 dalībniekam no A grupas relatīvā negatīvā akomodācija bija mazāka par normas vērtību un 1 dalībniekam no B grupas relatīvā pozitīvā akomodācija bija mazāka par normas vērtību.

Akomodācijas viegluma binokulāri normālā vērtība ir 10 ± 5 cikli/min (Kassaliete un Švede, 2012). Rezultāti parāda, ka dalībniekiem vidēji akomodācijas vieglums ir mazāks nekā norma. 3 dalībniekiem no A grupas un 2 dalībniekiem no B grupas akomodācijas vieglums binokulāri bija mazāks par normas vērtību.

Dinamiskās retinoskopijas normas vērtība ir $0,50 \pm 0,25$ D (Kassaliete un Švede, 2012). Netika novērotas atšķirības pirms un pēc 1 mēneša dalībniekiem.

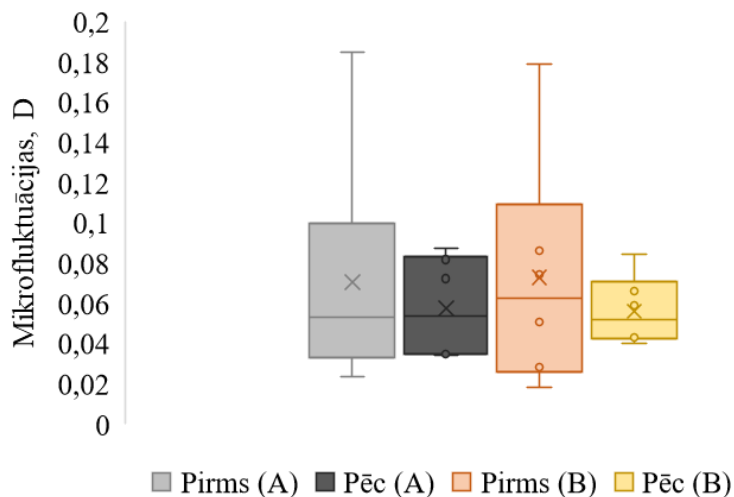
3.4. Objektīvie akomodācijas mērījumi pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem

Novērtējot dalībnieku rezultātus, tika iespējams analizēt 6 A grupas dalībnieku rezultātus un 6 no 13 B grupas dalībnieku rezultātus (skat. 3.3.att.). Statistiskā analizē tika izmantots neparametriskais tests – Vilkoksona zīmju ranžēšanas tests, jo dalībnieku bija maz, un tas tiek pielietots atkarīgu izlašu salīdzināšanai. Salīdzinot iegūto objektīvo akomodācijas atbildi pirms un pēc 1 mēneša, tika iegūtas statistiski nenozīmīgas atšķirības A grupas dalībnieku rezultātiem ($p = 0,82$). B grupas dalībnieku rezultāti bija statistiski nozīmīgi atšķirīgi ($p = 0,03$). Objektīvā akomodācijas atbilde samazinājās pēc 1 mēneša, kad veikti relaksējošie redzes vingrinājumi.



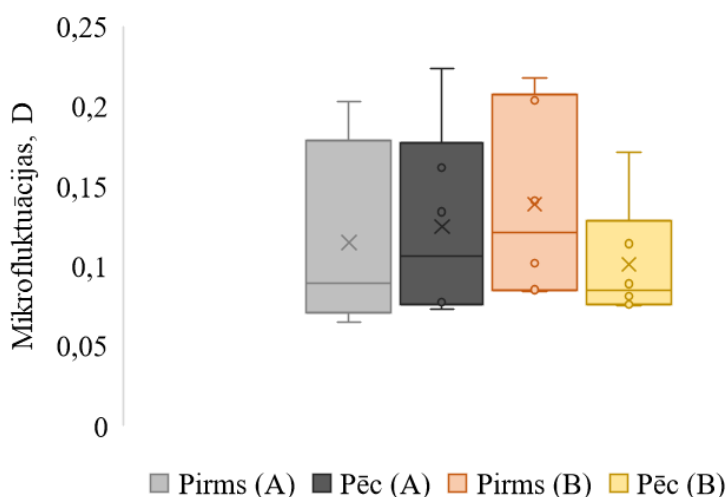
3.3.att. Akomodācijas atbilde A un B grupas dalībniekiem pirms un pēc 1 mēneša.

Mikrofluktuācijas tālumā statistiski neuzrādīja būtiskas atšķirības (skat. 3.4.att.) – gan A grupas dalībniekiem ($p = 1,00$), gan B grupas dalībniekiem ($p = 0,84$).



3.4.att. Mikrofluktuācijas tūlumā A un B grupas dalībniekiem pirms un pēc 1 mēneša.

Statistiskas nozīmīgas atšķirības neuzrādīja arī mikrofluktuācijas tuvumā – A grupas dalībniekiem ($p = 0,69$), B grupas dalībniekiem ($p = 0,09$) (skat. 3.5.att.).



3.5.att. Mikrofluktuācijas tuvumā A un B grupas dalībniekiem pirms un pēc 1 mēneša.

Tika apskatītas arī dalībnieku subjektīvās atbildes (skat. 3.2.tab.). Dalībniekiem anketā bija jānorāda cik bieži tiek izjūta katra no šīm sūdzībām: acu nogurums; acu sāpes; acu sausums; redzes diskomforts (miglaina, neskaidra redze pēc darba pie datora); grūtības fokusēties (pārnest skatienu no tāluma uz tuvumu); apsārtušas acis; acu asarošana. Tika izveidota skala, kur 0 – sūdzība nav izjūta; 1 – sūdzība izjūta reti (dažas reizes mēnesī); 2 – sūdzība izjūta bieži (vairākas reizes nedēļā); 3 – sūdzība izjūta ļoti bieži (katru dienu) un tika aprēķināts vidējais rezultāts. A grupas dalībniekiem pieauga tādas sūdzības kā acu nogurums, redzes diskomforts (miglaina, neskaidra redze pēc darba pie datora), grūtības fokusēties

(pārnest skatienu no tāluma uz tuvumu), bet samazinājās sūdzības par acu sausumu. B grupas dalībniekiem samazinājās tādas sūdzības kā acu sāpes, acu sausums.

3.2.tabula

Dalībnieku subjektīvo sūdzību rezultāti.

	A grupa		B grupa	
	Pirms	Pēc	Pirms	Pēc
Acu nogurums	1,72 ± 1,08	2 ± 0,63*	1,72 ± 1,08	1,17 ± 0,75
Acu sāpes	0,81 ± 0,82	0,83 ± 0,98	0,81 ± 0,82	0,25 ± 0,5*
Acu sausums	1,66 ± 0,90	1 ± 0,00*	1,66 ± 0,90	1,5 ± 1,05*
Redzes diskomforts (miglaina, neskaidra redze pēc darba pie datora)	1,19 ± 1,15	1,67 ± 0,82*	1,19 ± 1,15	0,83 ± 1,17
Grūtības fokusēties (pārnest skatienu no tāluma uz tuvumu)	0,84 ± 0,84	1 ± 0,89*	0,84 ± 0,84	0,33 ± 0,52
Apsārtušas acis	1,13 ± 1,07	0,83 ± 0,98	1,13 ± 1,07	1,17 ± 0,98
Acu asarošana	0,94 ± 0,84	1 ± 0,00	0,94 ± 0,84	0,83 ± 1,17

*p<0,05

4. DISKUSIJA

Pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem novēroja, ka nemainās klīnisko mērījumu parametri, bet novēro subjektīvo sūdzību samazināšanos un akomodācijas atbildes samazināšanos. A grupa kalpoja kā salīdzināšanas grupa, kur redz, ka, neveicot relaksējošos redzes vingrinājumus, nenovēro izmaiņas objektīvos akomodācijas parametros, bet kā arī dažas sūdzības pat palielinās pēc 1 mēneša.

B grupā pirms redzes treniņiem akomodācijas atbilde bija $0,84 \pm 0,39$ D, bet pēc relaksējošiem redzes treniņiem akomodācijas atbilde samazinājās līdz $0,63 \pm 0,26$ D. *Allen* un kolēģi (2010) savā pētījumā salīdzināja objektīvos akomodācijas atbildes amplitūdas mērījumus pirms un pēc redzes treniņiem dalībniekiem ar emetropiju un dalībniekiem ar miopiju. Viņi novēroja, ka akomodācijas atbilde bija lielāka dalībniekiem ar miopiju nekā dalībniekiem ar emetropiju. Visiem dalībniekiem bija 3 dienas pēc kārtas jāveic fliperu uzdevums (5 min monokulāri ar labo aci, 5 min monokulāri ar kreiso aci un 5 min binokulāri ar abām acīm) un 5 dienā tika atkārtoti veikti mērījumi. Statistiski netika iegūti nozīmīgi atšķirīgi rezultāti pēc akomodācijas treniņiem ar fliperi (t-tests, $p > 0,2$).

Bakalaura darbā iegūtā objektīvā akomodācijas atbilde abām acīm pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem bija zemāka par akomodācijas pieprasījumu. Ņemot vērā, ka akomodācijas pieprasījums 40 cm attālumā ir 2,50 D, taču 6,56 m attālumā ir 0,15 D, tad akomodācijas atbildei būtu nepieciešams būt 2,35 D. Abu acu vidējā akomodācijas atbilde bija $0,78 \pm 0,57$ D visā dalībnieku grupā (19 dalībnieki). Tiek iegūts, ka akomodācijas atpalikšana ir 1,57 D. Dalībnieku refrakcija bija vairāk miopijas pusi vērsta. Tāluma stimula izmērs bija 0,1 (decimālās vienībās). Iespējams tika novērota miopiskā defokusa zona, kad dalībnieks nevarēja saskatīt vai nefiksēja skatienu uz šo tāluma stimulu – maltas krustu un tādējādi novēroja akomodācijas atbildes samazināšanos. Eksperimenta laikā, viens dalībnieks teica, ka īsti neredz šo maltas krustu.

Hirota un kolēģi (2020) objektīvi mērīja akomodācijas atbildi, dalībniekam skatoties uz stimulu tuvumā (0,5 m) un tālumā (5 m). Tika ņemta vērā tikai dominantā acs, nedominējošā acs tika aizklāta. Pētījumā piedalījās 34 dalībnieki (35-48 gadi). Objektīvā akomodācija tika mērīta, izmantojot BWFA (binokulārais Hartmaņa-Šaka viļņu frontes aberometrs) ar 840 nm infrasarkanā gaismu. BWFA tika aprīkota ar acu novērošanas sistēmu, ko izmantoja zīlītes un radzenes refleksa noteikšanai. Objektīvi akomodācijas atbildes amplitūda bija $0,97 \pm 0,32$ D. Fiksācijas mērķis gan tālumā, gan tuvumā bija zvaigznītes formas stimuls, kas bija ļoti līdzīgs maltas krustam. Gan tālumā, gan tuvumā fiksācijas stimula izmērs bija 0,1 decimālās vienībās (8,73 mm tuvumā un 87,3 mm tālumā).

Salīdzinot ar bakalaura darbā iegūtajiem rezultātiem, kur tika salīdzināta akomodācijas atbilde starp labo un kreiso aci pirms relaksējošiem redzes vingrinājumiem, tika iegūta mazāka akomodācijas atbilde nekā *Hirota* un kolēģi (2020) ieguva savā pētījumā. Rezultāti varēja atšķirties, jo šajā gadījumā tika izmantota abu acu vidējā vērtība un 2 dalībniekiem akomodācijas atbilde starp labo aci un kreiso aci ļoti atšķīrās, līdz ar to vidēji tika iegūta mazāka vērtība nekā, ja būtu, piemēram, ņemtas vienas acs rezultāti ar lielāko akomodācijas atbildi.

Bakalaura darbā novēroja, ka mikrofluktuācijas, skatoties tālumā, bija mazākas nekā tuvumā. Tā, piemēram, arī *Yao* un kolēģu (2010) pētījumā tika apskatītas akomodācijas mikrofluktuācijas, akomodācijas stimulam mainot attālumu. Viņi ieguva, ka 0,25 m attālumā mikrofluktuācijas bija 0,208 D, 0,33 m attālumā tās bija 0,201 D, 0,5 m attālumā mikrofluktuācijas bija 0,122 D, bet 1 m attālumā (0,116 D) un lielākā attālumā (0,056 D) tās bija pavisam nelielas. Tātad arī tika iegūts, ka skatoties tālākā attālumā, mikrofluktuācijas ir mazākas nekā skatoties tuvumā.

Leahy un kolēģu (2010) (citēts *Charman & Heron*, 2015) minēja, ka mikrofluktuāciju diapazons ir no 0,20 līdz 0,50 D, skatoties 40 cm attālumā uz stimulu. *Leahy* un kolēģu (2010) pētījumā tuvumā (40 cm attālumā) ieguva, ka mikrofluktuācijas bija 0,18 D, tālumā tās bija 0,16 D, bet vidējā attālumā (0,67 cm) tās bija vislielākās – 0,22 D. Sākumā tuvumā mikrofluktuācijas bija nelielas, taču apmēram pēc 20 s, kad akomodācija bija atslābināta, mikrofluktuāciju svārstības palielinājās. Bakalaura darba pētījumā dalībniekam nācās skatīties tuvumā tikai 10 s, pēc kurām nācās mainīt skatienu uz tāluma mērķa stimulu. Tas nozīmē, ka akomodācija nepaspēja atslābināties, un tāpēc mikrofluktuācijas tuvumā bija mazas salīdzinājumā ar citiem pētījumiem. Tuvumā mikrofluktuācijas vidēji bija 0,11 D, bet tālumā 0,07 D.

Analizējot visus bakalaura darba rezultātus, izvirzītā hipotēze neapstiprinājās, jo netika novērotas objektīvās akomodācijas atbildes palielināšanās un statistiski mikrofluktuācijas nesamazinājās pēc relaksējošiem redzes vingrinājumiem. Rezultātus varēja ietekmēt nelielais dalībnieku skaits. Kā arī būtu, iespējams, nepieciešams vairāk nekā tikai 5 reizes skatīties tālumā un tuvumā un skatīties ilgāk par 10 s katrā attālumā. Kā arī noteikti ietekmējošie faktori, kas varēja ietekmēt akomodācijas samazināšanos ir miegā pavadītais laiks, kā arī, cik bieži dalībnieki veica relaksējošos redzes vingrinājumus un, kādas bija veiktās pauzes, strādājot pie datora. Vidēji gan A grupas dalībnieki, gan B grupas dalībnieki pie datora pavada vienādu stundu skaitu ikdienā, arī miegā pavadītais laiks ir vienlīdzīgs.

SECINĀJUMI

1. Relaksējošie redzes vingrinājumi nerada būtiskas izmaiņas akomodācijas novērtēšanas klīniskajos mērījumos – akomodācijas amplitūda, pozitīvās un negatīvās akomodācijas rezerves, akomodācijas vieglums un akomodācijas atpalikšana.
2. Relaksējošo redzes vingrinājumu ietekmē akomodācijas atbilde samazinās.
3. Relaksējošie redzes vingrinājumi nerada akomodācijas mikrofluktuāciju izmaiņas ne tālumā, ne tuvumā.
4. Relaksējošo redzes vingrinājumu ietekmē samazinās tādas astenopiskās sūdzības kā acu sausums un acu sāpes. Ja relaksējošie redzes vingrinājumi netiek veikti, novēro astenospisko sūdzību pieaugumu.

PATEICĪBA

Vēlos izteikt pateicību bakalaura darba vadītājai Aigai Švedei par palīdzību un atbalstu bakalaura darba izstrādē. Vēlos pateikt arī paldies Karolai Pankei par konsultācijām un ieteikumiem. Paldies mana darba recenzentei Zanei Jansonei-Langinai par ieguldīto darbu un ieteikumiem. Paldies pētījuma dalībniekiem par izturību un piedalīšanos pētījuma izstrādē.

Šis pētījums ir tapis ERAF finansēta projekta Nr. 1.1.1.1/20/A/038 “Jaunas profilaktiskas acu muskulatūras vingrināšanas un nostiprināšanas ierīces EYE ROLL un tās pielietojamības metodoloģijas izstrāde un izpēte” ietvaros (“Līgumpētījums par profilaktiskās acu muskulatūras vingrināšanas, nostiprināšanas ierīces pielietojamības metodoloģijas izstrāde”).

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

- Aliancy, J.F., & Mamalis, N. (2018). Crystalline lens and cataract. *Web vision*. Pieejams: <https://webvision.med.utah.edu/book/part-xvi-anterior-segment/crystalline-lens-and-cataract/> (skatīts 28.10.2021.).
- Allen, P.M., Charman, N.W., & Radhakrishnan, H. (2010). Changes in dynamics of accommodation after accommodative facility training in myopes and emmetropes. *Vision Research*, 50(10), 947-955.
- Charman, N. (2008). The eye in focus: accommodation and presbyopia. *Clinical and Experimental Optometry*, 99(3), 207-225.
- Charman, N.W., & Heron, G. (2015). Microfluctuations in accommodation: an update on their characteristics and possible role. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 35(1), 476-499.
- Chattopadhyay, D.N., & Seal, G.N. (1984). Amplitude of accommodation in different age groups and age of onset of presbyopia in Bengalee population. *Indian Journal of Ophthalmology*, 32(2), 85-87.
- Duffy, M.A. (2021). Eye health: Anatomy of the eye. *Vision Aware*. Pieejams: <https://visionaware.org/your-eye-condition/eye-health/anatomy-of-the-eye/> (skatīts 21.10.2021.).
- Fogt, N., Toole, A.J., & Rogers, D.L. (2015). A review of proximal inputs to the near response. *Clinical and Experimental Optometry*, 99(1), 30-38.
- Grujičić, R. (2021). Ciliary muscle. *Ken hub*. Pieejams: <https://www.kenhub.com/en/library/anatomy/ciliary-muscle> (skatīts 21.10.2021.).
- Gupta, S. K., & Aparna, S. (2020). Effect of yoga ocular exercises on eye fatigue. *International Journal of Yoga*, 13(1), 76-79.
- Heath, G.G. (1956). Components of accommodation. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 33(11), 569-579.
- Heron, G., Charman, N. W., Gray, S. L. (1999). Accommodation Responses and Ageing. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 40(12), 2872-2883.
- Hirani, K. J., & Firth, A. Y. (2009). Convergence accommodation to convergence (CA/C) ratio: stability with different levels of convergence demand. *Academic Unit of Ophthalmology and Orthoptics*, 6: 60-64.
- Hirota, M., Morimoto, T., Miyoshi, T., & Fujikado, T. (2020). Simultaneous Measurement of Objective and Subjective Accommodation in Response to Step Stimulation. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 61(13), 38.
- Horwood, A., & Toor, S. (2013). Clinical test responses to different orthoptic exercise regimes in typical young adults. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 34(2), 250-262.

- Jacob, S. (2016). Theories of accommodation. *Eurotimes Stories*. Pieejams : <https://www.eurotimes.org/theories-of-accommodation/> (skatīts 21.10.2021.).
- Johnson, S. (2020). Eye exercises: some tips and techniques. *Medical News Today*. Pieejams: <https://www.medicalnewstoday.com/articles/327524#exercises> (skatīts 28.11.2021.).
- Jones, R. (1993). The effect of proximal accommodation on accommodative accuracy. *American Academy of Optometry*. Pieejams: <https://www.aaopt.org/detail/knowledge-base-article/effect-proximal-accommodation-accommodative-accuracy> (skatīts 28.11.2021.).
- Joshi, H., & Retharekar, S. (2017). The effect of eye exercises on visual acuity and refractive error of myopics. *International Journal of Therapies and Rehabilitation Research*, 6(3), 249. DOI: 10.5455/ijtrr.000000274.
- Kassaliete, E., & Švede, A. (2012). Tuvuma redzes traucējumi un to diagnostikas iespējas. Pieejams: https://www.lu.lv/fileadmin/user_upload/lu_portal/projekti/redze/zinas/Tuvuma_redzes_traucejumi.pdf (skatīts 02.05.2022).
- Kasthurirangan, S., & Glasser, A. (2006). Age related changes in accommodative dynamics in humans. *Vision Research*, 46(8-9), 1507-1519.
- Kersten, D., & Legge, G. E. (1982). Convergence accommodation. *Journal of Optical Society of America*, 73(3), 332-338.
- Kim, S.D. (2016). Effects of yogic eye exercises on eye fatigue in undergraduate nursing students. *Journals of Physical Therapy Science* 28(6), 1813-1815.
- Knaus, K. R., Hipsley, A., & Blemker, S. S. (2021). The action of ciliary muscle contraction on accommodation of the lens explored with a 3D model. *Biomechanics and Modeling in Mechanobiology*, 20(1), 879-894.
- Labhishetty, V. (2014). Calibration and validation the dynamic photorefraction system (DPRS). (Master thesis, University of Waterloo, Ontario, Canada). Pieejams: <https://uwspace.uwaterloo.ca/handle/10012/8859> (skatīts 28.11.2021.).
- Labhishetty, V., Cholewiak, S. A., Roorda, A., & Banks, M. S. (2021). Lags and leads of accommodation in humans: Fact or fiction? *Journal of Vision*, 21(3), 1-18.
- Leahy, C., Leroux, C., Dainty, C., & Diaz-Santana, L. (2010). Temporal dynamics and statistical characteristics of the microfluctuations of accommodation: Dependence on the mean accommodative effort. *Optics Express*, 18 (3), 2668-2681.
- Mangan, T. (2021). Eye accommodation. *All About Vision*. Pieejams: <https://www.allaboutvision.com/eye-care/eye-anatomy/accommodation/> (skatīts 21.10.2021.).

- Maxwell, J., Tong, J., & Schor, C.M. (2012). Short-term adaptation of accommodation, accommodative vergence and disparity vergence facility. *Vision Research*, 62(1), 93-101.
- Menozi, M., & Monticone, P. P. (2011). A review on methods used to record and analyze microfluctuations of the accommodation in the human eye. *Journal of the European Optical Society Rapid Publications*, 6:11003.
- Millodot, M. (2018). Dictionary of optometry and vision science. Eight edition. *Elsevier*. 388. 4.
- Moghaddam, H.M., Kundart, J., & Askarizadeh, F. (2014). Comparing measurement techniques of accommodative amplitudes. *Indian Journal of Ophthalmology*, 62(6), 683-687.
- Montenare, M. (2018). Accommodative disorders for the new grad optometrist. *Eyes on Eye Care*. Pieejams: <https://eyesoneyecare.com/resources/accommodative-disorders-new-grad-optometrist/> (skatīts 28.11.2021.).
- Motlagh, M., & Geetha, R. (2021). Physiology, accommodation. *Stat pearls*. Pieejams: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK542189/> (skatīts 28.10.2021.).
- Noto, P.D., Uta, S., & DeSauza, J. F.X. (2013). Eye exercises enhance accuracy and letter recognition, but not reaction time, in a modified rapid serial visual presentation task. *PLOS One*. 8(3), e59244. DOI: 10.1371/journal.pone.0059244
- Osborn, C.O. (2018). Eye exercises: how-to, efficacy, eye health, and more. *Health line*. Pieejams: <https://www.healthline.com/health/eye-health/eye-exercises> (skatīts 2.12.2021.).
- Ovenseri-Ogbomo, G.O., & Oduntan, O.A. (2015). Mechanism of accommodation: A review of theoretical propositions. *African Vision and Eye Health*, 74(1), 1-6.
- Plainis, S., Charman, N., & Pallikaris, I.G. (2014). The physiologic mechanism of accommodation. *Cataract & Refractive Surgery Today Europe*. Pieejams: <https://crstodayeurope.com/articles/2014-apr/the-physiologic-mechanism-of-accommodation/> (skatīts 4.11.2021.).
- Plusoptix Inc. (2019). PowerRef3 plusoptiX R09. Pieejams: [Plusoptix_PR09_User_manual_Version-5022_english.pdf](#) (skatīts 30.04.2022).
- Ramesh., U., & Renuka, K. (2021). Effectiveness of Bates Therapy (Ophthalmic Exercises) on Visual Acuity among Elderly People. *Pondicherry Journal of Nursing*, 14(2), 34-36.
- Schor, C.M. (1997). Accommodatin: Maddox components and accuracy. *Oculomotor Function & Neurology*. Pieejams: http://schorlab.berkeley.edu/passpro/oculomotor/html/chapter_17.html#dynamics (skatīts 4.11.2021.).

- Seltman, W. (2020). Eye exercise. *Eye Health*. Pieejams: <https://www.webmd.com/eye-health/eye-exercises> (skatīts 28.11.2021.).
- Taechameekietichai, T. (2021). Ocular accommodation. *Teach Me Physiology*. Pieejams: <https://teachmephysiology.com/nervous-system/ocular-physiology/ocular-accommodation/> (skatīts 28.10.2021.).
- Takvi, C.D., Nirghim, U., & Khan, N.E. (2016). A review of the classification of nonstrabismic binocular vision anomalies. *Optometry Reports*, 6(1), 5626: 1-7. DOI: 10.4081/optometry.2016.5626.
- Vickers, K. S., (2013). Clinical findings and management of accommodative spasm. *American Academy of Optometry*. Pieejams: <https://www.aaopt.org/detail/knowledge-base-article/clinical-findings-and-management-accommodative-spasm> (skatīts 28.11.2021.).
- Vinas, M. (2015). *Polychromatic adaptive optics to evaluate the impact of manipulated optics on vision*. (Doctoral thesis, Universidad Complutense de Madrid, Madrid, Spain). Pieejams: <https://www.semanticscholar.org/paper/Polychromatic-adaptive-optics-to-evaluate-the-of-on-Pe%C3%B1a/27612d830a777a72372c2b1fd405111ca0d594f0> (skatīts 28.11.2021.).
- Yao, P., Lin, H., Huang, J., Chu, R., & Jiang, B. (2010). Objective depth-of-focus is different from subjective depth-of-focus and correlated with accommodative microfluctuations. *Vision Research*, 50 (13), 1266-1273.
- Zadnik, K., Qiu, P., Mutti, D. O., Kim, H. S., Jordan, L. A., & Moeschberger, M. L. (1999). Tonic accommodation, age, and refractive error in children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 40(6), 1050-1058.

1. PIELIKUMS

Pētījuma dalībnieku atlases anketa

1. Vai Jūs esat gatavs piedalīties pētījumā, kurš ilgs 2 mēnešus?
 - Jā
 - Nē
2. Lūdzu, norādiet savu e-pasta adresi (šī informācija ir nepieciešama, lai ar Jums sazinātos (ievērojot visas informācijas konfidencialitātes prasības).
3. Kāds ir Jūsu vecums (pilni gadi)?
4. Vai ikdienā Jūs izmantojat optisko korekciju (brilles, kontaktlēcas, pat ja korekcija tiek izmantota neregulāri un nepastāvīgi)?
 - Jā, izmantoju gan brilles, gan kontaktlēcas
 - Jā, izmantoju tikai brilles
 - Jā, izmantoju tikai kontaktlēcas
 - Nē, neizmantoju optisko korekciju
 - Nelietoju optisko korekciju, bet lietoju brilles ar zilās gaismas bloķējošiem filtriem
5. Kāda stipruma brilles Jūs izmantojiet?
 - Nezinu
 - Cits...
6. Kāda stipruma kontaktlēcas Jūs izmantojiet?
 - Nezinu
 - Cits...
7. Cik stundas dienā Jūs pavadat ekrāna priekšā (dators + telefons + planšetdators)?
 - Vairāk nekā 12 stundas
 - 10 – 12 stundas
 - 8 – 9 stundas
 - 4 – 7 stundas
 - Mazāk nekā 4 stundas
8. Vai, strādājot pie datora, izjūtat kādu diskomfortu vai sūdzības?
 - Jā
 - Nē
 - Nevaru atbildēt
9. Cik bieži Jūs izjūtat diskomfortu vai sūdzības, strādājot pie datora?
 - Reti (dažas reizes mēnesī)
 - Bieži (vairākas reizes nedēļā)
 - Ļoti bieži (katru dienu)
 - Nevaru atbildēt

10. Vai Jums ir/ir bijusi kāda no minētām saslimšanām?

- Epilepsija
- Smadzeņu aneirisma
- Meningīts
- Multiplā skleroze
- Migrēnas galvassāpes
- Cita neiroloģiskā saslimšana
- Nē

11. Lūdzu norādīt kāda cita neiroloģiskā saslimšana Jums ir/ir bijusi?

12. Vai Jums ir/ir bijusi kāda no minētām acu saslimšanām?

- Katarakta
- Glaukoma
- Šķielēšana
- Ambliopija/slinkā acs
- Citas acu saslimšanas
- Nē

13. Lūdzu norādīt kāda acs saslimšana Jums ir/ir bijusi?

14. Vai Jums ir veikta kāda no acu operācijām?

- Kataraktas operācija
- Glaukomas operācija
- Šķielēšanas operācija
- Refraktīvā ķirurģija (piemēram, LASIK)
- Cita acu operācija
- Nav veikta neviena acu operācija

15. Lūdzu norādīt kāda acs operācija Jums tika veikta?

16. Vai Jūs ikdienā lietojiet medikamentus?

- Jā
- Nē

17. Lūdzu norādiet kādus medikamentus Jūs lietojiet.

Paldies par Jūsu atvēlēto laiku! Pēc anketas datu apstrādes ar Jums sazināsies.

2. PIELIKUMS

Dalībnieka kods Vecums, gadi Pētījuma grupa Datums

		A	
		B	
		C	

Anamnēze

Sūdzības	IR / NAV
Pēdējā RP	1 – 1,5 g. / 2 – 2,5 g. / >3 g.
Komentāri:	

OD	SPH	CYL	OD	SPH	CYL
OS	SPH	CYL	OS	SPH	CYL

Autorefraktometrija * **Brilles (ja ir)** **PD(brillēs) =**mm

PD (pupillometrs, mm) OD OS OU **Vadošā acs tūlumā** OD OS/ tuvumā OD OS

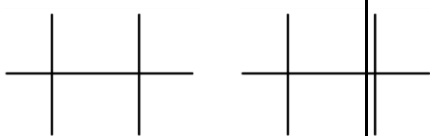
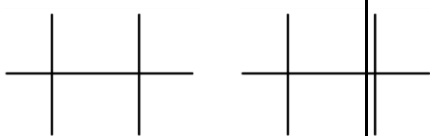
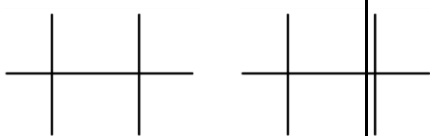
Refrakcija, redzes funkcijas tūlumā

V OD nc	* V OD ar brillēm * V OS ar brillēm * V OU ar brillēm	V OD cc	SPH	CYL	=
V OS nc		V OS cc	SPH	CYL	=
V OU nc		V OU cc =			

Refrakcija, redzes funkcijas tuvumā

V OD nc	V OD ar brillēm V OS ar brillēm V OU ar brillēm	V OD cc	SPH	CYL	=
V OS nc		V OS cc	SPH	CYL	=
V OU nc		V OU cc =			

Binokulārā redze

RR tūlumā (SST)	Vienl <input type="checkbox"/> Bin <input type="checkbox"/> Mon <input type="checkbox"/>	RR tuvumā (SST)	Vienl <input type="checkbox"/> Bin <input type="checkbox"/> Mon <input type="checkbox"/>				
Stereo tūlumā (polarizētais tūluma tests)	Nav <input type="checkbox"/> Ir <input type="checkbox"/>	Stereo tuvumā (Titmus)	Ir <input type="checkbox"/> loka sek <input type="checkbox"/> Nav <input type="checkbox"/>				
AK	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 50%; text-align: center;">  </td> <td style="width: 50%;"> Sakādes Norma <input type="checkbox"/> Trauc. <input type="text"/> </td> </tr> <tr> <td></td> <td> Sekošanas kustības Norma <input type="checkbox"/> Trauc. <input type="text"/> </td> </tr> </table>				Sakādes Norma <input type="checkbox"/> Trauc. <input type="text"/>		Sekošanas kustības Norma <input type="checkbox"/> Trauc. <input type="text"/>
	Sakādes Norma <input type="checkbox"/> Trauc. <input type="text"/>						
	Sekošanas kustības Norma <input type="checkbox"/> Trauc. <input type="text"/>						
AT tūlumā	MT tūlumā nc/cc (pd) 	Konverģence KTP/KAP(cm) (RAF objekts – svītra)					

	/.....
AT tuvum ā	MT tuvumā/..... nc/cc (pd) Tuvu mā +1,00 -1,00	Konverģence (cm) (punktukarte)

AK/A heteroforiju (aprēķina)

AK/A gradient (-1,00 D/ +1,00 D)/.....

Fūzijas rezerves tālumā (pd)	BIE/...../..... BĀ/...../.....	Fūzijas rezerves tuvumā (pd)	BIE/...../..... BĀ/...../.....
---------------------------------	---	---------------------------------	---

Akomodācijas funkcijas

NAR (D) PAR (D)	..... .....	AV bin (c/min) grūt +/-	.....	AA OD cm D	.....	DR (MEM) OD (D) OS (D)	..... .....
		mon (c/min) grūt +/-	.....	AA OS cm D			
		OD grūt +/-	.....	AA OU cm D			
		AV mon (c/min) OS					
Viks (c/min) OU	Flipers D Att. cm	..... grūt +/-					

Komentāri

.....
.....

Acs priekšējās daļas

Zīlītes izmērs OD, mm • fotopisk. • mezopisk.	..... .....	Zīlītes izmērs OS, mm • fotopisk. • mezopisk.	..... .....
Asaru meniska augstums (att.) OD	.....	NIBUT (sek) OD OS	..........

OS	.....	
Asaru meniska vienm.	OD Vienm. <input type="checkbox"/>	Pārtraukt. <input type="checkbox"/>	
	OS Vienm. <input type="checkbox"/>	Pārtraukt. <input type="checkbox"/>	
Lipīdu slāņa biezums, krāsa	OD Sark/brūns/zils <input type="checkbox"/>	Dzelt <input type="checkbox"/>	Pelēks <input type="checkbox"/>
	OS Sark/brūns/zils <input type="checkbox"/>	Dzelt <input type="checkbox"/>	Pelēks <input type="checkbox"/>

Acs priekšējās daļas (biomikroskopija)

Norma Patol.

Acs mugurējās daļas, optiskās vides (oftalmoskopija vai OCT)

Norma Patol.

Piezīmes: _____

3. PIELIKUMS

Pētījuma dalībnieka anketa pirms redzes relaksējošiem redzes vingrinājumiem

Pētījuma dalībnieka anketa

Labdien, šī anketa ir veikta EYEROLL projekta ietvaros, kura mērķis ir izveidot vienkāršu iekārtu, kas palīdzētu relaksēt acu muskuļus pēc ilgstoša darba pie viedajām ierīcēm. Tā kā

Jūs esat izgājis pētījuma atlases kritērijus, lūgums aizpildīt pētījuma dalībnieka anketu (aizņems 10 - 12 minūtes).

1. Kāds ir Jūsu dzimums?
 - Sieviete
 - Vīrietis

2. Kāds ir Jūsu vecums (pilni gadi)?

3. Vai ikdienā Jūs izmantojiet optisko korekciju (brilles, kontaktlēcas, pat ja korekcija tiek izmantota neregulāri un nepastāvīgi)?
 - Jā, izmantoju tikai brilles
 - Jā, izmantoju gan brilles, gan kontaktlēcas
 - Jā, izmantoju tikai kontaktlēcas
 - Nē, neizmantoju optisko korekciju
 - Nelietoju optisko korekciju, bet lietoju brilles ar zilās gaismas bloķējošiem filtriem

4. Kādos apstākļos Jūs izmantojiet optisko korekciju?
 - Visu laiku – pastāvīgi
 - Pēc nepieciešamības (piemēram, tikai autovadīšanai vai darbam pie datora)
 - Tikai tālumā
 - Tikai tuvumā

5. Kāda tipa brilles Jūs izmantojiet?
 - Monofokālās (viena stipruma brilles ar “-” vai “+”, tai skaitā ar astigmātisma korekciju)
 - Bifokālās (ar redzamu lodziņu lēcas apaksējā daļā)
 - Progresīvās, piemēram, pretnoguruma (brilles ar mazu “+” lēcas apaksējā daļā)

6. Kāda tipa kontaktlēcas Jūs izmantojiet?
 - Monofokālās (viena stipruma kontaktlēcas ar “-” vai “+”, tai skaitā ar astigmātisma korekciju jeb toriskās kontaktlēcas)
 - Multifokālās un bifokālās (piemēram, pretnoguruma kontaktlēcas)

7. Cik bieži Jūs veicat redzes pārbaudes?
 - Vienu reizi gadā
 - Vienu reizi divos gados
 - Retāk kā vienu reizi divos gados
 - Kad iespēja parādās, apmēram sanāk reizi gadā, pēdējos 2 gados.
 - Nekad

8. Cik stundas dienā Jūs pavadāt ekrāna priekšā (datorm + telefons + planšetdatorm)?
 - 4 – 7 stundas

- 8 – 9 stundas
 - 10 – 12 stundas
 - Vairāk nekā 12 stundas
 - Mazāk nekā 4 stundas
9. Kur Jūs strādājat pie datora?
- Gan mājās, gan ofisā
 - Mājās
 - Ofisā
10. Ar kādām modernām ierīcēm Jūs ikdienā strādājat (var izvēlēties vairākus)?
- Portatīvais dators
 - Telefons
 - Stacionārais dators
 - Planšetdators
11. Ar cik ekrāniem Jūs vienlaicīgi strādājat?
- 1 ekrāns
 - 2 ekrāni
 - 3 ekrāni un vairāk
12. Kā ekrāni ir novietoti?
- 1 variants
 - 2 variants
 - 3 variants
13. Kādā attālumā ir novietots ekrāns?
- Mazāk nekā 40 cm
 - 40 – 50 cm
 - 50 - 60 cm
 - Vairāk nekā 60 cm
14. Pie kāda telpas apgaismojuma Jūs biežāk strādājat?
- Gaišā telpā
 - Pustumsā
 - Tumsā
 - Man ir iespēja mainīt jeb pielāgot apgaismojumu
15. Kāda ir sienu krāsa Jūsu darbavietā?
16. Kāda ir griestu krāsa Jūsu darbavietā?
17. Vai Jūs veicat pauzes, strādājot pie datora?
- Jā
 - Nē
 - Ļoti reti, neregulāri, tikai tad, kad atceros
- Jā (lūdzu norādīt, cik bieži vidēji dienā Jūs veicat pauzes):
18. Vai, strādājot pie datora, izjūtat kādu diskomfortu vai sūdzības?
- Jā
 - Nē
 - Nevaru atbildēt

19. Lūdzu noraksturot, vai, strādājot pie datora, esat izjutis kādu no tabulā minētajām sūdzībām un cik bieži.

Sūdzība	Nav izjusta (nekad)	Reti (dažas reizes mēnesī)	Bieži (vairākas reizes nedēļā)	Ļoti bieži (katru dienu)
Acu nogurums				
Acu sāpes				
Acu sausums				
Redzes diskomforts (miglaina, neskaidra redze pēc darba pie datora)				
Grūtības fokusēties (pārnest skatienu no tāluma uz tuvumu)				
Apsārtušas acis				
Acu asarošana				
Sūdzību biežums				

20. Strādājot pie datora, kādu optisko korekciju Jūs biežāk izmantoja?

- Brilles
- Kontaktlēcas
- Neizmantoju optisko korekciju

21. Ko Jūs darāt, lai atpūtinātu acis?

- Skatos pa logu
- Izmirkšķinu acis
- Atsvaidzinu seju ar aukstu ūdeni
- Neko nedaru
- Cits:

22. Vai kādreiz esat izmantojuši kādus redzes vingrinājumus acu atpūtināšanai?

- Jā
- Nē
- Nezinu

23. Cik stundas dienā Jūs guļat?

- Vidēji 8 stundas
- Vairāk nekā 8 stundas
- 5 – 7 stundas
- Mazāk nekā 5 stundas

24. Vai Jūs ikdienā nodarbojaties ar sportu?

- Jā, 3 un vairāk reizes nedēļā
- Jā, 1-2 reizes nedēļā
- Jā, bet reti (retāk kā reizi nedēļā)
- Nē

25. Vai Jums ir/ir bijusi kāda no minētām saslimšanām?

- Epilepsija
- Smadzeņu aneirisma
- Meningīts
- Multiplā skleroze
- Migrēnas galvassāpes
- Cita neiroloģiskā saslimšana
- Nē

26. Vai Jums ir/ir bijusi kāda no minētām saslimšanām?

- Katarakta
- Glaukoma
- Šķielēšana
- Ambliopija/slinkā acs
- Citas acu saslimšanas
- Nē

27. Vai Jums ir veikta kāda no acu operācijām?

- Kataraktas operācija
- Glaukomas operācija
- Šķielēšanas operācija
- Refraktīvā ķirurģija (piemēram, LASIK)
- Cita acu operācija
- Nav veikta neviena acu operācija

28. Vai Jūs ikdienā lietojiet medikamentus?

- Jā
- Nē

29. PIELIKUMS

Informācija pētījuma dalībniekiem

Zemāk Jūs varat redzēt relaksējošo redzes vingrinājumu kompleksu, kuru Jums ir ieteicams veikt piecas reizes nedēļā vismaz pa 30 minūtēm dienā. Relaksējošo redzes vingrinājumu kompleksu var veikt vienu reizi vienā divās stundās 6 reizes dienā pa 5 minūtēm.

1. mirkšķināšana, (mierīgi atveriet uz aizveriet acis, dariet to 50 s);
2. skatīšanās uz sāniem (pagrieziet acis pa labi, tad lēnām paskatieties pa kreisi, turpiniet darīt to pašu, bet pretējos virzienos, dariet to 50 s);
3. rotācijas acu kustības (iedomājieties, ka Jūs ar acīm zīmējat apli, no sākuma ar acīm uzzīmējiet apli pulksteņa rādītāja virzienā, pēc tam pretēji pulksteņa rādītāja virzienam, dariet to 50 s);
4. acu kustības pa diagonāli (skatoties uz datora ekrānu, no sākuma paskatieties uz ekrāna augšējo labo stūri tad lēnām pagrieziet acis pa diagonāli (uz apakšējo kreiso stūri), turpiniet darīt to pašu, bet tagad sāciet ar augšējo kreiso stūri, dariet to 50 s);
5. skatīšanās uz augšu un uz leju (pagrieziet acis uz augšu, tad lēnām paskatieties uz apakšu, turpiniet darīt to pašu, bet pretējos virzienos, dariet to 50 s);
6. tuvuma - tāluma uzdevums (paskatieties uz objektu, kas atrodas tālumā (neliels objekts, >6 m attālumā), noturiet skaidri redzamu šo objektu vismaz 10 sekundes, paskatieties uz tuvuma objektu (pildspalvas gals vai pirksts, 40 cm attālumā) un noturiet fokusu vismaz 10 sekundes, mainiet fiksāciju no tāluma uz tuvuma objektu vismaz 5-10 reizes).

Papildus katru dienu jāaizpilda tabula par Jūsu ikdienas paradumiem, lietojot modernās ierīces.

Papildus relaksējošo redzes vingrinājumu kompleksa veikšanai ir ieteicams ievērot pareizu redzes ergonomiku:

1. Attālumam starp acīm un ekrānu jābūt vismaz 50 - 63 cm.
2. Datora ekrānam jābūt novirzītam 15 - 20 grādu leņķī, lai acu skatiens būtu nedaudz uz leju. Šāda acu pozīcija nodrošina mazāku asaru iztvaikošanu.
3. Datora ekrānu jānovieto tā, lai izvairītos no spilgta ārēja apgaismojuma, piemēram, saules vai atspulgiem no logiem. Lai samazinātu atspīdumus uz ekrāna, var izmantot žalūzijas vai aizkarus.
4. Ekrāna kontrastu jāpalielina, lai samazinātu acu slodzi. Pie zema kontrasta acīm ir vairāk jāstrādā, lai redzētu.
5. Acis ir jāatpūtinā. Lai atpūtinātu acis, var izmantot 20 – 20 – 20 likumu. Šis likums nozīmē, ka pēc katrām 20 minūtēm jāskatās uz objektu 20 sekundes, kurš atrodas 20 pēdu (6 metru) attālumā. Var arī veikt 15 minūšu pauzi pēc katrām 2 stundām. Pauzes var pielāgot konkrēta darba veikšanai.
6. Strādājot pie datora, labāk izmantot brillu korekciju nevis kontaktlēcas, jo ar brillēm acis mazāk nogurst un ir mazāk novērojams acu sausums.
7. Lai nodrošinātu optimālu gaisa mitrumu (vidēji 45 %), jāizmanto mākslīgais gaisa mitrinātājs.
8. Visas ierīces ar ekrānu, fluorescējošiem un LED apgaismojumiem izstaro zilo gaismu, kas var izraisīt CVS (“*computer vision syndrome*” ir sūdzību un redzes problēmu kopa, kuru ietekmē datora lietošana). Tāpēc lai samazinātu zilās gaismu ietekmi uz acīm, var izmantot ekrāna filtras vai speciālās brilles.

9. Telpas apgaismojumam jābūt nedaudz spilgtākam nekā ekrāna spožumam, jo daudz spilgtāks ekrāns nekā apkārtējais apgaismojums rada lielāku iespējamību ātrākam acu nogurumam un saspringumam.

30. PIELIKUMS

Anketa dalībniekiem, kuri neveica relaksējošos redzes vingrinājumus (A grupa)

Nedēļa	1					2					3					4				
Diena	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Nostrādātās stundas pie datora																				
Izmantotā redzes korekcija, strādājot pie datora (N,B,K*)																				
Miegā pavadītais laiks (h)																				
Moderno ierīču lietošana pirms gulētiešanas (cik min/h Jūs neizmantojiet moderno ierīci?)																				

*N – nelietoju korekciju; B – lietoju brilles; K – lietoju kontaktlēcas.

31. PIELIKUMS

Anketa dalībniekiem, kuri veica relaksējošos redzes vingrinājumus (B grupa).

Nedēļa	1					2					3					4				
Diena	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5	1	2	3	4	5
Nostrādātās stundas pie datora																				
Veikto paužu skaits																				
Pauzes ilgums (min)																				
Veikto relaksējošo redzes vingrinājumu skaits dienā																				
Izmantotā redzes korekcija, strādājot pie datora (N,B,K*)																				
Miegā pavadītais laiks (h)																				
Moderno ierīču lietošana pirms gulētiešanas (cik min/h Jūs neizmantojiet moderno ierīci?)																				

*N – nelietoju korekciju; B – lietoju brilles; K – lietoju kontaktlēcas.

32. PIELIKUMS

Pētījuma dalībnieka anketa pēc redzes treniņiem (A grupa)

1. Norādiet savu pētījuma dalībnieka ID kodu (tas ir norādīts uz Jūsu piekrišanas lapas).
2. Vai Jūs veicat pauzes, strādājot pie datora?
 - Jā
 - Nē
 - Ļoti reti, neregulāri, tikai tad, kad atceros
3. Jā (lūdzu norādīt, cik bieži vidēji dienā Jūs veicat pauzes):
 - Mazāk nekā 5 min katru stundu
 - 5-10 min katru stundu
 - 15-30 min ik pēc 2 stundām
 - Ļoti reti, neregulāri, tikai tad, kad atceros
 - Cits...
4. Vai, strādājot pie datora, izjūtat kādu diskomfortu vai sūdzības?
 - Jā
 - Nē
 - Nevaru atbildēt
5. Lūdzu noraksturot, vai mēneša laikā esat izjutis kādu no tabulā minētajām sūdzībām, strādājot pie datora, un cik bieži.

Sūdzība	Nav izjusta (nekad)	Reti (dažas reizes mēnesī)	Bieži (vairākas reizes nedēļā)	Ļoti bieži (katru dienu)
Acu nogurums				
Acu sāpes				
Acu sausums				
Redzes diskomforts (miglaina, neskaidra redze pēc darba pie datora)				
Grūtības fokusēties (pārnest skatienu no tāluma uz tuvumu)				

Apsārtušas acis				
Acu asarošana				
Sūdzību biežums				

6. Vai Jūs gribētu veikt redzes treniņus?

- Jā
- Nē
- Nezinu

7. Lūdzu, norādiet savu e-pasta adresi (šī informācija ir nepieciešama, lai ar Jums sazinātos un sniegtu plašāku informāciju par relaksējošiem redzes vingrinājumiem (ievērojot visas informācijas konfidencialitātes prasības).

Paldies par Jūsu ieguldījumu un atsaucību EYEROLL projekta ietvaros!

8. PIELIKUMS

Pētījuma dalībnieka anketa pēc redzes treniņiem (B grupa)

1. Norādiet savu pētījuma dalībnieka ID kodu (tas ir norādīts uz Jūsu piekrišanas lapas).

2. Vai Jums bija grūti veikt nozīmētos vingrinājumus?
 - Jā
 - Nē
 - Nevaru atbildēt

3. Kāpēc Jums bija grūti veikt redzes vingrinājumus?
 - Bija grūti piespiest sevi veikt redzes vingrinājumus
 - Bija nepietiekama motivācija veikt redzes vingrinājumus
 - No sākuma manām acīm bija grūti veikt redzes vingrinājumus, bet pēc laika acis pierada
 - Cits...

4. Vai Jūs veicat pauzes, strādājot pie datora?
 - Jā
 - Nē
 - Ļoti reti, neregulāri, tikai tad, kad atceros

5. Jā (lūdzu norādīt, cik bieži vidēji dienā Jūs veicat pauzes):
 - Mazāk nekā 5 min katru stundu
 - 5-10 min katru stundu
 - 15-30 min ik pēc 2 stundām
 - Nē
 - Ļoti reti, neregulāri, tikai tad, kad atceros
 - Cits...

6. Vai, strādājot pie datora, pēc redzes relaksējošiem vingrinājumiem Jums ir mazinājusies diskomforta sajūta vai sūdzības?
 - Jā
 - Nē

- Nevaru atbildēt

7. Lūdzu noraksturot, vai pēc redzes treniņiem esat izjutis kādu no tabulā minētajām sūdzībām, strādājot pie datora, un cik bieži.

Sūdzība	Nav izjusta (nekad)	Reti (dažas reizes mēnesī)	Bieži (vairākas reizes nedēļā)	Ļoti bieži (katru dienu)
Acu nogurums				
Acu sāpes				
Acu sausums				
Redzes diskomforts (migļaina, neskaidra redze pēc darba pie datora)				
Grūtības fokusēties (pārnest skatienu no tāluma uz tuvumu)				
Apsārtušas acis				
Acu asarošana				
Sūdzību biežums				

8. Vai Jūs turpināsiet veikt redzes relaksējošos vingrinājumus arī pēc dalības pētījumā?

- Jā
- Nē
- Nezinu
- Centīšos veikt, kad atcerēšos

9. Vai Jūs ieteiktu kādam savam darba kolēģim, draugam, radniekam utt. veikt relaksējošos redzes vingrinājumus?

- Jā
- Nē
- Nezinu

10. Komentāri (iespējams Jums ir kādi ieteikumi saistībā ar redzes treniņiem un topielietojumu cilvēkiem, kuri ikdienā strādā ar datoru):

Paldies par Jūsu ieguldījumu un atsaucību EYEROLL projekta ietvaros!

Bakalaura darbs „Relaksējošo redzes vingrinājumu ietekme uz objektīvajiem akomodācijas mērījumiem” izstrādāts Latvijas Universitātes Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātē.

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

Autors: Līga Puhova

_____ (paraksts)

Rekomendēju/nerekomendēju bakalaura darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: asociētā profesore Dr.phys. Aiga Švede

_____ (paraksts) _____ (datums)

Recenzents: zinātniskais asistents Zane Jansone – Langina

_____ (paraksts) _____ (datums)

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____.

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Inita Šneidere

_____ (paraksts)

Darbs aizstāvēts Bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē _____ . _____ .202_ .
protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs: lektore Vārds Uzvārds _____

_____ (paraksts)