

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

**AKOMODĀCIJAS ATBILDE ANIZOMETROPIJAS  
GADĪJUMĀ  
MAGISTRA DARBS**

**Autors : Ginta Graudiņa**

Studenta apliecības Nr. 17029

Darba vadītājs: docente, Dr.phys. Evita Kassaliete

RĪGA 2019

## ANOTĀCIJA

Maģistra darbs uzrakstīts latviešu valodā, datorsalikumā uz 42 lapām. Tas satur 21 attēlu, 4 tabulas, 5 formulas un 25 atsauces uz literatūras avotiem.

**Darba mērķis:** Novērtēt akomodācijas atbildi, dažādu anizotropijas pakāpju apstākļos.

**Pētījuma dalībnieki:** Pētījumā piedalījās 24 dalībnieki, no tiem 20 dalībnieki vecumā no 19 – 28 gadiem ( $22,12 \pm 2,74$ ), ir pētāmā grupa, kurai tiek inducēta anizotropija, bet 4 dalībnieki vecumā no 19 – 21 gadiem ( $20 \pm 0,71$ ), ir pētāmā grupa ar pastāvīgu anizotropiju.

Izmantojot vienas dienas kontaktlēcas, tika inducēti četri anizotropijas lielumi. Lai noteiktu akomodācijas atbildi tika izmantots ekscentrisks fotorefraktometrs PowerRef3. Rezultāti neuzrāda būtiski statistisku atšķirību, akomodācijas atbildē starp acīm, inducētas anizotropijas gadījumā, savukārt pastāvīgas anizotropijas gadījumā, nelietojot korekciju, statistiski ticami var apgalvot, ka akomodācijas darbība ir atšķirīga starp abām acīm.

**Atslēgas vārdi:** Inducēta anizotropija, pastāvīga anizotropija, akomodācijas atbilde, kontaktlēcas.

## **ABSTRACT**

Master thesis is written in latvian, using a word processor on 42 pages. It contains 21 images, 4 tables, 5 formulas and 25 references to the sources of literature.

**The Aim of the Work:** To evaluate the difference of accomodation response in different magnitude of anisometropia.

**Participants of the Study:** 24 participants took part in the study; 20 of them were from age 19 to 28 ( $22,12 \pm 2,74$ ); it is a study group for which anisemetropia was induced, but 4 participants from age 19 - 21 ( $20 \pm 0,71$ ) was a group with a permament anisemetropia.

Four measures of anisometropia were induced by using four, one-day contact lenses. The eccentric photofractometer PowerRef3 was used for determining accomodation response. The results are not showing a significant statistical difference in accomodation responses between the eyes, in case of induced anisometropia. However, in case of induced anisometropia, without a correction, it is possible to credibly claim that the action of accomodation is different between both eyes.

**Key Words:** Induced anisometropia, permament anisometropia, accomodation response, contact lenses.

# SATURS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS .....	1
IEVADS .....	2
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS .....	3
1.1. Acs akomodācijas teorijas vēsture .....	3
1.2. Akomodācijas mehānisms .....	3
1.2.1 Acs lēcas parametru izmaiņas.....	4
1.3. Akomodācijas atbilde .....	5
1.4. Akomodācijas darbība ar vecumu.....	7
1.5. Akomodācijas darbība atbilstoši refrakcijai .....	8
1.6. Akomodācijas darbība atbilstoši korekcijas veidam.....	9
1.7. Anizotropija .....	10
1.8. Anizeikonija.....	11
1.9. Anizotropija un akomodācija .....	13
2. PĒTĪJUMA DAĻA .....	17
2.1. Pētījuma dalībnieki .....	17
2.2. Pētījuma norise .....	17
2.2.1. Refrakcijas noteikšana .....	17
2.2.2. Akomodācijas atbildes noteikšana.....	18
2.2.3. PowerRef-3 .....	20
2.3. Datu apstrādes metodes .....	22
2.4. Rezultāti.....	23
2.4.1. Dalībnieku redzes sistēmas rezultātu apkopojums .....	23
2.4.2. Akomodācijas atbilde inducētas anizotropijas gadījumā.....	24
2.4.3. Akomodācijas atbilde pastāvīgas anizotropijas gadījumā .....	31
SECINĀJUMI .....	36
NOBEIGUMS .....	37
DISKUSIJA .....	38
PATEICĪBAS.....	40
IZMANTOTĀ LITERATŪRA .....	41

## APZĪMĒJUMU SARAKSTS

KL – kontaktlēcas

NC – stāvoklis bez korekcijas

CC – stāvoklis ar korekciju

OD – labā acs

OS – kreisā acs

## IEVADS

Spēju redzēt tuvumā nodrošina akomodācijas mehānisms, kas maina acs optisko stiprumu. Akomodācijas mehānismu stimulē neskaids attēls uz tīklenes, jebkādas attēla lieluma izmaiņas un konverģences darbība (*Godwin & Olalekan, 2015*). Savukārt anizotropijas gadījumā, var novērot nevēlamus efektus, kā attēla defokusu uz tīklenes ar samazinātu asumu vai kontrastu; atšķirīgus attēla izmērus uz tīklenēm (anizeikoniju); binokulāro funkciju darbības traucējumus (*Levi et al., 2011*), proti, īpašības, kas stimulē akomodāciju, tāpēc rodas jautājums, kāds būs akomodācijas programmēšanas mehānisms un vai abas acis iegūs skaidru attēlu uz tīklenes anizotropijas gadījumā. Mūsdienu attīstītajā tehnoloģiju laikmetā, redzes slodze tuvumā ik gadu palielinās gan pieaugušo, gan arī bērnu vidū. Turklāt bērni mēdz turēt apskatāmo objektu tuvāk kā 40 cm. Anizotropija ir viens no "slinkās acs" jeb ambliopijas rašanās iemesliem (*Vries, 1985*). Kādu lomu šajā procesā spēlē akomodācijas mehānisms, un vai papildus palielināts akomodācijas pieprasījums jeb apskatāmo objektu turot tuvāk kā 40 cm var radīt papildus risku redzes sistēmas nepareizai attīstībai, proti, radīt, traucējumus binokulārās redzes attīstībā.

Darba mērķis ir novērtēt akomodācijas atbildi, dažādu anizotropijas pakāpju apstākļos.

Darba uzdevumi:

1. Novērtēt akomodācijas darbību standarta apstākļos.
2. Novērtēt akomodācijas darbību inducētai hipermetropiskai anizotropijai.
3. Novērtēt akomodācijas darbību inducētai miopiskai anizotropijai.
4. Novērtēt akomodācijas darbību pie pastāvīgas anizotropijas.
5. Noteikt saistību starp inducētas un pastāvīgas anizotropijas ietekmi uz akomodācijas darbību.

# 1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

## 1.1. Acs akomodācijas teorijas vēsture

Cilvēka acij piemīt spēja skaidri saskatīt objektus dažādos attālumos. Par pirmo, kas centies aprakstīt šo fenomenu, tiek uzskatīts *Christopher Scheiner*. 1619. gadā *Scheiner* novēroja, ka, ja cilvēka priekšā atrodas divi objekti viens aiz otra, tad, skatoties uz tālāko objektu, tuvākais dubultojas, bet, skatoties uz tuvāko, dubultojas tālākais. Tiek konstatēts, ka cilvēks nespēj skaidri saskatīt tuvākus un tālākus objektus vienlaicīgi, lai redzētu objektus dažādos fiksācijas attālumos, nepieciešams mainīt acs fokusu (*Godwin & Olalekan, 2015*).

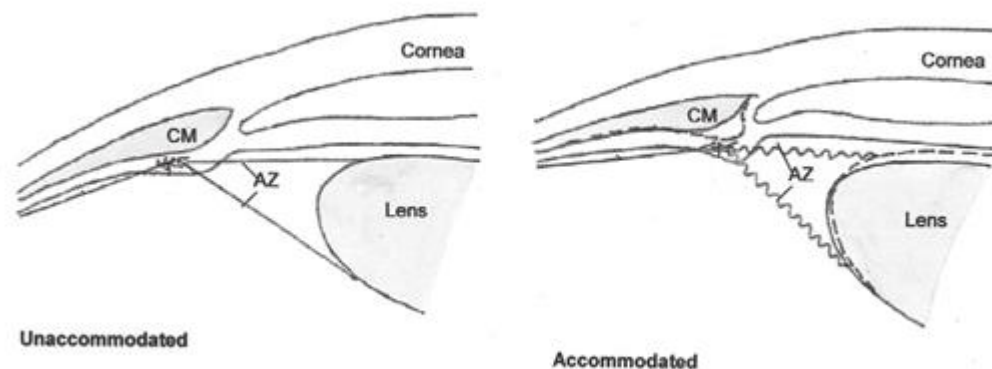
1738. gadā tiek ieviests termins akomodācija, kas apraksta acs fokusēšanās spēju dažādos attālumos. Tiek izdalītas piecas akomodācijas mehānisma teorijas, tomēr mūsdienās par pamatu tiek pieņemta 1855. gadā aprakstītā *Helmholca* teorija (*Godwin & Olalekan, 2015*).

## 1.2. Akomodācijas mehānisms

Akomodācija ir acs spēja mainīt optisko stiprumu, lai objekti, kas atrodas dažādos attālumos būtu saskatāmi jeb attēls uz tīklenes projicētos skaidrs. To panāk mehānisms, kuru veido ciliārais muskulis, cinna saites un acs lēca (*Charman et al., 2014*).

Atkarībā no ciliārā muskuļa darbības, mainās lēcas liekuma rādiuss jeb mainās acs optiskais stiprums. Starp acs lēcu un ciliāro muskuli atrodas cinna saites, kuras ir piestiprinātas pie ciliārā ķermeņa izaugumiem un lēcas ekvatoriālās daļas. Cinna saišu galvenā funkcija ir acs lēcas noturēšana noteiktā pozīcijā. Ciliārajam muskulim sasprindzinoties, tas izplešas uz lēcas pusi, cinna saites atslābinās, savukārt ciliārajam muskulim atslābinoties, tas attālinās no lēcas un cinna saites nostiepjjas (*Godwin & Olalekan, 2015*).

Skatoties tālumā, ciliārais muskulis ir atslābis, tātad cinna saites ir nostieptas un acs lēca tiek stiepta un kļūst plakanāka, tās gaismas staru laušanas spēja pavājinās, kā rezultātā acs optiskais stiprums samazinās. Savukārt skatoties tuvumā, efekts ir pretējs, proti, ciliārais muskulis ir sasprindzis, cinna saites ir atslābinātas, un acs lēca kļūst biezāka jeb izliektāka, un tās gaismas staru laušanas spēja palielinās, kā rezultātā acs optiskais stiprums pieaug, nodrošinot skaidru redzi tuvumā (skat. 1.1. att.) (*Charman et al., 2014*).



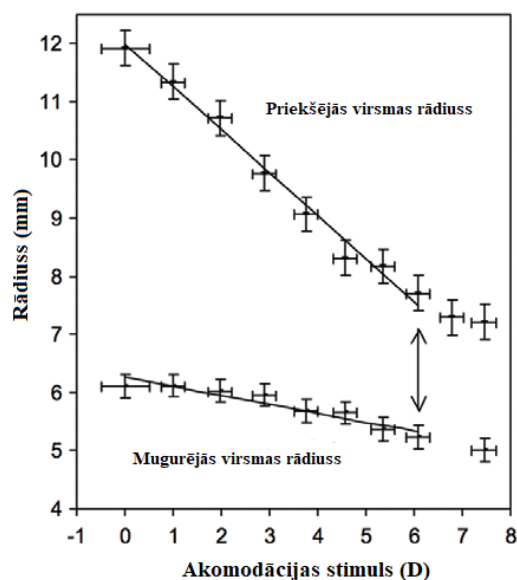
**1.1. att.** Acs akomodācijas sistēmas uzbūve. CM – ciliārais muskulis, AZ – cinna saites (Charman et al., 2014).

Acs akomodācijas sistēmas darbību nodrošina gan simpātiskā, gan parasimpātiskā veģetatīvās nervu sistēmas daļa. Simpātiskā nervu sistēma nodrošina akomodācijas atslābināšanos, bet parasimpātiskā nervu sistēma - akomodācijas sasprindzināšanos. Akomodācijas mehānisma darbības sākums ir miglains attēls uz tīklenes, kas stimulē vāļišu šūnās neirālo signālu. Signāls pa redzes ceļiem tiek pārvadīts uz ceļgalveida ķermeņa magnocelulārajām šūnām, kuras savukārt signālu nosūta uz primāro redzes garozu, kur informācija tiek apstrādāta un veidojas eferentais signāls, kas pa *n. oculomotorius* nonāk un inervē ciliāro muskuli sarauties vai atslābināties (Franzen et al., 2000).

Parametrus, ko parasti izmanto, lai aprakstītu akomodācijas darbību ir akomodācijas amplitūda, akomodācijas vieglums un akomodācijas atbilde, bet lai aprakstītu akomodācijas un vergēnces darbību, apskata parametrus kā pozitīvās akomodācijas rezerves, negatīvās akomodācijas rezerves u.c. (Jimenez et al., 2010).

### 1.2.1 Acs lēcas parametru izmaiņas

Lēcai ir iespējams izdalīt priekšējo un mugurējo virsmu, līniju, kur abas virsmas krustojas, sauc par ekvatoru (vieta, kur piestiprinās cinna saites). Pieaugušajiem, lēcas priekšējā virsma ir plakanāka ( $r = 11$  mm), bet aizmugurējā virsma ir izliektāka ( $r = 5$  mm). Akomodācijas laikā, lēca maina savu biezumu aptuveni par 800  $\mu\text{m}$ . Aptuveni 75 % no lēcas biezuma izmaiņa ir saistīta ar priekšējās virsmas rādiusa izmaiņu un tikai 25 % ar aizmugurējās virsmas rādiusa izmaiņu (skat. 1.2. att.) (Glasser, 2006).



**1.2. att.** Priekšējās un mugurējās virsmas rādiusa izmaiņas atkarībā no akomodācijas stimula lieluma (Charman *et al.*, 2014).

Pētnieki kā skaidrojumu pieņem, ka cina saites, kas piestiprinātas tuvāk priekšējai virsmai, tiek vairāk nostieptas un, tā kā lēcas priekšējā kapsulas daļa ir biezāka (~12 mikroni) par mugurējo (~3 mikroni), tā spēj radīt lielāku rādiusa izmaiņu (Charman *et al.*, 2014).

### 1.3. Akomodācijas atbilde

Svarīgs faktors, ko pētījuši daudzi zinātnieki, ir reakcijas laiks uz stimulu un atbildes reakcijas laiks. Vidēji, reakcijas laiks tiek uzskatīts par 0,4 s, bet atbildes reakcijas laiks ilgst aptuveni 0,6 s, kas palielinās līdz ar cilvēka vecumu (skat 1.1. tab.) (Charman, 1983).

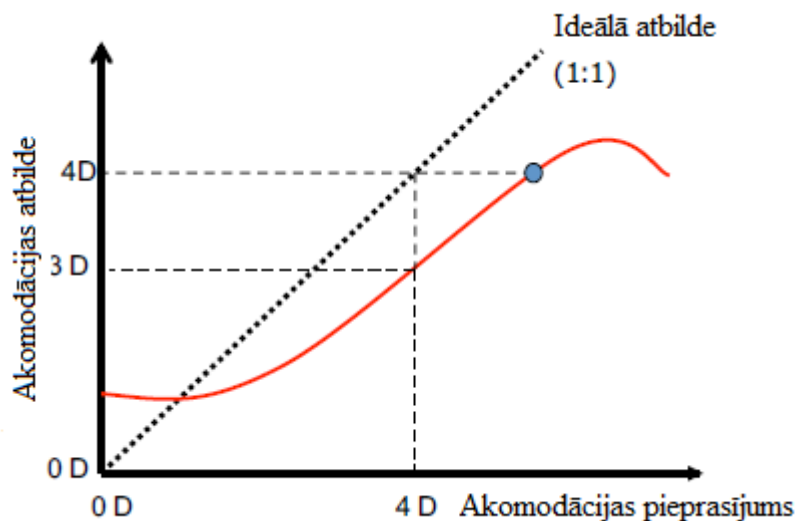
**1.1. tabula.**

Reakcijas un atbildes laika apkopojums no dažādiem pētījumiem (Charman, 1983)

Autori	Reakcijas laiks (s)		Atbildes laiks (s)	
	Tāl. => Tuv.	Tuv. => Tāl.	Tāl. => Tuv.	Tuv. => Tāl.
Campbell and Westheimer (1960)	0.36 ± 0.09	0.38 ± 0.08	0.64	0.56
O'Neill and Stark (1968)	0.30	0.28	0.73	0.72
Phillips <i>et al.</i> (1972)	0.36	0.40	—	—
Heron (1972)	0.43 ± 0.32	0.35 ± 0.19	0.60 ± 0.19	0.61 ± 0.24
Smithline (1974)	0.38	0.38	—	—
Randle and Murphy (1974)	0.36	0.40	—	—
Shirachi <i>et al.</i> (1978)	0.36	0.40	—	—
Tucker and Charman (1979)	0.29 ± 0.07	0.34 ± 0.14	0.75 ± 0.31	1.19 ± 0.57

Reakcijas laiku nedaudz ietekmē mērķa kustības virziens, tomēr to ir daudz vienkāršāk noteikt kā atbildes laiku, ko veido vergēnces izmaiņas un akomodācijas reakcijas izmaiņas beigas. Izsakot dioptrijās, parasti, atbildes reakcijas ātrums ir aptuveni 2-5 dioptrijas sekundē, līdz pat 10 dioptrijām sekundē (*Charman, 1983*).

Pētnieki uzskata, ka, lai arī akomodācijas aparāts strādā pēc iespējas stabilāk, acs nemitīgi ir pakļauta nelielām, refrakcijas svārstībām. Tās ir izteiktākas, ja redzes slodze ir tuvumā (*Campbell, 1960*). Akomodācijas atbildei neatņemama sastāvdaļa ir šo svārstību radītā kļūda, kas samazina precizitāti, nosakot akomodācijas atbildes lielumu, tomēr droši var apgalvot, ka akomodācijas atbildes lielums reti sakrīt ar pieprasījumu pēc akomodācijas lieluma (*Charman, 1983*). Saskaņā ar klasiskajiem akomodācijas modeļiem, cilvēka acs uz tālākiem objektiem akomodē vairāk nekā vajadzētu, bet savukārt uz tuviem objektiem - mazāk nekā tiek pieprasīts (skat. 1.3. att.). Tātad akomodācijas atbilde ir proporcionāla vergēnces stimulācijai, bet konstantes proporcionalitāte parasti ir  $>1$  (*Lopez-Gil et al., 2013*).

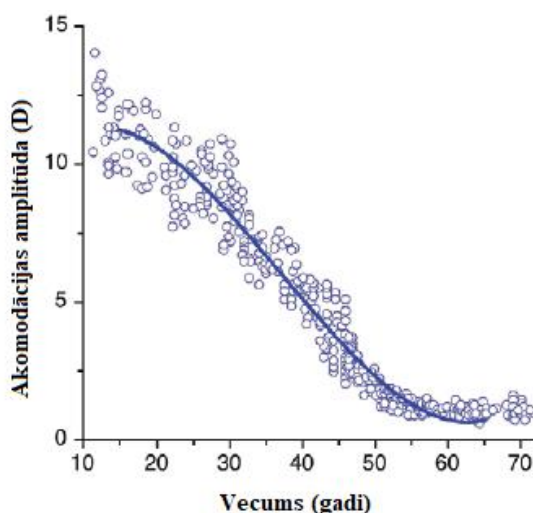


**1.3. att.** Akomodācijas atbilde (D) atkarībā no pieprasītā akomodācijas lieluma (D) (*Lopez-Gil et al., 2013*).

Tiek uzskatīts, ka apakšējā atbildes robeža ir atkarīga no sfēriskās ametropijas, ko ir iespējams koriģēt, savukārt augšējā robeža - no akomodācijas amplitūdas lieluma, kas galvenokārt atkarīga no vecuma (*Charman, 1983*).

#### 1.4. Akomodācijas darbība ar vecumu

Akomodācija nav nemainīgs lielums atkarībā no vecuma. Cilvēkam piedzimstot, akomodācijas amplitūda ir aptuveni 14 dioptrijas. Palielinoties vecumam, akomodācijas atbildes lielums samazinās – principā, no pusaudžu gadiem, akomodācijas spēja samazinās lineāri atbilstoši vecumam (*Charman et al., 2014*) (skat. 1.4.att.).



1.4. att. Akomodācijas amplitūda dioptrijās atbilstoši vecumam (*Charman et al., 2014*).

Akomodācijas amplitūdu ir iespējams aprēķināt, pielietojot 1.1. formulu:

$$AA = 1/PP \quad (1.1)$$

kur AA – akomodācijas amplitūda dioptrijās, PP – tuvākais skaidras redzes punkts metros.

Aptuveni no 40 gadu vecuma, akomodācijas spēja ir tik ļoti samazinājusies, ka vairs bez optiskiem palīgglīdzekļiem (lasābrillēm) nav iespējams iegūt skaidru attēlu uz tīklenes, turklāt

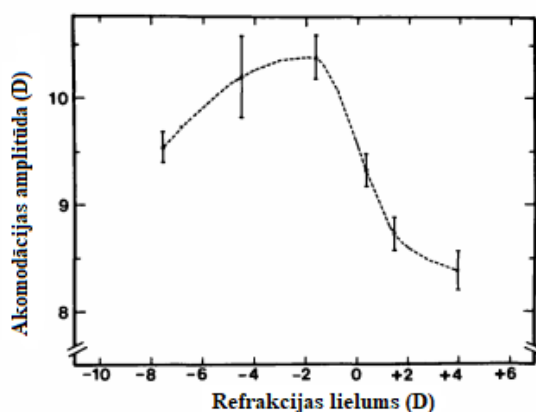
ik pēc četriem gadiem tā samazinās aptuveni vēl par 0,50 D. Šo fizioloģisko procesu sauc par presbiopiju (*Charman et al.*, 2014).

Presbiopijas rašanos skaidro divas teorijas: lēcas elasticitātes samazināšanās un ciliārā muskuļa vājums. Pirmo no presbiopijas rašanās teorijām izteica *Hess-Gullstrand*, kas presbiopijas rašanos skaidroja ar lēcas elasticitātes zudumu, ko izraisa lēcas augšanas process, kad lēcas jaunās šķiedras spiež vecākās uz centru, veidojot blīvu kodolu. Uzsverot, ka muskuļu darbības izmaiņas ir mazsvarīgas, jo muskuļa spēja pārveidot lēcas formu būtībā ir normāla reģionos, kur lēca joprojām spēj reaģēt. Pretēju teoriju izsaka *Duane*, apgalvojot, ka presbiopija sākas ar ciliārā muskuļa darbības pavājināšanos. *Alpern* papildināja teorijas, apgalvojot, ka lēcas mazkustīgums rada ciliārā muskuļa vājumu. *Strenk et al.*, (1999), veica pētījumu, lai diferencētu presbiopijas rašanās iemeslu balstoties uz *Hes - Gullstrand* un *Duane* izvirzītajām teorijām. Izmantojot augstas izšķirtspējas magnētiskās rezonanses attēlus, tika konstatēts, ka ciliārā muskuļa darbība saglabājas aktīva viesiem dalībniekiem. Šie secinājumi atbalsta *Hess – Gullstrand* teoriju, tomēr tiek konstatēts, ka proporcionāli vecumam palielinās ne tikai acs lēcas biezums, bet samazinās arī ciliārā muskuļa diametrs, tāpēc tiek uzskatīts, ka presbiopijas veidošanās procesā ir iesaistītas gan pārmaiņas acs lēcā, gan ciliārajā muskulī (*Strenk et al.*, 1999).

## 1.5. Akomodācijas darbība atbilstoši refrakcijai

Ir veikti pētījumi, lai izprastu akomodācijas atbildi dažādām refrakcijas kļūdām. Ja par atskaites punktu tiek pieņemti pacienti ar emetropiju, kam akomodācijas amplitūda ir aptuveni 9,28 D, tad 1986. gadā pētnieki *Neville A.*, *Mc Brien* un *Michel Millodot* ieguva, ka pacientiem ar miopiju akomodācijas amplitūda ir lielāka (agrīni attīstījusie ~ 9,87 D; vēlīni attīstījusies ~10,77 D), bet savukārt pacientiem ar hipermetropiju mazāka (8,63 D). Tādus pašus rezultātus ieguva arī *Fledelius* 1981. gadā, tomēr šis pētnieks nespēja izskaidrot iespējamo mehānismu. Savukārt *Neville et.al* piedāvā iespējamo variantu aplūkojot iegūtos rezultātus no akomodācijas inervācijas aspekta (simpatiskā inervācija, kas ir atbildīga par negatīvo akomodāciju, un parasimpatiskā inervācija, kas atbildīga par pozitīvo akomodāciju). Tiek pieņemts, ka pacientiem ar miopiju spēcīgāk tiek inervēta parasimpatiskā nervu sistēma vai vājāk simpatiskā nervu sistēma, kas nelabvēlīgi ietekmē redzi tātūmā, radot vēl lielāku miopiju. Kad tiks piemeklēta atbilstoša korekcija, toniskā akomodācija (akomodācija miera stavoklī) būs mazāka, kā pacientiem ar emetropiju un hipermetropiju. Ko apstiprina arī iepriekš veiktie pētījumi par toniskās akomodācijas lielumu pie dažādam refrakcijas kļūdām, kur tiek iegūts, emetropija ~

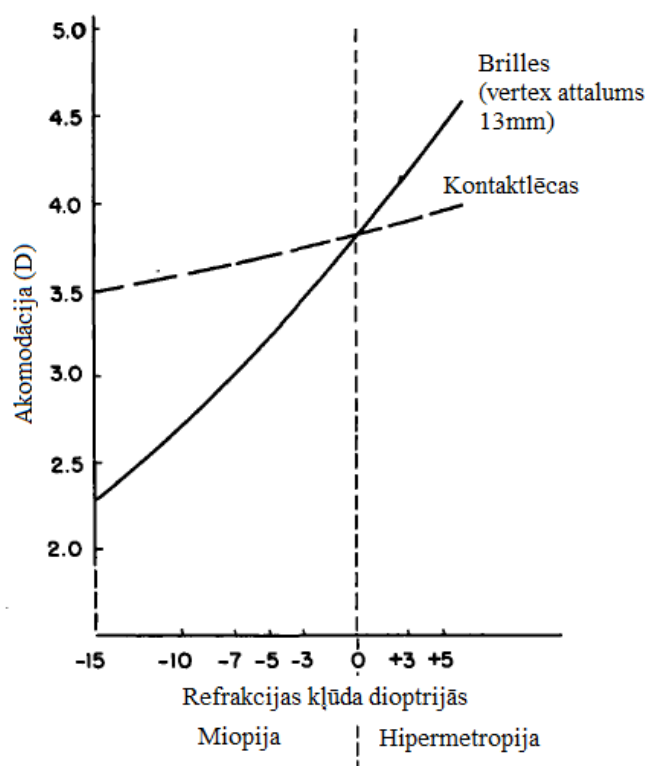
0,89 D, agrīni attīstījusies miopija ~ 0,92 D (kas ir līdzīga emetropiem), vēlīni attīstījusies miopija ~ 0,49 D un hipermetropija ~ 1,33 D. Savukārt hipermetropijas gadījumā, viss tiek pieņemts pretēji, proti, spēcīgāka inervācija simpātiskajā nervu sistēmā un vājāka parasimpātiskajā, kas noved pie augstākas toniskās akomodācijas un zemākas kopējās akomodācijas atbildes (skat. 1.5. att) (McBrien & Millodot, 1986).



**1.5. att.** Akomodācijas amplitūdas lielums dioptrijās atkarībā no refrakcijas lieluma dioptrijās (McBrien & Millodot, 1986).

## 1.6. Akomodācijas darbība atbilstoši korekcijas veidam

Ir pierādīts, ka akomodācijas pieprasījums ir atšķirīgs brillēs un kontaktlēcās. Miopijas gadījumā, akomodācijai un konverģencei kontaktlēcās ir jāstrādā spēcīgāk nekā brillēs, savukārt hipermetropijas gadījumā efekts ir pretējs. Tas nozīmē, ka miopijas gadījumā, mainot brilles uz kontaktlēcām, tiks novērtēta samazināta akomodācijas amplitūda, kas veicina lielāku akomodācijas rezervju darbību, lai nodrošinātu tuvuma redzi. Tāpēc lielai daļai pacientu ar miopiju, mainot brilles uz kontaktlēcām, ir grūtības skatoties tuvumā (skat. 1.6. att.) (Jimenez et al., 2010).



**1.6. att.** Teorētiski aprēķinātā akomodācijas atbilde brillēs un kontaktlēcās (*Robertson et al.*, 1967).

Tiek apgalvots, ka ja objekts atrodas aptuveni 35 cm attālumā, izmantojot brilles (vertex 13 mm) akomodācijas pieprasījums starp acīm būs atšķirīgs par 0,10 D uz katru ametropijas dioptrijas atšķirību. Savukārt gadījumā, kad izmanto kontaktlēcas, netiek novērota būtiska ietekme uz akomodācijas pieprasījumu (*Robertson et al.*, 1967).

## 1.7. Anizotropija

Anizotropija tiek definēta kā ametropijas veids, kam raksturīgs atšķirīgs stiprums starp acīm vismaz 1,00 D apmēros, sfēriskajā vai cilindriskajā komponentē. Iespējama vairāku vaidu anizotropija:

- vienā acī emetropija, otrā miopija (vienkāršā miopiskā anizotropija)
- vienā acī emetropija, otrā hipermetropija (vienkāršā hipermetropiskā anizotropija)
- abās acīs ir atšķirīga miopijas pakāpe (saliktā miopiskā anizotropija)
- abās acīs ir atšķirīga hipermetropijas pakāpe (saliktā hipermetropiskā anizotropija)

- vienā acī ir hipermetropiska, otrā miopiska korekcija (antimetropia) (*Levi et al.*, 2011).

Atkarībā no pētnieku nedefinētās anizotropijas lieluma, tiek uzskatīts, ka anizotropijas izplatība populācijā ir no 2% līdz pat 12%, (*Almeder et al.*, 1990) turklāt izplatītāka ir miopijas nevis hipermetropijas anizotropija (*Levi et al.*, 2011). Kā vieni no galvenajiem anizotropijas rašanās cēloņiem tiek minēti atšķirīgie abu acu aksiālie garumi aksiālā anizotropija) un dažādi refrakcijas lielumi acīs (refraktīvā anizotropija) (*Winn et al.*, 1988). Anizotropija var radīt nevēlamus efektus, piemēram, attēla defokusu uz tīklenes ar samazinātu asumu vai kontrastu; atšķirīgus attēla izmērus uz tīklenēm (anizeikoniju); binokulāro funkciju darbības traucējumus (*Levi et al.*, 2011). Ja anizotropijas gadījumā, attēli uz tīklenēm ir pārāk atšķirīgi, tos nav iespējams sapludināt, tāpēc notiek viena attēla supresija jeb tiek supresēts attēls no vairāk anizotropās acs, tādējādi izveidojas ambliopija jeb “slinkā acs” (*Vries*, 1985). Tiek uzskatīts, ka 6-38 % ambliopijas izraisa tieši anizotropija, bez šķielēšanas, savukārt 12-18% šķielējošo ambliopiju papildina arī anizotropija (*Almeder et al.*, 1990).

Redzes asuma samazinājums rodas gan hipermetropiskas, gan miopiskas anizotropijas gadījumā, tomēr tiek uzskatīts, ka hipermetropijas gadījumā, ir lielāks risks uz ambliopijas rašanos. Ambliopijas smaguma pakāpe ir atkarīga no anizotropijas lieluma. *Levi et al.* (2010) veicot pētījumu nonāca pie secinājumiem, ka pie anizotropijas ~3D, hipermetropijas gadījumā 40% pacientu izveidosies ambliopija, bet miopijas gadījumā tie būs tikai 15%, pat ar 10 D miopisko anizotropiju, un tikai 30% gadījumos izveidosies ambliopija. Kombinācijas gadījumā, anizotropija un šķielēšana augstas miopijas 50% gadījumu tiks novērota ambliopija, savukārt var droši apgalvot, ka 8,00 D hipermetropiskā anizotropija un šķielēšana, būtībā viesiem izraisīs ambliopiju. Pētnieki to skaidro ar sakarību, ka hipermetropijas gadījumā, akomodācija strādās tik daudz, lai iegūtu skaidru attēlu acī ar mazāko hipermetropijas pakāpi, kas nozīmē, ka otra acs vienmēr atradīsies defokusā. Savukārt miopijas gadījumā, acs ar mazāko miopijas pakāpi ir vadošā tālumā, bet acs ar lielāko miopijas pakāpi tiek izmantota tuvuma darbiem, kas nozīmē, ka informācija tiek ņemta no abām acīm, tādējādi neļaujot izveidoties ambliopijai (*Levi et al.*, 2011).

## 1.8. Anizeikonija

Anizeikonija ir atšķirīgs attēla lielums vai izmērs uz abu acu tīklenēm. Anizeikonijas visizplatītākais cēlonis ir anizotropijas korekcija, tomēr tā var veidoties arī anatomisku

patoloģiju gadījumā, kā, piemēram, nepareizs receptoru sadalījums tīklenē (*Winn et al.*, 1988). Lielākā daļa no anizotropijas simptomiem ir saistīti ar anizeikonijas lielumu, panesamā atšķirība ir 5% (*Rana et al.*, 2015).

Tā kā anizotropijas cēloņi var būt divu veidu, 1986. gadā tiek pieņemts Knappa likums, kas nosaka, ka aksiālajai un refrakcijas anizotropijai ir nepieciešami dažādi optiskās korekcijas veidi, lai vienādotu tīklenes attēla izmērus (*Leonard et al.*, 1997).

Knappa likums refraktīvās anizotropijas gadījumā 1.2. formula:

(1.2.)

$$RSM = \frac{1}{1-g*F_{BVP}}$$

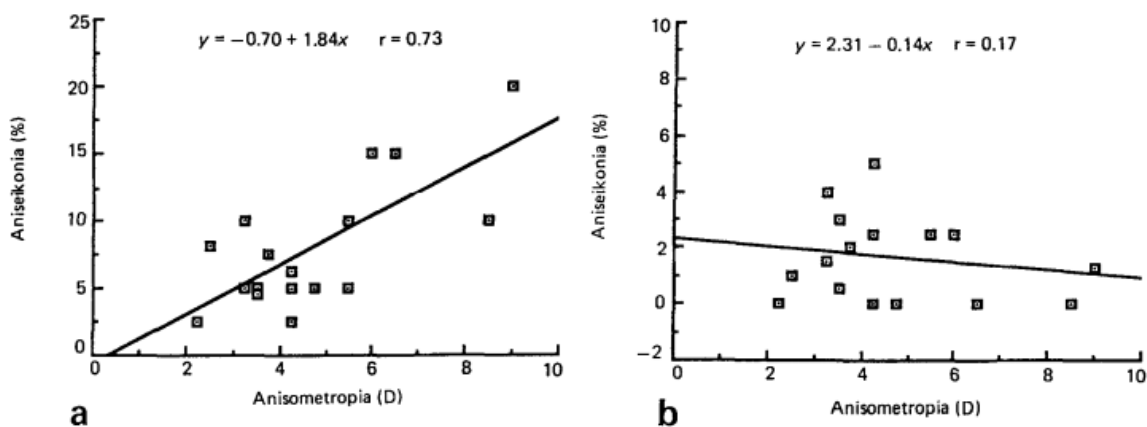
Knappa likums aksiālās anizotropijas gadījumā 1.3. formula:

(1.3.)

$$RSM = \frac{1}{1+g*F_{BVP}}$$

kur RSM – relatīvais briļļu palielinājums; g – attālums no acs priekšēja fokālā punkta (pieņemts – 15,7 mm);  $F_{BVP}$  – lēcas aizmugurējās virsmas optiskais stiprums.

Tātad, vadoties pēc Knappa likuma, aksiālās anizotropijas gadījumā, lai mazinātu anizeikonijas lielumu, koriģējošā lēca jānovieto acs priekšējā fokusa plaknē, kas nozīmē, ka jāizmanto brilles, bet refraktīvās anizotropijas gadījumā pēc iespējas tuvāk acs nodālajam punktam, kas nozīmē, ka jāizmanto kontaktlēcas (*Leonard et al.*, 1997). *Sorsby et al.* (1962) konstatēja, ka anizotropijai, kas ir lielāka par 2,00 D, dominējošais faktors ir aksiālā garuma atšķirība. Praksē, problēma rodas nosakot, kura no anizotropijām ir aksiālā un kura refraktīvā, tāpēc tiek veikti daudzi pētījumi, lai izpētītu populācijā piemērotāko korekcijas līdzekli anizotropijas gadījumā, kas visefektīvāk mazina anizeikoniju. Apskatot briļļu lēcu radīto attēlu, konstatē, ka miopijas gadījumā uztvertais attēls ir samazināts, bet hipermetropijas gadījumā palielināts, un, izkoriģējot ametropiju, anizeikonija nav mazinājusies, bet gan palielinājusies (skat. 1.7. att.) (*Winn et al.*, 1988).



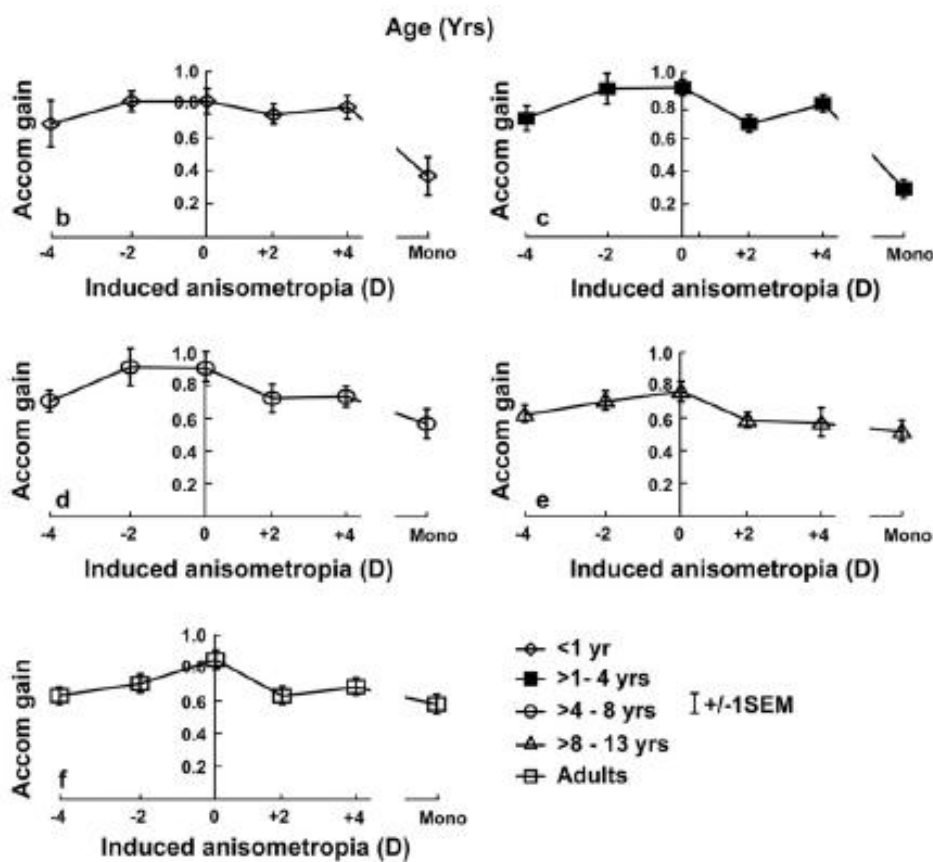
**1.7. att.** Atšķirība anizeikonijas lielumā atkarībā no a) anizotropijas korekcijas ar brillēm; b) anizotropijas korekcijas ar kontaktlēcām (*Winn et al.*, 1988)

Anizotropijas korekcija ar brillēm var radīt binokulārās redzes traucējumus, kā arī nekoriģētas anizotropijas gadījumā, ir risks uz ambliopijas izveidošanos vairāk defokusētajā acī, bet defekta korekcija ar brillēm var tikai daļēji mazināt problēmu, jo attēls uz tīklenēm nav vienāds. Savukārt kontaktlēcu korekcija saglabā minimālu anizeikoniju, kas varētu uzlabot, gan binokulāro funkciju darbību, gan ambliopijas ārstēšanu (*Winn et al.*, 1988).

## 1.9. Anizotropija un akomodācija

Akomodācija un vergence, kas ar savu darbību nodrošina skaidru attēlu uz tīklenes, ir viens no faktoriem, kas nodrošina pareizu vizuālo funkciju attīstību (*Bharadwaj & Rowan*, 2011). Standarta gadījumos, binokulāri skatoties uz mērķi, akomodācijas pieprasījums abās acīs nav pilnīgi identisks, tomēr akomodācijas reakcija abās acīs ir vienāda, kas norāda, ka akomodācijas signāli ir apvienoti. To apstiprina arī fakts, ka ja viena acs ir aizklāta, bet otrā tiek stimulēta akomodācija, abās acīs rodas vienāda akomodācijas reakcija (līdzīgi kā sadraudzīgā zīlīšu reakcijā uz gaismu) (*Flitcroft et al.*, 1992). Kā skaidrojums tiek pieņemts, ka ciliārā muskuļa inervācija ir divpusēji simetriska, tāpēc jebkādas izmaiņas akomodācijas darbībā notiek vienādi abās acīs. Tomēr ir arī uzskati, ka Edingera-Vestfāla kodols cilvēkiem ir pāri savienota struktūra, kas liek domāt par to, ka akomodācijas mehānisms ir vienpusēji neatkarīgs process abās acīs. Akomodācijas asimetrisko pieprasījumu var izraisīt vairāki faktori, piemēram, tuvs darba attālums, liels starpzīlīšu attālums, galvas slīpums, anizotropija (*Stephen et al.*, 2015). Anizotropijas gadījumā ir atšķirīgs ametropijas lielums starp abām

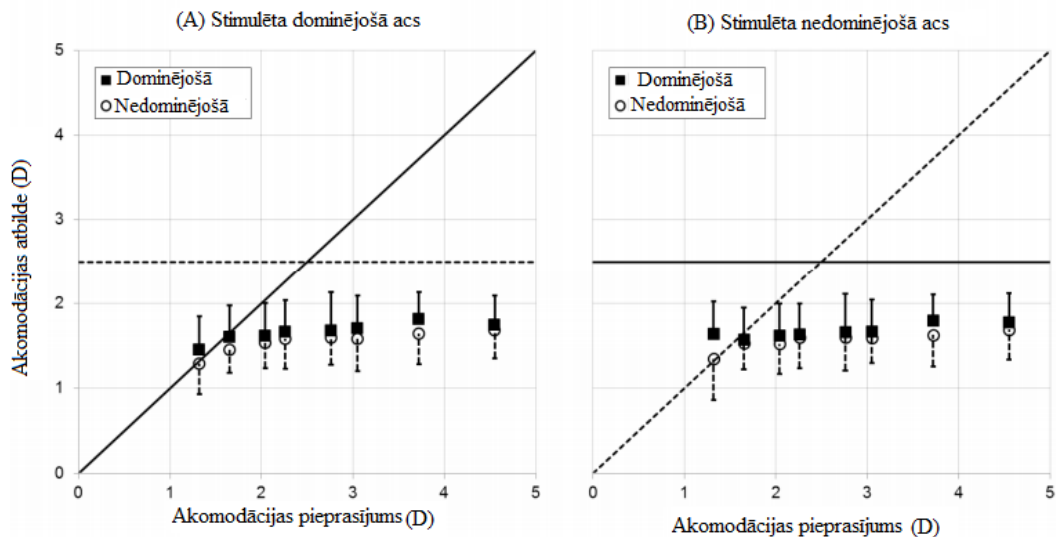
acīm, kas nozīmē, ka attēls uz tīklenēm nav vienāda asuma, kas savukārt liek domāt, cik atšķirīgs būs akomodācijas pieprasījums starp abām acīm un kāda būs akomodācijas atbilde? *Flitcroft et al.*, (1992) apraksta *Stoddarts* un *Morgans* (1942) ziņojumu, ka anizotropija, kas inducēta, vienas acs priekšā novietojot lēcu, rada 0,15 D akomodācijas atbildes atšķirību starp acīm pie katras 1,00 D (*Flitcroft et al.*, 1992). *Bharadwaj* un *Rowans* (2011) veica pētījumu, lai novērtētu anizotropijas ietekmi uz akomodācijas darbību, 118 dalībniekiem dažādās vecuma grupās inducējot anizotropiju  $\pm 2,00$  D un  $\pm 4,00$ D lielumā, pasliktinot dominējošo aci (skat. 1.8. att.) (*Bharadwaj & Rowan*, 2011).



**1.8. att.** Grafīkos tiek parādītas vidējās akomodācijas atbildes piecām vecuma grupām vienkārši binokulāros apstākļos, monokulāros apstākļos un inducētas anizotropijas gadījumā četriem lielumiem (līdz  $\pm 4,00$  D) (*Bharadwaj & Rowan*, 2011).

No iegūtajiem rezultātiem tika secināts, ka akomodācijas atbilde nav statistiski atšķirīga starp pētījumā iekļautajām vecuma grupām gan standarta apstākļos, gan pie inducētiem anizotropijas lielumiem. Netiek arī atrasta statistiski būtiska atšķirība starp akomodācijas

atbildēm atkarībā no inducētās anizotropijas lieluma. Tomēr šie rezultāti liecina, ka inducētā anizotropija (2,00 D un vairāk) ievērojami samazināja akomodācijas atbildi, salīdzinot ar vienkārši binokulāriem apstākļiem, bet tomēr visi rezultāti saglabājās lielāki nekā akomodācijas atbilde monokulāri, kas nozīmē ka akomodācijas procesā tikuntā piedalījās abas acis. Pētnieki papildus apskatīja vergēnces izmaiņu inducētās anizotropijas gadījumā. Rezultāti parādīja, ka akomodācijas atbildes samazināšanās inducētās anizotropijas gadījumā bija lielāka, nekā vergēnces atbildes samazināšanās (visās vecuma grupās), tāpēc tika pieņemts, ka akomodāciju vairāk ietekmē attēla atšķirība uz tīklenēm, nekā vergēnci, lai gan relatīvā ietekme uz normālu attīstību nav zināma. Lai skaidrotu vergēnces atbildes izmaiņu inducētās anizotropijas gadījumā, tiek pieņemts ka izmainās fuzionālās panuma zonas telpiskās īpašības. Kā pirmais nevēlamais efekts inducētās anizotropijas gadījumā ir uztveres samazinājums augsto telpisko frekvenču diapozonā, kas nozīmē, ka netiek uztvertas smalkas detaļas. Tas nozīmē, ka informācija, kas nāk no abām acīm tiks sapludināta tikai zemo telpisko frekvenču diapozonā, kas paskaidro, kāpēc inducētās anizotropijas gadījumā iegūtā akomodācijas atbilde ir lielāka, nekā monokulāri noteiktā. Aplūkojot rezultātus tika iegūts aptuveni vienāds akomodācijas atbildes samazinājums, gan acī ar inducēto hipermetropiju, gan miopiju, kas nozīmē, ka vairāk ametropiskā acs atradās defokusā visu stimulācijas laiku, piemēram, vidējā akomodācijas atbilde visām vecuma grupām bija 0,85 D, bet anizotropijas gadījumā 4,00 D rezultāts samazinājās līdz 0,65 D, turklāt akomodācijas atbildes izmaiņa izteiktāk tika novērota acī ar lielāko ametropijas pakāpi. Pētnieki uzskata, ka anizotropijas ietekme uz jauniem pacientiem visticamāk radīs attēlu korespondences traucējumus, nepietiekamu akomodācijas darbību dominējošajā acī un palielinātu risku uz ambliopijas rašanos (*Bharadwaj & Rowan, 2011*). *Stephen. et.al.* (2015) veica pētījumu, lai noskaidrotu akomodācijas atbildes izmaiņu, ja tiek stimulēta jeb inducēta anizotropija dominējošajā vai nedominējošajā acī, binokulāros un monokulāros apstākļos. Inducētās anizotropijas lielums bija  $\pm 0,25$  D;  $\pm 0.50$  D,  $\pm 1.00$  D un  $\pm 1.50$  D. Gan monokulāros, gan binokulāros skatīšanās apstākļos, dominējošā un nedominējošā acs uzrādīja ļoti simetrisku akomodācijas atbildi, neatkarīgi no inducētās anizotropijas lieluma (skat. 1.9. att.). Tomēr jāuzsver, ka binokulāros skatīšanās apstākļos, dominējošā acs uzrādīja augstāku akomodācijas atbildi (0,12– 0,25 D). (*Stephen et al., 2015*).



**1.9. att.** Vidējā akomodācijas atbilde dominējošā (A) un nedominējošā (B) acī, inducētas anizotropijas gadījumā binokulāros apstākļos (*Stephen et al., 2015*).

Neatkarīgi no tā vai akomodācijas pieprasījums tika mainīts dominējošai vai nedominējošai acij, dominējošā acs vienmēr uzrādīja lielāku akomodācijas atbildi. Vidējā akomodācijas atbildes atšķirība starp acīm bija  $\leq 0,25$  D, neatkarīgi no akomodācijas pieprasījuma (*Stephen et al., 2015*).

## 2. PĒTĪJUMA DAĻA

### 2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā kopā piedalījās 24 dalībnieki, vecuma grupā no 19 līdz 28 gadiem ( $22,12 \pm 2,74$ ), no tiem 20 dalībnieki (4 vīrieši un 16 sievietes), vecumā no 19 līdz 28 gadiem ( $22,5 \pm 2,8$ ) bija pētāmā grupa, kurai tika inducēta anizotropija, bet 4 dalībniekiem (4 sievietes) vecumā no 19 līdz 21 gadiem ( $20 \pm 0,71$ ), bija pastāvīga anizomeropija (ambliopija netiek novērota). Pirmajā dalībnieku grupā piedalījās personas, kam korekcija nav nepieciešama vai ir  $\pm 0,50$  Dsph diapozonā (refrakcija mērīta bez cikloplēģijas). Savukārt otrās grupas dalībnieku korekcija :

- 1) Od - 3,00 Dsph; Os - 4,00 Dsph => atšķirība starp acīm 1,00 Dsph
- 2) Od - 2,75 Dsph; Os - 1,00Dsph => atšķirība starp acīm 1,75 Dsph
- 3) Od + 0,50 Dsph; Os - 3,25Dsph => atšķirība starp acīm 3,75 Dsph
- 4) Od pl; Os + 4,00 Dsph => atšķirība starp acīm 4,00 Dsph

Dalībnieki noliedza jebkadas vispārējas veselības problēmas un medikamentu lietošanu. Dalībnieki pētījumā piedalījās brīvprātīgi, ar apstiprinātu piekrišanu, ka ir informēti par šī pētījuma norises gaitu un izmantoto metodi.

### 2.2. Pētījuma norise

Pētījuma norise katram dalībniekam ilga aptuveni 40 - 50 min. Nepieciešamais aprīkojums: proves lēcas, proves lēcu ietvars, projektors, retinoskops, vienas dienas kontaktlēcas, pētījumā izmantojamā iekārta PowerRef3, kas sastāv no kameras, spoguļu sistēmas un sistēmas ar monitoru, stimul.

#### 2.2.1. Refrakcijas noteikšana

Lai izprastu dalībnieka atbilstību pētījuma vajadzībām, proti, refrakcija nevar pārsniegt sfērisko korekciju  $\pm 0,50$  Dsph, kā pirmā tika veikta objektīva refrakcijas noteikšana izmantojot retinoskopiju, bez cikloplēģijas. Retinoskopijas darbība balstās un tīklenes refleksa kustības

novērošanu. Novērojot līdzkustību, retinoskopa kvēldiega kustībai, neitralizāciju iegūst papildus pievienojot plus lēcas, bet novērojot pretkustību, retinoskopa kvēldiega kustībai, neitralizāciju iegūst pievienojot mīnuss lēcas. Pievienotās lēcas stiprums atbilst dalībnieka refrakcijas stāvoklim. Retinoskopijas norise:

- Proves ietvarā labajai acij tiek ievietota darba veicēja attālumu kompensējošā lēca (+1,50 Dsph), savukārt kreisajai acij tik liela plus lēca līdz dalībnieka redzes asums ir aptuveni 0,2, kas nepieciešams, lai izslēgtu jebkādu iespējamo akomodācijas darbību.
- Veic retinoskopiju labajai acij, novērojot tīklenes refleksa kustību, pievienojot atbilstošo lēcas stiprumu līdz iegūst neitralizāciju (darba veicējam jāatrodas tādā pozīcijā, lai dalībnieks uz projektorā skatītos tikai ar kreiso aci). Labās acs priekšā tiek atstāta darba veicēja attālumu kompensējošā lēca (+1,50 Dsph) un iegūtais lēcas stiprums, kas nepieciešams neitralizācijas iegūšanai.
- Kreisajā acī ievieto darba attāluma kompensējošo lēcu (+1,50 Dsph) un veic retinoskopiju kreisajai acij, novērojot tīklenes refleksa kustību, pievienojot atbilstošo lēcas stiprumu līdz iegūst neitralizāciju (darba veicējam jāatrodas tādā pozīcijā, lai dalībnieks uz projektorā skatītos tikai ar labo aci).

Pēc objektīvās refrakcijas noteikšanas tiek veikta subjektīvā refrakcijas noteikšana, izmantojot apmiglošanas tehniku, kas nozīmē, ka dalībnieks monokulāri tiek apmiglots, izmantojot lielu plus lēcu. Pakāpeniski samazinot plus lēcas lielumu, iegūst labāko sfērisko korekciju. Papildus tika noteikta sensorā vadošā acs. Pēc pilnās korekcijas noteikšanas, pieliekot +2,00 Dsph lēcu vienai un tad otrai acij, uzdodot jautājumu, kurš variants ir sliktāks, skatoies uz izolētu optotipu rindu, kas atbilst redzes asums 0,6. Sensorā vadošā acs būs tā, kuras priekšā atrodas +2,00 Dsph lēcai, dalībnieks vairāk izjūt attēla pasliktināšanos. Ja dalībnieks ziņoja, ka abi varianti ir vienlīdz miglaini, tas nozīmē, ka nav izteiktas sensorās acs. Šādā gadījumā tika noteikta motorā acs, izmantojot Dolmana testu.

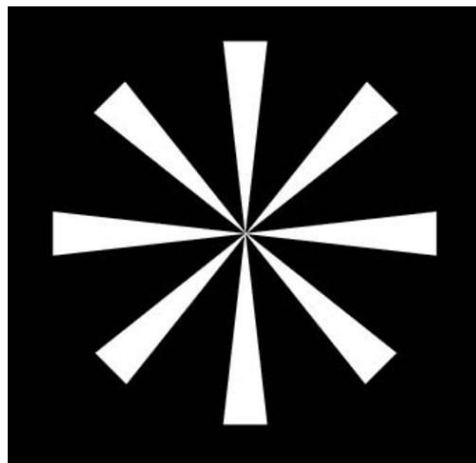
### **2.2.2. Akomodācijas atbildes noteikšana**

Kopumā, vienam dalībniekam notika piecpadsmit akomodācijas mērījumi dažādos apstākļos:

- pieci mērījumi, stimulam atrodas 7,20 m attālumā, kas tiek uzskatīts par bezgalību;

- pieci mērījumi, stimulam atrodoties 40 cm attālumā (attiecīgais akomodācijas stimulš 2,50 Dsph);
- pieci mērījumi, stimulam atrodoties 25 cm attālumā (attiecīgais akomodācijas stimulš 4,00 Dsph);

Mainīgais lielums bija anizotropijas pakāpe no  $-4,00$  Dsph līdz  $+4,00$  Dsph ar soli  $2,00$  Dsph. Refrakcijas stāvoklis tika mainīts sensori vadošai acij, izmantojot vienas dienas kontaktlēcas. Akomodācijas darbība tika mērīta binokulāri, izmantojot ekscentrisko fotorefraktometru PowerRef 3, mezopiskos apstākļos. Katrs mērījums ilga 10 sekundes. Vidēji, viens mērījums sastāvēja no derīgi izmantojamiem 300-400 mērījumiem. Kā stimulš tika izmantots 2.1. attēlā attēlotais objekts, kam ir aptuveni  $2^\circ$  leņķiskais izmērs, kas decimālajās vienībās 7,20 m attālumā atbilst 13,6 cm, 40 cm attāluma 13,7 mm un 25 cm attālumā no dalībnieka 8,6 mm. Dalībnieks tika instruēts skatienu fiksēt uz objekta centru.



**2.1. att.** Pētījumā izmantotais stimulš  $\sim 2^\circ$  leņķiskais izmērs.

Apkopota pētījuma gaita inducētas anizotropijas gadījumā:

1. Dalībnieks iepazīstas ar instrukciju par veicamo pētījuma norises gaitu un izmantojamo metodi.
2. Objektīvās refrakcijas noteikšana, izmantojot retinoskopiju.
3. Subjektīvās refrakcijas noteikšana

4. Vadošās acs tuvumā noteikšana, izmantojot apmiglojošo lēcu tehniku (ar + 2,00 D).
5. Akomodācijas mērījuma izmēģinājums.
6. Akomodācijas mērījums ar +2,00 Dsph kontaktlēcu vadošajai acij, stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.
7. Akomodācijas mērījums ar +4,00 Dsph kontaktlēcu vadošajai acij, stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.
8. Akomodācijas mērījums ar 0,00 Dsph kontaktlēcu vadošajai acij, stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.
9. Akomodācijas mērījums ar -2,00 Dsph kontaktlēcu vadošajai acij, stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.
10. Akomodācijas mērījums ar -4,00 Dsph kontaktlēcu vadošajai acij, stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.

Apkopotā pētījuma gaita neinducētas anizotropijas gadījumā:

1. Dalībnieks iepazīstas ar instrukciju par veicamo pētījuma norises gaitu un izmantojamo metodi.
2. Uzdevuma izmēģinājums.
3. Akomodācijas mērījums ikdienas standarta apstākļos (ar korekciju), stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.
4. Akomodācijas mērījums bez korekcijas, stimulam atrodies 7,20 m, 40 cm un 25 cm attālumā.

### **2.2.3. PowerRef-3**

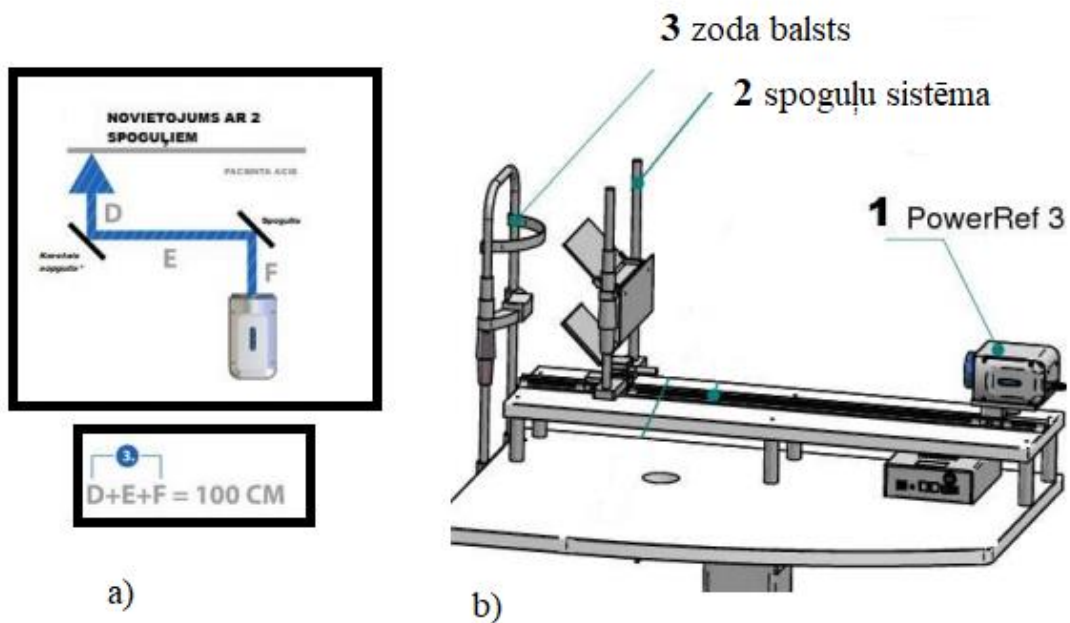
PowerRef3 ir ekscentrisks fotorefraktometrs, kura galvenais uzdevums ir noteikt akomodācijas lielumu monokulari un binokulāri, papildus ar šo iekārtu iespējams iegūt datus par konverģenci un acs zīlītes izmēru dažādos apgaismojuma apstākļos, proti, fotopiskos, mezopiskos un skotopiskos (skat. 2.2. att.) (*Plusoptix Inc*, 2019).



**2.2. att.** PowerRef3 ekscentriskais fotorefraktometrs (*Plusoptix Inc*, 2019).

Iekārta spēj veikt mērījumus, diapazonā no  $-7,00$  Dsph līdz  $+5,00$  Dsph ar soli  $0,01$  Dsph. Lai mērījumi būtu precīzi, svarīgs faktors ir zīlītes diametrs, jo iekārta veiks mērījumu, ja zīlītes izmērs būs diapazonā no  $4,00$  līdz  $8,00$  mm, un dalībnieka attālumam līdz iekārtai jābūt precīzi  $1$  m. Mērījuma ilgumu var gan regulēt pats (izmantojot *stop* pogu), gan uzlikt automātisko  $10$  s mērījumu. Iekārtas darbības frekvence  $50$  Hz (*Plusoptix Inc*, 2019).

Iekārtas novietojums var atšķirties, iespējami trīs varianti: taisni pret pacientu, izmantojot vienu spoguli vai izmantojot divus spoguļus (skat. 2.3. att.) (*Plusoptix Inc*, 2019). Šajā pētījumā tika izmantots trešais variants, kad tiek izmantota divu spoguļu sistēma, kas samazina nepieciešamo telpas apjomu.



2.3. att. PowerRef3 novietojums pētījuma laikā a) shematiski b) vizuāli (Plusoptix Inc, 2019).

### 2.3. Datu apstrādes metodes

Viens mērījums ilga 10 s, kuru laikā tika iegūti aptuveni 300 - 400 derīgi apstrādājami datu punkti, no kuriem tika ņemta vidējā vērtība. Mērījumi tika veikti stimulam atrodoties trīs attālumos: bezgalībā, 40 cm un 25 cm. Akomodācijas atbildi, piemēram, stimulam atrodoties 40 cm attālumā, iespējams aprēķināt, pielietojot 2.1. formulu:

(2.1)

$$\text{Akomodācijas atbilde} = \text{vid}(y) - \text{vid}(x)$$

kur  $\text{vid}(y)$  – vidējā vērtība no datu punktiem, kad stimulam atrodas 40 cm attālumā,  $\text{vid}(x)$  – vidējā vērtība no datu punktiem, kad stimulam atrodas bezgalībā.

Pētījumā tiek apskatīta arī akomodācijas atpališana, kuru iespējams aprēķināt, pielietojot 2.2. formulu (pieņemot, ka stimulam atrodas 40cm attālumā):

(2.2)

$$\text{Akomodācijas atpališana} = 2,5 - \text{akomodācijas atbilde}$$

kur 2,5 – teorētiski noteiktais akomodācijas atbildes lielums, stimulam atrodoties 40 cm attālumā.

Tā kā pētījumā piedalījās 20 dalībnieki, šāda izlase tiek uzskatīta par samērā mazu, tāpēc ieteicamākā statistisko datu apstrādes metode ir neparametriskie testi. Neparametriskajiem testiem nav būtisks normālsadalījums, turklāt šie testi ir piemēroti nelielām izlasēm. Neparametriskajos testos netiek pētītas reālās atšķirības starp datiem, bet tikai savstarpējā attiecība, proti, lielāks, mazāks vai vienāds (Valeinis, 2011).

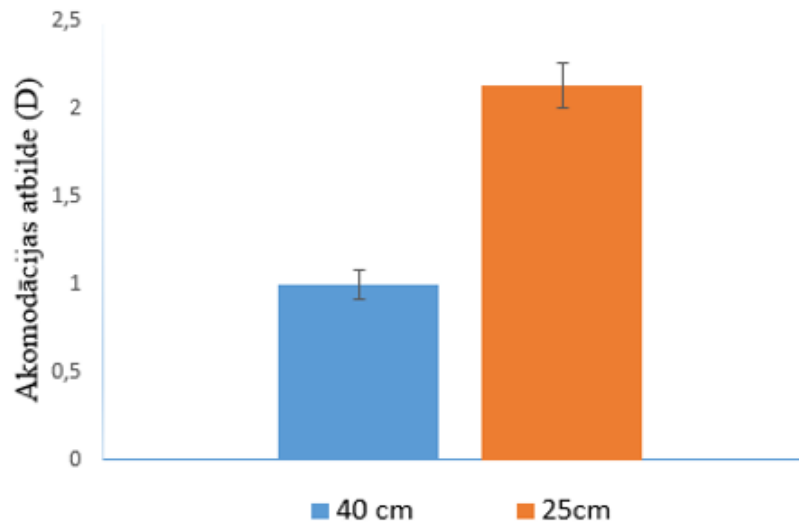
Pētījumā, kā statistiskās analīzes rīks tika pielietots Vilkoksona rangu zīmju tests (*Wilcoxon signed rank test*), kas tiek pielietots atkarīgu izlašu salīdzināšanai.

## **2.4. Rezultāti**

### **2.4.1. Dalībnieku redzes sistēmas rezultātu apkopojums**

No 20 dalībniekiem, kuriem nav nepieciešama korekcija, 6 dalībniekiem jeb 30% tika noteikta korekcija līdz  $-0,50$  Dsph, bet 14 dalībniekiem jeb 70% līdz  $+0,50$  Dsph. Iegūtos rezultātus var skaidrot ar to, ka mazas pakāpes hipermetropija nerada būtiskas sūdzības redzes asuma izmaiņā, jo akomodācija spēj kompensēt nelielo ametropiju. Tāpēc, mūsdienu populācijā, starp cilvēkiem bez korekcijas līdzekļiem, lielāka iespējamība ir iegūt mazas pakāpes hipermetropiju nekā mazas pakāpes miopiju. Nosakot vadošo aci, dalībnieki iedalās gandrīz vienādās grupās, 11 dalībniekiem vadošā acs bija labā un 9 kreisā.

Apskatot akomodācijas atbildi standarta apstākļos (bez korekcijas), dalībnieku uzrādītās akomodācijas atbildes vidējās vērtības uz stimulu 40 cm bija  $1,04 \pm 0,35$  Dsph (skat. 2.4. att). Akomodācijas pieprasījums uz stimulu 40 cm attālumā ir 2,50 Dsph, kas nozīmē, ka akomodācijai vidēji jāstrādā tikai 42% no maksimālā pieprasījuma, lai iegūtu pietiekami skaidru, pētījumā izmantoto stimulu uz tīklenes, ja stimul atrodas 40 cm attālumā. Apskatot akomodācijas vidējās vērtības lielumu uz stimulu 25 cm attālumā, tika novērota līdzīga sakarība. Vidējā akomodācijas atbilde ir  $2,13 \pm 0,55$  Dsph (skat. 2.4. att), bet pieprasījums ir 4,00 Dsph, tātad akomodācija vidēji strādā 53% no maksimālā pieprasījuma.

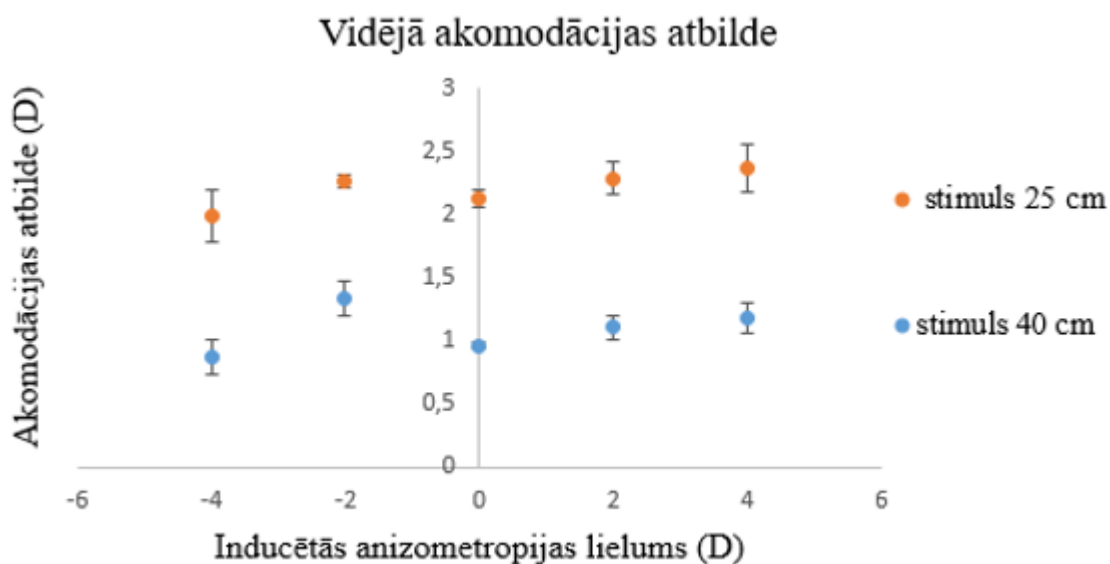


**2.4. att.** Vidējā akomodācijas atbilde stimulam atrodies 40 cm un 25 cm attālumā. Mērījumiem norādītas standartklūdas.

Standarta apstākļos, akomodācijas atbilde starp acīm nav pilnīgi identiska. Ja stimul atrodas 40 cm attālumā, starpība starp acīm ir 0,03 Dsph, bet 25 cm attālumā 0,18 Dsph. Iegūtās atšķirības starp acīm nav statistiski būtiskas ( $p > 0,05$ ). Tomēr palielinoties akomodācijas pieprasījumam, jeb apskatāmo objektu turot tuvāk nekā 40 cm, akomodācijas aparāts vairs nespēj strādāt pilnīgi simetriski un disbalanss starp acīm palielinās.

#### **2.4.2. Akomodācijas atbilde inducētas anizotropijas gadījumā**

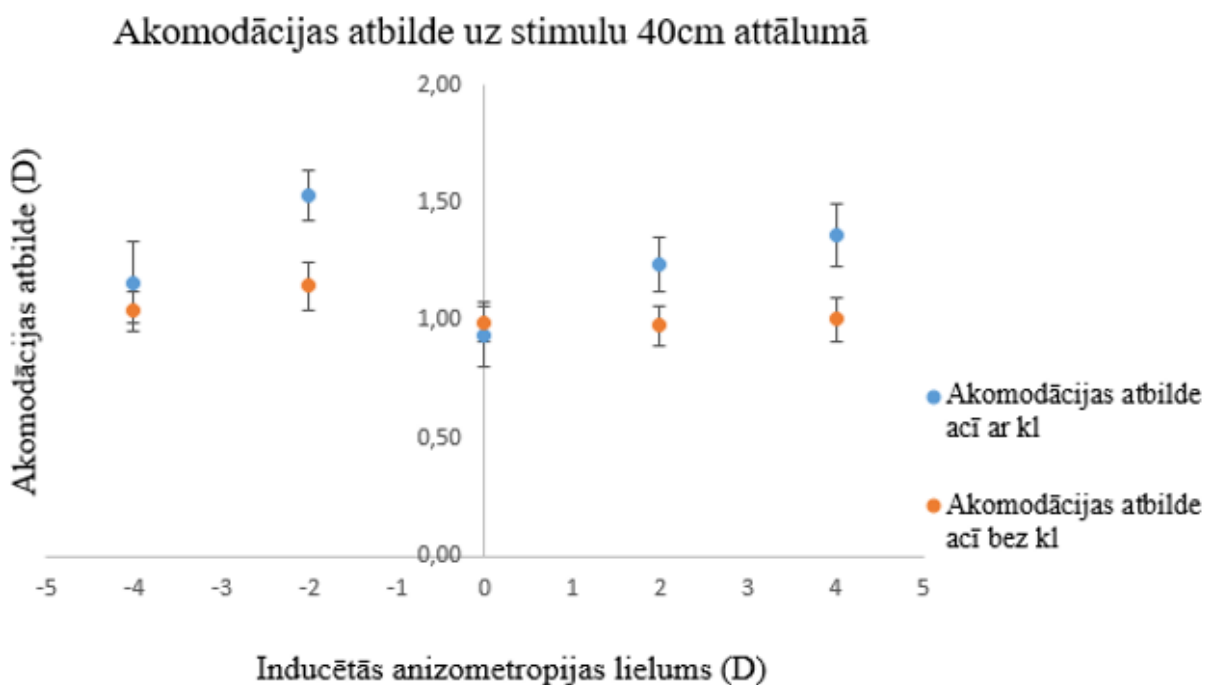
Lai izvērtētu akomodācijas atbildi anizotropijas gadījumā, ar kontaktlēcū palīdzību tiek inducēti četri anizotropijas veidi, proti, pieliekot plus kontaktlēcas tiek inducēta miopija, bet mīnus kontaktlēcās tiek inducēta hipermetropija. Apskatot vidējās akomodācijas vērtības, ir redzams, ka tikko inducēta anizotropija, kas rada dažādu akomodācijas stimulāciju, jeb attēli uz tīklenēm nav vienādi miglaini, rada izmaiņas akomodācijas sistēmā, stimulam atrodies gan 40 cm, gan 25 cm attālumā (skat. 2.4. att.).



**2.4. att.** Vidējā akomodācijas atbilde pie dažādiem anizotropijas lielumiem, stimulam atrodoties 40 cm un 25 cm attālumā. Mērījumiem norādītas standartklūdas.

Standarta apstākļos, stimulam atrodoties 40 cm attālumā, vidējā akomodācijas atbilde ir 1,04 Dsph, bet 25cm attālumā 2,13 Dsph. Salīdzinot kā akomodācijas atbilde mainās, attiecībā pret standarta vidējo vērtību, tiek novērots, ka stimulam atrodoties 40 cm attālumā, inducējot hipermetropisku anizotropiju +2,00 Dsph, akomodācijas atbilde palielinās par 39% (0,37 D) , bet pie +4,00 Dsph akomodācijas atbilde samazinās par 9% (0,09 Dsph) ( $p > 0,05$ ). Kā skaidrojumu var pieņemt, ka vienā acī inducējot hipermetropiju +2,00 Dsph akomodācija kompensējot ametropiju palielina savu atbildes spēku, savukārt pie +4,00 Dsph akomodācijas aparāta stimulācijā iestājas pārāk liels disbalanss, kas samazina kopējo akomodācijas atbildi. Savukārt vienā acī inducējot miopiju -2,00 Dsph akomodācijas atbilde palielinās par 15% (0,14 Dsph), bet pie -4,00D atbilde palielinās par 23% (0,22 Dsph) ( $p > 0,05$ ). Tas norāda uz miopiskā defokusa nozīmi akomodācijas nepārtrauktā un pieaugošā stimulēšanā, neskatoties uz anizotropijas pakāpi. Tāda pati tendence tiek novērota arī stimulam atrodoties 25 cm attālumā. Vienā acī inducējot hipermetropiju +2,00 Dsph, kopējā akomodācijas atbilde palielinājās par 6% (0,13 Dsph), bet pie +4,00 Dsph - akomodācijas atbilde samazinās par 6% (0,14 Dsph) ( $p > 0,05$ ). Savukārt vienā acī inducējot miopiju -2,00 Dsph akomodācijas atbilde palielinās par 8% (0,16 Dsph), bet pie -4,00 Dsph akomodācijas atbilde palielinās par 12% (0,24 Dsph) ( $p > 0,05$ ).

Lai izvērtētu, vai tikko izveidojusies anizotropija ietekmē akomodācijas darbību starp acīm, un vai akomodācijas atbilde mainās atkarībā pret standarta apstākļiem, tiek analizēti iegūtie rezultāti katrai acij atsevišķi. Aplūkojot datus, kas iegūti stimulam atrodoties 40 cm attālumā, var novērot, ka akomodācijas atbilde nav vienāda abās acīs, turklāt akomodē vairāk tā acs, kurā ir kontaktlēca, kas inducē gan hipermetropiju, gan arī miopiju (skat. 2.5. att). Tomēr atšķirība starp acīm nav statistiski būtiska ( $p > 0,05$ ). Inducējot hipermetropiju +2,00 Dsph acs ar kontaktlēcu akomodē par 25% (0,38 Dsph) vairāk, bet pie hipermetropijas +4,00 Dsph tikai par 10% (0,12 Dsph). Savukārt pie miopijas -2,00 Dsph acs ar kontaktlēcu akomodē par 21% (0,26 Dsph), bet pie -4,00 Dsph par 26% (0,36 Dsph) vairāk, salīdzinot ar aci bez kontaktlēcas (skat. 2.5. att).



**2.5. att.** Akomodācijas atbilde uz stimulu 40 cm attālumā, dažādiem anizotropijas lielumiem. Mērījumiem norādītas standartklūdas.

Kā redzams 2.5. attelā, katrs inducētais anizotropijas lielums rada izmaiņas no normas ne tikai acī ar inducēto anizotropiju, bet arī acī bez kontaktlēcas, kas liek domāt, ka akomodācijas atbildes programmēšana ir savstarpēji saistīts process. Tomēr apskatot rezultātus, tiek iegūts, ka akomodācijas atbilde ievērojami vairāk izmainās tieši acī ar inducēto ametropiju

(pozitīvs rezultāts norāda, ka akomodācijas atbilde ir lielāka kā norma, bet negatīvs ka mazāka par normu) (skat. 2.1. tab.).

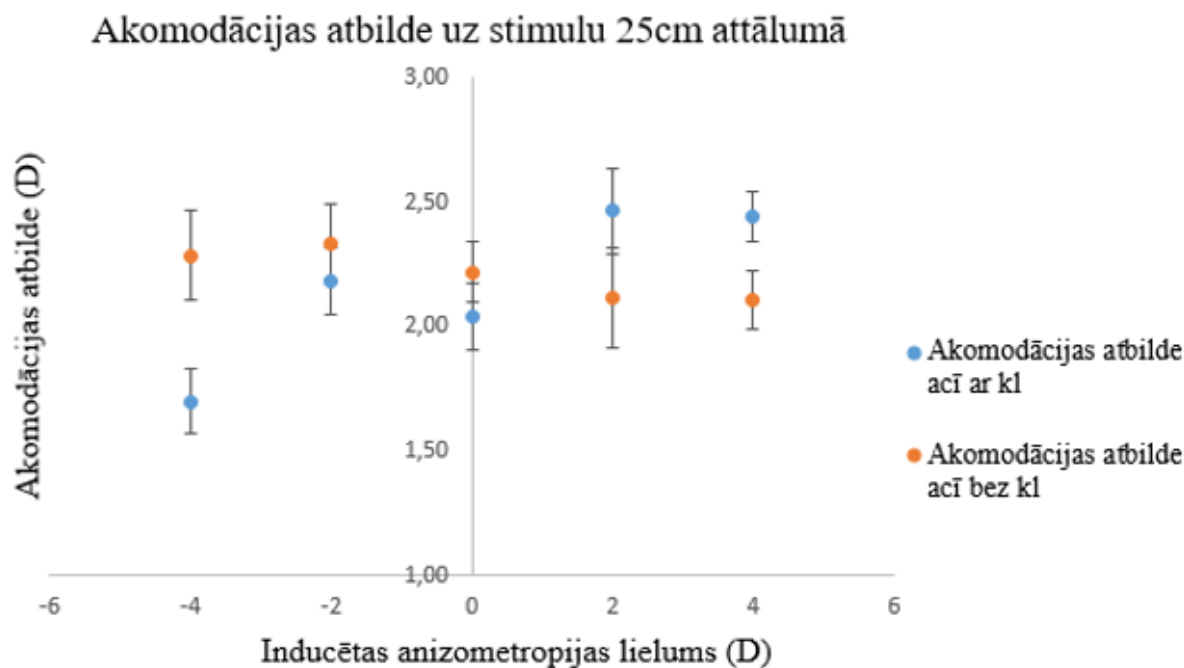
**2.1. tab.**

Akomodācijas izmaiņa no normas, inducētas anizotropijas gadījumā

Inducētās anizotropijas lielums	Stimuls 40cm	
	acs ar kl	acs bez kl
+2,00 D (hipermetropija)	64% (0,60 Dsph)	15% (0,15 Dsph)
+4,00 D (hipermetropija)	24% (0,23 Dsph)	4% (0,04 Dsph)
-2,00 D (miopija)	33% (0,30 Dsph)	-2% (0,02 Dsph)
-4,00 D (miopija)	46% (0,43 Dsph)	1% (0,01 Dsph)

Stimulam atrodoties 40 cm attālumā, vislielāko akomodācijas atbildes izmaiņu rada inducēta hipermetropija +2,00 Dsph, bet vismazāko - inducēta hipermetropija +4,00 Dsph. Tas norāda uz to, ka pie anizotropijas +4,00 Dsph, acs ar lielāko hipermetropijas pakāpi vairāk pielāgojas labāk redzošajai acij, kā rezultātā, attēls uz tīklenes vairāk hipermetropajā acī tā arī paliek neskaidrs. Iegūtie rezultāti nav statistiski būtiski ( $p > 0,05$ ).

Aplūkojot datus, kas iegūti stimulam atrodoties 25 cm attālumā, arī var novērot, ka akomodācijas atbilde nav vienāda abās acīs. Tomēr šajā gadījumā, akomodē vairāk acs, kurā ir kontaktlēca, kas inducē miopiju, bet hipermetropijas gadījumā, akomodē vairāk acs, kurā nav kontaktlēcas (skat. 2.6. att.). Arī šajā gadījumā, atšķirība starp acīm nav statistiski būtiska ( $p > 0,05$ ). Vienā acī inducējot hipermetropiju +2,00 Dsph acs bez kontaktlēcas akomodē par 7% (0,15 Dsph) vairāk, bet pie hipermetropijas +4,00 Dsph par 34% (0,58 Dsph), kā acs ar kontaktlēcu. Savukārt pie miopijas -2,00 Dsph acs ar kontaktlēcu akomodē par 14% (0,35 Dsph) vairāk un pie -4,00 D par 13% (0,33 Dsph) vairāk, salīdzinot ar aci bez kontaktlēcas.



**2.6. att.** Akomodācijas atbilde uz stimulu 25cm attālumā, dažādiem anizotropijas lielumiem. Mērījumiem norādītas standartkļūdas.

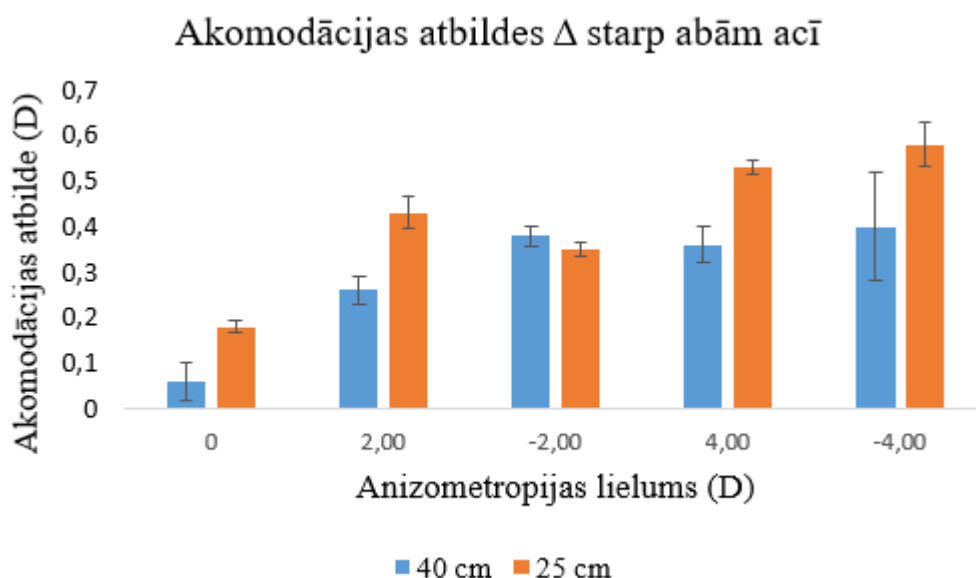
Līdzīgi, kā stimulam atrodoties 40 cm arī 25 cm attālumā, katrs inducētais anizotropijas lielums rada izmaiņas no normas ne tikai acī ar inducēto ametropiju, bet arī acī bez kontaktlēcas (pozitīvs rezultāts norāda, ka akomodācijas atbilde ir lielāka kā norma, bet negatīvs ka mazāka par normu) (skat. 2.2. tab.) Tomēr palielinoties akomodācijas pieprasījumam, jeb stimulam atrodoties tuvāk novirze no normas samazinās. Joprojām, novērojams, ka lielāka izmaiņa no normas ir acī ar kontaktlēcu.

Akomodācijas izmaiņa no normas, inducētas anizotropijas gadījumā

Inducētās anizotropijas lielums	Stimuls 25 cm	
	acs ar kl	acs bez kl
+2,00 D (hipermetropija)	7% (0,15 Dsph)	5% (0,12 Dsph)
+4,00 D (hipermetropija)	-17% (0,34 Dsph)	3% (0,11 Dsph)
-2,00 D (miopija)	21% (0,42 Dsph)	-5% (0,10 Dsph)
-4,00 D (miopija)	20% (0,40 Dsph)	-5% (0,11 Dsph)

Stimulam atrodoties 25 cm attālumā, vislielāko akomodācijas atbildes izmaiņu rada inducēta miopija -2,00 D, bet vismazāko inducēta hipermetropija +2,00 D. Abos, inducētās hipermetropijas gadījumos, akomodācijas atbilde rada mazāko izmaiņu no normas (+4,00 D iegūtā akomodācijas atbilde ir mazāka kā norma), kas norāda uz to ka, ja akomodācijas pieprasījums ir lielāks par 2,5 D, neatkarīgi no hipermetropiskās anizotropijas lieluma, acs ar lielāko hipermetropijas pakāpi vairāk pielāgojas labāk redzošajai acij, kā rezultātā attēls uz tīklenes tā arī paliek neskaidrs. Iegūtie rezultāti nav statistiski būtiski ( $p > 0,05$ ).

Turpinot apskatīt akomodācijas atbildes atšķirību starp acīm anizotropijas gadījumā, ir vērts salīdzināt arī akomodācijas pieprasījuma ietekmi. Lai izvērtētu, kā akomodācijas pieprasījums ietekmē akomodācijas atbildi, tiek ņemta akomodācijas atbildes starpība starp abām acīm stimulam atrodoties 40 cm un 25 cm attālumā (skat. 2.7. att).



**2.7. att.** Akomodācijas atbildes starpība starp abām acīm stimulam atrodoties 40 cm un 25 cm attālumā. Mērījumiem norādītas standartklūdas.

No iegūtajiem rezultātiem var secināt, ka jo lielāks akomodācijas pieprasījums, jo lielāka atšķirība ir akomodācijas atbildē starp acīm pat standarta apstākļos (bez inducētas anizotropijas). Standarta gadījumā, lielāka akomodācijas pieprasījuma apstākļos, atšķirība starp acīm ir 0,12 Dsph lielāka nekā situācijā, kad šo pašu objektu apskata 40 cm attālumā. Izmainot vienas acs refrakciju, akomodācijas atbildes atšķirība starp acīm, lielāka akomodācijas pieprasījuma gadījumā palielinās līdz 0,17 Dsph, salīdzinot ar rezultātu, kas iegūts stimulam atrodoties 40 cm attālumā, izņemot gadījumu, kad vienā acī tiek inducēta hipermetropija +2,00 Dsph, kad atšķirība ir samazinājusies līdz 0,03 Dsph ( $p > 0,05$ ).

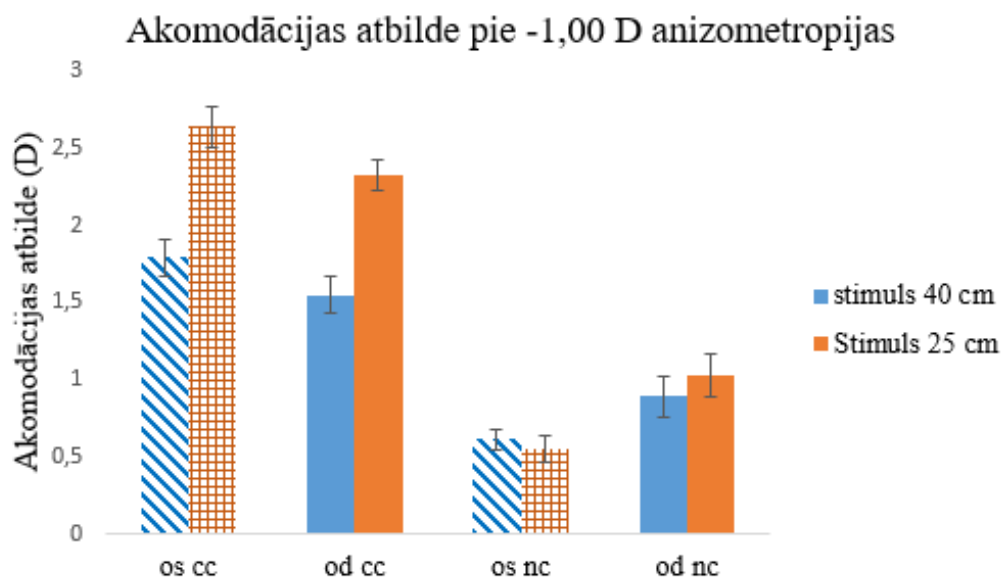
Palielinoties hipermetropiskās anizotropijas pakāpei, akomodācijas atbildes atšķirība starp acīm arī palielinās, vairāk izteikti lielāka akomodācijas pieprasījuma gadījumā jeb stimulam atrodoties 25 cm attālumā. Proti, akomodācijas atbildes atšķirība, vienā acī inducējot +4,00 Dsph hipermetropiju, ir par 0,02 Dsph lielāka kā pie inducētas hipermetropijas +2,00 Dsph, stimulam atrodoties 40 cm attālumā, bet 25 cm attālumā šī atšķirība ir jau 0,23 Dsph. Savukārt vienā acī inducētas miopijas -4,00 Dsph gadījumā, stimulam atrodoties gan 40 cm attālumā, gan 25 cm attālumā, akomodācijas atbildes atšķirība starp acīm ir par 0,10 Dsph lielāka kā inducējot miopiju -2,00 Ddsph. Iegūtie rezultāti nav statistiski būtiski ( $p > 0,05$ ). Rezultāti norāda uz vēl vienu iemeslu, kāpēc pareizs lasīšanas vai mobilo ierīču lietošanas attālums (40 cm) ir svarīgs faktors, kas jāievēro ne tikai bērniem, bet arī pieaugušajiem.

### 2.4.3. Akomodācijas atbilde pastāvīgas anizotropijas gadījumā

Galvenais pētījuma mērķis ir izprast, kādas izmaiņas akomodācijas darbībā rada inducēta, jeb tikko iegūta anizotropija. Tomēr šādi gadījumi ikdienas praksē netiek novēroti bieži. Savukārt pastāvīgas anizotropijas izplatība populācijā ir līdz pat 12% (*Almeder et al.*, 1990), tāpēc apskatīsim četru dalībnieku akomodācijas darbību ar un bez korekcijas, pie pastāvīgas anizotropijas. Dalībniekiem ir dažāda lieluma anizotropija, trīs dalībniekiem ir miopiska anizotropija un vienam hipermetropiska anizotropija:

1. Od - 3,00 Dsph; Os - 4,00 Dsph => atšķirība starp acīm 1,00 Dsph
2. Od - 2,75 Dsph; Os - 1,00 Dsph => atšķirība starp acīm 1,75 Dsph
3. Od + 0,50 Dsph; Os - 3,25 Dsph => atšķirība starp acīm 3,75 Dsph
4. Od pl; Os + 4,00 Dsph => atšķirība starp acīm 4,00 Dsph

Par klīniski būtisku anizotropiju tiek definēts ametropijas veids, kam raksturīgs atšķirīgs stiprums starp acīm vismaz 1,00 Dsph apmēros (*Levi et al.*, 2011). Apskatot akomodācijas darbību pie miopiskas anizotropijas pakāpes 1,00 Dsph, stimulam atrodoties gan 40 cm, gan 25 cm attālumā, novērojama sakarība, ka akomodācijas atbilde ir lielāka, ja ametropija tiek izkorigēta, turklāt korekcijas gadījumā, vairāk akomodē acs ar lielāku miopijas pakāpi (os – kreisā), bet bez korekcijas - acs ar mazāko miopijas pakāpi (od – labā) ( $p < 0,05$ ) (skat. 2.8. att.). Nelietojot korekciju, akomodācijas atbilde uz stimulu, kas atrodas 40 cm attālumā ir par 1,18 Dsph jeb 65% mazāka acī ar lielāko miopijas pakāpi (os), bet acs ar mazāko miopijas pakāpi (od) akomodē par 0,66 Dsph jeb 42% mazāk kā apstākļos ar korekciju ( $p < 0,05$ ). Šī paša sakarība tiek novērota stimulam atrodoties 25 cm attālumā – acs ar lielāko miopijas pakāpi (os) akomodē par 2,09 Dsph jeb 79 % mazāk kā lietojot korekciju, acs ar mazāko miopijas pakāpi (od) par 1,29 Dsph jeb 55% ( $p < 0,05$ ). Tātad, nelietojot korekciju pie anizotropijas 1,00 Dsph, akomodācijas atbilde samazinās aptuveni uz pusi acī, ar mazāko miopijas pakāpi un vairāk par 50% acī, ar lielāko miopijas pakāpi. Turklāt palielinoties akomodācijas pieprasījumam, jeb stimulam atrodoties tuvāk, akomodācijas atbilde samazinās vēl vairāk.

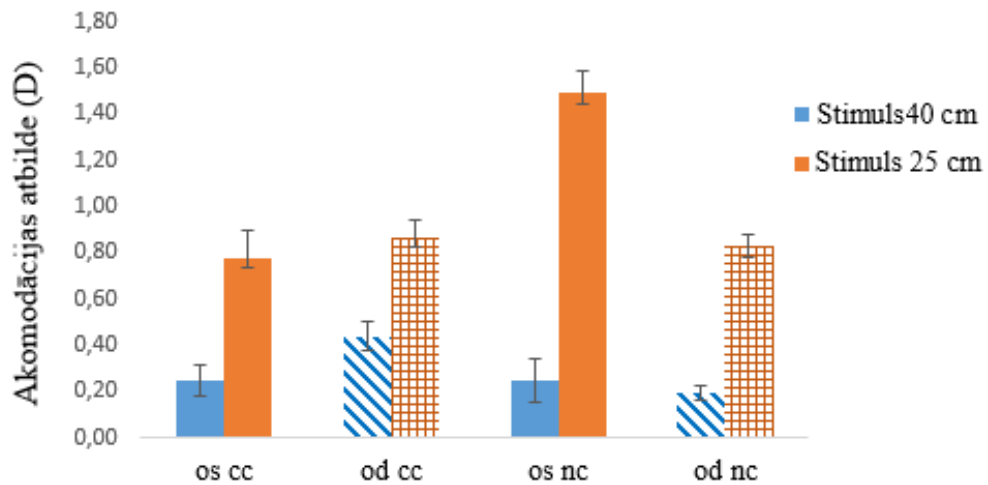


**2.8. att.** Akomodācijas atbilde miopiskas anizotropijas lielumam 1,00 D, ar (cc) un bez (nc) korekcijas, kreisajā (os) un labajā (od) acī, stimulam atrodies 40 cm un 25 cm attālumā. Miopijas pakāpe lielāka kreisajā (os) acī. Mērījumiem norādīta standartnovirze.

Pie miopiskas anizotropijas lieluma 1,00 Dsph, vidējā akomodācijas atpalikšana, starp abām acīm, ar korekciju stimulam atrodies 40 cm attālumā 0,83 Dsph un bez korekcijas 1,75 Dsph, savukārt 25 cm attālumā 1,52 Dsph ar korekciju un 3,21 Dsph bez korekcijas.

Palielinoties atšķirībai starp acīm, proti, anizotropijas lielums 1,75 Dsph, joprojām saglabājas sakarība, ka korekcijas gadījumā vairāk akomodē acs ar lielāko miopijas pakāpi (od), bet bez korekcijas acs ar mazāko miopijas pakāpi (os) ( $p < 0,05$ ). Tomēr šajā gadījumā tiek novērots, ka acs ar mazāko miopijas pakāpi (os) statistiski nozīmīgi vairāk akomodē bez korekcijas nekā ar korekciju, ja stimulā atrodas 25 cm attālumā (skat. 2.9. att). Nelietojot korekciju, acī ar lielāko miopijas pakāpi (od), akomodācijas atbilde uz stimulu, kas atrodas 40 cm attālumā ir par 0,25 Dsph jeb 56 % mazāka ( $p < 0,05$ ), kā iegūtais rezultāts ar korekciju, bet ja stimulā atrodas 25 cm attālumā, akomodācijas atbilde ir tikai par 0,04 Dsph jeb 4 % mazāk kā lietojot korekciju ( $p > 0,05$ ). Savukārt acī ar mazāko miopijas pakāpi (os), akomodācijas atbilde uz stimulu, kas atrodas 40 cm attālumā ir vienāda gan ar korekciju, gan bez, bet ja stimulā atrodas 25 cm attālumā akomodācijas atbilde ir par 0,71 Dsph jeb 47 % lielāka bez korekcijas ( $p < 0,05$ ) (skat. 2.1. tab.).

## Akomodācijas atbilde pie -1,75 D anizotropijas



**2.9. att.** Akomodācijas atbilde pie miopiskas anizotropijas lieluma 1,75 Dsph, ar (cc) un bez (nc) korekcijas, kreisajā (os) un labajā (od) acī, stimulam atrodoties 40 cm un 25 cm attālumā. Miopijas pakāpe lielāka labajā (od) acī. Mērījumiem norādīta standartnovirze.

## 2.1. tab.

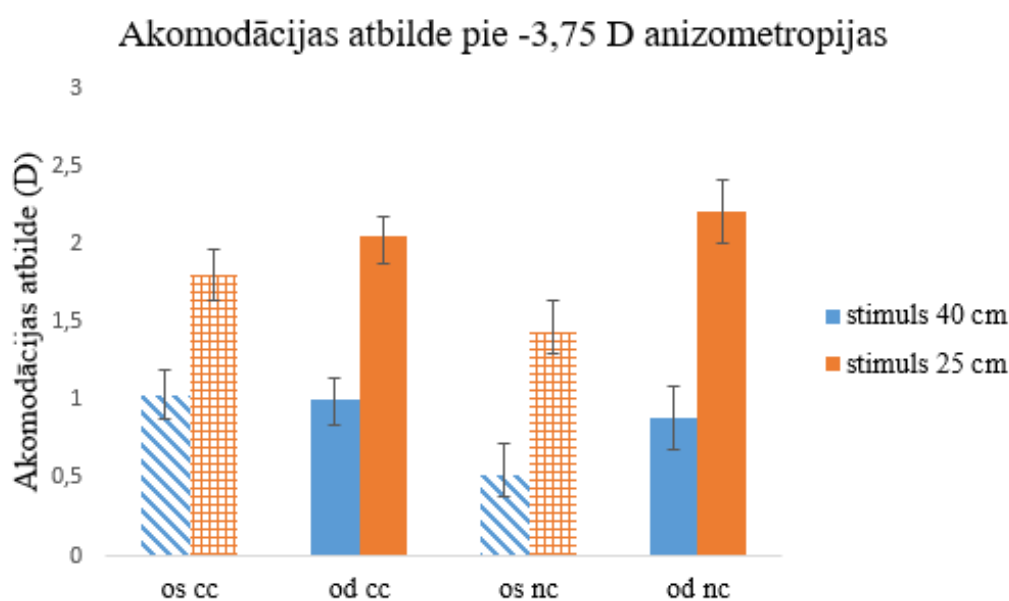
Akomodācijas atbilde bez korekcijas salīdzinājumā ar akomodācijas atbildi ar korekciju, stimulam atrodoties 40 cm un 25 cm attālumā, pie 1,75 Dsph anizotropijas

	od	os
25 cm	Nemainās	Palielinās par 47 %
40 cm	Samazinās par 56 %	Nemainās

Pie miopiskas anizotropijas lieluma 1,75 Dsph, vidējā akomodācijas atpalikšana, starp abām acīm, ar korekciju stimulam atrodoties 40 cm attālumā 2,16 Dsph, bez korekcijas 2,31 Dsph, savukārt 25 cm attālumā 3,18 Dsph ar korekciju un 2,84 Dsph bez korekcijas.

Anizotropijas lielumam sasniedzot 3,75 Dsph netiek novērotas krasas atšķirības jau iepriekš apskatītajiem gadījumiem. Izkoriģētas ametropijas gadījumā iegūtā akomodācijas atbilde ir līdzvērtīga starp abām acīm, bet bez korekcijas akomodācijas atbilde ir mazāka acī ar lielāko

miopijas pakāpi ( $p < 0,05$ ) (skat. 2.10. att.). Nelietojot korekciju, acī ar lielāko miopijas pakāpi (os), akomodācijas atbilde uz stimulu, kas atrodas 40 cm attālumā ir par 0,51 Dsph jeb 49% mazāka, kā iegūtais rezultāts ar korekciju, bet ja stimuls atrodas 25 cm attālumā, akomodācijas atbilde ir par 0,36 Dsph jeb 20% mazāka kā lietojot korekciju. Savukārt acī ar mazāko miopijas pakāpi (od), akomodācijas atbilde uz stimulu, kas atrodas 40 cm attālumā ir par 0,12 Dsph jeb 11% mazāka, kā lietojot korekciju, bet ja stimuls atrodas 25 cm attālumā akomodācijas atbilde bez korekcijas ir par 0,16 Dsph jeb 7% lielāka kā ar korekciju.

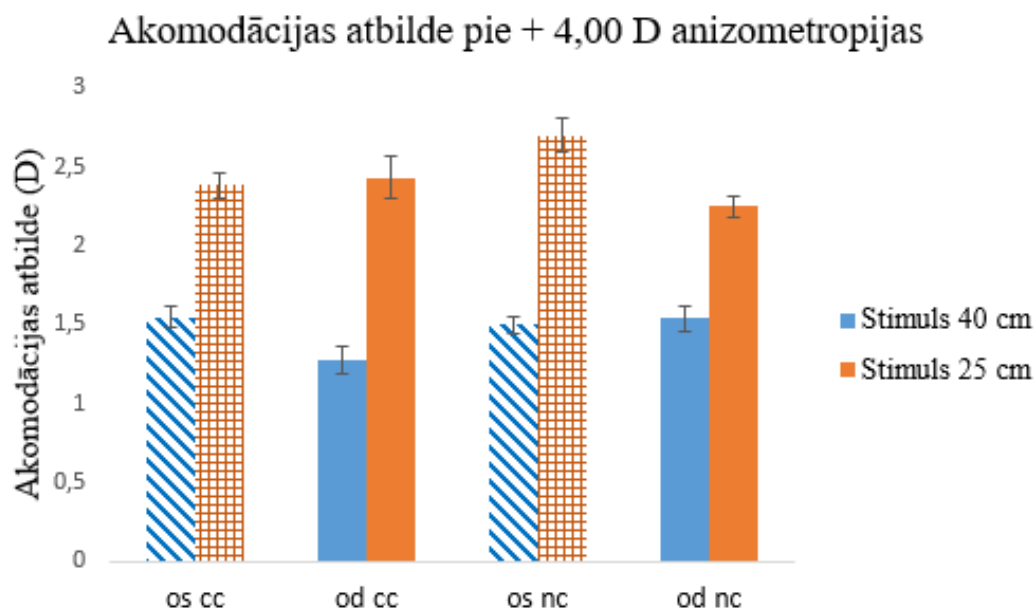


**2.10. att.** Akomodācijas atbilde pie miopiskas anizotropijas lieluma 3,75 Dsph, ar (cc) un bez (nc) korekcijas, kreisajā (os) un labajā (od) acī, stimulam atrodoties 40 cm un 25 cm attālumā. Miopijas pakāpe lielāka kreisajā (os) acī. Mērījumiem norādīta standartnovirze.

Pie miopiskas anizotropijas lieluma 3,75 Dsph, vidējā akomodācijas atpaliķšana, starp abām acīm, ar korekciju stimulam atrodoties 40 cm attālumā 1,48 Dsph, bez korekcijas 1,80 Dsph, savukārt 25 cm attālumā 2,08 Dsph ar korekciju un 2,18 Dsph bez korekcijas.

Visi iepriekš apskatītie dalībnieki lietoja korekciju arī savā ikdienā. Dalībnieks ar hipermetropisko anizotropiju korekciju ikdienā nelieto un iegūtajiem rezultātiem nav statistiski būtiskas atšķirības starp akomodācijas atbildi ar korekciju un bez korekcijas ( $p > 0,05$ ) (skat. 2.11. att.) Tomēr jauzsver, ka nelietojot korekciju, acs ar lielāko hipermetropijas

pakāpi stimulam atrodies 25 cm attālumā akomodēja vairāk par 0,32 Dsph jeb 11% nekā ar korekciju.



**2.11. att.** Akomodācijas atbilde pie hipermetropiskas anizotropijas lieluma 4,00 D ar (cc) un bez (nc) korekcijas, kreisajā (os) un labajā (od) acī, stimulam atrodies 40cm un 25 cm attālumā. hipermetropijas pakāpe lielāka kreisajā (os) acī. Mērījumiem norādīta standartnovirze.

Pie hipermetropiskas anizotropijas lieluma 4,00 Dsph, vidējā akomodācijas atpaukšana, starp abām acīm, ar korekciju stimulam atrodies 40 cm attālumā 1,09 Dsph, bez korekcijas 0,98 Dsph, savukārt 25 cm attālumā 1,60 Dsph ar korekciju un 1,53 Dsph bez korekcijas.

## SECINĀJUMI

1. Akomodācijas darbība nav simetriski vienāda abām acīm. Palielinoties akomodācijas pieprasījumam, jeb apskatāmo objektu pietuvinot tuvāk kā 40 cm, akomodācijas aparāts nespēj strādāt pilnīgi simetriski un rodas lielāka atšķirība akomodācijas atbildēs. Iegūtās atšķirības starp acīm nav statistiski būtiskas ( $p > 0,05$ ).
2. Akomodācijas darbība pie inducētas hipermetropiskas anizotropijas nav simetriski vienāda starp acīm, un acī ar inducēto hipermetropiju maina raksturu atkarībā no anizotropijas pakāpes. Iegūtās atšķirības starp acīm nav statistiski būtiskas ( $p > 0,05$ ).
3. Akomodācijas darbība pie inducētas miopiskas anizotropijas nav simetriski vienāda starp acīm, un acī ar inducēto miopiju saglabā tendenci aktivizēties pieaugot miopiskās anizotropijas pakāpei. Iegūtās atšķirības starp acīm nav statistiski būtiskas ( $p > 0,05$ ).
4. Pastāvīgas miopiskas anizotropijas gadījumā, lietojot korekciju iegūtā akomodācijas atbilde ir līdzvertīga starp abām acīm, bet bez korekcijas, akomodācijas atbilde ir mazāka (līdz pat 50%) acī ar lielāko miopijas pakāpi ( $p < 0,05$ ).
5. Pastāvīgas hipermetropiskas anizotropijas gadījumā, netiek novērota būtiska atšķirība starp akomodācijas atbildi ar korekciju un bez korekcijas ( $p > 0,05$ ).
6. Akomodācijas darbība, kad stimulācija ir vienāda, ir samērā līdzīga starp acīm, bet tiklīdz tiek izjaukts akomodācijas pieprasījums, proti, inducēta anizotropija vai noņemta korekcija pastāvīgas anizotropijas gadījumā, akomodācijas atbildes atšķirība starp acīm palielinās.

## NOBEIGUMS

Lielāko daļu apkārtējās informācijas mēs uztveram tieši ar redzes orgāniem, jeb divām acīm. Jo labāk funkcionēs abas acis, jo lielāku daudzumu un precīzāku informāciju mēs iegūsim. Akomodācija ir tas mehānisms, kas ļauj iegūt skaidru informāciju par objektiem, kas atrodas starp tālāko skaidras redzes punktu un tuvāko skaidras redzes punktu. Izvēlējos veikt šo pētījumu, lai izprastu, kā mainās akomodācijas mehānisms, ja vienas acs funkcionālais stāvoklis pēkšņi tiek izmainīts, jeb tiek inducēta anizotropija.

Vienā acī inducētas hipermetropijas gadījumā, akomodācijas atbildes lielums starp acīm ir atkarīgs no akomodācijas pieprasījuma. Pie standartā pieņemtā darba attāluma 40 cm akomodācijas atbilde ir lielāka acī ar lielāko hipermetropijas pakāpi, kas liecina par to ka akomodācijas aparāts ir spējīgs iegūt vienlīdzīgākus attēlus uz tīklenēm. Palielinoties akomodācijas pieprasījumam, acī ar lielāko hipermetropijas pakāpi novērojama mazāka akomodācijas atbilde, kas savukārt liecina par to, ka galveno lomu, skaidra attēla uztveršanā, akomodācijas aparāts nodrošina acī ar mazāko hipermetropijas pakāpi, bet otra acs atrodas defokusā. Vērā ņemams ir arī anizotropijas pakāpes lielums, proti, palielinoties anizotropijas pakāpei, akomodācijas sistēmā iestājas pārāk liels disbalanss, īpaši pie lielāka akomodācijas pieprasījuma. Interesanti rezultāti tiek iegūti vienā acī inducējot miopiju. Neatkarīgi no anizotropijas lieluma vai akomodācijas pieprasījuma, akomodācijas atbilde lielāka tika novērota acī ar lielāko miopijas pakāpi. Tomēr nevienā no gadījumiem iegūtie rezultāti nav statistiski būtiski.

Lai arī iegūtajiem rezultātiem nav statistiski būtiskas atšķirības, pētījuma laikā tika novērots, ka palielinoties akomodācijas pieprasījumam, jeb stimulam atrodoties tuvāk kā 40 cm, akomodācijas atbildes atšķirība starp abām acīm palielinās, bet savukārt novirze no normas ir mazāka, kas liecina, ka akomodācijas procesā vairāk iesaistās viena acs, bet otra izpilda līdzīgu, bet nepilnīgu darbību.

Pētījuma paplašināšanai un pilnveidošanai, lietderīgi būtu salīdzināt, kā atšķiras tikko inducētas anizotropijas ietekme uz akomodācijas atbildi un kā tā mainās adaptācijas procesā „piemēram, dienas garumā veicot mērījumu ik pēc vienas stundas. Papildus pētījumu var turpināt kontaktlēcu vietā, izmantojot brillu lēcas, kas radītu netikai miglaina attēla projekciju uz tīklenes, bet arī attēla izmēra izmaiņu. Izmantojot šī pētījuma iegūtos rezultātus, būtu

iespējams salīdzināt, kas rada lielāku akomodācijas stimulāciju, miglains attēls vai attēla lieluma izmaiņa.

## DISKUSIJA

Akomodācija ir ļoti individuāla rakstura jebkurai personai, kas savukārt apgrūtina pieņemt kopīgus standartus. Pētījumā iegūtie rezultāti neuzrāda statistiski būtisku atšķirību akomodācijas darbībā, inducētas anizotropijas gadījumā. Ir novērojamas novirzes gan no normas, gan akomodācijas darbībā starp acīm, tāpēc nevar apgalvot, ka anizotropija akomodācijas darbību neietekmē, lai gan statistiska apgalvo pretējo. Kā iespējama skaidrojums, kāpēc anizotropijas gadījumā, akomodācijas darbībā radās lielākas novirzes kā standarta apstākļos ir mikro fluktuāciju palielināšanās, kas ir nepārtrauktas akomodācijas svārstības. Mikro fluktuāciju amplitūda nemēdz pārsniegt 1,00 D, pārsvarā tās variē 0,20 – 0,50 D lielumā (*Monticone & Menozzi, 2011*). Mikro fluktuāciju lieluma palielināšanās ir iespējama skaidrojums arī novērojumam, ka stimulam atrodoties 25 cm attālumā, akomodācijas atbildes novirze palielinājās vēl vairāk, jo ir pierādīts, ka mikrofluktuācijas palielinās palielinoties akomodācijas pieprasījumam, jeb stimulam atrodoties tuvāk (*Day et al., 2006*). Mikro fluktuācijas astigmātisma gadījumā ir lielākas salīdzinot ar koriģētas refrakcijas gadījumu (*Charman & Heron, 1998*), kas var nozīmēt, ka jebkāda novirze akomodācijas stimulācijā, rada lielākas mikro fluktuācijas, tātad pie šī var pieskaitīt arī tikko inducētu anizotropiju.

Līdzīgi veiktos pētījumos arī tiek konstatēts, ka inducētas anizotropijas gadījumā tiek novērotas akomodācijas darbības izmaiņas, un turklāt šīs izmaiņas nesasniedz monokulāri iegūtu akomodācijas atbildi, kas savukārt norāda, ka akomodācijas procesā joprojām piedalās abas acis (*Bharadwaj & Rowan, 2011*). Pētnieki apgalvo, ka miopiskas anizotropijas gadījumā, acs ar lielāko miopijas pakāpi vairāk funkcionē tuvumā, bet skatoties tālumā vairāk funkcionē acs ar mazāko miopijas pakāpi (*Levi et al., 2011*), kas atspoguļojās arī pētījumā iegūtajos datos inducētas anizotropijas gadījumā, jo akomodācijas atbilde arī tika iegūta lielāka acī, kurā tika inducēta miopija, laigān statistiski atšķirība nebija būtiska. Tomēr apskatot pastāvīgi esošo anizotropiju, ir gluži pretēji, bez korekcijas acs ar lielāko miopijas pakāpi akomodē mazāk. Savukārt pie hipermetropiskas anizotropijas tiek uzskatīts, ka akomodācija strādās tik daudz, lai iegūtu skaidru attēlu acī ar mazāko hipermetropijas pakāpi, kas nozīmē, ka otra acs vienmēr atradīsies defokusā. Pētījumā iegūtie rezultāti iespējams apstiprina, šo hipotēzi īpaši ja akomodācijas pieprasījums ir lielāks, kad acs ar lielāko hipermetropijas pakāpi akomodēja mazāk, kā otra acs ar mazāko hipermetropijas pakāpi. Tas nozīmē, ka ne tikai netika

kompensēta ametropija, bet arī atbilde uz stimulāciju bija nepilnīga. Ja otra acs atrodas defokusā, bērniem tas var radīt risku ambliopijas attīstībai, proti, tiek radīti traucējumi pareizai binokulārās redzes attīstībai.

## **PATEICĪBAS**

Pateicība Latvijas Universitātes Optometrijas un Redzes zinātnes nodaļas mācībspēkiem par centību, pūlēm un apzinīgo darbu studentu izglītošanā.

Īpaši vēlos pateikties savai maģistra darba vadītājai Evitai Kassalietei un recenzentei Aigai Švedei par idejām, atbalstu un padomiem maģistra darba izstrādē.

Paldies pētījuma dalībniekiem, kas atbalstīja un ieguldīja savu laiku piedaloties pētījumā.

## IZMANTOTĀ LITERATŪRA

Almeder, L. M., Peck, L. B., & Howland, H. C. (1990). Prevalence of anisometropia in volunteer laboratory and school screening populations. *Association for Research in Vision and Ophthalmology*, 31(11), 2448-2455.

Bharadwaj, S. R., & Rowan, T. (2011). The effect of lens-induced anisometropia on accommodation and vergence during human visual development. *The Association for Research in Vision and Ophthalmology*, 52(6), 3595-3603.

Campbell, F. W. (1960). Correlation of accommodation between the two eyes. *The Physiological Laboratory*, 50(7), 738.

Charman, N., Planis, S., & Pallikaris, I. (2014). The physiologic mechanism of accommodation. *Cataract & Refractive Surgery Today Europe*.

Charman, W. N. (1983). *The Retinal Image in the Human Eye*. Department of ophthalmic optics.

Charman, W. N., Heron, G. (1988). Fluctuations in accommodation: a review. 1988. *Ophthalmology and Physiologic Optics*, (8), 153–164.

Day, M., Strang, N.C., Seidel, D., Gray, L.S., Mallen, E.A. (2006). Refractive group differences in accommodation microfluctuations with changing accommodation stimulus. *Ophthalmic and Physiological Optics*, (26), 88-96.

Flitcroft, D. I., Judge, S. J., & Morley, J. W. (1992). Binocular Interactions in accommodation control: effects of anisometric stimuli. *The Journal of Neuroscienc*, 12(1), 188-203.

Franzen, O., Richter, H., & Stark, L. (2000). *Accommodation and vergence mechanisms in the visual system*. Springer Basel AG.

Glasser, A. (2006). Accommodation: mechanism and measurement. *Ophthalmology clinics of north america*, (19) 1-12.

Godwin, O., & Olalekan, A. (2015). Mechanism of accommodation: A review of theoretical propositions. *Department of Optometry*, 74(1), 1-6.

Jiménez, R., Martínez-Almeida, L., & Salas, C. (2010). Contact lenses vs spectacles in m myopes: is there any difference in accommodative and binocular function? *Physiological Laboratory*, (249), 925–935.

Levi, D. M., McKee, S. P., & Movshon, J. A. (2010). Visual deficits in anisometropia. *Center for Neural Science and Department of Psychology*, 51(1), 48–57.

McBrien, A., & Millodot, M. (1986). Amplitude of accommodation and refractive error. *Invest Ophthalmol*, (27), 1187-1190.

Monticone, P. P., Menozzi, M. (2011). A review on methods used to record and analyze microfluctuations of the accommodation in the human eye. *Journal of the European Optical Society*, (6), 1–7.

Norberto Lopez-Gill, N., Martin, J., & Liu, T. (2013). Retinal image quality during accommodation. *Ophthalmic & Physiological Optics*, (33), 497-507.

Plusoptix Inc. (2019). *The purpose of PowerRefractor is to meter accommodation in real time*. Pieejams: <https://plusoptix.com>: <https://plusoptix.com/en/power-refractor> (skatīts 02.02.2019).

Rana, J., Sukul, R., & Amitava, A. K. (2015) The effect of induced anisometropia and binocular visual function. *Department of Ophthalmology*, (1), 8-16.

Robertson, D. M., Kenneth, M.D., & OGLE, S. (1966). Influence of contact lenses on accommodation. *Section of Ophthalmology*, 64(5), 860-871.

Stephen, V., Collins, M. J., & Read, S. A. (2015). The short-term accommodation response to aniso-accommodative stimuli in isometropia. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 35(5), 552-561.

Strenk, S.A., Semmlow, J.L., & Strenk, L.M. (1999). Age-related changes in human ciliary muscle and lens: A magnetic resonance imaging study. *Association for Research in Vision and Ophthalmology*, (40), 1162-1169.

Valeinis, J. (2011). *Hipotēžu pārbaude ar neparametriskajiem testiem* (Diplomdarbs). Latvijas Universitāte.

Vries, J.D. (1985). Anisometropia in children: analysis of a hospital population. *Department of Ophthalmology*, (69), 504-507.

Winn, B., Ackerley, R.G., & Brown, C.A. (1988). Reduced aniseikonia in axial anisometropia with contact lens corrections. *British College of Optometrists*,(8), 341-344.

Leonard, R., Achiron, O.D., & WITKIN, O. (1997). Contemporary Management of Aniseikonia. *Survey of ophthalmology*, (96),00005-7.

Maģistra darbs „ Akomodācijas atbilde anizotropijas gadījumā ” 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: Ginta Graudiņa  
Stud.apl.nr. gg17029

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītājs: docente, Dr. phys. Evita Kassaliete

Recenzents: docente, Dr. phys. Aiga Švede

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

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē

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

Komisijas sekretārs: \_\_\_\_\_