

LATVIJAS UNIVERSITĀTE  
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE  
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**TUVUMA DARBA ĪSAS PAUZES IETEKME UZ TONISKO  
AKOMODĀCIJU**

BAKALaura DARBS

Autors: **Ieva Smirnova**

Stud. apl. is08341

Darba vadītājs: M.Sc. Jānis Fridrihsons

RĪGA 2011

## Anotācija

Bakalaura darbs ir uzrakstīts latviešu valodā uz 34 lappusēm. Tas satur 13 attēlus, vienu tabulu un 26 atsauces uz literatūras avotiem.

**Atslēgas vārdi:** redzes slodze, īsa pauze, toniskā akomodācija, tumsas fokuss.

**Mērķis:** noskaidrot, vai īsas pauzes tuvuma darba laikā ietekmē toniskās akomodācijas lielumu.

**Hipotēze:** jo ilgstošāks ir nepārtraukts tuvuma darbs, jo lielāks ir toniskās akomodācijas lieluma pieaugums.

**Metode:** toniskā akomodācija tika novērtēta nosakot tumsas fokusu monokulāri skotopiskos apstākļos, izmantojot lāzerspekļu optometru un lietojot proves rāmi un proves lēcu komplektu.

Eksperimenta pirmajā daļā tika novērtētas toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas pēc 30 minūšu ilgas, nepārtrauktas redzes slodzes, savukārt eksperimenta otrajā daļā – 30 minūšu redzes slodzes laikā pēc 20 minūtēm tika iekļauta īsa 5 minūšu pauze, un tad tuvuma darbs turpināts vēl 10 minūtes.

**Subjekti:** eksperimentā piedalījās 12 jaunieši vecumā no 19 līdz 24 gadiem, bez zināmām redzes patoloģijām un nozīmīgiem refrakcijas defektiem – tuvu emetropijai.

**Rezultāti:** toniskās akomodācijas lieluma pieaugums pēc 30 minūšu ilgas, nepārtrauktas redzes slodzes bija statistiski nozīmīgi atšķirīgs un lielāks nekā tad, ja redzes slodzes laikā tika iekļauta īsa 5 minūšu pauze.

## Abstract

Bachelor work is written in Latvian on 34 pages. It contains 13 pictures, one table and there are 26 references to literature.

**Key words:** visual fatigue, short break, tonic accommodation, dark fokus.

**Aim:** to find out if short breaks during the near work affect the value of tonic accommodation.

**Hipotesis:** the more continuous and longer the near work is, the greater is the increase of the tonic accommodation value.

**Method:** tonic accommodation was evaluated determining dark focus in monocular and scotopic conditions, by using laser speckle optometer and trial frame and lens complect.

In the first part of the experiment the changes of tonic accommodation value were evaluated after 30 minutes long and continues visual fatigue, but in the second part of the experiment, 5 minutes break was included after 20 minutes of visual fatigue and than near work was continued 10 more minutes.

**Subjects:** there were 12 people in the age of 19 to 24 years, who were taking part in this experiment, who didn't have any important pathological eye deffects and without any refraction error – close to the emetry.

**Results:** after 30 minutes long continuous visual fatigue the value of tonic accommodation growth was statistically significant different and larger than if 5 minutes short break was included during the visual fatigue.

## Saturs

Ievads.....	5
LITERATŪRAS PĀRSKATS .....	6
1. REDZES SLODZE.....	6
1.1. Redzes nogurums.....	6
1.2. Astenopiskās sūdzības .....	7
1.3. Atpūtas pauzes.....	10
2. AKOMODĀCIJAS ANATOMIJA UN FIZIOLOĢIJA .....	12
3. TONISKĀ AKOMODĀCIJA .....	16
3.1. Toniskās akomodācijas vērtības atkarība no refrakcijas veida.....	16
3.2. Toniskās akomodācijas novērtēšanas metodes.....	18
3.3. Toniskā akomodācija un inervācijas īpatnības .....	19
EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA .....	21
1. METODE UN EKSPERIMENTA GAITA.....	21
2. EKSPERIMENTA DALĪBNIEKI UN APSTĀKĻI .....	25
3. REZULTĀTI .....	26
Secinājumi .....	30
Nobeigums.....	31
Pateicības.....	32
Izmantotā literatūra.....	33
Pielikums .....	35

## Ievads

Lielu daļu no sava nomoda laika cilvēki ir pakļauti redzes slodzei, veicot tuvuma darbu. Daļai cilvēku pēc ilgstošas redzes slodzes vai tās laikā parādās sūdzības. Tāpēc ir svarīgi izprast, kas tieši izsauc šīs sūdzības un vai tās ir iespējams novērst, ilgstošas redzes slodzes laikā iekļaujot īsas pauzes.

Astenopiskās sūdzības bieži izsauc akomodācijas funkciju traucējumi. Tiek uzskatīts, ka redzes slodzes laikā mainās arī tumsas fokusa un toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas.

Mana darba mērķis ir noskaidrot, vai īsa pauze tuvuma darba laikā ietekmē toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas.

Darba hipotēze: jo ilgstošāks ir nepārtraukts tuvuma darbs, jo lielāks ir toniskās akomodācijas lieluma pieaugums.

Darba uzdevumi:

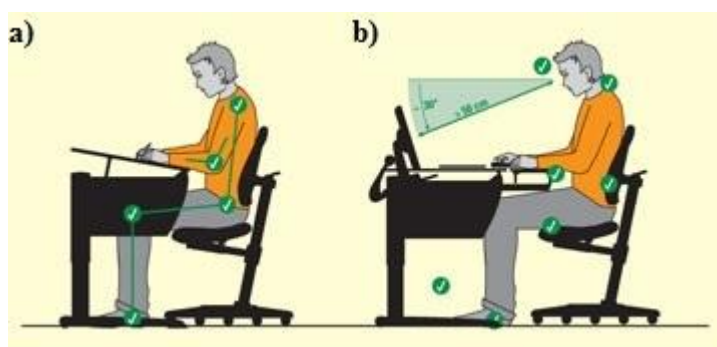
1. Novērtēt subjektu toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas pēc 30 minūšu ilga tuvuma darba.
2. Novērtēt subjektu toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas pēc 30 minūšu ilga tuvuma darba, ja tā laikā pēc 20 minūtēm tiek iekļauta 5 minūšu pauze, un tad tuvuma darbs tiek turpināts vēl 10 minūtes.
3. Apkopot, analizēt un salīdzināt iegūtos rezultātus.

# LITERATŪRAS PĀRSKATS

## 1. REDZES SLODZE

Redzes slodze veidojas pie darba tuvumā. Lai nodrošinātu, tuvu esoša, aplūkojamā objekta fokusēšanos uz tīklenes, noslogojas akomodācijas sistēma (ciliārais muskulis ir sasprindzis, cinna saites atslābst un acs lēca kļūst vairāk izliekta, tādējādi palielinot savu gaismas laušanas spēju), savukārt, skatoties tālumā, redzes sistēma ir atbrīvojusies [1].

Visbiežāk redzes slodze saistās ar lasīšanu vai darbu ar datoru. Lai tuvuma darba laikā redzes sistēma netiktu pārslogota, ir jāievēro ergonomiska poza (skat. *1.1.att.*). Ideāls lasīšanas attālums tiek uzskatīts kā 38 – 50cm. Praksē šis attālums tiek pieņemts kā 40cm. Strādājot ar datoru, attālumam līdz monitoram nevajadzētu būt mazākam par 75cm. Ideāls lasīšanas leņķis tiek minēts kā 60°. Liela nozīme ir arī piemērotam telpas apgaismojumam[2].



*1.1. att. Ergonomiskas pozas tuvuma darba laikā [3].*

a) pareiza poza lasīšanai un rakstīšanai; b) pareiza poza darbam ar datoru

Strauji attīstoties informāciju tehnoloģijām un cilvēku nepieciešamībai pēc izglītības, pieaug arī to cilvēku skaits, kas regulāri vairākas stundas dienā ir pakļauti redzes slodzei un sūdzas par redzes problēmām [4].

### 1.1. Redzes nogurums

Ilgstoša un nepārtraukta tuvuma darba sekas tiek definētas kā redzes nogurums, kas parasti raksturojas ar neizskaidrojamiem simptomiem un diskomforta sajūtu acīs. Kā sekas var veidoties redzes vājums, kas ietver pārejošu miopiju un tonusa izmaiņas dažādās acu struktūrās. Tiek uzskatīts, ka pārāk ilgs tuvuma darbs izsauc stresu un ir kaitīgs acīm [4].

Redzes nogurums bieži tiek novērots skolēniem, māksliniekiem un ofisa darbiniekiem. Visvairāk pakļauti redzes nogurumam ir datorlietotāji. Ir atklāta negatīva datora ietekme uz skeleta muskulatūras un redzes funkcijām [4].

Ir veikti arī pētījumi par ilgstoša tuvuma darba ietekmi uz vergēnces un akomodācijas sistēmu funkcijām. Pretēji vispārpieņemtajam uzskatam, ka miera stāvoklī acs ir pilnībā atslābināta un fokusē tālumā, pētījumos ir atklāts, ka tā atrodas tonizētā stāvoklī, ko var attiecināt uz tumsas fokusu un tumsas vergēnci. Pēc ilgstoša tuvuma darba šie lielumi mainās un ir ievērojami atšķirīgi nekā pirms tā. Akomodācijas un vergēnces tonuss ir nozīmīgs redzes komforta nodrošināšanai [4]. Kā viens no simptomiem redzes noguruma novērtēšanai, tiek minētas izmaiņas akomodācijas sistēmā. Izmaiņas tumsas fokusa vērtībā pēc redzes slodzes tiek minētas kā viena no iespējam redzes noguruma novērtēšanai [5].

## 1.2. Astenopiskās sūdzības

Liela daļa cilvēku redzes slodzes laikā vai pēc tās izjūt diskomforta sajūtu. Astenopijas ir dažādu simptomu kopums, kas saistās ar acu nogurumu. Tās parasti izsauc redzes sistēmas pārslodze, vispārēji stresa apstākļi, kā arī nekoriģēta refrakcija. Galvenie astenopiskie simptomi ir acu sāpes un nogurums, kā arī galvassāpes [6].

Tomēr pie astenopiskajām sūdzībām pieder ļoti daudz simptomu, kurus var iedalīt četrās lielās grupās:

### 1. optiskās jeb vizuālās sūdzības:

- miglaina redze, grūtības fokusēt skatienu, īpaši vakaros pēc ilgstoša darba,
- dubultošanās jeb diplopija,
- objektu šķietama deformācija,
- gaismas uzplaisnījumi un pastiprināta gaismas jutība,
- oreolu veidošanās apkārt gaismas objektiem,
- šķietams redzes asuma samazinājums vai zudums,
- gaismas sajūtas samazinājums vai zudums,
- „vistas aklums” jeb redzes samazinājums mezopiskos apstākļos,
- redzes lauka kustība un peldošu plankumu parādīšanās redzes laukā;

### 2. okulārās sūdzības:

- acu nogurums,
- pastiprināta acu jutība,
- okulārās sāpes (ārēja sāpju sajūta),

- svešķermeņa sajūta acīs (apsārtums, niezēšana, dedzināšana, graušana),
- sausuma vai pastiprināta mitruma sajūta acīs,
- acu plakstiņu mirkšķināšanas biežuma izmaiņas, nemanāma raustīšanās un trīcēšanas sajūta,
- acu plakstiņu apsārtums un iekaisuma sajūta,
- sāpju un smaguma sajūta plakstu vai pieres rajonā;

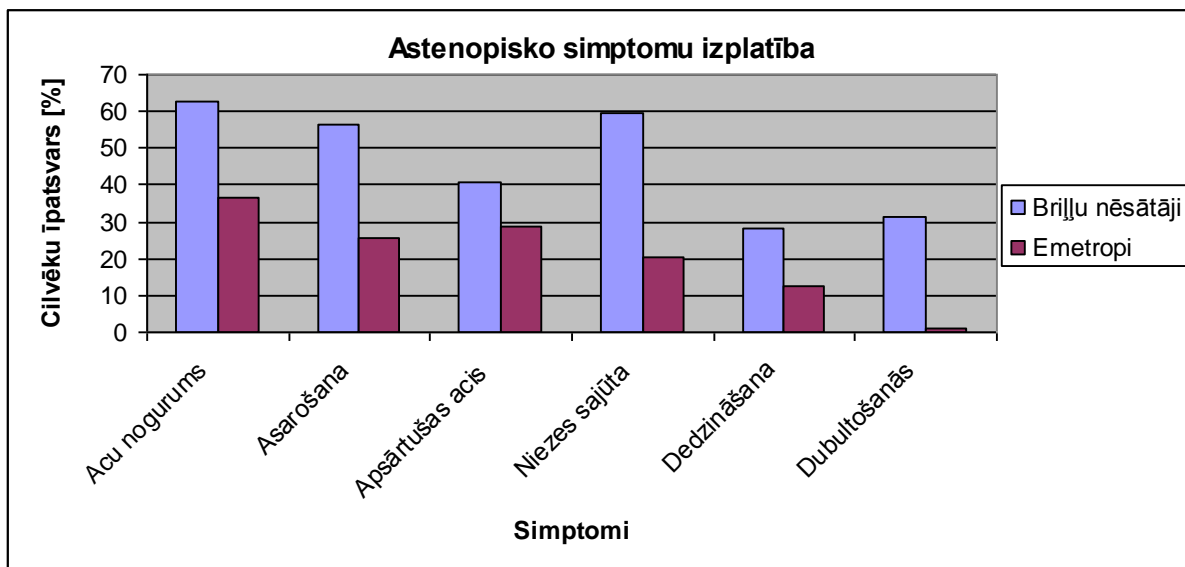
3. funkcionālās sūdzības:

- histēriskā ambliopija,
- histēriskais redzes asuma zudums,
- sāpju un diskomforta sajūta, kas rodas pie paaugstinātas redzes slodzes,
- gaismas jutības pastiprināšanās,
- akomodācijas problēmas;

4. vispārējās sūdzības:

- galvassāpes,
- nogurums,
- reiboņi un nelabums,
- vispārējs stress [7].

2010. gadā Nigērijā Beninas Universitātē veiktajā pētījumā tika apskatīta dažu astenopisko simptomu izplatība pēc redzes slodzes 32 briļļu nēsātāju un 104 emetropu studentu vidū. Kā biežākais simptoms ir minēts acu nogurums 65,50% briļļu nēsātāju un 36,54% emetropu pacientu vidū. Var novērot, ka briļļu nēsātāji astenopiskos simptomus izjūt vairāk nekā emetropi pacienti (skat. *1.2.att.*) [8].



1.2.att. Astenopisko simptomu izplatība pēc redzes slodzes [8].

Grafikā ir attēlota astenopisko simptomu izplatība pēc redzes slodzes 32 brīļu nēsātāju un 104 emetropu studentu vidū

Balstoties uz 2003. gadā ASV Ohio Universitātē veikto pētījumu, astenopiskos simptomus pēc to izraisošā faktora var iedalīt divās grupās:

1. ārējo faktoru izraisītie – dedzināšana, asarošana un sausuma sajūta (pārsvarā saistīti ar ietekmi uz acs ārējo virsmu);
2. iekšējo faktoru izraisītie – sāpes acīs, spiediena jeb spriedzes sajūta un galvassāpes (saistīti ar ietekmi uz acs ābolu un cilvēka organismu kopumā).

Ārējo faktoru izraisītās sūdzības parasti rodas, ja tuvuma darba laikā skats ir vērsts uz augšu, ir nepietiekams burtu lielums, rodas dažādi atspīdumi, piemēram, datora monitorā, ir mirgojoša gaisma, netiek pietiekoši bieži mirkšķināti acu plakstiņi un ir pastiprināta acs žūšana. Kā iekšējos faktoros var minēt nepiemērotu tuvuma darba attālumu, anizometriju un jauktu astigmātismu (skat. 1.1.tab.) [9].

### Ārējo un iekšējo simptomu faktoru izraisītāji [9] 1.1.tabula

Faktori	Simptomi	Izraisītājs
ārējo simptomu faktori	dedzināšana	sausas acis
	kairinājuma sajūta	atspīdumi
	sausuma sajūta	augšup vērsts skats
		mazs fonts
		mirgojoša gaisma
iekšējo simptomu faktori	nogurums	anizotropija
	acu sāpes	tuva lasīšanas distance
	galvassāpes	jaukts astigmātisms

Tabulā ir apkopoti ārējo un iekšējo faktoru biežākie simptomi un tiem atbilstošie simptomu izraisītāji.

Ārējo faktoru izraisītās sūdzības ir vairāk saistītas ar sausās acs sindromu, savukārt iekšējo faktoru – ar verģences un akomodatīvo stresu [9]. Klīniskajā praksē ir pierādīts, ka ir cieša saistība starp tuvuma darba izraisītajām astenopijām un akomodācijas traucējumiem, tai skaitā, tonisko akomodāciju un akomodācijas adaptāciju [10].

Viena no astenopiskajām sūdzībām, ko visbiežāk nesaista ar redzi, bet meklē kādus citus organiskus iemeslus, ir galvassāpes [11]. Tomēr galvassāpju iemesli var būt visdažādākie, tai skaitā, redzes sistēmas radītie, kam par iemeslu visbiežāk ir ilgstoša lasīšana, darbs ar datoru, televīzijas skatīšanās un citas nodarbes, kas prasa ilgstošu redzes sistēmas saspringumu. Šādas galvassāpes parasti pāriet aptuveni pēc 15 – 20 minūtēm, kad tiek pārtraukts tuvuma darbs, kā arī, ja redzes slodzes laikā regulāri tiek ievērotas īsas atpūtas pauzes. Redzes sistēmas izraisīto galvassāpju iemesli var būt arī ilgstoša dedzināšanas sajūta acīs, acu nogurums, saspringums, kaitīgs (mirgojošs) apgaismojums [12].

### 1.3. Atpūtas pauzes

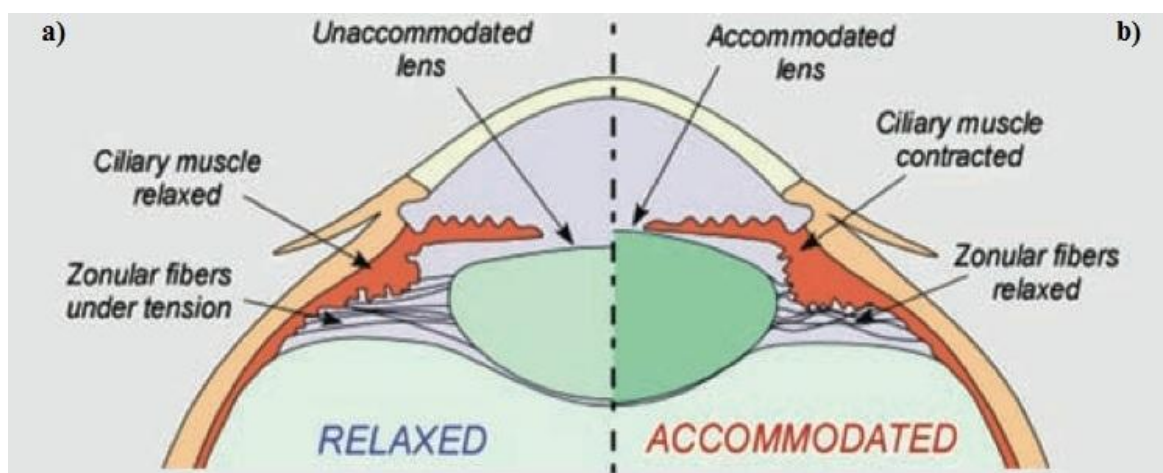
Cilvēka redzes sistēma sākotnēji nav veidojusies tā, lai spētu ilgstoši nodrošināt skaidru redzi tuvumā, tāpēc šādas slodzes laikā būtu vēlams ievērot redzes ergonomiku, tai skaitā īsas pauzes, kas spēj samazināt arī astenopisko simptomu skaitu un smaguma pakāpi. Tiek piedāvāti vairāki atpūtas paužu veidi, līdz ar to arī ilgumi:

- mikro pauzes – kas pazīstamas arī kā 20/20/20 likums. Tas nozīmē, ka ik pēc 20 minūtēm, kas pavadītas veicot tuvuma darbu, ir jāievēro 20 sekunžu īsa atpūtas pauze, kad jāskatās tālumā, normāli jāelpo un intensīvāk jāmirkšķina acu plaksti. Šāda veida pauzes neietekmē darba koncentrācijas spējas;
- mini pauzes – īsa 5 minūšu pauze jāievēro ik pēc stundas. Šajā laika periodā būtu ieteicams veikt redzes vingrinājumus, ko nozīmējis redzes aprūpes speciālists. Ja īpaši vingrinājumi nav nozīmēti, tad ieteicams skatu vērst tālumā, kā arī piecelties kājās un izkustēties;
- maksī pauzes – šīs pauzes ir ievērojami garākas. To biežums ir ik pēc pāris stundām. Pārtraukuma laikā var iekļaut kafijas vai pusdienu pauzes, lai uzņemtu enerģiju turpmākajam darbam. Ieteicams arī piecelties kājās un izkustēties, jāskatās tālumā [13].

## 2. AKOMODĀCIJAS ANATOMIJA UN FIZIOLOĢIJA

Akomodācijas process ir acs spēja mainīt savu optisko stiprumu, lai nodrošinātu skaidra attēla veidošanos uz tīklenes gan skatoties tālumā, gan tuvā distancē. Skaidra tīklenes attēla nodrošināšana ir iespējama, ja aplūkojamais objekts atrodas intervālā starp tālāko skaidras redzes punktu (PR – *punctum remotum*) un tuvāko skaidras redzes punktu (PP – *punctum proximum*). Attālumu starp šiem punktiem sauc par akomodācijas apgabalu [14]. Akomodācijas procesā ir iesaistīta acs lēca, Cinna saites un ciliārais muskulis, kā arī citas acs struktūras (stiklveida ķermenis, sklēra, acs kustību muskuļi), kas akomodācijas procesā iesaistās netieši. Sekmīga akomodācijas procesa nodrošināšanai ir nepieciešama visu struktūru saskaņota darbība [15].

Aplūkojot tuvus priekšmetus, acs atrodas akomodētā stāvoklī – ciliārais muskulis ir sasprindzis, Cinna saites atslābinājušās un acs lēca kļuvusi vairāk izliekta. Acs miera stāvoklī jeb skatoties tālumā ciliārais muskulis ir atslābis, Cinna saites nostiepušās un acs lēca kļuvusi plakanāka, līdz ar to tai ir samazinājies optiskais stiprums un gaismas laušanas spēja (skat. 2.1.att.) [15].



2.1.att. Izmaiņas acs struktūrās akomodācijas laikā [16].

a) acs atrodas miera stāvoklī. Ciliārais muskulis ir atslābis, Cinna saites nostiepušās un lēca ir plakanāka. b) acs atrodas akomodētā stāvoklī. Ciliārais muskulis ir sasprindzis, Cinna saites atslābušās un lēca kļuvusi vairāk izliekta

Lēca sastāv no lēcas šķiedrām, kuras no ārpuses apņem elastīga kapsula. Akomodācijas spējas lielā mērā ir atkarīgas no lēcas elastības, kas dzīves laikā samazinās, jo lēca nepārtraukti aug, bet tās šķiedras nenoārdās. Lēcas virsma ir abpusēji izliekta, miera stāvoklī tās priekšējā virsma ir plakanāka, bet mugurējā – vairāk izliekta. Akomodācijas procesa laikā,

palielinoties lēcas izliekumam, vairāk izliecas lēcas priekšējā virsma, bet ne tik daudz mugurējā virsma [17].

Cinna saites vienā pusē ir piestiprinājušās lēcas kapsulai, bet otrā – ciliārā ķermeņa izaugumiem. Sasprindzinoties ciliārajam muskulim, tās atslābst, tādējādi ļaujot lēcai ieņemt izliektāku stāvokli, savukārt, ja ciliārais muskulis ir atslābis, tās nostiepjās, it kā velkot lēcu, un lēca kļūst plakanāka [17].

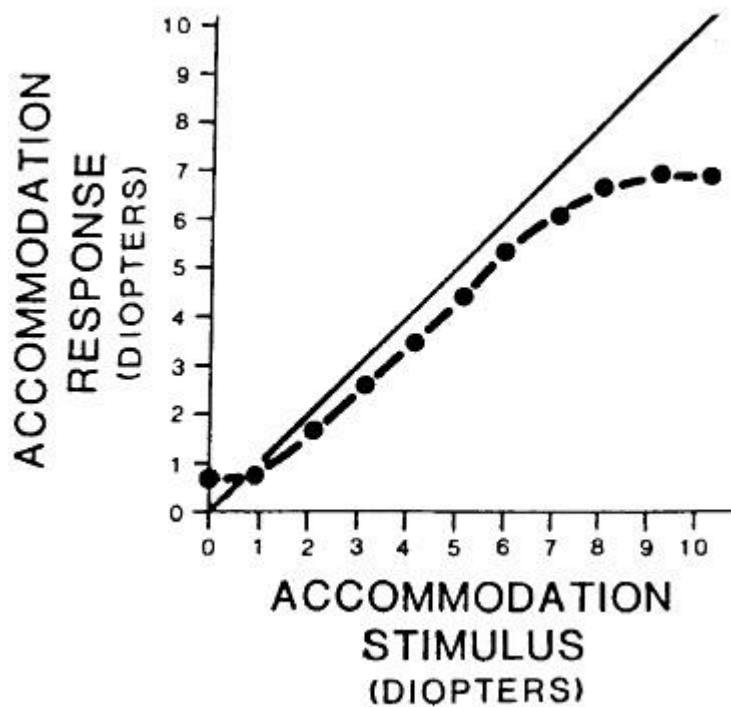
Ciliārais muskulis sastāv no gludo muskuļu šķiedrām, kurām izšķir trīs veidus:

- longitudinālās jeb meridionālās šķiedras (Brukes muskulis);
- radiālās jeb slīpās šķiedras (Ivanova muskulis);
- cirkulārās šķiedras (Mullera muskulis) [15].

Akomodācijas procesā dominējošā loma ir Brukes muskulim. Fiksējot tuvu esošus objektus, longitudinālās un cirkulārās šķiedras saraujas, kā rezultātā uz priekšu pārvirzās ciliārais ķermenis un atslābst Cinna saites, kas ir piestiprinātas pie ciliārā ķermeņa izaugumiem, tas, savukārt, nodrošina lēcas spēju ieņemt izliektāku stāvokli. Ciliārais muskulis ir gludais muskulis, tātad gribai nepakļauts, bet tā kā tas ir arī multiunitārs, tad tam piemīt dažas šķērsvītrotu muskuļu īpašības [15].

Primāri akomodācijas sistēmas darbību nodrošina veģetatīvās nervu sistēmas parasimpatiskā daļa, bet sekundāri – simpatiskā daļa, kas nozīmē, ka tad, kad pārsvaru ņem parasimpatiskā nervu sistēma, acs atrodas akomodētā stāvoklī un, kad aktivējas simpatiskā daļa, – miera stāvoklī. Ciliārā muskuļa inervāciju nodrošina parasimpatiskā nervu sistēma, simpatiskajai nervu sistēmai ir kavējoša darbība. Simpatiskā kavēšana ir relatīvi neliela (aptuveni 2D) un darbojas īsu brīdi (20 – 40 sekundes). Pārmēru akomodatīvā adaptācija pēc tuvuma darba veidojas kā rezultāts simpātiskās kavēšanas deficītam. Pastāv pieņēmums, ka simpātiskās kavēšanas deficīts var būt kā iemesls akomodācijas traucējumiem un miopijas sākotnējai attīstībai. [18].

Kā primārais redzes stimuls akomodācijas procesā darbojas neskaidrs attēls uz tīklenes, kas arī izsauc akomodācijas sistēmas atbildi, kā arī tīklenes attēla lieluma izmaiņas un konverģence. Akomodācijas atbildi atkarībā no akomodācijas stimula shematiski var aplūkot 2.2.att. Tā kā redzes sistēmā attēls nekad nav perfekti skaidrs, tad teorētiskā akomodācijas atbildes līkne nesakrīt ar reālo akomodācijas atbildes līkni. Akomodācijas darbību var ietekmēt arī ar redzi nesaistītie stimuli, piemēram, tuvuma apzināšanās, kas izsauc proksimālās akomodācijas vērtības palielināšanos [1].



**2.2.att. Akomodācijas atbilde atkarībā no akomodācijas stimula [20].**

Ar nepārtraukto līkni ir attēlota teorētiskā akomodācijas atbilde, ar pārtraukto – reālā. Līkņu krustpunkta vieta atbilst toniskās akomodācijas lielumam. Uz horizontālās ass ir attēlots akomodācijas stimula lielums [D], bet uz vertikālās – akomodācijas atbildes lielums [D]

Veidojoties neskaidram tīklenes attēlam, notiek tīklenes stimulācija, kas izveido neirālo signālu no tīklenes vāļišu šūnām. Šis signāls no tīklenes tiek vadīts uz ārējā ceļgalveida ķermeņa magnocelulārajām šūnām, tālāk uz primāro redzes garozu. No Vestfāla – Edingera kodoliem, kas ir zemgarozas struktūra, signāls tiek sūtīts uz vidussmadzenēm, tālāk pa *n. okulo-motorius* uz ciliāro gangliju un acī nonāk īso ciliāro nervu sastāvā, kas inervē ciliāro muskuli. Ciliārā muskuļa saraušanās nodrošina lēcas izliekuma maiņu, tādējādi nodrošinot skaidru tīklenes attēlu [1].

Akomodācijas kopējo atbildi sastāda vairākas komponentes, kuras tiek klasificētas pēc stimula raksturlieluma:

- refleksa akomodācija – acs automātiska pielāgošanās tās refraktīvajam stāvoklim aptuveni 2D diapazonā, kas ir kā atbilde miglaina tīklenes attēla uztverē. Šī akomodācijas komponente ir optiski saistīta ar acs fokusa dziļumu;
- vergēnces akomodācija – to stimulē vergēnces sistēmas darbība. Darbojoties konverģences mehānismam, akomodācija tiek sasprindzināta, savukārt, darbojoties diverģences mehānismam, akomodācija atslābst;

- proksimālā akomodācija – to izraisa psiholoģisks, uz pieredzi balstīts vērtējums par objekta atrašanās attālumu;
- toniskā akomodācija – raksturojas ar akomodācijas miera stāvokli. Neeksistē akomodācijas stimulsi (tumsas apstākļi, viendabīgi gaiša telpa, objekts ar nenosakāmām, izplūdušām robežām). Toniskās akomodācijas vērtība var sasniegt pat 2D, bet līdz ar vecuma palielināšanos tā samazinās acs lēcas biomehānisku izmaiņu rezultātā [1, 15].

### 3. TONISKĀ AKOMODĀCIJA

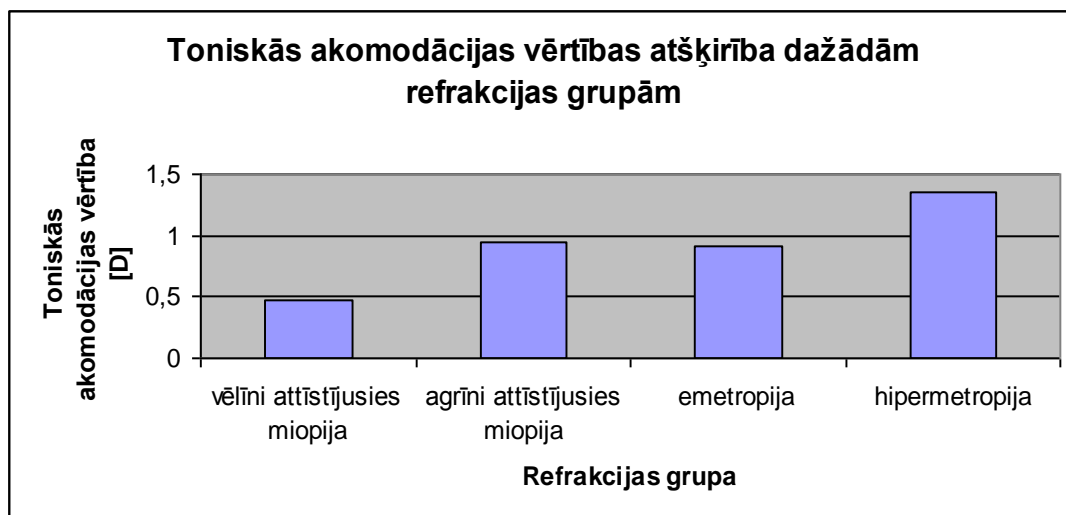
Sākotnēji tika pieņemts, ka situācijās, kad nepastāv akomodācijas stimulš, piemēram, biezas miglas, viendabīgi gaišas telpas vai tumsas apstākļos, kā arī, kad aplūkojamajam objektam ir nenosakāmas, izplūdušas robežas, – ļoti zema kontrasta apstākļos, emetroņa acs būs fokusēta bezgalīgi tālā attālumā. Ja akomodācijas sistēmai ir redzes stimulu trūkums, neizveidojas redzes stimulu maiņa, kas varētu iniciēt akomodācijas darbības izmaiņas. Ilgstošu akomodācijas sistēmas pētījumu rezultātā atklājās, ka šādā situācijā acs būs fokusēta bezgalībā tikai ļoti niecīgam indivīdu skaitam. Visbiežāk šis fokusa attālums atrodas 0,50 – 2,00m attālumā. Akomodācijas sistēmai miera stāvoklī ir tendence fokusēties šajā attālumā, un atbilstošu lielumu dioptrijās (0,50 – 2,00D) nodēvēja par tonisko akomodāciju. Tātad toniskā akomodācija raksturo akomodācijas miera stāvokli [15, 19].

Ja akomodācijas sistēmai parādās stimulš, tad, neskatoties uz to, vai tas būs tālākā vai tuvākā distancē, pēc akomodācijas atbildes, kas izveidojusies uz šo stimulu, atkal notiks fokusēšanās uz miera stāvoklim atbilstošu attālumu. Jo tālākā attālumā no miera pozīcijas ir jānodrošina akomodācijas atbilde, jo ar lielāku piepūli norit akomodācijas process. Šeit parādās, kā toniskās akomodācijas lielums ietekmē kopējo akomodācijas atbildi [19].

#### 3.1. Toniskās akomodācijas vērtības atkarība no refrakcijas veida

Par toniskās akomodācijas vērtībām ir veikti samērā daudzi pētījumi, kuru rezultāti parāda, ka toniskās akomodācijas lielums ir atšķirīgs pacientiem ar dažādām refrakcijām.

Visbiežāk pētījumu rezultāti parāda, ka pacientiem, kuriem ir hipermetropija, toniskās akomodācijas vērtība ir ievērojami lielāka nekā emetropiem vai miopiem pacientiem [15]. Tā tas tika konstatēts arī 1999. gadā Amerikā veiktajā pētījumā „*Model of human refractive error development*”, kur hipermetropiem pacientiem toniskās akomodācijas lielums tiek minēts kā 1,35D, emetropiem – 0,80D, pacientiem, kuriem ir agrīni attīstījusies miopija – 0,85D, un pacientiem, kuriem ir vēlīni attīstījusies miopija, toniskās akomodācijas vērtība ir 0,45D. Līdzīgas toniskās akomodācijas vērtības 1987. gadā savā pētījumā ieguvuši arī Makbraiens un Millodots (skat. 3.1.att.) [20].



3.1.att. Toniskās akomodācijas vērtības atšķirība dažādām refrakcijas grupām [15].

Grafikā attēlotas toniskās akomodācijas vidējās vērtības 15 pacientiem ar vēlīni attīstījušos miopiju, 15 pacientiem ar agrīni attīstījušos miopiju, 17 emetropiem pacientiem un 15 hipermetropiem pacientiem. Visi pacienti eksperimenta laikā lietoja korekciju, ja tāda bija nepieciešama

Tomēr pretrunā iepriekšminētajam ir virkne citu pētījumu. 1983. gadā Simonelli veiktajā eksperimentā toniskās akomodācijas vērtības miopiem pacientiem bija lielāks nekā emetropiem un hipermetropiem pacientiem. Arī Takoro 1988. gadā noteica, ka miopiem toniskās akomodācijas vērtība ir lielāka nekā emetropiem [15, 21].

Dažos pētījumos netiek novērotas atšķirības toniskās akomodācijas vērtībām atkarībā no refrakcijas grupas. Tā tas bija arī 1951. gadā Carreras veiktajā pētījumā, kur toniskās akomodācijas vērtības ir vienādas hipermetropiem, emetropiem un miopiem pacientiem [15].

Toniskās akomodācijas vērtības ir atkarīgas no kāda vai vairāku sekojošu faktoru kombinācijām, kas var būtiski ietekmēt iegūtos rezultātus:

- mērījumu veids un pielietotais aprīkojums;
- pacienta skatīšanās stāvoklis;
- pacienta mentālā aktivitāte;
- pacientam uzdotā jautājuma formulēšana;
- apkārtējās vides apstākļi [15, 21].

Ir novērots, ka, ja toniskās akomodācijas noteikšana netiek veikta pilnīgos tumsas apstākļos, tās vērtība ir ievērojami lielāka. Vērtība palielinās arī gadījumos, ja cilvēks iepriekš ir redzējis un iegaumējis eksperimenta telpas izkārtojumu, kā arī tad, ja piemīt paaugstināta mentālā aktivitāte – ir jāveic, vai iepriekš ir bijis jāveic kāds nozīmīgs uzdevums, kas prasa paaugstinātas koncentrēšanās spējas [15].

Šādi var izskaidrot dažādo toniskās akomodācijas vērtību kādai konkrētai refrakcijas grupai atšķirīgos pētījumos. Savukārt to, kurai no refrakcijas grupām būs lielāka vai mazāka toniskās akomodācijas vērtība, var izskaidrot, ja iepriekšminēto faktoru kombinācijai tiek pievienoti vēl divi nozīmīgi faktori – eksperimenta dalībnieku atlases kritēriji un skaits, kā arī refrakcijas iedalījuma kritēriji [15].

Dažādu pētījumu rezultātā ir izvirzīts pieņēmums, ka cilvēkiem, kuriem ir emetropa refrakcija, bet ir samazināta toniskās akomodācijas vērtība, pastāv lielāks risks miopijas attīstībai. Ja emetropas refrakcijas laikā tiek konstatēta paaugstināta toniskās akomodācijas vērtība, tad palielinās risks turpmākai hipermetropijas attīstībai [21].

### **3.2. Toniskās akomodācijas novērtēšanas metodes**

Kā jau iepriekš tika minēts, toniskās akomodācijas vērtība ir atkarīga arī no izvēlētās metodes, ar kādu tā tiek noteikta. Visbiežāk toniskās akomodācijas novērtēšanai izvēlas pielietot kādu no pieciem instrumentiem:

- polarizētais vernjē optometrs;
- infrasarkanais optometrs;
- dinamiskā retinoskopija;
- Hartingera optometrs;
- lāzerspekļu optometrs [21].

Ja toniskā akomodācija tumsas apstākļos tiek noteikta ar Hartingera optometru, tad tās vērtības salīdzinājumā ar vērtībām, kas iegūtas ar citu instrumentu pielietošanu, būs visaugstākās. Zemākas un aptuveni vienādas toniskās akomodācijas vērtības būs pielietojot polarizēto vernjē optometru, infrasarkanā optometru un lāzerspekļu optometru. Parasti pielietojot dinamisko retinoskopiju eksperiments netiek veikts pilnīgos tumsas apstākļos [15, 21].

Eksperimentāli tonisko akomodāciju ir iespējams noteikt ne tikai tumsas apstākļos, bet, piemēram, arī tukša lauka apstākļos, vienmērīgi apgaismotā telpā [21].

Objektīvai toniskās akomodācijas novērtēšanai jānotiek attālumā, kas nedrīkst būt mazāks par 3m no eksperimenta dalībnieka. Šādi ir iespējams izslēgt kļūdu, kas varētu rasties proksimālās akomodācijas dēļ [22].

Tonisko akomodāciju ir iespējams novērtēt gan binokulāras, gan monokulāras redzes apstākļos. Iegūtie rezultāti var nesakrist. Novērtējot tonisko akomodāciju monokulāri, parasti mērījums tiek veikts vadošajai acij, jo tā atrodas vairāk tonizētā stāvoklī nekā otra acs [23].

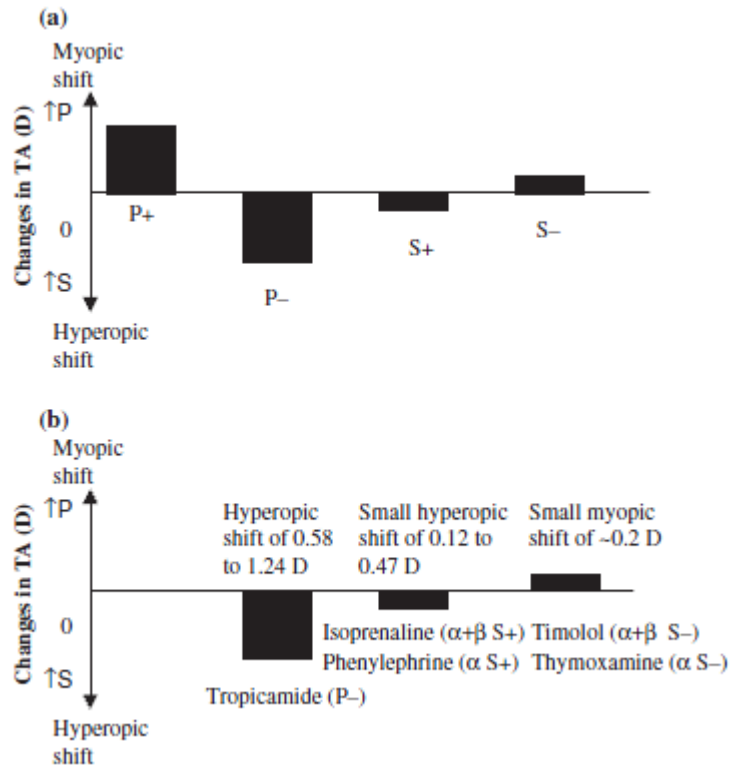
Toniskās akomodācijas vērtību ir iespējams novērtēt arī tad, ja tā netiek tieši mērīta. To var izteikt gadījumos, kad iepriekš ir noteikts tumsas fokuss un ir zināma statiskās refrakcijas vērtība, jo tumsas fokuss ir toniskās akomodācijas un statiskās refrakcijas summa. Toniskā akomodācija ir mainīgs lielums, tās vērtību ietekmē, piemēram, attālums, kādā tiek veikts mērījums, kā arī iepriekšējā redzes slodze un mentālā aktivitāte, savukārt statiskā refrakcija ir nemainīgs lielums. Tāpēc, ja ir nepieciešams novērtēt toniskās akomodācijas izmaiņas noteiktos apstākļos vai laikā, to ir iespējams izdarīt ar tumsas fokusa noteikšanu arī tad, ja statiskā refrakcija nav zināma [15, 24].

### **3.3. Toniskā akomodācija un inervācijas īpatnības**

Toniskā akomodācija atspoguļo līdzsvara stāvokli starp parasimpatisko un simpatisko signālu pārvadi uz ciliāro muskuli [21].

Lai izpētītu parasimpatisko un simpatisko signālu ieguldījumu toniskās akomodācijas vērtības veidošanā, tiek lietoti vietējie autonomie aģenti (zāļu vielas). Pamatojoties uz akomodācijas duālās inervācijas teoriju, ja muskarīna agonists palielina akomodācijas parasimpatisko komponenti, tad toniskās akomodācijas vērtībai vajadzētu pieaugt. Un pretēji, ja muskarīna antagonists samazina parasimpatisko signālu, tad arī toniskās akomodācijas vērtībai vajadzētu samazināties (skat. 3.2.att.). Līdzīgi arī adrenerģiskais agonists samazinās toniskās akomodācijas vērtību un adrenerģiskais antagonists to palielinās [21].

Ietekmi uz ciliāro muskuli ir lietderīgāk skaidrot ar izmaiņām toniskās akomodācijas vērtībā, kas izriet no izmaiņām parasimpatiskajā inervācijā. Arī simpatiskā inervācija šajā procesā piedalās, tomēr tās loma nav tik nozīmīga. No iepriekš teiktā var secināt, ka zema toniskās akomodācijas vērtība atspoguļo pavājinātu parasimpatisko signālu uz ciliāro muskuli vai pavājinātu kopējo parasimpatisko un simpatisko signālu uz ciliāro muskuli. Kā konkurentu parasimpatiskajai aktivitātei ir nepieciešams palielināt simpatiskā signāla kavēšanu [21].



**3.2.att. Shematisks autonomo aģentu ietekmes attēlojums uz tonisko akomodāciju [21].**

Uz vertikālās ass attēlotas toniskās akomodācijas izmaiņas [D]. P – parasimpatiskā inervācija;

S – simpātiskā inervācija; „+” – stimulācija

; „-” – kavēšana; α, β – receptori

Šādā veidā daudzi pētnieki cenšas izskaidrot zemas toniskās akomodācijas vērtības saistību ar miopiju un ciliārā muskuļa vājumu [21].

# EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

## 1. METODE UN EKSPERIMENTA GAITA

Toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas noteikšanai tika izmantots lāzerspekļu optometrs, ar kuru tika noteikts tumsas fokuss.

Tumsas fokuss ir statiskās refrakcijas un toniskās akomodācijas summa, savukārt statiskā refrakcija ir nemainīgs lielums. Līdz ar to tumsas fokusa lieluma izmaiņas ir ekvivalentas toniskās akomodācijas lieluma izmaiņām.

Lāzerspekļu optometrs ir ierīce, kas sastāv no:

- gaismas avota (lāzera),
- rotējoša diska ar matētu virsmu,
- lēcām [25].



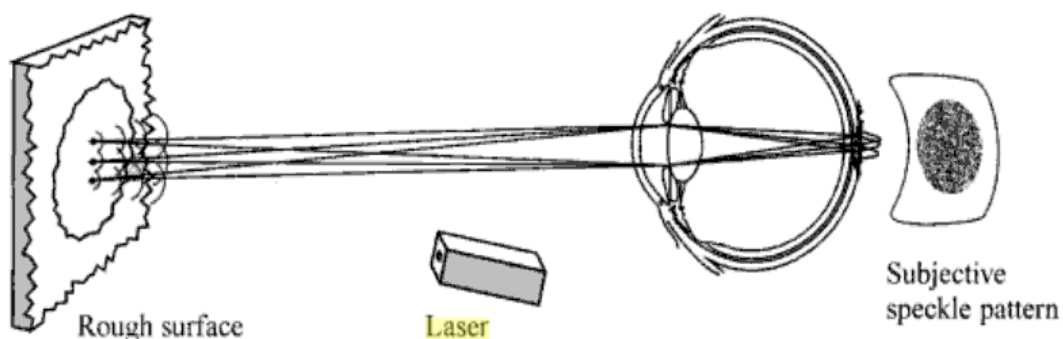
**1.1.att. Lāzerspekļu optometrs.**

1.-lāzers ar iebūvētu lēcu; 2.-elektromotors; 3.-rotējošs, matēts disks; 4.-rāmis; 5.-lēca

No lāzera nāk koherenti, paralēli gaismas stari ar viļņa garumu 625nm, kas atbilst sarkanajai gaismai. Paralēlu gaismas staru kūlis tiek izvērsts ar lēcu sistēmu, kas iebūvēta

lāzera korpusā, un tālāk ejošie gaismas stari nonāk uz rotējoša diska ar matētu virsmu. Diska rotāciju nodrošina ar mazas jaudas elektromotoriņu. Iekārta tika aizklāta ar tumša, necaurspīdīga materiāla rāmi, lai novērstu tās izgaismošanos un atspīdumu veidošanos, kas varētu kalpot kā nevēlams akomodācijas stimuluss. Rāmim vidū tika iestiprināta +5,75D stipra lēca, ar kuras palīdzību tika atvieglota kustīgo graudiņu ainas saskatīšana (skat. 1.1.att.).

Nelīdzenā virsma izraisa dažādu trajektoriju garumu gaismas atstarošanas no blakusesošiem apgabaliem, kā rezultātā nejaušas interferences ainas tiek novērotas kā graudiņi [25]. Dažādās interferences ainas ir sastopamas katrā lauka pozīcijā, ieskaitot novērotāja tīklieni, tādējādi graudiņi vienmēr šķiet esam fokusā, neatkarīgi no novērotāja refrakcijas kļūdas (skat. 1.2.att.) [26].



1.2.att. Graudiņu attēla veidošanās cilvēka acī [26]

Diskam rotējot vai pārvietojoties novērotājam, graudiņiem piemīt kustība. Kustības virziens un ātrums ir atkarīgs no novērotāja akomodācijas stāvokļa. Pirmais, kas izmantoja šo fizikālo fenomenu, lai konstruētu lāzerspekļu optometru akomodācijas novērtēšanai, 1966. gadā bija Knolls [26].

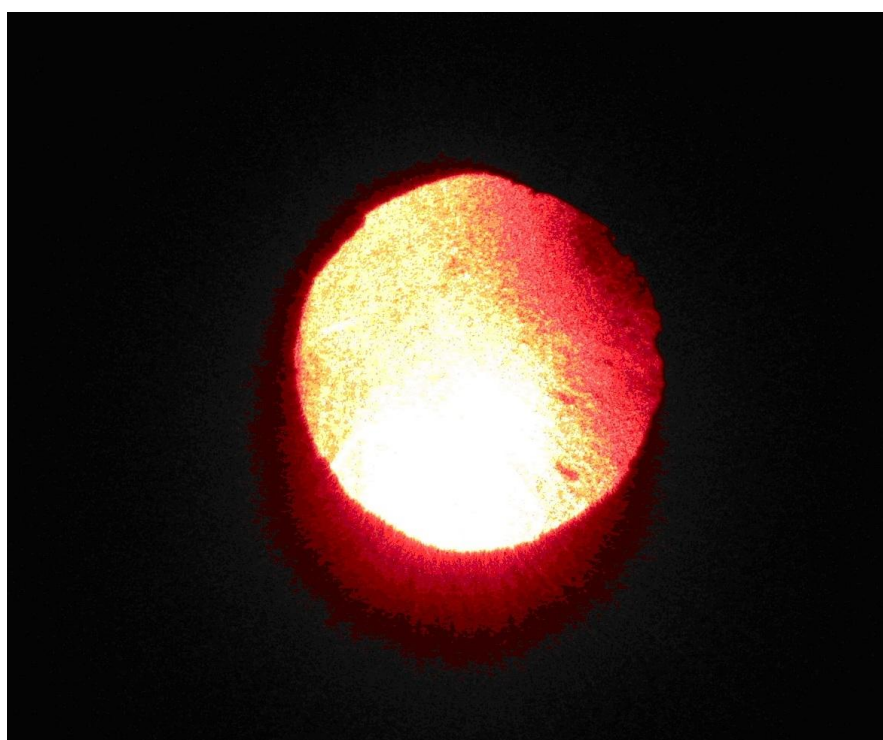
Eksperiments sastāvēja no divām daļām:

- pirmajā daļā tika noteikts tumsas fokuss pirms redzes slodzes, tad 30 minūtes tika veikts tuvuma darbs, pēc kura atkārtoti tika noteikts tumsas fokuss. Tā kā tumsas fokusa lieluma izmaiņas ir ekvivalentas toniskās akomodācijas lieluma izmaiņām, tad toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas tika izteiktas kā starpība starp abiem tumsas fokusa mērījumiem;
- otrajā daļā vēlreiz tika noteikts tumsas fokuss pirms redzes slodzes, tad 20 minūtes tika veikts tuvuma darbs, pēc kura sekoja 5 minūšu ilga pauze, kurā eksperimenta dalībniekam tika lūgts vērst skatu tālumā, lai atslābinātu akomodācijas sistēmu. Pēc šīs pauzes tuvuma darbs tika turpināts vēl 10 minūtes, pēc kurām vēlreiz tika noteikts tumsas fokuss. Starpība starp abiem

tumsas fokusa mērījumiem tika pieņemta kā toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas.

Nosakot tumsas fokusu, eksperimenta dalībniekiem tika izskaidrots un norādīts, ka, vērsot skatu taisni uz priekšu, jācenšas atbrīvoties un ļaut skatam it kā „aizpeldēt”. Tas ir nepieciešams, lai novērstu cilvēka mentālo ietekmi uz toniskās akomodācijas lielumu [24].

Sākoties eksperimentam, tā dalībniekam tika noteikta vadošā acs, kurai vēlāk tika noteikts tumsas fokuss. Šī izvēle tiek pamatota uz 1996. gadā Japānā veiktā pētījuma „*Characteristics of dynamic accommodation responses: comparison between the dominant and non-dominant eyes*” secinājumu, ka vadošā acs parasti atrodas tonizētākā stāvoklī un ir noteicošā akomodācijas procesā [23].



*1.3.att. Aina, ko novēro eksperimenta dalībnieks*

Eksperimenta dalībniekam tika uzlikts proves rāmis un ar oklūdera palīdzību aizklāta otra acs. Tumsas apstākļos, ar lāzerspekļu optometra palīdzību, tika novērtēts tumsas fokuss. Lāzerspekļu optometrs bija novietots tālumā, novērotāja acu augstumā – aptuveni 5m attālumā no novērotāja. Pietuvinātu eksperimenta dalībniekam redzamo ainu ir iespējams aplūkot *1.3.att.* Eksperimenta dalībniekam jautāja, kādā virzienā ir novērojama graudiņu kustības plūsma. Ja virzība tika novērota virzienā uz augšu, tad proves rāmī, priekšā novērotāja acij, tika ievietota negatīva stipruma lēca, un jautājums par graudiņu kustības virzienu tika uzdots atkārtoti. Lēcas stiprums tika pakāpeniski palielināts tik ilgi, līdz kļuva iespējams atrast neitralizācijas pozīciju, kad graudiņiem vairs nepiemīt izteikta virziena

kustība, tie šķiet nekustīgi vai arī mutuļojoši, virpuļveidīgi. Tā kā pieejamas bija lēcas ar soli 0,25D, tad bieži neitralizāciju nebija iespējams novērot, tāpēc tika fiksēts stāvoklis, kad eksperimenta dalībnieks sāka novērot pretēju kustību – kustību uz leju. Šajā gadījumā neitralizācija tika pieņemta, kā vidējā vērtība starp šīm abām pozīcijām. Ja sākotnēji graudiņu kustība tika novērota uz leju, tad proves rāmī tika ievietotas pozitīvas lēcas, lai panāktu pretēju kustību uz augšu, pārējais eksperimenta gaitā neatšķīrās. Tumsas fokusa lielums tika pielīdzināts lēcu stiprumam, kuras nepieciešams novietot priekšā novērotāja acij, lai panāktu neitralizācijas pozīciju. Kā kļūda katram mērījumam tika pieņemts solis, ar kādu bija iespējams mainīt lēcu optisko stiprumu ( $\pm 0,25D$ ).

Pēc tumsas fokusa noteikšanas eksperimenta dalībniekiem tika noņemts proves rāmis, un viņi tika pakļauti redzes slodzei. Vienmērīgi labi apgaismotā telpā bija jālasa daiļliteratūras teksts, kura burtu lielums bija 8 punkti, fonts – *Times New Roman* un atstarpe starp rindām 1,5. Tad tumsas fokuss tika novērtēts atkārtoti.

Otrajā eksperimenta daļā redzes slodzes laikā tika iekļauta īsa pauze, kuras laikā eksperimenta dalībniekiem tika lūgts pieiet pie loga un skatīties uz tālu esošiem objektiem, lai nodrošinātu akomodācijas atslābināšanos.

Pēc abām eksperimenta daļām tā dalībniekiem tika uzdots jautājums, vai viņi pēc redzes slodzes izjuta diskomforta sajūtu. Kā arī viņi tika lūgti salīdzināt savas izjūtas pēc abām eksperimenta daļām un minēt sūdzības, kas bija radušās.

## 2. EKSPERIMENTA DALĪBNIEKI UN APSTĀKĻI

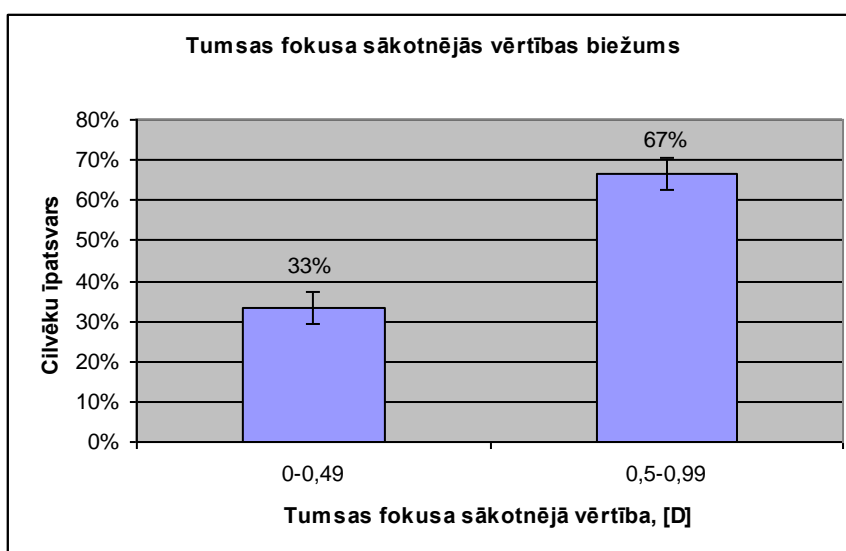
Eksperimentā piedalījās 12 jaunieši vecumā no 19 līdz 24 gadiem, no kuriem 5 bija vīrieši un 7 sievietes. Visi dalībnieki bija jauni cilvēki, bez zināmām acu saslimšanām, traumām vai iepriekš veiktām operācijām, bez iepriekš noteiktām, nozīmīgām refrakcijas kļūdām – emetropi vai tuvu emetropijai (nepieciešamā redzes korekcija nepārsniedz +/-0,5D).

Pirms eksperimenta katrs dalībnieks tika informēts par eksperimenta gaitu, veicamo uzdevumu un aptuveno eksperimenta ilgumu. Tā kā eksperiments sastāvēja no divām, samērā laukietilpīgām daļām, kā arī bija nepieciešams panākt, lai rezultāti savstarpēji nebūtu atkarīgi, tad katru no šīm daļām katrs dalībnieks veica atsevišķās dienās.

Tumsas fokuss tika noteikts monokulāri – vadošajai acij skotopiskos apstākļos, kad lāzerspekļu optometrs novietots tālumā (aptuveni 5m attālumā no novērotāja). Tuvuma darbs tika veikts vienmērīgi apgaismotā telpā. Lasāmo tekstu cilvēks novietoja sev ērtā lasīšanas attālumā.

### 3. REZULTĀTI

Eksperimenta pirmajā daļā noteiktais tumsas fokuss pirms redzes slodzes tā dalībniekiem bija robežās no 0,13D līdz 0,88D. Vidējā tumsas fokusa vērtība bija 0,50D, mērījuma pieļautā kļūda  $\pm 0,25D$ . Kad atkārtoti tika noteikts tumsas fokuss pirms redzes slodzes eksperimenta otrajā daļā, tā vērtības bija robežās no 0,13D līdz 1,13D, ar vidējo vērtību  $0,63D \pm 0,25D$ . Tumsas fokusa sākotnējās vērtības biežuma dati eksperimenta dalībnieku vidū tika apkopoti un attēloti grafiski, kur attēlota arī aprēķinātā standartkļūda (skat. 3.1.att.). Šie rezultāti ir atbilstoši literatūrā aprakstītajām tumsas fokusa vērtībām, kur vidējā vērtība emetropiem cilvēkiem tiek minēta kā  $0,56 \pm 0,51D$  [5].

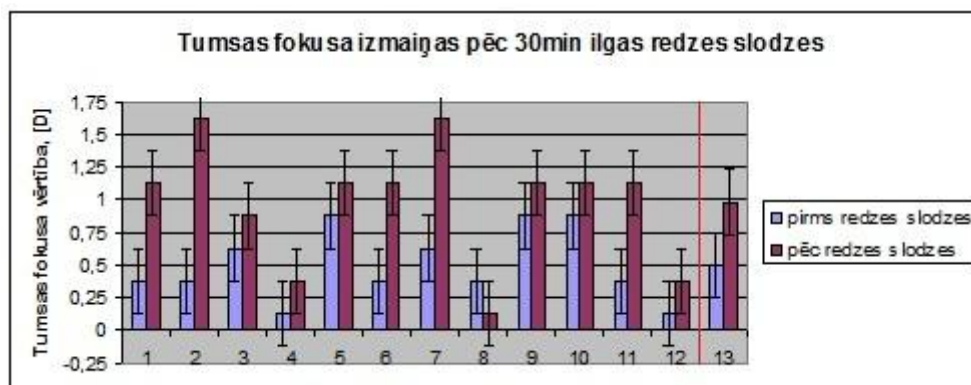


#### 3.1.att. Tumsas fokusa sākotnējās vērtības biežums eksperimenta dalībnieku vidū.

Kā sākotnējā tumsas fokusa vērtība katram dalībniekam tiek ņemts vidējais lielums no abiem tumsas fokusa mērījumu rezultātiem. No 12 eksperimenta dalībniekiem 33% sākotnējā tumsas fokusa vērtība bija robežās no 0,00 – 0,49D, bet 67% robežās no 0,50 – 0,99D. Grafikā ir parādīta arī cilvēku īpatsvara aprēķinātā standartkļūda, kas abos gadījumos ir vienāda  $\pm 4\%$

Eksperimenta pirmajā daļā noteiktā tumsas fokusa vērtība pēc 30 minūšu ilgas redzes slodzes bija robežās no 0,13D līdz 1,63D, ar vidējo vērtību  $0,98D \pm 0,25D$ . Toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas tika aprēķinātas kā starpība starp abiem tumsas fokusa mērījumu rezultātiem. Vienam no eksperimenta dalībniekiem pēc redzes slodzes toniskās akomodācijas lielums samazinājās par  $-0,25D$ , bet pārējiem tika konstatēts toniskās akomodācijas lieluma pieaugums robežās no 0,25D līdz 1,25D. Vidējā vērtība toniskās akomodācijas lieluma izmaiņām bija  $0,48D \pm 0,25D$ . Aplūkojot 3.2.att., iespējams redzēt

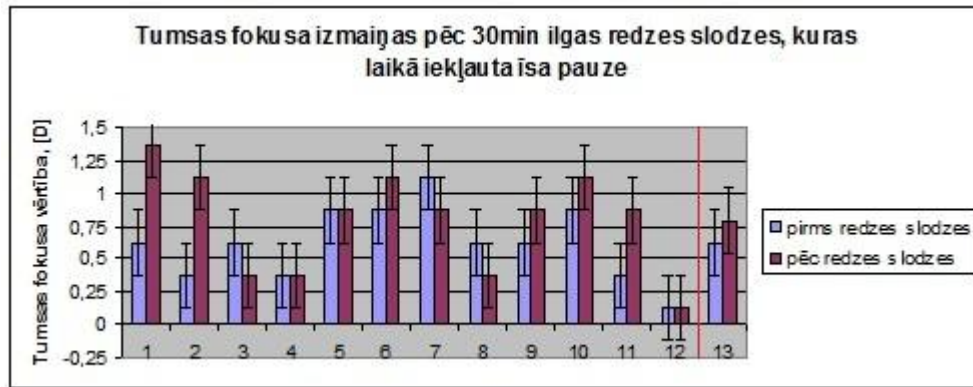
eksperimenta pirmajā daļā veikto tumsas fokusa mērījumu rezultātus katram no eksperimenta dalībniekiem, kā arī šo mērījumu vidējo vērtību.



**3.2.att. Tumsas fokusa izmaiņas pēc 30 minūšu ilgas redzes slodzes katram no eksperimenta dalībniekiem.**

Grafikā attēlotas tumsas fokusa vērtības katram no 12 eksperimenta dalībniekiem pirms un pēc 30 minūšu ilgas, nepārtrauktas redzes slodzes. Ar sarkano svītru, kā 13. mērījums, ir atdalītas vidējās vērtības. Kā kļūda tika pieņemtas  $\pm 0,25D$

Eksperimenta otrajā daļā noteiktā tumsas fokusa vērtība pēc 30 minūšu ilgas redzes slodzes, kuras laikā tika iekļauta īsa 5 minūšu pauze, bija robežās no 0,13D līdz 1,38D, ar vidējo vērtību  $0,79D \pm 0,25D$ . Trīs eksperimenta dalībniekiem toniskās akomodācijas lielums pēc tuvuma darba samazinājās par  $-0,25D$ , vēl trīs dalībniekiem tas palika nemainīgs (tumsas fokusa mērījumu rezultāts pirms un pēc redzes slodzes neatšķīrās), bet atlikušajiem eksperimenta dalībniekiem tika konstatēts toniskās akomodācijas pieaugums robežās no 0,25D līdz 0,75D. Toniskās akomodācijas lieluma izmaiņu vidējā vērtība bija  $0,17D \pm 0,25D$ . Katra eksperimenta dalībnieka tumsas fokusa izmaiņas eksperimenta otrajā daļā ir iespējams aplūkot 3.3.att.



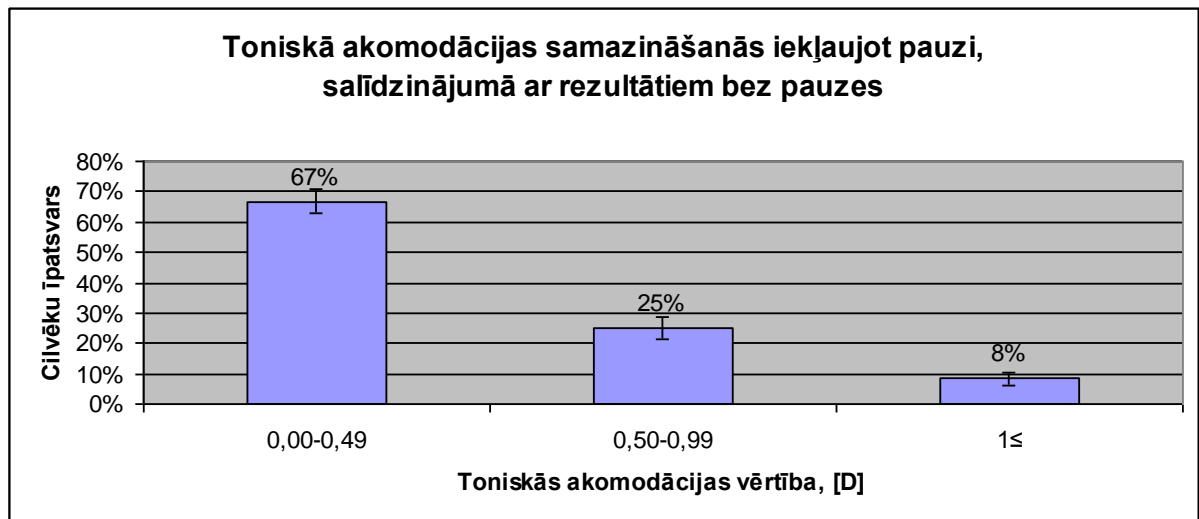
**3.3.att. Tumsas fokusa izmaiņas pēc 30 minūšu ilgās redzes slodzes, kuras laikā iekļauta īsa pauze, katram no eksperimenta dalībniekiem.**

Grafikā attēlotas tumsas fokusa vērtības katram no 12 eksperimenta dalībniekiem pirms un pēc 30 minūšu ilgās redzes slodzes, kuras laikā pēc 20 minūtēm iekļauta 5 minūšu īsa pauze, un tad tuvuma darbs turpināts vēl 10 minūtes. Ar sarkano svītru, kā 13. mērījums, ir atdalītas vidējās vērtības. Kā kļūda tika pieņemtas  $\pm 0,25D$

Apskatot iegūtos rezultātus abās eksperimenta daļās, var novērot, ka tumsas fokuss ievērojami vairāk mainās tad, ja tuvuma darba laikā netiek iekļauta īsa pauze, savukārt, ja tā tiek iekļauta, tas pieaug mazāk, nemainās vai pat samazinās.

Statistiskai datu apstrādei tika pielietots *t tests sapārotiem datiem*. Pēc šī testa rezultātiem var apgalvot, ka toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas abos gadījumos ir atšķirīgas ( $p=0,006$ ), turklāt tad, ja redzes slodzes laikā netiek iekļauta īsa pauze, toniskās akomodācijas lieluma pieaugums ir lielāks nekā tad, ja tuvuma darba laikā 5 minūšu pauze tiek iekļauta ( $p=0,011$ ).

67% no eksperimenta dalībniekiem toniskās akomodācijas lieluma pieaugums pēc redzes slodzes ar pauzi, salīdzinājumā ar toniskās akomodācijas lieluma pieaugumu pēc redzes slodzes, kuras laikā netika iekļauta īsa pauze, samazinājās par 0,00D līdz 0,49D, 25% par 0,50D līdz 0,99D un 8% toniskās akomodācijas lieluma pieauguma samazināšanās bija lielāka vai vienāda ar 1,00D (skat. 3.4.att).



**3.4.att. Toniskās akomodācijas samazināšanās iekļaujot pauzi, salīdzinājumā ar rezultātiem bez pauzes.**

No 12 eksperimenta dalībniekiem 67% pēc 30 minūšu redzes slodzes, kuras laikā ir iekļauta īsa 5 minūšu pauze, bija novērojama toniskās akomodācijas samazināšanās par 0,00 – 0,49D, salīdzinājumā ar rezultātiem, kas iegūti pēc nepārtrauktas redzes slodzes. 25% šī samazināšanās bija novērojama robežās no 0,50D līdz 0,99D, bet 8% toniskās akomodācijas lielums samazinājās par 1D vai vairāk. Grafikā ir parādīta arī cilvēku īpatsvara aprēķinātā standartklūda, kas pie 67% un 25% no cilvēku īpatsvara ir  $\pm 4\%$ , savukārt pie 8% ir  $\pm 2\%$

Visu veikto mērījumu apkopojumu ir iespējams aplūkot pielikumā.

Aptaujājot eksperimenta dalībniekus par viņu subjektīvajām izjūtām, noskaidrojās, ka 8 no 12 dalībniekiem pēc nepārtrauktas redzes slodzes izjuta lielāku diskomfortu nekā pēc slodzes, kuras laikā bija iespēja atpūtināt acis. Kā sūdzības tika minētas acu sāpes un nogurums, diviem no dalībniekiem bija novērojama acu asarošana. Četri cilvēki neizjuta labvēlīgu pauzes ietekmi uz subjektīvajām izjūtām.

## Secinājumi

1. Tumsas fokusa vērtība pēc 30 minūšu ilgas nepārtrauktas redzes slodzes, kuras laikā tiek lasīts teksts, kura burtu lielums ir 8 punkti un fonts – *Times New Roman*, atstarpe starp rindām 1,5, ir lielāka nekā pirms tās ( $p=0,002$ ). Ja tik pat ilgas redzes slodzes laikā tiek iekļauta 5 minūšu īsa pauze, tad tumsas fokusa vērtības izmaiņas pēc tuvuma darba statistiskās ticamības līmeni nesasniedz ( $p=0,136$ ).
2. Toniskās akomodācijas pieaugums pēc nepārtrauktas 30 minūšu redzes slodzes ir  $0,48D \pm 0,25D$ , tad, ja tuvuma darba laikā tiek iekļauta īsa 5 minūšu pauze, toniskās akomodācijas lieluma pieaugums ir  $0,17D \pm 0,25D$ .
3. Toniskās akomodācijas lieluma izmaiņas starp rezultātiem, kad 30 minūšu ilga redzes slodze ir bijusi nepārtraukta vai kad tās laikā tiek iekļauta īsa 5 minūšu pauze ir statistiski nozīmīgi atšķirīgas ( $p=0,006$ ), turklāt toniskās akomodācijas lieluma pieaugums ir mazāks, ja redzes slodzes laikā tiek iekļauta pauze ( $p=0,011$ ).

## Nobeigums

Ļoti bieži cilvēkiem, kuri ir pakļauti redzes slodzei, parādās astenopiskas sūdzības. Ir veikti pētījumi, kuru rezultātā pierādīts, ka redzes slodzes laikā iekļaujot īsas pauzes šīs sūdzības mazinās. Daļu no astenopiskajiem simptomiem ir mēģināts skaidrot, kā cēloni minot izmaiņas akomodācijas sistēmā, kas rod apstiprinājumu jaunu teoriju un pētījumu nepieciešamībai. Pamatojoties uz klasiskajām teorijām, darba sākumā tika izvirzīta hipotēze, kurai, apkopojot un analizējot iegūtos rezultātus, tika gūts apstiprinājums.

Darba gaitā tika novērots, ka toniskās akomodācijas vērtība redzes slodzes laikā mainās. Izdevās arī pierādīt, ka vismaz vienu no akomodācijas fizioloģiskajām komponentēm – tonisko akomodāciju ietekmē īsa 5 minūšu pauze, kas ir iekļauta 30 minūšu ilga tuvuma darba laikā.

Atšķirības toniskās akomodācijas izmaiņās eksperimenta dalībnieku vidū varēja ietekmēt daudzi faktori, piemēram, tas, cik labi dalībnieks bija sapratis viņam doto uzdevumu; laiks, cik ātri pēc redzes slodzes izdevās noteikt tumsas fokusu; tas, vai katram dalībniekam šķita interesants lasīšanas teksts; vai un cik bieži tuvuma darba laikā viņš novērsa skatu no šī teksta; kā arī katra dalībnieka individuālās īpatnības.

Darba autore cer, ka šis darbs varētu kļūt par pamatu turpmāku pētījumu izstrādē, kuros varētu apskatīt, kā tieši astenopiskie simptomi, kuri ir saistīti ar akomodācijas sistēmu, mainās, mainoties toniskās akomodācijas lielumam, kā arī, vai pēc toniskās akomodācijas lieluma izmaiņām, ir iespējams nozīmēt individuālu tuvuma darba režīmu katram pacientam.

## **Pateicības**

Izsaku pateicību darba vadītājam Jānim Fridrihsonam par ieteikumiem darba tēmas izvēlē, kā arī veltīto laiku un sniegtajiem padomiem darba tapšanas laikā, un ieguldījumu veiksmīga eksperimenta nodrošināšanai.

Īpašu pateicību vēlos izteikt pasniedzējam Jānim Dzenim par palīdzību datu statistiskās apstrādes laikā.

Paldies visiem eksperimenta dalībniekiem par veltīto laiku un pacietību.

Izsaku pateicību arī savai ģimenei par sniegto atbalstu un sapratni.

## Izmantotā literatūra

1. **Benjamin, W.J.** *Borish's Clinical Refraction. Second edition.* Butterworth Heinemann Elsevier, 2006, p. 47 – 138.
2. *Ideal Reading Distances* [tiešsaiste] – [atsauce 06.05.2011]. Pieejams: <http://www.eyeway.org/informs/eye-care/ideal-reading-distances>
3. *Children should have first – class seating and lots of exercise* [tiešsaiste] – [atsauce 23.05.2011.]. Pieejams: [http://www.postureinstyle.com/ergonomics101-sitting\\_properly.html](http://www.postureinstyle.com/ergonomics101-sitting_properly.html)
4. **Owens, A.D., Wolf – Kelly, K.** *Near Work, Visual Fatigue, and Variations of Oculomotor Tonus.* Investigative Ophthalmology & Visual Science, N 4, vol. 28, 1987, p. 743 – 749.
5. **Andre, J.T., Owens, A.D.** *Predicting Optimal Accommodative Performance from Measures of the Darc Focus of Accommodation.* Human Factors, N 1, vol. 41, 1999, p. 139 – 145.
6. *Asthenopia* [tiešsaiste] – [atsauce 09.05.2011]. Pieejams: <http://vision.about.com/od/eyediseasesandconditions/g/Asthenopia.htm>
7. **Bērziņa, I.** *Kritēriji ametropijas korekcijas nozīmēšanai pacientiem ar astenopiju: bakalaura darbs.* LU Fizikas un Matemātikas fakultāte, Rīga: Latvijas Universitāte, 2004, 40 lp.
8. **Edema, O.T., Akwukwuma, V.V.N.** *Asthenopia and Use of Glasses among Visual Display Terminal (VDT) Users.* International Journal of Tropical Medicine, N 2, vol. 5, 2010, p. 16 – 19.
9. **Sheedy, E.J., Hayes, J., Engle, J.** *Is all Asthenopia the Same?* Optometry and Vision Science, N 11, vol. 20, 2003, p. 732. – 738.
10. **Iribarren, R., Fornaciari, A., Hung, G.K.** *Effect of cumulative nearwork on accommodative facility and asthenopia.* International Ophthalmology, N 24, Academic Publishers, 2002, p. 205 – 212.
11. **Hedges, T.R.** *An Ophthalmologist's View of Headache.* Headache: The Journal of Head and Face Pain, N 3, vol. 19, 1979, p. 151 – 155.
12. *Ocular Migraine* [tiešsaiste] – [atsauce 09.05.2011.]. Pieejams: [http://www.naturaleyecare.com/diseases.asp?d\\_num=33](http://www.naturaleyecare.com/diseases.asp?d_num=33)
13. **Beriņa, G.** *Personālo un portatīvo datoru radītā redzes slodze: bakalaura darbs.* LU Fizikas un Matemātikas fakultāte, Rīga: Latvijas Universitāte, 2004, 19 – 20 lp.

14. **Miller, F.P., Vandome, A.F., McBrewster, J.** *Accommodation (eye)*. VDM Publishing House Ltd., 2010, p. 68.
15. **Ong, E., Ciuffreda, K.J.** *Accommodation, Nearwork and Myopia*. Optometric Extension Program, 1997, p. 1 – 55.
16. **Dortonne, I.** *Biomechanical Response of the In Situ Primate Lens*. Thurj: The Harvard Undergraduate Research Journal, N 1, vol. 2, 2007.
17. **Hart, W.M., Jr.** *Alder`s physiology of the eye. Ninth Edition*. Mosby – Year book, 1992, p. 348 – 412.
18. **Franzen, O., Richter, H., Stark, L.** *Accommodation and Vergence Mechanism in the Visual System*. Basel – Boston – Berlin: Birkhauser Verlag, 2000. 129 – 139 p.
19. **Graham, E.K.** *Accommodation, cognition, and virtual image displays: A review of the literature*. Science Direct, 2007, p. 45 – 59.
20. **Hung, G.K., Ciuffreda, K.J.** *Model of human refractive error development*. Current Eye Research, N 1, vol. 9, 1999, p. 41 -52.
21. **Chen, J.C., Schmid, K.L., Brown, B.** *The autonomic control of accommodation and implications for human myopia development: a review*. Ophthalmic and physiological optics, N 5, 2003, p. 401 – 422.
22. **Thiagarajan, P., Lakshminarayanan, V., Bobier, W.R.** *Effect of proximity on the open – loop accommodative response of the eye*. Journal of Modern Optics, vol. 55, 2008, p. 569 – 581.
23. **Ibi, K.** *Characteristics of dynamic accommodation responses: comparison between the dominant and non – dominant eyes*. Ophthalmic and physiological optics, N 1, vol. 17, 1997, p. 44 – 54.
24. **Allen, P.M., O`Leary, D.J.** *Accommodation functions: Co – dependency and relationship to refractive error*. Vision Research, N 46, 2006, p. 491 – 505.
25. **Wormington, C.M.** *Ophthalmic Lasers*, Butterworths Heinemann, 2003, p. 149 – 151.
26. **Fankhauser, F., Kwasniewska, S.** *Lasers in Ophthalmology. Basic, Diagnostic and Surgical Aspects. A review*. Kugler Publications, 2003, p. 43. – 50.

## Pielikums

N.p.k.	Vadošā acs	Vecums	Eksperimenta pirmā daļa			Eksperimenta otrā daļa		
			Sākotnējais TF [D]	TF pēc 30min redzes slodzes bez pauzes [D]	TA izmaiņas pēc 30min redzes slodzes bez pauzes [D]	Sākotnējais TF [D]	TF pēc 30min redzes slodzes ar pauzi [D]	TA izmaiņas pēc 30min redzes slodzes ar pauzi [D]
1	kreisā	22	0,375	1,125	0,75	0,625	1,375	0,75
2	labā	22	0,375	1,625	1,25	0,375	1,125	0,75
3	labā	23	0,625	0,875	0,25	0,625	0,375	-0,25
4	labā	22	0,125	0,375	0,25	0,375	0,375	0
5	kreisā	24	0,875	1,125	0,25	0,875	0,875	0
6	labā	21	0,375	1,125	0,75	0,875	1,125	0,25
7	kreisā	21	0,625	1,625	1	1,125	0,875	-0,25
8	labā	19	0,375	0,125	-0,25	0,625	0,375	-0,25
9	labā	21	0,875	1,125	0,25	0,625	0,875	0,25
10	kreisā	24	0,875	1,125	0,25	0,875	1,125	0,25
11	labā	22	0,375	1,125	0,75	0,375	0,875	0,5
12	labā	20	0,125	0,375	0,25	0,125	0,125	0
			0,5	0,979166667	0,479166667	0,625	0,791666667	0,166666667

Ar saīsinājumu TF ir apzīmēts tumsas fokuss, TA – toniskā akomodācija. Apakšējā rindā ir attēlotas vidējās vērtības.

Bakalaura darbs „Tuvuma darba īsas pauzes ietekme uz tonisko akomodāciju”  
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: Ieva Smirnova

Rekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: M.Sc. Jānis Fridrihsons

Recenzents: M.Sc. Anda Balgalve

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā 27.05.2011.

Metodiķe: Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē

08.06.2011. prot. Nr. \_\_\_\_\_, vērtējums \_\_\_\_\_

Komisijas sekretārs: docents Dr.fiz. Pēteris Cikmačs