

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

**RELATĪVĀS AKOMODĀCIJAS NORMU
PIELĀGOŠANA AUGSTAS PAKĀPES REDZES
REFRAKCIJAS DEFEKTU GADĪJUMOS**

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Diāna Vasilenko**

Studenta apliecības Nr. dv19043

Darba vadītāja: Dr.phys., lektore Karola Panke

RĪGA 2021

ANOTĀCIJA

Maģistra darbs ir uzrakstīts latviešu valodā uz 47 lapaspusēm. Tas satur 12 attēlus, 7 tabulas, 44 literatūras atsauces.

Darba mērķis bija novērtēt verteks attāluma ietekmi uz akomodācijas mērījumiem vidējas un augstas pakāpes refrakcijas defektu gadījumos. Pētījumā tika mērītas akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūda ar korekciju proves ietvarā un ar kontaktlēcām 22 dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju. Lai nodrošinātu apstākļus, kuros akomodācijas stimulš būtu vienāds visiem dalībniekiem un kompensētu verteks attālumu, tika veikti speciāli aprēķini.

Pētījuma rezultāti parāda, ka vidējas un augstas pakāpes refrakcijas defektu gadījumos, verteks attālums būtiski ietekmē mērījumus un turpmāk būtu nepieciešams ņemt vērā šī efekta ietekmi.

Atslēgvārdi: akomodācija, akomodācijas rezerves, verteks attālums, refrakcijas defekti

ABSTRACT

The master's thesis is written in Latvian on 47 pages. It contains 12 figures, 7 tables, 44 references.

The aim of the study was to evaluate the effect of vertex distance on accommodation measurements in cases of medium and high grade refractive defects. The study measured the reserves and amplitude of accommodation with frame correction and contact lenses in 22 participants with myopia and hypermetropia. To ensure conditions in which the accommodation stimulus would be the same for all participants and to compensate vertex distance, special calculations were done.

The results show that in the medium and high grade refraction defects, vertex distance notably affects the measurements and in the future it would be necessary to consider the sway of this effect.

Keywords: accommodation, accommodation reserve, vertex distance, refractive defects

SATURS

IEVADS	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	3
1.1. Akomodācijas un verģences sistēma.....	3
1.2. Akomodācijas un verģences traucējumi	5
1.2.1. Faktori, kas ietekmē akomodācijas un verģences traucējumus.....	7
1.3. Akomodācijas un verģences traucējumu galvenā simptomātika	8
1.4. Akomodācijas un verģences traucējumu klīniskā novērtēšana un diagnostika	11
1.5. Relatīvo akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērijumi.....	14
1.5.1. NRA un PRA nozīme akomodācijas un verģences traucējumu diagnostikā	16
1.5.2. Relatīvās akomodācijas rezervju mērijumi refrakcijas defektu gadījumā	17
1.5.3. Akomodācijas amplitūdas mērijumi pacientiem ar refrakcijas defektiem	18
1.6. Jaunākie pētījumi par akomodācijas un verģences traucējumiem	19
1.7. Verteks attāluma ietekme uz redzes funkciju mērijumiem.....	21
2. METODEDE	24
2.1. Dalībnieki	24
2.2. Metodes apraksts.....	24
2.2.1. Mērijumu gaita	29
3. REZULTĀTI.....	30
3.1. NRA un NA rezerves miopijas un hipermetropijas grupā	30
3.2. PRA un PA rezerves miopijas un hipermetropijas grupā.....	33
3.3. Akomodācijas amplitūdas mērijumi	36
4. DISKUSIJA	38
SECINĀJUMI.....	42
PATEICĪBA	43
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	44

IEVADS

Akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikā klīniskajā optometrijā kā rutīnas izmeklējumi tiek veikti relatīvās akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumi. Relatīvās akomodācijas rezerves novērtē spēju sasprindzināt vai atslābināt akomodāciju, pie nemainīga konvergēnces stimula. Tā kā standartizētā metodoloģija paredz mērījumus veikt 40 cm attālumā, tiek pieņemts, ka akomodācijas pieprasījums šajā attālumā ir 2,50 D. Lai arī šāds pieņēmums darbojas tikai emetropijas gadījumā, klīniskajā optometrijā tas netiek atsevišķi uzsvērts. Teorētiskie aprēķini paredz, ka pacientiem ar refrakcijas defektiem, tas var izraisīt būtiskas kļūdas mērījumos. Tas ir dēļ, tā, ka pēc neitralizācijas acis akomodē uz attēlu, ko veido neitralizējošā lēca, un konvergē efektīva binokulāra objekta pozīcijā. Ja to neņem vērā, tad šāda problēma var izraisīt neprecizitāti mērījumos un traucēt precīzai akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikai. Lai mazināt šo faktoru ietekmi ir jānodrošina, lai pacientiem ar refrakcijas defektiem un pacientiem ar emetropiju, mērījumi notiktu vienādos apstākļos, ko var nodrošināt veicot speciālus aprēķinus. Savukārt, pārbaudot pacientus ar refrakcijas defektiem, mērījumus ietekmē lēcu stiprumi, kas uzlikti proves ietvarā un verteks attālums - attālums starp koriģējošās lēcas aizmugurējās virsmas, un radzenes priekšējās virsmas (*Coloma et al.*, 2013). Līdzīga situācija ir ar akomodācijas amplitūdu mērījumiem. Mērot akomodācijas amplitūdu ar push-up metodi, pacienti ar refrakcijas defektiem, arī akomodē nevis testa plaknē, kā būtu jābūt, bet plaknē, ko veido neitralizējošā lēca, un nomērītais rezultāts neatbilst tam, kas ir patiesībā. Tāpēc šajā gadījumā arī jāveic aprēķins, lai noteikt īsto akomodācijas amplitūdas lielumu (*Coloma et al.*, 2016).

Svarīgi zināt, arī to, ka akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas, standartā pieņemtas normas vērtības ir noteiktas pacientiem ar emetropiju, nevis pacientiem ar refrakcijas defektiem. Tāpēc ir ļoti svarīgi izveidot tādus apstākļus, kuros akomodācijas un konvergēnces stimulācija būtu vienāds visiem pacientiem, lai varētu salīdzināt iegūtos rezultātus ar standarta pieņemtajām normām (*Yekta et al.*, 2017).

Veicot akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumus, līdz šim neviens nebija ņēmis vērā to, ka mērījumu apstākļi un standarta pieņemtas normas ir piemērotas pacientiem ar emetropiju, nevis pacientiem ar refrakcijas defektiem. Īpaši, ja pacientam ir vidējas vai augstās pakāpes refrakcijas defekts, tiek pieļautas vēl lielākas mērījumu kļūdas. Neprecīza akomodācijas un vergēnces diagnostika ir diezgan aktuāla problēma, jo binokulārie redzes traucējumi sastopami arvien biežāk, un to izplatība ievērojami palielinās, saistībā ar to, ka digitālo ierīču izmantošana un tuvuma darba slodze cilvēkiem pieaug ar katru gadu. Tādēļ ir ļoti svarīgi pievērst šai problēmai vairāk uzmanības, un optometrista darbs ir pareizi un precīzi veikt akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostiku (*Schachar*, 2008). Tas ir ļoti

svarīgi, jo pareizi diagnosticējot traucējumu, var ļoti palīdzēt pacientam izvēloties pareizo redzes terapiju, lai izlabotu pacienta redzes stāvokli. Šis darbs parāda nepieciešamību mainīt klīniskās optometrijas rutīnas rīcību, tad, ja akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūda tiek novērtētas pacientiem ar vidējām un augstām refrakcijas defektiem.

Darba mērķis: klīniski novērtēt verteks attāluma ietekmi uz akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumiem, pacientiem ar vidējas un augstās pakāpes redzes refrakcijas defektiem, kā arī pārbaudīt *Coloma et al* (2013) un *Coloma et al* (2016) teorētiskos aprēķinus, kuri kompensē verteks attāluma ietekmi uz rezultātiem.

Darba uzdevumi:

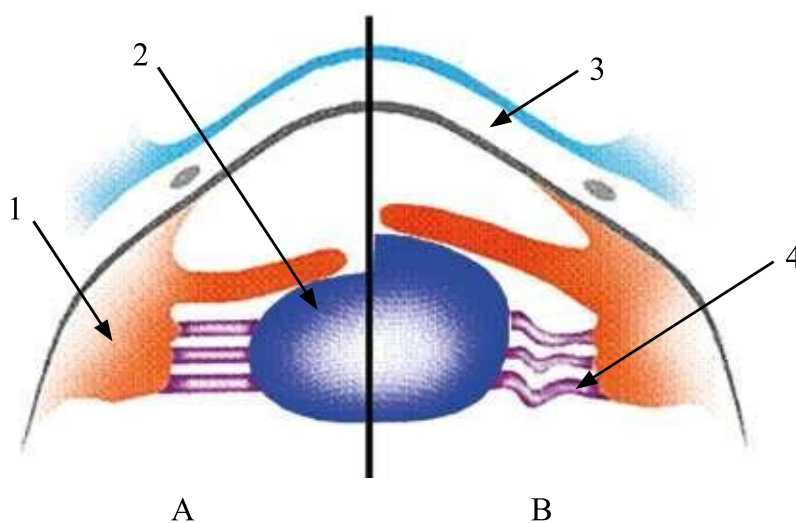
1. salīdzināt relatīvās un absolūtās akomodācijas rezervju mērījumu rezultātus, ar korekciju proves ietvarā un ar kontaktlēcu korekciju;
2. salīdzināt akomodācijas amplitūdas mērījumu rezultātus, ar korekciju proves ietvarā un ar kontaktlēcu korekciju
3. pārbaudīt *Coloma et al* teorētiskos aprēķinus praksē, salīdzinot iegūtās akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumus ar kontaktlēcu korekciju ar rezultātiem, ko iegūst izmantojot aprēķinus;
4. izvērtēt klīnisko nozīmīgumu un nepieciešamību veikt aprēķinus redzes pārbaudes laikā pacientiem ar vidējas un augstās refrakcijas defektiem.

Darbā tiek izvirzīta **hipotēze:** Vidējas un augstas pakāpes redzes refrakcijas defektu gadījumos, verteks attāluma ietekmes dēļ, nomērītas relatīvās akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas vērtības būtiski atšķiras no patiesās vērtības.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Akomodācijas un vergences sistēma

Akomodācija ir mehānisms, pateicoties kuram, acs maina savu fokusu no tāluma objektiem uz tuvuma objektiem. Šo mehānismu nodrošina lēcas formas maiņa, ko izraisa ciliārā muskuļa cinna saitēs (*Levin et al, 2011*). Acs lēcu notur ciliārās zonulās šķiedras, kas stiepjas no lēcas kapsulas līdz ciliārajām ķermenim (skat 1.1. att.). Ciliārais ķermenis kopā ar ciliārajiem muskuļiem, nodrošina akomodācijas procesu, kas palīdz fokusēties uz tuvuma un tāluma objektiem, mainot lēcas izliekumu. Kad acs atrodas atslābinātā stāvoklī vai fokusē skatienu uz tāluma objektiem, ciliārais muskulis atrodas atslābinātā stāvoklī, un tajā brīdī ciliārā ķermeņa forma rada spriedzi uz zonulām šķiedrām, kas lēcu izstiepj plakanākā formā. Savukārt, kad acis fokusējas uz tuvuma objektu, ciliārais muskulis saraujas, un ciliārais ķermenis pārvietojās uz priekšu, tādā veidā atbrīvojot daļu no zonulas spriedzes, un ļauj acs lēcai atgriezties noapaļotākā formā un nofokusēties uz tuvuma objektu, nodrošinot skaidru attēlu uz tīklenes. Pēc aptuveni 40 gadiem lēca parasti zaudē savu elastību un spēju akomodēt, un sākas presbiopija (*Гусева & Денисов, 2020*).



1.1. att. Akomodācija: A — stāvoklis, kad skatiens ir vērsts uz tāluma objektu; B — stāvoklis, kad skatiens ir vērsts uz tuvuma objektu; 1 — ciliārais muskulis; 2 — acs lēca; 3 — radzene; 4 — ciliārās zonulas (*Гусева & Денисов, 2020*).

Saskaņā ar *von Helmholtz* (1856) klasisko teoriju lielākā daļa lēcas formas izmaiņas notiek tieši centrālajā priekšējā lēcas virsmā. Centrālā priekšējā lēcas kapsula ir plānāka nekā perifērā lēcas kapsula. Priekšējās cinna saites ir piesaistītas pie lēcas nedaudz tuvāk redzes asij nekā aizmugurējās cinna saites, kā rezultātā rodas centrālā priekšējā izliekuma daļa ar akomodāciju. Lēcas aizmugurējā virsmā, izliekums mainās minimāli, līdz ar akomodāciju.

Centrālā aizmugurējā kapsula, kas ir visplānākais kapsulas laukums, mēdz izspiesties aizmugurē tādā pašā mērā neatkarīgi no cinna saišu spriedzes. Akomodatīvo reakciju var stimulēt zināms vai šķietams objekta lielums un attālums, vai arī apmiglojums, hromatiskā aberācija vai nepārtraukta ciliārā muskuļa darbības svārstības. Akomodāciju inervē III okulomotorā nerva parasimpatiskās šķiedras (*Levin et al, 2011*).

Skatoties tuvumā binokulāros apstākļos kopā ar akomodāciju mijiedarbojās vergence. Vergence tiek aprakstīta, ka relatīvi lēna, atdaloša, nekonjugēta abu acu kustība, kura ir nepieciešama, lai izsekot un sapludināt kustīgus vai nekustīgus objektus, kuri atrodas dažādos attālumos (*Ciuffreda, 2014*). Vergences acu kustības sastāv no konverģences, kad abu acu mediālo taisno muskuļu koordinēta kontrakcija pagriež abas acis mediāli jeb uz deguna pusi, un diverģences, kad abu acu laterālo taisno muskuļu koordinēta kontrakcija pagriež abas acis temporāli. Tās ir nesaskaņotas acu kustības. Ir zināms, ka okulomotoro kodolu ierobežo brīvi organizēta neironu grupa, kas tonizē atkarībā no vergences leņķa (leņķis, kas veidojas starp abām acīm, skatienam diverģējot vai konverģējot). Pie tā, vergences kustību kontroli, it īpaši kombinēto konjugētās-verģences kustības, ietekmē smadzenītes. Parietāli un vizuālās uztveres garozas neironi izlādējas attiecībā pret vergenci, un vergence var būt traucēta, ja šīs zonas ir bojātas (*Hejtmancik, 2017*).

Tuvuma redzi nodrošina, reakcija, ko veido sinhronā akomodācijas darbība, konverģence un zīlītes sašaurināšanās, ko sauc par tuvuma triādi. Visiem tuvuma triādes elementiem ir kopīga fāzes-toniskā neironu kontroles organizācija. Fāzes sistēmas nodrošina pārejošas atbildes uz ārējiem tīklenes stimuliem un to uztveres korelāciju. Toniskās sistēmas nodrošina adaptējošas un ilgstošas atbildes uz iekšējiem stimuliem, piemēram, fāzes inervāciju (*Clifton, 1992*).

Akomodācija un vergence mijiedarbojās, izmantojot neironu šķērssaites, lai nodrošinātu skaidru un vienu kopīgo attēlu abām acīm (*Teel et al, 2009*). Akomodācijas sistēmas darbība stimulē atbildi vergences sistēmā, caur akomodatīvas vergences cross-link (šķērssaites) mijiedarbību, un vergences sistēmas darbība stimulē akomodācijas reakciju, izmantojot verģentās akomodācijas cross-link (šķērssaites) mijiedarbību. Cross-link (šķērssaites) mijiedarbība ir nepieciešama, lai nodrošinātu vienlaicīgas reakcijas akomodācijas un vergences sistēmām. Šķērssaites mijiedarbību visplašāk attēlo AC/A reakcija (akomodatīva vergence) un CA/C (verģences akomodācijas) attiecība. Parasti biežāk klīniski tiek mērīta AC/A attiecība, bet CA/C attiecību klīniski mēra reti (*Sweeney et al, 2014*). Tiek uzskatīts, ka neatbilstoša šķērssaišu (cross-link) darbība var novest pie binokulāriem redzes traucējumiem, piemēram, ja bērnam novēroti attīstības traucējumi (*Teel et al, 2009*).

1.2. Akomodācijas un vergences traucējumi

Daudzos rakstos tiek minēts, ka akomodācijas un binokulārās sistēmas traucējumi ietekmē cilvēku binokulāro redzi un redzes kvalitāti, it īpaši strādājot tuvumā. *Garcia-Munoz et al*, (2016) raksta, ka tie rodas, pārsvarā, ja akomodācijas un/vai vergences sistēmas reakcija ir nepilnīga vai neatbilstoša. Piemēram, ja cilvēks ilgstoši strādā tuvumā, pārslogojot redzes sistēmu, tā var zaudēt efektivitāti, kavējot tuvuma redzes darbību un izraisot dažādus plaša veida simptomus. Daudzos pētījumos tiek apskatīti šie simptomi, tie var būt piemēram, - neskaidra redze, grūtības koncentrēties dažādos attālumos, galvassāpes, acu sāpes un citi. Simptomi ir diezgan nespecifiski, un tie bieži vien var būt līdzīgi dažādiem akomodācijas un vergences traucējumiem, tāpēc, lai varētu diagnosticēt traucējuma veidu ir nepieciešami vairāki izmeklējumi un testi (*Garcia-Munoz et al*, 2016).

Lai varētu veiksmīgi diagnosticēt akomodācijas un vergences traucējumus, ir nepieciešams zināt, kā tos klasificē, tāpēc apskatīsim akomodācijas un vergences traucējumu dažādu autoru klasifikācijas. Apskatot dažādu pētnieku un autoru pētījumus, var redzēt, ka autori klasificē akomodācijas un vergences traucējumus dažādi. *Darko-Takyi et al* (2016) savā klasifikācijā parāda, ka ir trīs galvenie akomodācijas traucējumu veidi - akomodācijas nepietiekamība, akomodācijas kūtrums un akomodācijas spazma (akomodācijas ekscess) un septiņi dažādi vergences traucējumu veidi - konverģences nepietiekamība, konverģences ekscess, diverģences nepietiekamība, diverģences ekscess, pamata ezoforija, pamata eksoforija un fuzionālās vergences disfunkcijas). Šiem visiem traucējumiem ir funkcionālā izcelsme. Autori raksta, ka funkcionāli, bieži arī var redzēt informāciju par mijiedarbību starp akomodācijas un konverģences nepietiekamību, ko sauc par pseidokonverģences nepietiekamību. Akomodācijas paralīze (akomodācijas nepietiekamības apakštips) un vergences disfunkcijas - konverģences paralīze, konverģences spazmas un diverģences paralīze - nav funkcionālas pēc izcelsmes, ar sistēmisku slimību etioloģiju. Sistēmiskai konverģences nepietiekamībai, kas saistīta ar akomodācijās anormālajām izmaiņām, ir nefunkcionāla mijiedarbība starp akomodācijas un konverģences nepietiekamību. Nešķielēšanas binokulāro redzes traucējumu klasifikācija balstās uz klīnisko pazīmju aprakstu un to, kāda ir izcelsme etioloģijā, - funkcionālā vai nefunkcionālā (*Darko-Takyi et al*, 2016).

Grāmatā "*The practice of refraction*" *Duke-Elder Stewart* 1963. gadā klasificēja akomodācijas traucējumus sešās atšķirīgās kategorijās. Klasifikācija sastāvēja no sešiem akomodācijas traucējumu veidiem: akomodācijas ekscess, akomodācijas spazma, akomodācijas nepietiekamība, akomodācijas vājums, akomodācijas kūtrums un akomodācijas paralīze. Šajā gadā akomodācijas spazma un akomodācijas ekscess tika klasificētas, ka divi dažādi akomodācijas traucējumi, secinot, ka šie akomodācijas stāvokļi ir atšķirīgi. Savukārt,

joprojām nav pilnīgas pētnieku vienprātības, par to vai starp šiem traucējumiem ir atšķirība, un tos jāklasificē dažādi, vai pretēji tas ir viens un tas pats. Bieži vien literatūrā, var redzēt, ka akomodācijas spazma un akomodācijas ekscess tiek uzskatītas par vienu traucējumu, nevis diviem dažādiem traucējumiem. Līdzīga situācija ir ar akomodācijas vājumu, ko daudzās publikācijas pieskaita pie akomodācijas kūtruma, un bieži vien, šos traucējumu arī uzskata par līdzīgiem (*Darko-Takyi et al, 2016*).

Analizējot literatūru par akomodācijas un ne-šķielēšanas binokulārās redzes disfunkciju izplatību, var novērot, ka no klīniskā viedokļa tās sasniedz ievērojamas vērtības, piemēram, *Garcia Munoz et al (2016)* noteica, ka universitātes populācijā to izplatība bija 13,15 % jeb 23 pacientiem no 175. *Lara et al (2001)* noteica, ka no 265 pārbaudītajiem simptomātiskiem pacientiem, kuri tika izvēlēti no optometrijas klīnikas, 59 pacientiem (22,3%) bija kāda veida akomodācijas vai binokulārās redzes disfunkcija, un viņiem bija nepieciešama ne tikai refrakcijas defekta korekcija, bet arī īpaša attieksme un redzes terapija, pret katru diagnosticēto problēmu. Autori novēroja, ka binokulāro redzes traucējumu biežums sastādīja - 12,9%, akomodācijas traucējumiem - 9,4%. Konverģences ekscesam - 4,5%, kas bija vairāk izplatīts nekā konverģences nepietiekamība (0,8%), un akomodācijas ekscesam - 6,4%, kas bija vairāk izplatīts nekā akomodācijas nepietiekamība (3%).

Apskatot, kurā vecumā visbiežāk tiek sastopami binokulārās redzes traucējumi, var redzēt, ka visbiežāk tie ir sastopami bērniem. Piemēram ASV valstī, binokulārās redzes traucējumi tiek uzskatīti, ka ceturrtā izplatītākā fiziskā disfunkcija, un visvairāk tā ir sastopama bērnu populācijā. Dienvid-Kalifornijā tika veikts pētījums divās privātajās pamatskolās un tika konstatēts, ka no 392 bērniem, vecumā no 8 līdz 15 gadiem, 45% bērnu (174) bija akomodācijas vai verģences redzes traucējumi (*Borsting, et al, 2003*). *Jang & Park (2015)* novērtēja ne-šķielēšanas akomodācijas un verģences disfunkciju izplatību sākumskolas bērnu vidū Hempjongā, Dienvidkorejas lauku apvidū. No 589 pārbaudītajiem bērniem, vecumā no 8 līdz 13 gadiem, 168 (28,5%) sākumskolas vecuma bērniem bija kāds akomodācijas vai verģences traucējums. Akomodācijas disfunkcijas bija 13,2% un verģences disfunkcijas 9% bērnu. Konverģences nepietiekamība bija sastopama 10,3% un bija visizplatītākā. Konverģences ekscess bija sastopams 1,9% gadījumos, akomodācijas nepietiekamība - 5,3 % gadījumos, un akomodācijas ekscess 1,2% gadījumos.

Daži autori pēta arī akomodācijas un verģences disfunkciju saistību ar sasniegumiem skolā, kas ir diezgan aktuāli. Piemēram, *Shin et al (2009)* pētījuma mērķis bija izpētīt nešķielēšanas akomodācijas un/vai verģences disfunkciju izplatību un veidus sākumskolas vecuma bērniem, un noteikt šo disfunkciju saistību ar sasniegumiem skolā. Pētnieki ieguva rezultātus, ka 82 no 114 (71,9%), kritērijiem atbilstošiem, sākumskolas vecuma bērniem, ar

simptomiem, bija kāds akomodācijas un/vai vergēnces traucējums. Turklāt, tika konstatēta saistība starp šiem traucējumiem un skolēnu mācību rādītājiem, katrā akadēmiskajā jomā (lasīšana, matemātika, sociālās zinātnes un zinātne). Tāpēc zinātnieki secināja, ka visiem skolas vecuma bērniem, kuriem ir kādi redzes simptomi un/vai ir grūtības ar mācībām, obligāti jāpārbauda redze ne tikai skrīningā, bet arī padziļināti pārbaudīt akomodācijas un vergēnces funkcijas.

1.2.1. Faktori, kas ietekmē akomodācijas un vergēnces traucējumus

Mūsdienās ir ļoti daudz faktoru, kas izraisa akomodācijas un vergēnces traucējumu veidošanas, tos arī apskatīsim. *Schachar et al* (2008) raksta, ka daudzi cilvēki sastopas ar ļoti ilgu datorā izmantošanu darbā un/vai skolā, tādēļ biežāk ir sastopami dažādi redzes traucējumi un tādēļ ir ļoti svarīgi pievērst uzmanību tieši binokulārām redzes disfunkcijām un to ietekmi uz cilvēku redzes komfortu un sniegumu. Lielai daļai simptomātiskiem datoru lietotājiem ir binokulāri redzes traucējumi, un redzes diskomforts palielinās līdz ar datora lietošanu. Ar līdzīgu situāciju sastopas cilvēki, kuri ilgstoši strādā tuvumā, piemēram, studenti, grāmatveži un juristi. Astenopiskās sūdzības, kas ir saistītas ar ilgstošu tuvuma darbu, parasti var novērst, pareizi diagnosticējot traucējumu, un nozīmējot pareizu korekciju vai redzes terapiju.

Stress ir vēl viens no bieži sastopamiem faktoriem, piemēram, viena no visbiežākajām akomodācijas spazmas sastopamajām etioloģijām ir saistīta ar psihogēniem faktoriem. Citi akomodācijas spazmas cēloņi ir vai nu sistēmisku, vai lokālu holīnerģisko zāļu lietošana, galvas traumas, meningeāls iekaisums, migrēna, smadzeņu audzēji un *myasthenia gravis*. Akomodācijas spazma bieži vien varētu būt saistīta arī ar ilgstošu darbu tuvumā (*Prerana & Revathy, 2018*). Dažādas sistēmiskas zāles var ietekmēt akomodāciju nelabvēlīgi, daļēji samazinot akomodācijas darbības efektivitāti un var izraisīt svārstības akomodācijas reakcijā. Šādu zāļu saraksts ir norādīts 1.1. tabulā (*Baressi, 1984*).

1.1.tabula

Akomodācijas traucējumi, kas saistīti ar sistēmiskām zālēm (*Baressi, 1984*).

Akomodācijas kūtrums	Alkohols, artāns, listrons, gangliju blokējošie, fenotiazīdi, antihistamīnini, centrālās nervu sistēmas stimulatori, marihuanna, digitalis, sulfonamīdi, oglekļa anhidrāzes inhibitori
Akomodācijas nepietiekamība	Alkohols, artāns, listrons, gangliju blokātori, fenotiazīdi, antihistamīnini, centrālās nervu sistēmas stimulatori, marihuanna
Akomodācijas eksscess	Morfīns, uzpirkstīte, sulfonamīdi, oglekļa anhidrāzes inhibitori

Tiek ziņots, ka ir daudz zāļu, kas var izraisīt tuvuma redzes traucējumus, izraisot apmiglojumu, pasliktinātu akomodāciju un diplopiju (*Smith & Buncis, 1999*). *Smith & Buncis (1999)* atsaucoties uz *Baker & Mesini (1995)* un citiem autoriem uztaisīja zāļu sarakstu. Zāles ar vislielāko ietekmi uz tuvuma redzi no antipsihotiskiem līdzekļiem ir hloroplazmīns ar biežumu no 14-23%, klozapīns – 5%, flupenazīns ar biežumu – 1,2-4,3%, perfenazīns – 7,4-17,8%, pimozīds-20%, tioridazīns – 0,6-18%, tiotiksēns – 20%, trifluoperazīns – 4-10%. No antidepressāntiem ar vislielāko biežumu ir doksepīns – 20%, fenelzīns- 1,5-17%, tranilcīnromīns – 9%, fluoksetīns – 3-4,5%, fluvoksamīns – 6,3%, amitriptalīns – 7,5-35%, klomipramīns – 18-20%, desipramīns – 2-6%, imipramīns – 1,2-17%, nortriptalīns – 5,5%, trimipramīns – 6%. No antiholinērgiskām zālēm benzotropīns – 20%.

1.3. Akomodācijas un verģences traucējumu galvenā simptomātika

Šajā sadaļā tiks apskatīti akomodācijas un verģences traucējumu simptomi. Akomodācijas un verģences traucējumu dēļ, acis nespēj fokusēties un nodrošināt skaidru attēlu uz tīklenes, kā arī efektīvi pārfokusēties uz objektiem dažādos attālumos, kas var izraisīt dažādus raksturīgus simptomus. Simptomi akomodācijas un verģences traucējumiem var būt savstarpēji saistīti (skat. 1.2. tabulu), lai gan katram traucējumam var būt unikāli simptomi (*Scheiman, 2008*).

1.2.tabula

Akomodācijas un verģences traucējumu raksturīgākie simptomi (*Scheiman, 2008*).

Numurs	Simptomi
1	Miglaina redze strādājot tuvumā
2	Galvassāpes/ acu saspringums / orbitālas sāpes / vilkšanas sajūta ap acīm
3	Izpratnes zudums/Izvairīšanās no tuvuma darbiem
4	Asarošana vai konjunktīvas / plakstiņu kairinājums, jutība pret gaismu
5	Acu nogurums / reiboņi / miegainība
6	Neskaidra redze pēc lasīšanas vai darba tuvumā
7	Grūtības fokusēties no tāluma uz tuvumu vai tuvuma uz tālumu
8	Lasa ļoti tuvu vai tālu
9	Grūtības saglabāt uzmanību veicot darbus tuvumā, tālumā miglošanās pēc darba tuvumā

Apskatot vairāku autoru analīzi par simptomiem, var redzēt, ka citos literatūras avotos ir līdzīgi simptomi, piemēram, Amērikas optometristu asociācijas klīniskajā rokasgrāmatā tiek ziņots par simptomiem, kas parasti saistīti ar akomodācijas un verģences anomālijām, un tas ir, - neskaidra redze, galvassāpes, diskomforts acīs, acu vai sistēmisks nogurums, diplopija,

kustību traucējumi, un koncentrācijas zudums uzdevuma izpildes laikā. Akomodācijas un vergēnces traucējumu izplatība kopā ar to ietekmi uz ikdienas aktivitātēm padara to par ievērojamu problēmu (Cooper et al, 2011). Hoseini-Yazdi et al (2015) pārbaudot pacientus ar akomodācijas un vergēnces traucējumiem ziņo par tādiem simptomiem, kā - periodiska diplopija, periodiska neskaidra redze tālumā vai tuvumā, grūtības fokusēties no viena attāluma uz otru, jutība pret gaismu, galvassāpes pēc darba tuvuma vai vakaros, kā arī astenopijas. Hoseini-Yazdi et al (2015) savā pētījumā noteica, ka pacienti ziņo par simptomiem, tikai tad, ja viņiem ir tikai akomodācijas traucējums, vai ir vergēnces traucējums, ko vienlaicīgi pavada akomodācijas traucējums. Savukārt, ja pacientam ir tikai vergēnces traucējums, simptomi bieži vien var nebūt. Pētnieki noteica arī to, ka visi pacienti ar akomodācijas ekscesu bija simptomātiski. Lara et al (2001) savā publikācijā apraksta kādi simptomi ir raksturīgākie katram no traucējumiem, 1.3. tabulā var redzēt dažus no akomodācijas un vergēnces traucējumu veidiem un to raksturīgākos simptomus.

1.3.tabula

Akomodācijas un vergēnces traucējumu veidi un to raksturīgākie simptomi (Lara et al, 2001).

Traucējums	Raksturīgākie simptomi
Akomodācijas ekscess	Simptomi, kas saistīti ar tuvuma darbiem. Galvenās sūdzības ir: miglaina redze tāluma, kas ir sliktāka pēc tuvuma slodzes vai dienas beigās, galvassāpes, acu saspringums, kas paradās jau pēc īsa laika darbojoties tuvumā, grūtības fokusēties no tāluma uz tuvumu, gaismas jutība.
Akomodācijas kūtrums	Simptomi galvenokārt saistīti ar tuvuma darbiem vai lasīšanu. Galvenās sūdzības ir astenopijas un periodiski neskaidra redze, kas saistīta ar tuvuma darbiem, visizplatītākais simptoms ir grūtības pārfokusēties no viena attāluma uz otru.
Akomodācijas nepietiekamība	Miglaina un neskaidra redze tuvumā, diskomforts un acu saspringums, kas saistīts ar tuvuma darbiem, nogurums, kas saistīts ar tuvuma darbiem, grūtības koncentrēties un noturēt uzmanību lasot.
Konverģences nepietiekamība	Simptomi ir saistīti ar lasīšanu vai citiem tuvuma darbiem, astenopiskās sūdzības un galvassāpēs, periodiska miglošanās.
Konverģences ekscess	Simptomi ir saistīti ar lasīšanu vai citiem tuvuma darbiem, un dienas beigās simptomi ir izteiktāki. Visbiežāk sastopamas astenopiskās sūdzības un galvassāpes, kā arī periodiska miglošanās.
Pamata eksoforija	Astenopiskās sūdzības, kas saistītas ar tāluma un tuvuma darbiem, periodiska miglošanās tālumā un tuvumā. Simptomi ir izteiktāki dienas beigās.

Zemāk būs aprakstīti pārējo akomodācijas un vergēnces disfunkciju simptomi, ko apraksta Amērikāņu optometristu asociācija Jeffrey et al (2011) (skat. 1.4. tabulu).

Akomodācijas un vergences traucējumu veidi un to simptomi (*Jeffrey et al, 2011*).

Traucējums	Simptomi
Akomodācijas vājums	Visizplatītākais simptoms ir neskaidra redze pēc ilgstoša darba tuvumā. Tas notiek tāpēc, ka akomodācijas sistēma nespēj uzturēt ilgtermiņa akomodācijas saspringumu.
Akomodācijas paralīze	Galvenā sūdzība ir miglaina redze, jo akomodācijas sistēma nestrādā ka vajag, un var būt saistīta makropsija.
Diverģences ekscess	Var būt bez simptomiem. Tomēr, ja supresija vai anomāla tīklenes korespondence nav izveidojusies, parasti rodas diplopija vai astenopiskās sūdzības. Acs aizvēršana spilgtā saules gaismā arī var būt, ka viens no simptomiem. Daži pacienti sūdzas par miglainu redzi tālumā.
Diverģences nepietiekamība	Pacienti bieži sūdzas par diplopiju vai miglainu redzi tālumā.
Pamata ezoforija	Simptomātiski tikai tad, ja fūziju diverģentās spējas nav pietiekami labas, lai kompensēt ezoforiju. Tad tiek ziņots par miglainu redzi tālumā un tuvumā. Turklāt ja izveidojas supresija pacienti nesūdzas. Var būt sūdzības par acu saspringumu, galvassāpēm, neskaidru redzi vai diplopiju.
Fuzionālās vergences traucējumi	Astenopiskās sūdzības.
Vertikālā heteroforija	Tipiskāka pazīme ir diplopija. Var būt arī astenopiskās sūdzības un galvas noliekšana, lai saglabāt binokulāro redzi.

Jeffrey et al (2011) apskatīja jautājumu saistībā ar to, ka dažreiz var būt grūti vai pat neiespējami uzzināt no pacienta par viņa simptomiem, īpaši, ja pacienti ir ļoti mazi bērni. Daudzi pacienti ar hroniskām problēmām ir iemācījušies sadzīvot ar savu stāvokli un, iespējams, neapzinās, ka tāds stāvoklis nav normāls un tāpēc, anamnēzes laikā neziņo par simptomiem. Bērni var neteikt par saviem simptomiem, jo viņi var uzskatīt, ka diplopija un astenopijas ir normālas parādības. Daudzi pacienti ar vergences traucējumiem ir asimptomātiski. Bet simptomi var parādīties, pēkšņi mainoties darba videi, it īpaši, ja strauji palielinās darbs tuvumā, piemēram skolā, darbā, vai arī vairākas stundas dienā tiek lietots dators. Pacienti ar zemu sāpju sliekšni parasti ir simptomātiskāki, savukārt pacienti, kam izveidojusies vienas acs supresija, parasti ir mazāk simptomātiski.

1.4. Akomodācijas un vergēnces traucējumu klīniskā novērtēšana un diagnostika

Zināms, ka klīniskā akomodācijas un vergēnces funkciju novērtēšana ir ļoti svarīga redzes pārbaudes sastāvdaļa. Ar klīniskajiem testiem iegūtie mērījumi par pacienta akomodācijas un vergēnces stāvokli, dod iespēju diagnosticēt dažādus binokulārās sistēmas traucējumus. Daži no šiem testiem var būt klasificēti, kā akomodācijas vai binokulārās sistēmas novērtēšanas testi, galvenokārt ar tiem novērtējot vergēnces sistēmas atvērtā cikla apstākļos. Tas attiecas uz aizklāšanas testu, monokulāro akomodācijas amplitūdu vai monokulārās akomodācijas iespējām. Tomēr ir arī testi ar kuriem iegūst rezultātus, kurus īpaši ietekmē mijiedarbība starp akomodāciju un vergēnci. Piemēram, dinamiskā retinoskopija (MEM metode), fuzionālā vergēnce vai relatīvā akomodācija (*Garcia et al, 2002*).

Īpaša uzmanība tiek pievērsta fūziju vergēncei un relatīvai akomodācijai. Šie testi novērtē vergēnces un akomodācijas daudzumu, kas mainās, kamēr stimul, paliek nemainīgs. Jebkādas izmaiņas akomodācijas vai vergēnces sistēmā var ietekmēt otru sistēmu un izraisīt šo testu vērtības ārpus normas. Tāpēc fūziju vergēnces un relatīvas akomodācijas novērtēšana ir ļoti svarīga, lai diagnosticētu dažādus akomodācijas un vergēnces traucējumus (*Garcia et al, 2002*).

Autoru starpā var pamanīt atšķirīgus viedokļus saistībā ar to, kādi kritēriji ir visbūtiskākie dažādu akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikai. *Cacho-Martinez et al (2012)* savā literatūras pārskatā atklāja atšķirības starp autoru viedokļiem attiecībā uz akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikas kritērijiem. Ir noteikti pierādījumi, ka akomodācijas amplitūdas un monokulārā akomodācijas viegluma mērījumu izmantošana, ir derīga, lai diagnosticētu akomodācijas nepietiekamību, un lielām pozitīvām relatīvajām akomodācijas rezervēm, lai noteiktu akomodācijas ekscesu. Autoru pārskats arī parāda, ka ir pierādījumi, ka simptomu anketas par konverģences nepietiekamību ir arī noderīgas, lai kalibrētu simptomu smagumu citām akomodācijas un vergēnces traucējumiem. Savā pārskatā autori secināja, ka būtu jāveic turpmākie pētījumi par akomodācijas un vergēnces traucējumiem, atbilstoši izstrādājot pētījumus ar labu epidemioloģisko analīzi, lai apstiprinātu kritērijus, kas nepieciešami, lai precīzi diagnosticētu vispārējos binokulāros traucējumus. Tas būtu nepieciešams ne tikai optometristiem, lai pārliecināties par konkrētu diagnozi, bet arī pacientiem, lai viņi varētu saņemt vislabākās ārstēšanas iespējas.

Garcia et al (2016) apskatot vairākus pētījumus par akomodācijas un ne-šķielēšanas binokulāro disfunkciju diagnostiku, līdzīgi, ka *Cacho Martinez et al (2012)*, ziņo par to, ka trūkst autoru pilnīgas vienprātības par akomodācijas un vergēnces traucējumu galvenajiem

diagnostikas kritērijiem. Tāpēc Garcia et al (2016) nolēma savā pētījumā diagnosticēt akomodācijas un vergēnces traucējumus atbilstoši klīnisko pazīmju skaitam, kas ir saistīti ar katru traucējumu. Tādā veidā pētnieki klasificēja pazīmes, kas ir visciešāk saistītas ar katru disfunkciju un kuras no tām ir kā galvenās un kā papildus pazīmes (skat. 1.5. tabulu).

1.5.tabula

Definētās klīniskās pazīmes akomodācijas un binokulāro traucējumu diagnostikai (Garcia et al 2016).

Traucējums	Galvenās pazīmes	Papildus pazīmes
Akomodācijas traucējumi		
Akomodācijas nepietiekamība	Samazināta AA: 2.00 D < Min AA (15-0,25 x vecums)	MAV < 6 cikli/min (grūtības ar -2,00D)
		BAV < 3 cikli/min (grūtības ar -2,00D);
		MEM > 0,75 D
		PRA < -1,25 D
Akomodācijas ekscess	MAV < 6 cikli/min (grūtības ar +2.00 lēcām)	PRA ≥ -3,50 D;
		BAV < 6 cikli/min (grūtības ar +2,00 D);
		MEM < 0,25 D
		NRA < +1,50 D
Akomodācijas kūtrums	MAV < 6 cikli/min (grūtības ar ±2.00 lēcām)	BAV < 3 cikli/min (grūtības ar ±2,00 D lēcām);
		PRA < -1,25 D;
		NRA < +1,50 D
Binokulārie traucējumi		
Konverģences nepietiekamība	Nozīmīga eksoforija tuvumā (≥ 6 Δ), lielāka nekā tāluma	PFR tuvumā ≤ 11/ 14/ 3 Δ (vismaz viens no trim)
		KTP ≥ 6 cm
		VV ≤ 13 cikli/min (grūtības ar 12 Δ BĀ)
		BAV < 3 cikli/min (grūtības ar +2,00 D lēcām)
		MEM < 0,25 D
		NRA < 1,50 D
Konverģences ekscess	Nozīmīga ezoforija tuvumā (≥ 1 Δ), lielāka nekā tālumā	NFR tuvumā ≤ 8/ 16/ 7 Δ (vismaz viens no trim)
		VV ≤ 13 cikli/min (grūtības ar 3 Δ BIE)
		BAV < 3 cikli/min (grūtības ar -2,00 D lēcām)
		MEM > 0,75 D
		PRA < 1,25 D

Diverģences ekscess	Nozīmīga eksoforija tulumā ($\geq 4 \Delta$), lielāka nekā tuvumā (starpība var būt $> 5 \Delta$)	PFR tulumā $\leq 4/ 10/ 5 \Delta$ (vismaz viens no trim)
		PFR tuvumā $\leq 11/ 14/ 3 \Delta$ (vismaz viens no trim)
		KTP ≥ 6 cm
		VV ≤ 13 cikli/min (grūtības ar 12 Δ BĀ)
		BAV < 3 cikli/min (grūtības ar +2,0 D lēcām)
		MEM $< 0,25$ D
		NRA $< 1,50$ D
Pamata Ezoforija	Nozīmīga ezoforija vienāda tulumā un tuvumā (novirzes 5 Δ robežās viena no otras tiek uzskatītas par vienādām)	NFR tulumā $\leq X/ 3/ 1 \Delta$ un $\leq 8/ 16/ 7 \Delta$ tuvumā (vismaz viens no trim)
		VV ≤ 13 cikli/min (grūtības ar 3 Δ BIE)
		BAV < 3 cikli/min (grūtības ar -2,00 D lēcām)
		MEM $> 0,75$ D
		PRA $< 1,25$ D
Pamata eksoforija	Nozīmīga eksoforija vienāda tulumā un tuvumā (novirzes 5 Δ robežās viena no otras tiek uzskatītas par vienādām)	PFR tulumā $\leq 4 / 10/ 5\Delta$ un $\leq 11/ 14/ 3 \Delta$ tuvumā (vismaz viens no trim)
		KTP ≥ 6 cm
		VV ≤ 13 cikli/min (grūtības ar 12 Δ BĀ)
		BAV < 3 cikli/min (grūtības ar +2,00 D lēcām)
		MEM $< 0,25$ D
		NRA $< 1,50$ D
Fūzionālās vergēnces traucējumi	PFR un NFR samazinātas tulumā un tuvumā, vai VV ≤ 13 cikli/min (grūtības ar 3 Δ BIE un 12 Δ BĀ)	BAV < 3 cikli/min (grūtības ar $\pm 2,00$ D lēcām)
		PRA $< 1,25$ D
		NRA $< 1,50$ D
AA- akomodācijas amplitūda, MAV- monokulārais akomodācijas vieglums, BAV- binokulārais akomodācijas vieglums, PRA-pozitīvas akomodācijas rezerves, NRA-negatīvās akomodācijas rezerves, PFR-pozitīvas fūziju rezerves, NFR-negatīvās fūziju rezerves, KTP-konverģences tuvuma punkts, VV-verģences vieglums.		

Zinātniskie pierādījumi liecina, ka vairumam no binokulārās redzes traucējumiem, daži no diagnostikai pielietojamiem testiem ir svarīgāki par citiem, piemēram, KTP un binokulāro akomodācijas spēju mērīšana pacientiem ar augstu eksoforiju tuvumā, PRA pacientiem ar akomodācijas ekscesu, kā arī monokulāro akomodācijas spēju mērīšana akomodācijas nepietiekamības gadījumā (Cacho-Martínez, 2014).

Hoseini-Yazdi et al (2015) pētīja, kuri no akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikas testiem ir ar vislabāko precizitāti. Zinātnieku atklājumi parādīja, ka monokulārā un binokulārā akomodācijas viegluma noteikšanas testiem ir vislielākā jutība un specifiskuma vērtība, salīdzinot to ar citiem testiem. Tas liecina, ka to ir ļoti vērtīgi pielietot ikdienas optometristu praksē. Atšķirībā no akomodācijas viegluma mērījumu testa, lielākajai daļai citu diagnostikas testu arī bija diezgan augstas specifiskuma vērtības, savukārt, ar ievērojami zemāku jutības līmeni.

1.5. Relatīvo akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumi

Pozitīvās relatīvās akomodācijas (PRA) un negatīvās relatīvās akomodācijas (NRA) mērījumus plaši pielieto klīniskajā optometrijā, lai diagnosticēt akomodācijas un vergēnces traucējumus. 1.4. nodaļā ir parādīts, kā tos bieži izmanto, ka kritērijus, kuri palīdz akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikai. NRA un PRA mērījumi parāda maksimālo spēju stimulēt akomodāciju, vienlaikus saglabājot binokulāro redzes raksturu. NRA rezerves parāda, cik maksimāli akomodācija spēj atslābst, saglabājot skaidru attēlu un binokularitāti. Savukārt, PRA rezerves, parāda maksimālo spēju stimulēt akomodāciju, saglabājot skaidru attēlu uz tīklenes un binokularitāti (*Masihuzzaman et al*, 2021). Šie testi netiešā veidā novērtē arī fuzionālo vergēnci (pozitīvo fuzionālo vergēnci - NRA rezervēm un negatīvo fuzionālo vergēnci - PRA rezervēm) (*Yekta et al*, 2017). Relatīvās akomodācijas rezerves parasti mēra 40 cm attālumā no brillēm vai horoptera. Pozitīva stipruma lēcas tiek pievienotas ar soli 0,25D, līdz pirmajam brīdim, kad pacients sāk izjust attēla miglošanās jeb attēla izplūdumu. Pozitīvo lēcu iegūto vērtību, kas pievienota pacientam sauc par negatīvajām relatīvām akomodācijas (NRA) rezervēm. Negatīvā stipruma lēcas arī tiek pievienotas ar soli 0,25D, līdz pacients izjūt pirmo miglošanos, un tad nosaka rezultātu. Pievienoto negatīvo lēcu iegūto vērtību sauc par pozitīvajām relatīvām akomodācijas (PRA) rezervēm (*Coloma et al*, 2013).

Lai nomērīt NRA un PRA rezerves nepieciešams proves ietvars vai foropters ar tāluma korekciju un tuvuma starpzīlīšu attālumu, tuvuma tabula 40 cm attālumā, vidējs (~500lx) apgaismojums virs galvas un pilnīgs telpas apgaismojums ar 40–60 vatu spuldzi, 18–20 collu attālumā no testa kartes (*Goss*, 2015).

Daudzos pētījumos, var redzēt, ka par NRA un PRA piedāvātajam normām, starp pētniekiem nav pilnīgas vienprātības, un analizējot un lasot pētījumus, var pamanīt, ka normas ir atšķirīgas. *Wajuihian* (2017) savā pētījumā noteica normas relatīvajām akomodācijas rezervēm, NRA iegūtās normas bija 1,75 - 2,50 D, PRA rezervju normas bija no -2,0 līdz -3,0 D. *Yekta et al* (2017) savā pētījumā mērīja NRA un PRA rezerves un

apgalvoja, ka pētījuma iegūtos rezultātus var izmantot, ka normu diapazonu, un noteiktas NRA un PRA normas bija attiecīgi $+2,08 \pm 0,33$ D un $-2,92 \pm 0,76$ D. *Masihuzzaman* (2020) savā pētījumā arī veica NRA un PRA mērījumus, un apgalvoja, ka iegūtos rezultātus var izmantot, kā normas diapazonu Nepālas iedzīvotājiem, un noteiktas vidējas normas bija NRA $+2,88 \pm 0,74$ D un PRA $-3,54 \pm 1,15$ D.

Relatīvās akomodācijas novērtējums (NRA un PRA) palīdz atklāt akomodācijas traucējumus un apstākļus, kas ietekmē redzes asumu. *Masihuzzaman et al* (2020) savā pētījumā noteica akomodācijas un vergēnces ietekmi uz refrakcijas defekta korekcijas apjomu. NRA un PRA vērtības ievērojami mainījās līdz ar refrakcijas defektu. Vislielākās NRA rezerves bija dalībniekiem ar hipermetropiju. Savukārt, attiecība starp miopiju un lielām PRA rezervēm varētu būt saistībā ar akomodācijas ekscesu. Savā pētījumā zinātnieki arī atklāja, ka iegūtie rezultāti parāda tiešu saistību starp NRA un PFR (pozitīvajām fūziju rezervēm) dalībniekiem ar hipermetropiju. Gan NRA, gan PRA, gan NFR, PFR būtu jāņem vērā, novērtējot vergēnci un akomodācijas funkcijas. Šis pētījums arī sniedz informāciju par NRA un PRA normas vērtībām un veicina akomodācijas un vergēnces traucējumu veidu diagnostiku un diferenciāldiagnozi (*Masihuzzaman et al*, 2020). Vēl viens pētījums, kurā pētīja refrakcijas defektus saistībā ar akomodācijas rezervēm bija *Yekta et al* (2017), kur pētnieki noteica, ka visaugstākās vidējas NRA vērtības bija dalībniekiem ar hipermetropiju un augstākas vidējas PRA vērtības bija dalībniekiem ar miopiju.

Runājot par akomodācijas stāvokļa novērtēšanu, gandrīz visi testi un diagnostikas metodes ir subjektīvi. Tiek uzskatīts, ka objektīvās metodes ir precīzākas un ticamākas akomodācijas funkciju mērīšanai, bet klīniskā realitāte apgrūtina šāda veida diagnostikas metožu iekļaušanu ikdienas praksē (*Garcia-Montero*, 2019). *Stark & Atchison* (1994) ziņo, ka veicot akomodācijas novērtēšanas testus jāsaaka, lai pacients ziņo par mērķa izplūšanu katru reizi, kad tas notiek mērīšanas laikā. Kā arī, pareizi jāinstruē pacienti, jo katram pacientam savas subjektīvās sajūtas var būt ļoti atšķirīgas.

Novērtējot akomodāciju veic arī akomodācijas amplitūdas (AA) mērījumus. AA tiek matemātiski izteikta kā dioptriju starpība starp acs tālāko punktu (*punctum proximum* -PP) un tuvāko punktu (*punctum remotum* - PR). AA mērīšana ir svarīga akomodācijas nepietiekamības diagnostikai, jo pacientiem ar šo akomodācijas traucējumu, akomodācijas amplitūda ir samazināta. Lai nomērīt akomodācijas amplitūdu, regulāri izmanto push-up metodi. Ar šo metodi, tiek noteikts dioptrijas lielums, kas atbilst tuvākajam punktam, uz kuru acs spēj safokusēties, stāvoklī kad ir uzlikta atbilstoša refrakcija. Push-up metodē ir subjektīvā metode, ar kuru mēra AA. Veicot šo mērījumu pacientam ir jānovēro sīki detalizēts testa objekts (parasti burts, uz tuvuma tabulas), kas tiek tuvināts pacienta acij, un līdz brīdim, kad

detaļa sāk migloties. Attālums no testa objekta, pirmajā brīdī, kad tas aizmiglojās, līdz briļļu plaknei metros (PP) ir akomodācijas amplitūda (D), ko aprēķina pēc formulas 1.1 (*Coloma et al*, 2016):

$$AA = \frac{1}{PP} \quad (1.1)$$

1.5.1. NRA un PRA nozīme akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostikā

Vairumā no pētījumiem PRA un NRA izmanto, kā papildu diagnostikas testus dažiem traucējumiem (*Garcia et al*, 2002). *Hokoda* (1985) izmantoja zemas PRA vērtības (+1,25 D), kā vienu no divām papildus pazīmēm, akomodācijas nepietiekamības diagnosticēšanai. *Scheiman et al* (1996) arī izmantoja PRA, lai diagnosticētu akomodācijas traucējumus, un uzskatīja, ka zemas NRA vērtības (-1,50 D) var būt saistītas ar konverģences nepietiekamību. *Porcar & Martínez-Palomera* (1997) uzskatīja, ka zemas NRA (+1,50 D) un PRA (-1,25 D) vērtības, var būt saistītas ar akomodācijas kūtrumu, kā arī pētnieki izmantoja zemu PRA vērtību akomodācijas nepietiekamības diagnosticēšanai. *Garcia et al* (2000) un *Lara et al* (2001) izmantoja relatīvās akomodācijas rezervju mērījumus, lai diagnosticētu akomodācijas un binokulārās redzes traucējumus: zemu PRA vērtību (-1,25 D) attiecībā uz akomodācijas nepietiekamību un konverģences ekscesu, un zemu NRA vērtību (+1,50 D) attiecībā uz akomodācija ekscesu un konverģences nepietiekamību. *Garcia et al* (2002) izpētīja NRA un PRA vērtības saistībā ar akomodācijas un vergēnces traucējumiem. Pētnieki noteica, ka akomodācijas ekscesa gadījumā NRA vērtības ir samazinātas, bet konverģences nepietiekamības gadījumā tas nenotiek un tās ir normas robežās. Augstas NRA vērtības visvairāk var būt saistītas ar konverģences ekscesu un akomodācijas nepietiekamību, bet nedrīkst izslēgt arī citus traucējumus. Ņemot vērā iegūtos rezultātus, autori secināja, ka NRA iegūtie mērījumi skaidri nenoskaidro disfunkcijas, tāpēc, diagnosticējot vispārējos binokulāros traucējumus, papildus vajadzētu izmantot citus testus. Attiecībā uz PRA mērījumu rezultātiem pētnieki saskarās ar samazinātām vērtībām akomodācijas nepietiekamības gadījumā, lai gan konverģences ekscesa gadījumā tas nenotika. Augstās PRA vērtības, bija saistītas ar traucējumiem, kuri parādās akomodācijas ekscesa gadījumā. Kopumā pētnieki apgalvo, ka augstas PRA vērtības var norādīt uz traucējumiem, kas saistīti ar akomodācijas ekscesu, un atšķirt to no citiem. *Garcia et al* (2002) rezultāti apstiprina augstās PRA vērtības nozīmi traucējumos, kas saistīti ar akomodācijas ekscesu, tādējādi pētnieki uzskata, ka PRA vērtībām, kas ir lielākas par -3.50 D, ir jābūt iekļautām, pazīmju sarakstā, akomodācijas ekscesa diagnostikai. Zemas PRA vērtības var norādīt uz to, ka pacients nespēj palielināt savu akomodāciju par tādu pašu vērtību, kā pievienotās negatīvās lēcas, un viens no akomodācijas

traucējumiem, kas var būt saistīts ar šādu parādību ir akomodācijas nepietiekamība. Zemas NRA vērtības situācija (kas nozīmē, ka pacients nevar pieņemt pozitīvo lēcu jeb atslābināt akomodāciju), iespējams, norāda uz akomodācijas ekscesu, kā arī augtas PRA vērtības norāda uz akomodācijas ekscesu. Ja PRA ir zems tas var nozīmēt, ka pacientam ārpus normas ir negatīvā fūzionālā vergence, tādēļ, lai novērstu pretimnākošo vergenci, ko rada akomodācijas pieaugums, ievietotas negatīvās lēcas dēļ, un šāds stāvoklis var rasties konverģences ekscesa gadījumā. Ja pacientam ārpus normas ir pozitīva fūzionālā vergence, viņš nevarēs neitralizēt akomodatīvas vergences samazināšanos, tādēļ, ka plus lēcas rāda akomodācijas relaksāciju, un tas var nozīmēt, ka pacientam visticamāk ir konverģences nepietiekamība. Augstas PRA vērtības var būt saistībā ar konverģences nepietiekamību, jo pacientiem ar šo binokulāro redzes traucējumu pastāv stabila akomodācijas pielāgošanās. Tas kopā ar viņu attīstīto negatīvo fūzionālo vergenci, liek pacientiem viegli pieņemt mīnus lēcas, kā rezultātā iespējama augsta PRA vērtība (*Garcia et al, 2002*).

1.5.2. Relatīvās akomodācijas rezervju mērījumi refrakcijas defektu gadījumā

Tā kā NRA un PRA mērījumus bieži izmanto akomodācijas un vergences traucējumu diagnostikai, ir ļoti svarīgi šos mērījumus veikt precīzi, lai pareizi interpretēt rezultātus. Nepareizi interpretējot mērījumu, dažreiz var kļūdains noteikt diagnozi, vai pretēji, nepamanīt, kādu binokulārās sistēmas traucējumu, tāpēc, svarīgi sekot līdz testa un verteks attālumam mērījumu laikā, jo pat maza nobīde, var diezgan ietekmēt rezultātus, *Coloma et al (2013)* ļoti skaidri apskata un paskaidro šo lietu. Relatīvās akomodācijas rezerves parasti mēra 40 cm attālumā un šajos apstākļos tiek pieņemts, ka stimul 40 cm attālumā rada 2,50 D akomodāciju un 2,50 konverģences leņķi (angļu val. – *meter angle of convergence*). Mērot pacientus ar emetropiju, kuriem nav vajadzīga korekcija, var piekrist, ka šis apgalvojums ir patiess, jo tieši no pārbaudāmās acs tiek mērīts 40 cm attālums. Tomēr, ja tas notiek refrakcijas defektu gadījumā, akomodācija un konverģence šajos apstākļos vairs nav vienādas. Svarīgi zināt, ka normas vērtības, ko izmanto lielākajā daļā binokulārās redzes testos, parasti nosaka pacientiem ar emetropiju, un ir jāapsver, vai tās var izmantot arī pacientiem ar refrakcijas defektiem. Pacients, kuram ar optisko korekciju tiek neitralizēts refrakcijas defekts, akomodē nevis no testa attāluma līdz acīm, bet no neitralizējošās lēcas veidotā attēla. Turklāt lēcas, kas pievienotas, lai noteiktu relatīvās akomodācijas rezerves, neatbilst dioptriju vērtībai nepieciešamai priekš acs relaksācijas un stimulācijas. Lai iegūtu reālu vērtību ir jāveic precīzs aprēķins. Neitralizētā akomodācija ir atkarīga no neitralizācijas lēcas, ko var aprēķināt pēc formulas (1.2) (*Coloma et al, 2013*).

$$A_N = \frac{x^{Hoc} \cdot (1 + \delta_V^{Hoc} \cdot R^{Hoc})^2}{x^{Hoc} \cdot (\delta_V^{Hoc})^2 \cdot R^{Hoc} - 1} \quad (1.2)$$

Kur, (A_N) – neitralizēta akomodācija (D), x^{Hoc} - tuvuma attēla verģence, par mērijuma sākumu ņemot objekta galveno acs plakni (Hoc), δ_V^{Hoc} - attālums no objekta plaknes līdz neitralizējošās lēcas plaknes, R^{Hoc} – tāluma attēla verģence, kas nomērita no objekta.

Kad pacients ar refrakcijas defektu tiek neitralizēts ar provē lēcu, viņš konverģē nevis testa plaknē, bet efektīvā binokulārā objekta pozīcijā. Tas ir tāpēc, ka acis ir jāpagriež, lai saglabātu attēlu uz foveolas, kad neitralizējošā lēca tiek novietota acs priekšā (*Rabbets*, 2000). Efektīvā binokulārā objekta atrašanās pozīciju var aprēķināt pēc formulas 1.3 (*Pons & Martinez*, 2004).

$$x^B = x - x^G \cdot q^G \cdot P_{NL} \quad (1.3)$$

Kur x^B ir binokulārā efektīvā objekta pozīcija, nomērita no radzenes virsmas, x ir testa attālums, ko mēra no radzenes virsmas, x^G ir testa attālums, nomērits no lēcas, un q^G ir acs rotācijas centra attālums, kas mērits no koriģējošās lēcas, P_{NL} – neitralizējošās lēcas stiprums.

Lai konverģences stimulā būtu vienāds visiem pacientiem *Coloma et al* (2013) aprēķināja, kādai jābūt testa pozīcijai, lai efektīvā binokulārā objekta pozīcija vienmēr būtu 40 cm attālumā no briļļu plaknes. Šo aprēķinu autori veica, ka alternatīvu, lai varētu nodrošināt apstākļus, kuros būs saglabāta NRA un PRA klīnisko normu izmantošana. 1.6. tabulā ir parādīts, kādam jābūt testa attālumam (x^G), atkarībā no refrakcijas defektu neitralizējošās lēcas stipruma (P_{NL}) (mērot no briļļu plaknes, lai efektīvais binokulārais objekts atrastos 40 cm attālumā no lēcas), un atbilstošās akomodācijas vērtības (A_N) (*Coloma et al*, 2013).

1.6.tabula

Testa attālums atkarībā no refrakcijas defekta lieluma un veida (*Coloma et al*, 2013).

	P_{NL} (D)									
	-2	-4	-6	-8	-10	+2	+4	+6	+8	+10
x^G (cm)	38,1	36,3	34,7	33,2	31,9	42,1	44,5	47,2	50,3	53,7
A_N (D)	2,51	2,51	2,51	2,51	2,51	2,49	2,47	2,45	2,43	2,40

1.5.3. Akomodācijas amplitūdas mērijumi pacientiem ar refrakcijas defektiem

Mērot akomodācijas amplitūdu ar push-up metodi pacientiem ar miopiju un hipermetropiju, tas parasti tiek darīts tādos pašos apstākļos, kā pacientiem ar emetropiju, un rezultāts tiek aprēķināts pēc 1.1 formulas. *Coloma et al* (2016) veica teorētisko pētījumu par akomodācijas amplitūdas mērijumiem ar push-up metodi, pacientiem ar refrakcijas defektiem. Pētījumam, bija līdzīga ideja, ka *Coloma et al* (2013) pētījumam par relatīvas akomodācijas rezervju mērijumiem pacientiem ar refrakcijas defektiem. Autori apgalvo, ka izmantojot, 1.1.

formulas aprēķinu akomodācijas amplitūdas noteikšanai, refrakcijas defektu gadījumos, nav ņemts vērā fakts, ka tādi pacienti akomodē nevis testa plaknē, bet plaknē, kuru veido objekta attēlu neitralizējoša lēca, un patiesībā, attālums, nav tāds, kāds viņš tiek nomērīts. Tāpēc, push-up aprēķina metode nenosaka maksimālo akomodāciju refrakcijas defektu gadījuma. Lai precīzi aprēķināt akomodācijas amplitūdu, autori piedāvā līdzīgu formulu, ka 1.2., bet apraksta to sekojoši:

$$Am_{eye} = \frac{P_D \cdot (1 + \delta_V \cdot R)^2}{\delta_V^2 \cdot R \cdot P_D - 1} \quad (1.4.)$$

Am_{eye} - okulārā akomodācijas, P_D - ir attāluma, no attēla miglošanas punkta (pirmais brīdis, kad attēls izplūst) līdz neitralizējošai lēcai, atgriezeniskā vērtība dioptrijās, δ_V - attālums no lēcas līdz acij metros (jeb verteks attālums), R – acs refrakcija dioptrijās (*Coloma et al, 2016*).

Izmantojot, šo formulu un veicot teorētiskos aprēķinus, ņemot vērā aprēķinātus skaitļus, autori secināja, ka veicot akomodācijas amplitūda mērījumus, it īpaši miopijas gadījumā ir jābūt ļoti uzmanīgiem, jo miopijas gadījumā tiek iegūtas vislielākās atšķirības, salīdzinājumā ar parasto push-up metodes aprēķinu. Izmantojot push-up metodes aprēķinu, miopijas gadījumā tiek iegūtas lielākas AA vērtības, nekā tās ir patiesībā. Piemēram, ja pacientam ir - 6,00 D miopija un PP ir 10 cm attālumā, tad izmantojot standarta push-up metodes formulu 1.1, AA būtu 10,00 D. Savukārt, patiesībā, ņemot vērā 12 mm verteks attālumu, reāli, šādam pacientam AA būtu 7,82 D. No tā var secināt, ka augstas pakāpes miopijas gadījumā, izmantojot standarta formulu, tiek iegūtas nepatiesi augstas AA vērtības, un dēļ tā, dažos gadījumos var būt nepamanīta akomodācijas nepietiekamība. Hipermetropijas gadījumā, otrādāk, tiek iegūtas nepatiesi zemas AA vērtības. Pie + 6,00 D augstas hipermetropijas, ja PP ir 10 cm attālumā, tad aprēķinot pēc 1.1 formulas AA ir 10,00 D. Savukārt, reāli AA šādam pacientam būtu 10,29 D (*Coloma et al, 2016*).

1.6. Jaunākie pētījumi par akomodācijas un vergences traucējumiem

Šobrīd tehnoloģijas attīstās, redzes slodze pieaug un līdz ar to arī vairāk tiek sastopami akomodācijas un vergences traucējumi, tāpēc, ir ļoti svarīga pareiza šo traucējumu diagnostika un pareiza terapijas izvēle. Daudzi pētnieki pēdējo gadu laikā vērtē konverģences un akomodācijas nepietiekamības izplatību un pēta, kāda no terapijām vislabāk palīdz. Konverģence un akomodācijas nepietiekamība ir galvenais sūdzību cēlonis cieša tuvuma darba laikā un var pasliktināt redzes kvalitāti un komfortu (*Nunes et al, 2019*) (*CITT-ART Investigator Group, 2019*) (*Ma et al, 2019*). *Nunes et al (2019)* novērtēja konverģences un akomodācijas nepietiekamības izplatību bērniem. Konverģences nepietiekamības izplatība

bija 6,8%, akomodācijas nepietiekamība tika reģistrēta 10% bērniem, un 3% bija vienlaikus gan akomodācijas nepietiekamība, gan konverģences nepietiekamība. Simptomu rādītājs akomodācijas nepietiekamības gadījumā bija augstāks nekā konverģences nepietiekamībai. Tāpēc astenopisko sūdzību gadījumos, piemēram, kad ir galvassāpes un koncentrācijas zudums, kas saistīts ar tuvuma aktivitātēm, vienmēr ir jānovērtē binokulārās redzes kvalitāte.

Saistībā ar relatīvajām akomodācijas rezervēm apskatot vairākus pētījumus var redzēt, ka daudzi autori pēta NRA un PRA normas, un var pamanīt, ka joprojām nav pilnīgas autoru vienprātības par to, kādas normas robežas īsti ir. Viens no jaunākajiem pētījumiem kur arī tiek apskatītas NRA un PRA normas ir *Masihuzaman et al* (2020), kur zinātnieku pētījuma mērķis bija noteikt akomodācijas un vergences parametrus Nepālas jauniešiem ar miopiju, hipermetropiju un emetropiju. Pētījumā piedalījās 108 dalībnieki vecumā no 18 līdz 35 gadiem un viņiem tika novērtētas binokulārās redzes funkcijas. Visiem dalībniekiem bija piemēklēta labāka sferocilindriskā korekcija. Tādā veida zinātnieki noteica vidējas NRA un PRA vērtības un to standartnovirzi dažāda dzimuma un vecuma pacientiem (skat 1.7. tabulu).

1.7.tabula

Negatīvās relatīvās akomodācijas (NRA) un pozitīvās relatīvās akomodācijas (PRA), sadalījums jauniem iedzīvotājiem pēc dzimuma, vecuma un refrakcijas defekta.

	Dalībnieku skaits	NRA (D) Vid. ± SD	PRA (D) Vid. ± SD
Kopā	108	+2,88 ± 0,74	-3,54 ± 1,15
Dzimums			
Vīrietis	59	+2,78 ± 0,61	-3,38 ± 1,01
Sieviete	49	+3,01 ± 0,86	-3,74 ± 1,28
Vecums (gadi)			
≤ 20	29	+2,67 ± 0,50	-3,23 ± 1,17
21-25	53	+3,07 ± 0,88	-3,79 ± 1,24
26-30	26	+2,75 ± 0,55	-3,38 ± 0,79
≥ 30			
Refrakcijas defekts			
Miopija	30	+2,81 ± 0,61	-3,84 ± 1,23
Emetropija	67	+2,88 ± 0,76 +3,09	-3,36 ± 1,05
Hipermetropija	11	± 0,97	-3,86 ± 1,37

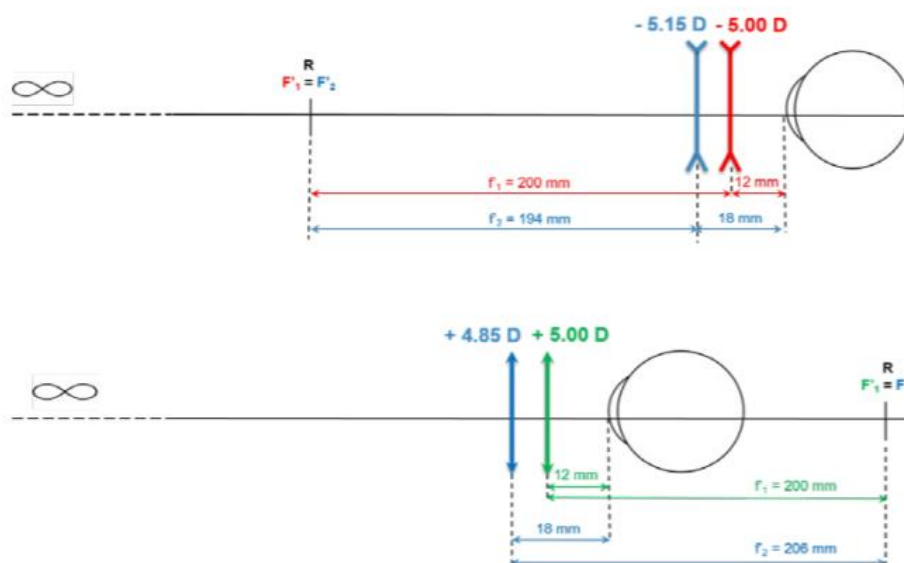
Ming-Leug et al (2019) pētījuma mērķis bija izpētīt saistību starp refrakcijas defektiem un binokulāriem un akomodācijas traucējumiem, kā arī sniegt informāciju par to procentuālo

izplatību katrai atlasei. Pētījuma dalībnieku skaits bija 415 ķīnieši vecumā no 21 līdz 38 gadiem. Dalībnieki tika sagrupēti 4 grupās atkarībā no refrakcijas defekta lieluma (emetropija, zemas, vidējas un augstās pakāpes miopija). Visiem dalībniekiem tika pārbaudīta redze, binokulārās redzes un akomodācijas funkcijas. Savā pētījumā zinātnieki konstatēja, ka konverģences nepietiekamībai un diverģences nepietiekamībai ir saistība ar refrakcijas defekta pakāpēm. Tika noteikts, ka konverģences nepietiekamība biežāk ir sastopama pacientiem ar zemākās pakāpes miopiju, savukārt, diverģences nepietiekamība - pacientiem ar augstākās pakāpes miopiju. Rezultāti parādīja, ka konverģences nepietiekamības biežums, pacientiem ar vidējas pakāpes miopiju un augstas pakāpes miopiju, bija mazāks nekā pacientiem ar emetropiju, savukārt, diverģences nepietiekamības biežums, dalībniekiem ar augstās pakāpes miopiju, bija lielāks, nekā dalībniekiem ar emetropiju. Pētnieki noteica, ka visbiežāk sastopamās disfunkcijas dalībnieku starpā bija pamata eksoforija (10,8%), konverģences nepietiekamība (9,6%) un diverģences nepietiekamība (7,0%). Aptuveni 40% no dalībniekiem bija vismaz viena veida binokulārās redzes traucējums.

1.7. Verteks attāluma ietekme uz redzes funkciju mērījumiem

Verteks attāluma ietekme uz mērījumiem redzes pārbaudes laikā ir zināma lieta. Verteks attāluma kompensāciju bieži pielieto, lai izvēlēties pareizu kontaktlēcu stiprumu, savukārt, citiem mērījumiem praksē verteks attāluma kompensāciju izmanto ļoti reti. *Sebag & Meslin* (2020) apraksta, kāda verteks attālumam ir ietekmē redzes pārbaudes laikā. Verteks attālums ir attālums no radzenes priekšējās virsmas līdz briļļu vai provas lēcas aizmugurējai virsmai. Tā kā acīm ir akomodācijas mehānisms, lēcas, kas ir novietotas acs priekšā, tiek uztvertas ar lielāku vai mazāku dioptriju lielumu atkarībā no attāluma, kādā tās ir iestatītas no acīm. Optiskā korekcija refrakcijas defekta gadījumā ir atkarīga no attāluma starp koriģējošo lēcu un aci - tas ir viens no fizioloģiskās optikas likumiem. Tāpēc ir ļoti svarīgi pielāgot optiskās sistēmas fokusa attālumu jeb mainīt lēcas stiprumu, katru reizi, kad tiek mainīts attālums no lēcas līdz acīm. Praksē verteks attālumu mēra diezgan reti, bet to parasti dara lai izrakstīt kontaktlēcas, kā arī, lai veikt refraktīvo ķirurģiju. *Sebag & Meslin* (2020) apgalvo, ka koriģējot jebkuru refrakcijas defektu, optiskais pamatprincips ir panākt, lai attēla fokālais punkts, ko veido optiskā sistēma, sakristu ar koriģētās acs tālāko punktu. Tādā veidā, koriģējošā optiskā sistēma, kurā veido tāluma objekta attēlu uz optiskās lēcas fokāla punkta, optiski projicē attēlu uz acs tālāko punktu, un tādā veidā, acs tiek neitralizēta un redz skaidru attēlu, līdzīgi, kā emetropijas gadījumā. Bet ja koriģējošās optiskās sistēmas novietojums tiek mainīts jeb izmainās attālums no lēcas līdz acij, lēcas stiprums arī ir jāmaina, lai garantētu, ka fokāla punkta F novietojums, sakrīt ar tālāko punktu R, kurš nemaina savu novietojumu (skat.

1.2.att.). Tādā veidā, ja optiskā lēca tiek novietota tālāk no acs, tās optiskais spēks ir jānomaina uz negatīvo vērtību. Savukārt, ja lēca tiek novietota tuvāk acij, tās optiskais stiprums ir jānomaina uz pozitīvo vērtību.



1.2. att. Nepieciešamā refrakcijas pielāgošana, mainot verteks attālumu: a) Pacientam ar tuvredzību, kas koriģēta ar $-5,00\text{ D}$ lēcu 12 mm attālumā: lēcas dioptriju stiprums jāpielāgo līdz $-5,15\text{ D}$, ja verteks attālums tiek palielināts par 6 mm . b) Pacientam ar hipermetropiju, kas koriģēta ar $+5,00\text{ D}$ lēcu 12 mm attālumā: lēcas stiprums jānomaina uz $+4,85\text{ D}$, ja verteks attālums tiek palielināts par 6 mm .

Apskatot citus literatūras avotus, saistībā ar šo tēmu var redzēt līdzīgus viedokļus. Meister & Sheedy (1999) savā grāmatā apskatīja divus cieši saistītus jēdzienus: efektīvā stipruma un verteks attāluma kompensāciju. Autori raksta, ka lēcas fokālais stiprums ir balstīts uz objekta pamata plaknes pozīciju, no kuras, tiek mērīts fokālais punkts. Ja objekta pamata plakne paliek nekustīgā stāvoklī, kamēr lēca tiek pārvietota, mainās lēcas faktiskais stiprums attiecībā pret paredzēto objekta pamata plakni. Tāpēc uz lēcas novietojumu ir jāskatās kritiski, lai uzturētu atbilstību starp sekundāro fokālo punktu un paredzēto lēcas fokālo plakni. Ja plus lēca tiek pārvietota prom no fokālās plaknes, lēcas stiprums tiek efektīvi palielināts attiecībā pret paredzēto lēcas stāvokli. Pārvietojot mīnus lēcu prom no fokālās plaknes, lēca tiek novirzīta fokusa plaknes virzienā, efektīvi samazinot lēcas stiprumu attiecībā pret paredzēto lēcas stāvokli. Lai kompensētu šo faktora ietekmi, sekundārais fokusa attālums ir jāpielāgo ar to pašu attālumu d (verteks attālums), ar kuru lēca tika pārvietota. Lai atrast kompensēto lēcas stiprumu, kas nepieciešama, lai kompensētu oriģinālās lēcas faktiskās izmaiņas, jāizmanto formula:

$$F_c = \frac{F}{1+d \cdot F} \quad (1.5)$$

Kur F_c - lēcas stiprums (D), F - izkorigētās acs refrakcijas stiprums (D), d -verteks attālums (m).

Ja lēca tiek pārvietota prom no acs, tad verteks attālumam d ir pozitīva (+) vērtība, savukārt, ja lēca tiek pārvietota virzienā uz aci, d ir negatīva (-) vērtība. Maza stipruma lēcām verteks attāluma kompensācija nav vajadzīga. Kompensēt efektīvo stiprumu nepieciešams tikai tad, ja tiek uzliktas brillu lēcas virs $\pm 6,00$ D vai kontaktlēcas stiprākas par $\pm 4,00$ D. Palielinot plus lēcas gadījumā verteks attālumu, palielinās lēcas faktiskais stiprums un lai to kompensētu, būs nepieciešama vājāka stipruma lēca. Savukārt, samazinot verteks attālumu, būs nepieciešama stiprāka lēca. Palielinot mīnus lēcas gadījumā verteks attālumu, samazinās lēcas faktiskais stiprums, un lai to kompensētu, būs nepieciešama lielāka stipruma lēca. Savukārt, samazinot verteks attālumu, būs nepieciešama vājāka lēca. Lēcām ar cilindrisko komponenti, lai kompensētu verteks attālumu, kompensācijas aprēķins jātaisa katram meridiānam atsevišķi. Jaunā nominālā cilindra lielums būs starpība starp diviem kompensētajiem galvenajiem meridiāniem (*Meister & Sheedy*, 1999).

2. METODE

2.1. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 22 dalībnieki vecumā no 15 līdz 30 gadiem. 13 dalībnieki bija ar II un III pakāpes miopiju, un 9 dalībnieki ar II un III pakāpes hipermetropiju. Visi dalībnieki tika atlasīti pēc kritērijiem: redzes asumam ar labāko piemeklēto korekciju, tālumā un tuvumā, bija jābūt vismaz 1.0 decimālām vienībām, kā arī bija jābūt binokulārām redzes raksturam. Vēl viens no kritērijiem, pēc kura tika atlasīti dalībnieki, bija tāds, lai objektīvi un subjektīvi novērtētais astigmātisma lielums nepārsniedz 0,50 D, un to nebūtu nepieciešams koriģēt jeb, lai ar sfērisko korekciju dalībnieks var sasniegt maksimālo redzes asum. Lai atlasītu atbilstošus dalībniekus pirms akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērīšanas, viņiem tika novērtēts redzes asum ar esošo korekciju, un ja bija nepieciešamība, tika piemeklēta labākā binokulāri sabalansētā korekcija tālumā, kā arī pārbaudīts redzes asum ar korekciju tuvumā. Miopijas grupā, veicot mērījumus standarta pieņemtajā 40 cm attālumā, ar korekciju proves ietvarā, visiem dalībniekiem NRA bija normas robežās jeb no +2,00 līdz +2,75 D (*Masihuzzaman, 2020*). PRA rezerves gandrīz visiem miopijas grupas dalībniekiem bija lielākas par normu jeb lielākas par $-3,54 \pm 1,15$ D (*Masihuzzaman, 2020*), 3 dalībniekiem, tās bija normu robežās. Hipermetropijas grupā tikai vienam no dalībniekiem NRA rezerves bija ārpus normas, savukārt, PRA rezerves ārpus normas robežām bija 4 dalībniekiem. Vidējā refrakcijas vērtība miopijas grupā bija -4,48 D, zemākā refrakcijas vērtība, kas tika sastopama miopijas grupā bija -3,25 D, augstākā - -10,5 D. Hipermetropijas grupā vidēja refrakcijas vērtība bija +5,67 D, zemākā vērtība +3,50 D un augstākā +8,50 D.

2.2. Metodes apraksts

Pētījuma mērķis bija pārbaudīt praksē, kā verteks attālums ietekmē akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumus. Akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūdas mērījumus bieži izmanto akomodācijas traucējumu diagnostikai, tāpēc ir ļoti svarīgi, lai redzes pārbaudes laikā tie būtu nomērīti precīzi un mērījumus neietekmētu papildus faktori. Viens no faktoriem, kurš var ietekmēt rezultātus ir verteks attālums. Vidēju un augstu refrakcijas defektu gadījumos, verteks attāluma ietekmes dēļ, iegūtās relatīvās akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūda var atšķirties no tā, kas patiesībā ir pacientam, un tādā veidā pastāv iespēja nepamanīt kādu no akomodācijas traucējumiem. Šajā pētījumā, katram dalībniekiem tika nomērītas pozitīvās un negatīvās relatīvās akomodācijas rezerves, pozitīvās un negatīvās absolūtās akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūda

ar push-up metodi. Lai varētu novērot un parādīt praksē, kāda verteks attālumam ir ietekme, mērījumi tika veikti trīs stāvokļos:

- 1) ar korekciju proves ietvarā, standarta 40 cm attālumā, tika mērītas relatīvās un absolūtās akomodācijas rezerves, un akomodācijas amplitūda tika mērīta izmantojot push-up metodi jeb mērījumi tika veikti stāvokļos, kuros optometristi parasti veic mērījumus, un kurus, visvairāk ietekmē verteks attālums.
- 2) Relatīvās un absolūtās akomodācijas rezerves tika mērītas ar korekciju proves ietvarā, koriģētajā attālumā (turpmāk tekstā - koriģētais attālums), kas bija aprēķināts pēc 2.2. formulas, kuru izstrādāja *Coloma et al* (2013) savā teorētiskā pētījumā (kas tika aprakstīts 1.5.2. sadaļā un tiks aprakstīts zemāk) jeb attālumā, kurš kompensē verteks attāluma ietekmi.
- 3) Relatīvās akomodācijas rezerves, absolūtas akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūda, tika mērītas ar kontaktlēcu korekciju (turpmāk tekstā KL) jeb stāvoklī, kad verteks attālumam nav ietekmes.

Svarīgi bija salīdzināt:

- 1) vai iegūtie rezultāti ar korekciju proves ietvarā, atšķirās no iegūtajiem rezultātiem ar KL korekciju, un tādā veidā pārbaudīt vai verteks attālumam ir statistiski nozīmīga ietekme uz akomodācijas rezervju mērījumiem un akomodācijas amplitūdas mērījumiem, kuri ir ļoti svarīgi akomodācijas traucējumu diagnostikā.
- 2) vai starp iegūtiem akomodācijas rezervju rezultātiem ar kontaktlēcu korekciju un iegūtiem rezultātiem koriģētajā attālumā ir, vai nav, statistiski nozīmīgas atšķirības. Tādā veidā pārbaudīt, vai *Coloma et al* (2013) teorētiskais aprēķins strādā, un vai turpmāk, to var izmantot praksē, lai kompensētu verteks attāluma ietekmi. Ja rezultāti ar kontaktlēcu korekciju un koriģētajā attālumā būs līdzīgi, tad tas nozīmēs, ka *Coloma et al* (2013) veiktais aprēķins strādā un tiešām kompensē verteks attālumu, un to var izmantot optometrista praksē, lai veiktu precīzāku akomodācijas un vergēnces traucējumu diagnostiku.
- 3) vai starp iegūtajiem akomodācijas amplitūdas mērījumiem ar KL un *Coloma et al* (2016) teorētiskā aprēķina (kas tika aprakstīts 1.5.3. sadaļā un tiks aprakstīts zemāk) rezultātiem ir, vai nav, statistiski nozīmīga atšķirība. Izmantojot 2.3 formulu aprēķināt, kādai jābūt akomodācijas amplitūdai, kad to neietekmē verteks attālums, un salīdzināt iegūtos aprēķinus ar akomodācijas amplitūdu, kas tiek iegūta ar KL. Tādā veidā pārbaudot vai *Coloma et al* (2016), teorētiskais aprēķins strādā praksē un vai to var pielietot optometrista praksē.

Lai atdalītu stāvokli, kad binokulārajos apstākļos akomodāciju ietekmē vergences darbība, un lai pārbaudītu cik liela ietekme ir vergencei, mērījumi tika veikti:

1) monokulāri labajai un kreisajai acij, tika mērītas negatīvas un pozitīvās absolūtās akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūda.

2) binokulāri, tika mērītas negatīvās un pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves.

Turpmāk binokulāri noteiktas negatīvās akomodācijas rezerves tiks apzīmētas, ka NRA, un pozitīvās akomodācijas rezerves tiks apzīmētas, ka PRA. Savukārt monokulāri noteiktas negatīvās absolūtās akomodācijas rezerves, tiks apzīmētas, ka NA rezerves, un pozitīvās absolūtās akomodācijas rezerves, ka PA rezerves. NA rezerves un PA rezerves tika mērītas, lai iegūtu rezultātus, kas nebūtu atkarīgi no vergences darbības. Akomodācijas amplitūda, tiks apzīmēta, ka AA.

Kā bija minēts augstāk, bija svarīgi saprast, kā mainās NRA, PRA, NA, PA rezerves un AA apjoms, ja testam izmanto korekciju proves ietvarā, un ja izmanto kontaktlēcu korekciju jeb, kā verteks attālums ietekmē rezultātus. Darba hipotēze ir tāda, ka veicot mērījumus ar proves ietvara korekciju, rezultātu ietekmē verteks distance, un mērījums, kas tiks veikts ar KL korekciju, kalpos, kā kontroles mērījums, kas atspoguļos, kāda tieši verteks distancei ir ietekme. Jo veicot mērījumus ar KL korekciju, tiek izslēgta, refrakcijas korekcijas rādītā, verteks attāluma ietekme. Visiem dalībniekiem tika nodrošinātas atbilstoša stipruma un parametru, mēneša vai vienas dienas kontaktlēcas. Darbā tika izmantotas tikai sfēriskās kontaktlēcas. Ar keratometrijas palīdzību, tika noteikts, ar kādu bāzes rādiusu izvēlēties kontaktlēcas. Kontaktlēcu stiprums, katram dalībniekam tika aprēķināts pēc formulas:

$$F_{kl} = \frac{F_{sf}}{1-d \times F_{sf}} \quad (2.1)$$

Kur F_{kl} – kontaktlēcas stiprums, F_{sf} – sfēras stiprums, d – verteks attālums

Lai pārbaudītu, kāda verteks attālumam ir ietekme, bija jāsalīdzina, kā atšķirās iegūtie rezultāti ar korekciju proves ietvarā un kontaktlēcām. Rezultātu atšķirība atspoguļotu to, kāda tieši, un cik liela, ietekme ir verteks attālumam. Savukārt, ikdienas optometrista praksē likt pacientam kontaktlēcas, lai kompensēt verteks attālumu, būtu ļoti problemātiski, jo tas nav ērti, aizņem laiku, un var nepatikt pacientam. Tāpēc būtu svarīgi saprast, kā var kompensēt verteks attālumu savādāk, lai to varētu pielietot ikdienas praksē. Tika atrasts teorētiskais pētījums, kuru veica *Coloma et al* 2013. gadā. Pētnieki, veicot teorētisko pētījumu, izstrādāja formulu, pēc kuras atkarībā no emetropijas lieluma var izrēķināt konkrētu attālumu, kurā būtu jāveic relatīvās akomodācijas rezervju mērījumi. Tādā veidā veicot aprēķinus un koriģējot attālumu, pēc autoru teorijas tiek kompensēts verteks attālums. Šī pētījuma autoru teorētiskie

aprēķini parāda, ka, ja pacientiem ar refrakcijas defektiem NRA un PRA rezervju mērījums tiek veikts 40 cm attālumā, tad tas nerāda akomodācijas pieprasījumu sagaidāmā 2,50 D apmērā. Tas ir tāpēc, ka acs tajā brīdī pielāgojās nevis testa pozīcijai, kura ir patiesībā, bet pielāgojās testa attēlam, kurš veidojas uz tīklenes caur optisko lēcu. Tāpēc apstākļi, kas veidojās testā laikā, pacientiem ar emetropiju un pacientiem ar refrakcijas defektiem, nav vienādi. Autori saka, ka lai noteiktu precīzas NRA un PRA vērtības, jāveic precīzāki aprēķini, kuri būs atkarīgi no testa attāluma, refrakciju koriģējošas lēcas stipruma un pievienoto pozitīvu vai negatīvu lēcu stimulētas relatīvās akomodācijas izmaiņām. Pētnieki raksta, ka veicot mērījumus standarta 40 attālumā, ne visiem pacientiem, kuriem testa laikā tiek iegūtas vienādas lēcas vērtības, akomodācija strādā vienādi, un patiesībā NRA vai PRA vērtības var būt atšķirīgas. Tādēļ šajos gadījumos klīniskie secinājumi un diagnoze var nebūt pareizi.

Coloma et al (2013), raksta, ka lai optimizētu mērījumus, ir svarīgi, lai gan pacientiem ar refrakcijas defektiem, gan pacientiem ar emetropiju, mērījumi notiktu vienādos apstākļos. Tāpēc pētnieki apgalvo, ka, lai to nodrošināt būtu vēlams veikt aprēķinu, un izmantojot iegūto rezultātu, nokoriģēt testa attālumu. Tādējādi visos gadījumos acs konverģēs līdz 40 cm un patstāvīgi uzņems akomodācijas pieprasījuma 2,50 D vērtību. Lai kompensētu verteks attāluma ietekmi un nodrošinātu visiem pacientiem līdzīgu akomodācijas pieprasījumu, autori piedāvā izmantot speciālu formulu. Izmantojot formulu, ko piedāvāja autori, tā tika pārveidota, lai pēc tās varētu aprēķināt testa attālumu, kurš kompensētu verteks attāluma ietekmi (skat. 2.2). Formula tika pārveidota ar Latvijā pieņemtajiem apzīmējumiem:

$$u_{tuv} = \frac{A \cdot d \cdot (1 - d \cdot F) - 1}{A \cdot (1 - d \cdot F)^2} \quad (2.2)$$

Kur u_{tuv} ir testa attālums (m), A ir akomodācijas stimuluss (D), d ir verteks attālums (m), F ir lēcas optiskais stiprums (D).

Izmantojot 2.2. formulu, mērot akomodācijas rezerves, testa pozīcija mūsu pētījuma laikā tika atbilstoši mainīta. Izmantojot šo formulu atkarībā no refrakcijas, katram dalībniekam tika aprēķināts attālums, kurā tika veikts mērījums. Lai būtu vieglāk un ātrāk veikt aprēķinus tika izmantota Exel programma, kur tika ievadīta formula un varēja ātri ievadīt visus mainīgos, un tādā veidā aprēķināt attālumu, kurā bija jāveic tests. Pirms veikt šo aprēķinu visiem dalībniekiem tika noteikta refrakcija un nomērīts verteks attālums. Akomodācijas stimula lielums bija 2,50, lai visiem dalībniekiem tas būtu vienāds un līdzīgs, ka emetropijas gadījumā. Lai aprēķinātu nepieciešamo testa attālumu, mērot relatīvās akomodācijas rezerves binokulāri, tika aprēķināts vidējais dalībnieka refrakcijas lielums, ja tas bija atšķirīgs monokulāri, un attiecīgi, monokulāri aprēķins tika veikts ņemot vērā pilno refrakcijas stiprumu. Piemērs:

Dalībnieka labās acs refrakcija ir -4,25 un kreisās acs refrakcija -5,00. Verteks attālums 1 mm. Aprēķināsim, kurā attālumā ir jāveic relatīvas akomodācijas rezervju mērījumus, kad mērījums notiek binokulāri:

$$1) \frac{(-4,25)+(-5,00)}{2} = -4,62 \text{ D}$$

$$2) u_{tuv(ou)} = \frac{2,50 \cdot 0,01 \cdot (1 - 0,01 \cdot (-4,62)) - 1}{2,50 \cdot (1 - 0,01 \cdot (-4,62))^2} = -0,36 \text{ m} = -36 \text{ cm} \quad (\text{binokulāri relatīvās akomodācijas rezerves ir jāmēra 36 cm attālumā})$$

Tagad aprēķināsim, kurā attālumā ir jāveic mērījums kreisajai acij:

$$1) u_{tuv(os)} = \frac{2,50 \cdot 0,01 \cdot (1 - 0,01 \cdot (-5,00)) - 1}{2,50 \cdot (1 - 0,01 \cdot (-5,00))^2} = -0,35 \text{ m} = -35 \text{ cm} \quad (\text{kreisajai acij akomodācijas rezerves ir jāmēra 35 cm attālumā})$$

Savukārt, akomodācijas amplitūdas mērījumiem ar push-up metodi, iepriekš minēto aprēķinu nevar izmantot, jo šo mērījumu veic pavisam savādāk. Monokulārā stāvoklī dalībnieks pietuvina savai acij tuvuma tabulu, koncentrējoties uz smalku objektu jeb atbilstoša redzes asuma burtu, un apstājas pirmajā brīdī, kad izjūt burtu miglošanās vai izplūdumu. Lai noteikt akomodācijas amplitūdu, tika mērīts attālums no vietas, kurā pacients izjuta pirmo miglošanās, līdz proves ietvaram. Refrakcijas defektu gadījumā šo mērījumu arī ietekmē verteks attālums un proves ietvara lēcas stiprums, tāpēc tika atrasts vēl viens pētījums, kuru veica arī *Coloma et al* 2016. gadā, kas turpina 2013. gada pētījuma ideju. Šajā pētījumā, kas sīkāk aprakstīts (1.5.3. sadaļā), pētnieki izstrādāja formulu un teorētiski aprēķināja, kādai jābūt akomodācijas amplitūdai, atkarībā no verteks attāluma un refrakcijas lieluma, lai novērstu šo faktoru ietekmi uz mērījumu. Formula tika pārveidota ar Latvijā pieņemtajiem apzīmējumiem, lai to būtu ērtāk izmantot:

$$AA_{\text{pārreķinātā}} = \frac{AA_{\text{push-up}} \cdot (1 + d \cdot F)^2}{d^2 \cdot F \cdot AA_{\text{push-up}} - 1} \quad (2.3)$$

Kur $AA_{\text{pārreķinātā}}$ – pārreķinātā akomodācijas amplitūda refrakcijas defektu gadījumā (D), $AA_{\text{push-up}}$ – nomērīta akomodācijas amplitūda ar korekciju proves ietvarā ar push-up metodi (D), d – verteks attālums (m), F – proves lēcas stiprums (D).

Izmantojot 2.3. formulu katram dalībniekam tika aprēķināta akomodācijas amplitūdas vērtība, kurai būtu novērsta verteks attāluma ietekme uz mērījumu. Lai pēc tam to varētu salīdzināt ar rezultātiem, ko iegūst ar kontaktlēcām, un pārbaudīt, vai aprēķins tiešām strādā. Formula tika ievadīta Exel programmā, lai varētu ātrāk un ērtāk veikt aprēķinus.

Aprēķina piemērs:

Dalībnieka refrakcijas lielums labajai acij ir 5,50 D. Verteks attālums 1mm, AA ar push-up metodi 9,10 D.

$$1) AA_{\text{pārrēķinātā}} = \frac{9,1 \cdot (1 + 0,01 \cdot 5,50)^2}{(0,01)^2 \cdot 5,5 \cdot 9,1 - 1} = 10,18 \text{ D}$$

Veicot mērījumus tika izmantota tuvuma tabula, mērlente, proves ietvars, lēcas proves kastē, oklūderis. Mērot akomodācijas rezerves, lai nodrošinātu pēc iespējas vienādus apstākļus visiem dalībniekiem, un lai saprastu, kad ir jābeidz mērījums, kā kritērijs tika izmantots brīdis, kad dalībnieks vairs nevarēja izlasīt burtus, un tad pēdējā proves lēcu vērtība, ar ko pacients vēl redzēja burtus, tika pieņemta par gala rezultātu. Tas tika pieņemts tāpēc, ka visiem dalībniekiem var būt sava uztvere par to, kas tieši ir miglošanas, un dažiem cilvēkiem tas varbūt kontrasta izmaiņas, bet dažiem brīdis, kad burtus pavisam vairs nevar izlasīt.

2.2.1. Mērījumu gaita

Katram dalībniekam tika veikti sekojoši mērījumi:

1. Redzes asums ar korekciju tālumā un tuvumā, kā arī tika pārbaudīts vai dalībniekam esošā korekcija ir labākā binokulāri sabalansētā korekcija, un ja bija nepieciešamība, tad tā tika piemeklēta.
2. Vadošā acs tālumā un tuvumā.
3. Verteks attālums no radzenes līdz proves ietvaram.
4. Akomodācijas amplitūda labajai un kreisajai acij ar push-up metodi.
5. NRA rezerves binokulāri un NA rezerves monokulāri labajai acij (LA) un kreisajai acij (KA), ar briļļu korekciju standarta 40 cm attālumā, un koriģētajā attālumā, kas tika aprēķināts pēc 2.2. norādītas formulas.
6. PRA rezerves binokulāri un PA rezerves monokulāri labajai acij (LA) un kreisajai acij (KA) ar briļļu korekciju standarta 40 cm attālumā, un koriģētajā attālumā, kas tika aprēķināts pēc 2.2. formulas.
7. Redzes asums ar atbilstoša stipruma kontaktlēcām tālumā un tuvumā.
8. Verteks attālums no radzenes līdz proves ietvaram, un lai tas būtu tāds pats, ka mērot ar korekciju proves ietvarā.
9. Akomodācijas amplitūda labajai un kreisajai acij ar KL izmantojot push-up metodi.
10. NRA rezerves binokulāri un NA rezerves monokulāri labajai acij (LA) un kreisajai acij (KA), ar kontaktlēcu korekciju 40 cm attālumā.
11. PRA rezerves binokulāri un PA rezerves monokulāri labajai acij (LA) un kreisajai acij (KA) ar kontaktlēcu korekciju 40 cm attālumā.

3. REZULTĀTI

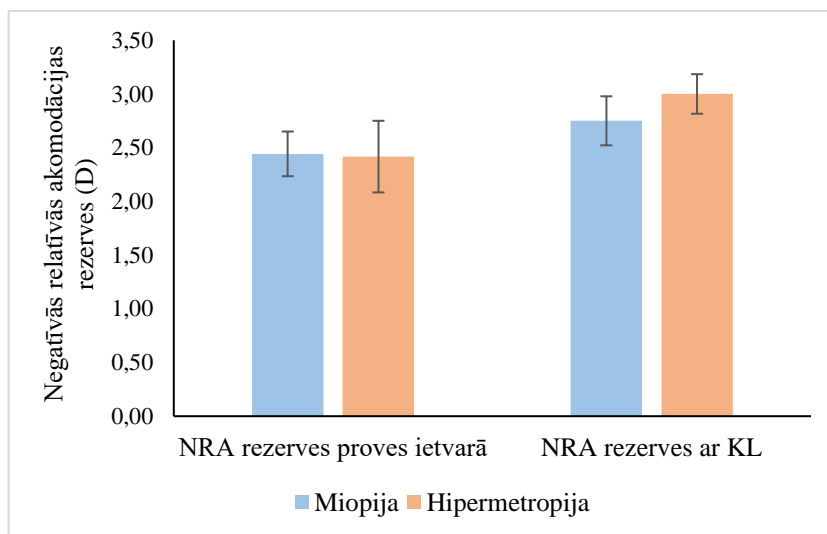
Iegūtie akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumu rezultāti tika apkopoti un analizēti atsevišķi miopijas un hipermetropijas grupām. Dati tika analizēti izmantojot *SPSS* statistiskās analīzes programmu. Priekš analīzes tika izmantots *Friedman test* (turpmāk tekstā Frīdmana tests), kas ir neparametriskais ANOVA analīzes analogs, ko izmanto, lai analizētu atkārtotus mērījumus, kas saistīti ar vienu cilvēku. Šī pētījuma ietvaros dalībniekiem tika veikti akomodācijas rezervju mērījumi trīs dažādos stāvokļos (ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar kontaktlēcām), un šādā gadījumā Frīdmana testam ir jāveic papildus statistikas tests, kurš salīdzinātu grupas mediānu pārus. Tāpēc papildus Frīdmana testam mēs izvēlējāmies *Wilcoxon signed-rank test* (turpmāk tekstā Vilkoksona tests), lai pārbaudītu katrus pārus atsevišķi. Akomodācijas amplitūdas mērījumu rezultāti, tika analizēti ar Vilkoksona testu.

3.1. NRA un NA rezerves miopijas un hipermetropijas grupā

Analizējot iegūtās NRA rezerves miopijas grupas dalībniekiem, Frīdmana tests parādīja statistiski nozīmīgu atšķirību $\chi^2(2, N=13)=18,35, p < 0,01$, starp NRA rezervēm ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju. Turpmākie pāru salīdzinājumi tika veikti ar Vilkoksona testu. NRA rezerves proves ietvarā ($2,44 \pm 0,21$ D) tika novērtētas par $0,31 \pm 0,21$ D zemākas nekā NRA ar KL ($2,75 \pm 0,23$ D) ($p = 0,002$), kas atspoguļo verteks attāluma ietekmi uz NRA mērījumiem. Starp NRA ar KL ($2,75 \pm 0,23$ D) un NRA koriģētajā attālumā ($2,70 \pm 0,25$ D) netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 1,0$), kas parāda, ka *Coloma et al* (2013) piedāvātais teorētiskais aprēķins strādā atbilstoši un var tikt pielietots, lai dalībniekiem ar vidējas un augstas pakāpes miopiju kompensētu verteks attāluma radīto ietekmi uz NRA rezervju mērījumiem.

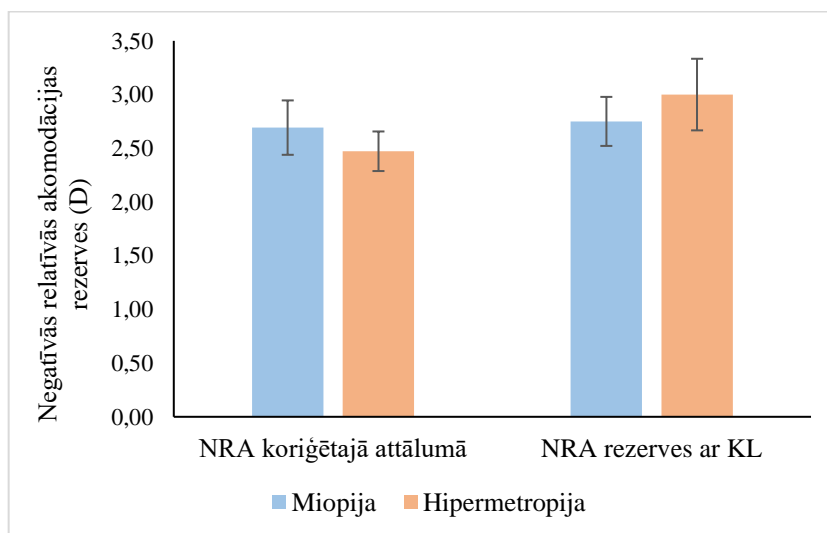
Analizējot NRA rezerves hipermetropijas grupas dalībniekiem Frīdmana tests arī parādīja statistiski nozīmīgu atšķirību $\chi^2(2, N=9)=14,353, p < 0,01$, starp NRA rezervēm ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju. Pēc tām veicot pāru salīdzinājumus ar Vilkoksona testu tika noteikts, ka NRA rezerves proves ietvarā ($2,41 \pm 0,35$) ir par $0,58 \pm 0,39$ zemākas nekā NRA ar KL ($3,00 \pm 0,35$ D) un starp rezultātiem ir statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,007$). Starp NRA ar KL ($3,00 \pm 0,35$ D) un NRA koriģētajā attālumā ($2,47 \pm 0,20$ D) tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,007$), kas nebija tas, kas bija sagaidāms, bet iespējams, šādus rezultātus ietekmēja papildus faktori. Tādi, ka plus kontaktlēcu optiskās īpašības un tas, ka visiem hipermetropiem dalībniekiem ar kontaktlēcām bija sliktāks redzes asums, un lielākas NRA rezervju vērtības varēja norādīt uz neizkoriģētu

hipermetropiju. Vidējās NRA rezerves dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju, nomērītas ar korekciju provēs ietvarā un ar KL ir parādītas 3.1. attēlā.



3.1. att. Negatīvās relatīvās akomodācijas rezerves ar korekciju provēs ietvarā un ar kontaktlēcām.

NRA rezervju vērtības dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju, nomērītas ar KL korekciju un koriģētajā attālumā, ir parādītas 3.2. attēlā.



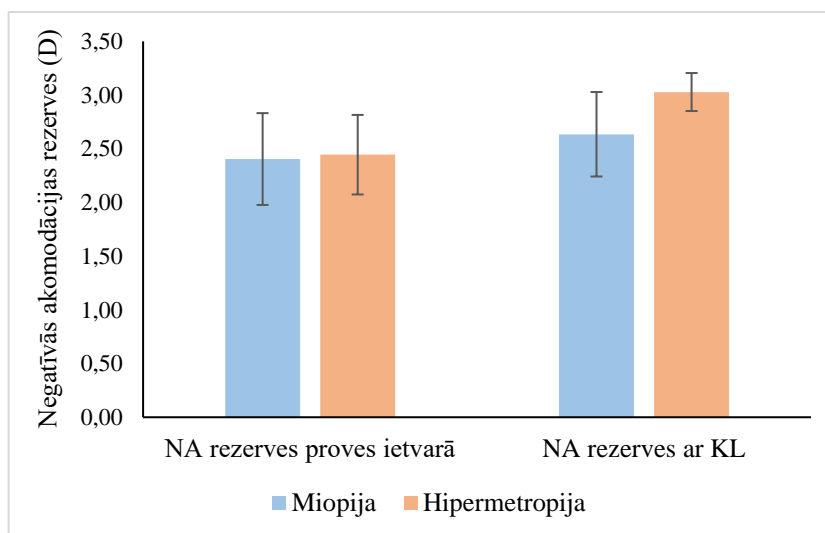
3.2. att. Negatīvās relatīvās akomodācijas rezerves koriģētajā attālumā un ar kontaktlēcām.

Analizējot datus par NA rezervēm dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju vispirms tika uztaisīta statistiskā analīze starp labās un kreisās acs datiem. Izmantojot Vilkoksona testu tika noteikts, ka starp labās un kreisās acs datiem nav statistiski nozīmīgas atšķirības ($p > 0,05$), tāpēc turpmāk datu analizē tiks uzrādīta tikai par labās acs datiem. Analizējot miopijas grupas datus ar Frīdmana testu starp NA mērījumiem ar provēs ietvaru, koriģētajā attālumā un

ar KL korekciju tika noteikta statistiski nozīmīga atšķirība $\chi^2(2, N=13)=19,46, p < 0,01$. Veicot Vilkoksona testu, lai salīdzinātu pārus, tika novērots, ka arī monokulāros apstākļos NA rezerves proves ietvarā ir zemākas, nekā NA ar KL. NA proves ietvarā ($2,41 \pm 0,43$ D) bija par $0,23 \pm 0,19$ D zemākas, nekā NA ar KL ($2,63 \pm 0,36$ D) ($p = 0,006$). Starp NA rezervēm ar KL ($2,63 \pm 0,36$ D) un NA rezervēm koriģētajā attālumā ($2,71 \pm 0,39$ D) netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,10$), kas bija sagaidāms un parāda to, ka arī monokulāros apstākļos attāluma pārrēķins darbojas pareizi.

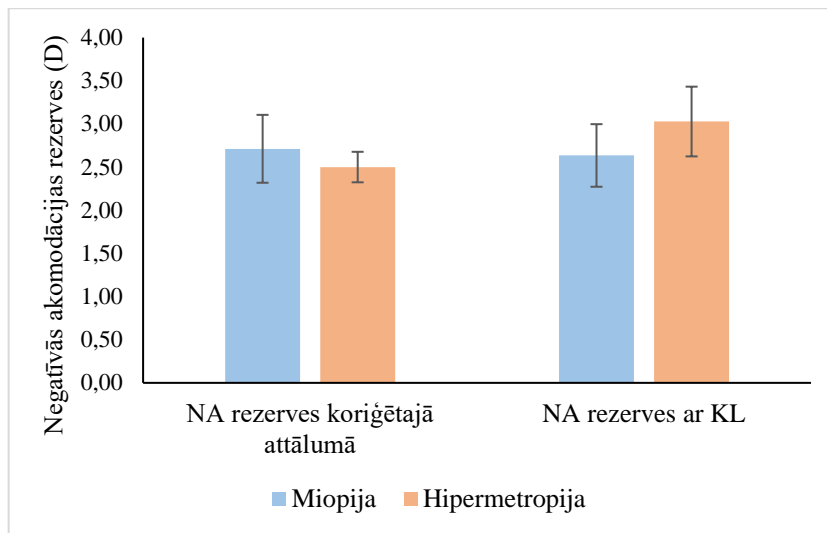
Analizējot hipermetropijas grupas datus Frīdmana tests parādīja, ka starp NA rezervju mērījumiem ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju ir statistiski nozīmīga atšķirība $\chi^2(2, N=9)=11,27, p < 0,01$. Hipermetropijas gadījumā tika novērots, ka NA rezerves proves ietvarā ($2,44 \pm 0,37$ D) ir par $0,58 \pm 0,43$ D zemākas nekā NA rezerves ar KL ($3,03 \pm 0,40$ D) ($p = 0,011$). Līdzīgi kā binokulāros apstākļos, hipermetropijas grupā starp NA ar KL ($3,03 \pm 0,35$ D) un NA koriģētajā attālumā ($2,50 \pm 0,18$ D) tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,017$), kas nebija sagaidāms, bet, kā jau tika minēts, iespējams, to varēja ietekmēt neizkoriģētā hipermetropija kontaktlēcās.

Vidējas NA rezerves dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju, nomērītas ar korekciju proves ietvarā un ar KL, ir parādītas 3.3. attēlā.



3.3. att. Negatīvās akomodācijas rezerves ar korekciju proves ietvarā un ar kontaktlēcām.

NA rezervju vērtības miopijas un hipermetropijas grupas dalībniekiem, nomērītas ar KL korekciju un koriģētajā attālumā, ir parādītas 3.4. attēlā.



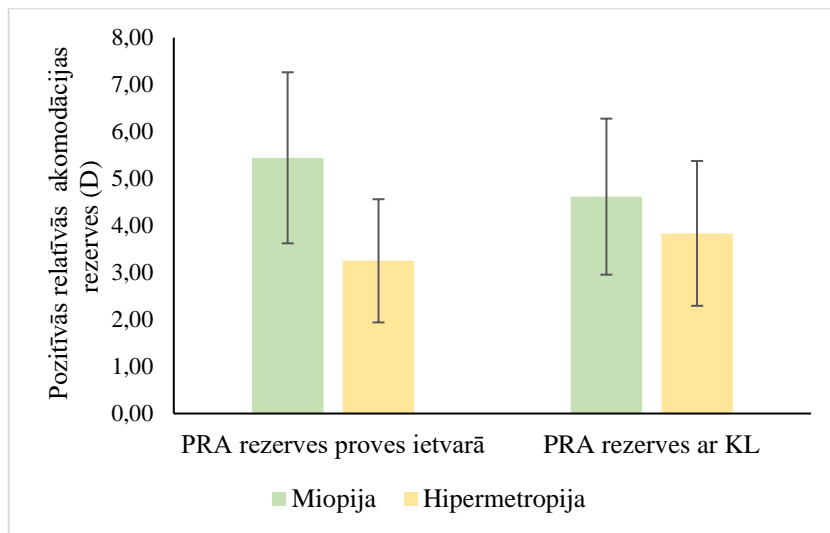
3.4. att. Negatīvās akomodācijas rezerves koriģētajā attālumā un ar kontaktlēcām.

3.2. PRA un PA rezerves miopijas un hipermetropijas grupā

Analizējot iegūtos datus par PRA rezervēm miopijas grupā, veicot Frīdmana testu tika noteikts, ka starp PRA rezervju mērījumiem ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju ir statistiski nozīmīga atšķirība $\chi^2(2, N=13)=16,29$, $p < 0,01$. Turpmākie pāru salīdzinājumi tika veikti ar Vilksona testu. PRA rezerves proves ietvarā ($-5,44 \pm 1,82$ D) tika novērtētas par $0,83 \pm 0,71$ D zemākas nekā PRA rezerves ar KL ($-4,61 \pm 1,66$ D) ($p = 0,006$), kas parāda, ka mērot pozitīvās akomodācijas rezerves, verteks attālums arī būtiski ietekmē rezultātus. Starp PRA ar KL ($-4,62 \pm 1,66$ D) un PRA koriģētajā attālumā ($-4,82 \pm 1,64$ D) netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,098$), no kā var secināt, ka koriģētais attālums, palīdz nokompensēt verteks attālumu.

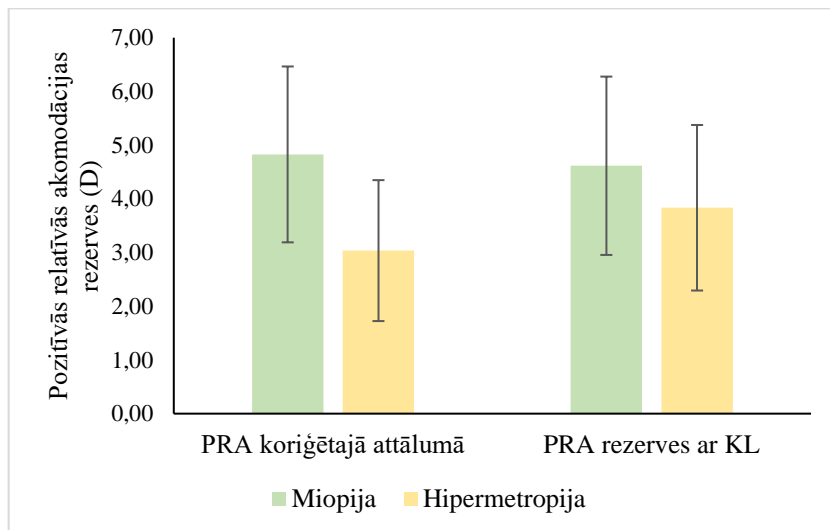
Hipermetropijas grupā veicot Frīdmana testu, starp PRA rezervju mērījumiem ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju arī tika noteikta statistiski nozīmīga atšķirība $\chi^2(2, N=9)=13,77$, $p < 0,01$. Veicot Vilksona testu, PRA rezerves proves ietvarā ($-3,25 \pm 1,31$ D) tika novērtētas par $0,58 \pm 0,48$ D augstākas nekā PRA ar KL ($-3,83 \pm 1,54$ D) ($p=0,015$). Starp PRA ar KL ($-3,83 \pm 1,54$ D) un PRA koriģētajā attālumā ($-3,04 \pm 1,31$ D) arī tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,007$), bet līdzīgi, ka bija ar NRA, iespējams, to var ietekmēt kontaktlēcu īpašības, un tas, ka dalībniekiem ar hipermetropiju ar kontaktlēcām ir vieglāk akomodēt, tāpēc tiek iegūtas zemākas PRA vērtības.

Vidējas PRA vērtības miopijas un hipermetropijas grupas dalībniekiem, ar korekciju proves ietvarā un ar KL korekciju, ir parādītas 3.5. attēlā.



3.5. att. Pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves ar korekciju proves ietvarā un ar kontaktlēcām.

Vidējas PRA vērtības miopijas un hipermetropija grupas dalībniekiem, koriģētajā attālumā un ar KL, ir parādītas 3.6. attēlā.



3.6. att. Pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves koriģētajā attālumā un ar kontaktlēcām.

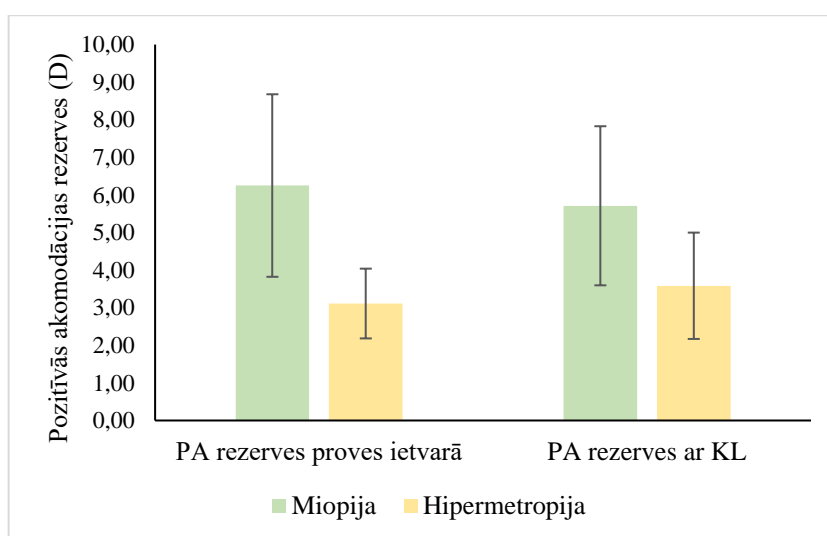
Analizējot PA rezervju mērījumus, kas tika veikti monokulāros stāvokļos labajai un kreisajai acij, vispirms ar Vilkoksona testu, tika pārbaudīts, vai starp labās un kreisās acs rezultātiem ir statistiski nozīmīga atšķirība. Tika noteikts, ka starp labās un kreisās acs datiem nav statistiski nozīmīgas atšķirības ($p > 0,01$), tāpēc turpmāk analīze tiks parādīta tikai par labās acs datiem.

Analizējot datus miopijas grupas dalībniekiem, Frīdmana tests parādīja, ka starp PA rezervju mērījumiem ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju ir statistiski nozīmīga atšķirība $\chi^2(2, N=13)=6,255$, $p < 0,05$ ($p=0,044$). Veicot Vilkoksona testu, lai

salīdzinātu atšķirības starp pāriem, monokulāros apstākļos tika novērota tendence, ka PA rezerves proves ietvarā ($-6,25 \pm 2,43$ D) ir zemākas, nekā PA ar KL ($-5,71 \pm 2,12$ D) ($p=0,056$). Starp PA ar KL ($-5,71 \pm 2,11$ D) un PA koriģētajā attālumā ($-5,86 \pm 2,06$ D) netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,37$), kas parāda, ka arī šajā gadījumā *Coloma et al* (2013) teorētiskais aprēķins pielietojams praksē.

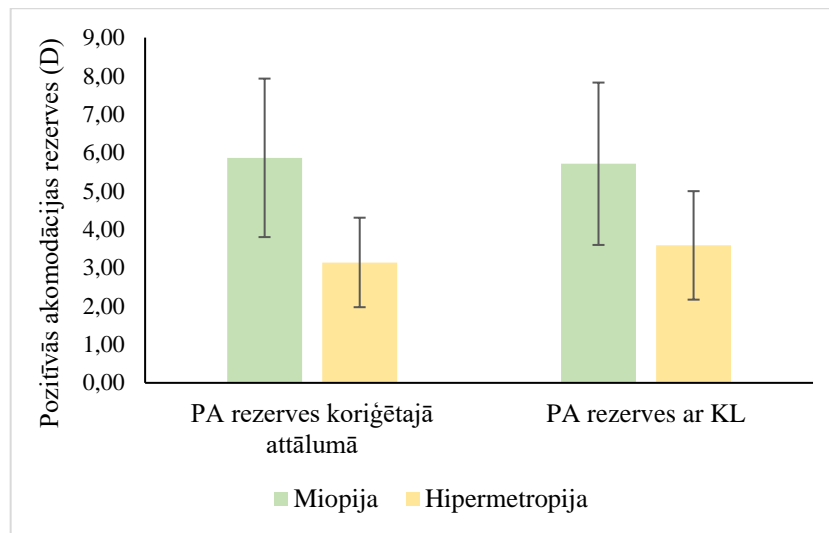
Hipermetropijas grupas dalībniekiem veicot Frīdmana testu, starp PA rezervju mērījumiem ar proves ietvaru, koriģētajā attālumā un ar KL korekciju tika noteikta statistiski nozīmīga atšķirība $\chi^2(2, N=9)=6,750$, $p < 0,05$ ($p = 0,034$). Hipermetropijas grupas dalībniekiem, tika novērots, ka starp PA rezervēm proves ietvarā ($-3,11 \pm 0,93$ D) un PA rezervēm ar KL ($-3,58 \pm 1,41$ D) nav statistiski nozīmīgas atšķirības ($p = 0,147$). Liela iespējamība, ka statistikas rezultātu ietekmēja liela datu izkliede un tas, ka vienam dalībniekam PA rezerves proves ietvarā bija zemākas, nekā PA rezerves ar KL, kas ir pretēji tam, kāda tendence ir vidējām vērtībām (Vilkoksona tests salīdzina mediānas, un šīs faktors, noteikti, ietekmēja mediānas lielumus). Starp PA ar KL ($-3,58 \pm 1,41$ D) un PA koriģētajā attālumā ($-3,14 \pm 1,17$ D) tika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,025$), kas arī nebija sagaidāms. Līdzīgi statistikas rezultāti bija arī binokulārā stāvoklī PRA rezervēm, ko iespējams ietekmēja tas, ka dalībniekiem ar hipermetropiju ir vieglāk akomodēt ar KL korekciju un līdz ar to, tiek iegūtas lielākas PA vērtības.

Vidējas PA rezerves dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju, nomērītas ar korekciju proves ietvarā un ar KL, ir parādītas 3.7. attēlā.



3.7. att. Pozitīvās akomodācijas rezerves ar korekciju proves ietvarā un ar kontaktlēcām.

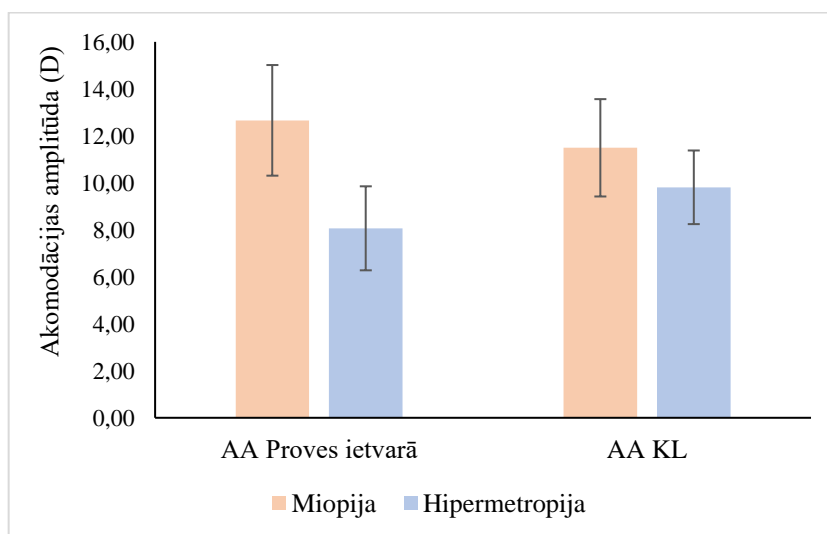
Vidējas PA rezerves dalībniekiem ar miopiju un hipermetropiju nomērītas koriģētajā attālumā un ar KL ir parādītas 3.8. attēlā.



3.8. att. Pozitīvās akomodācijas rezerves koriģētajā attālumā un ar kontaktlēcām.

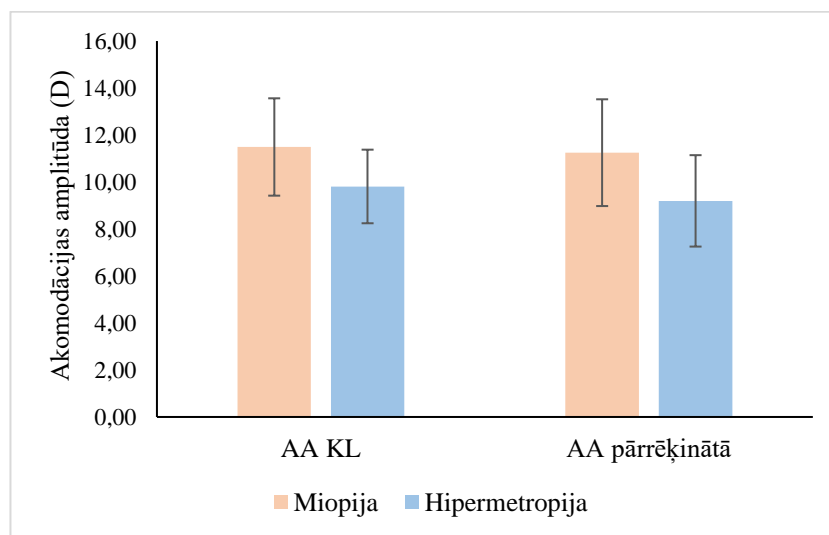
3.3. Akomodācijas amplitūdas mērījumi

Akomodācijas amplitūdas (AA) mērījumi tika veikti monokulāri labajai un kreisajai acij. Pirms veikt analīzi, hipermetropijas un miopijas grupās, sākumā tika salīdzināti dati starp labo un kreiso aci. Vilksona tests uzrādīja, ka starp labās un kreisās acs mērījumiem nav statistiski nozīmīgas atšķirības ($p > 0,05$). Turpmāka analīze tiks aprakstīta tikai par labās acs datiem. Miopijas grupā salīdzinot AA mērījumus ar korekciju proves ietvarā un ar KL korekciju tika noteikts, ka AA proves ietvarā ($12,66 \pm 2,35$ D) ir par $1,17 \pm 1,54$ D augstāka, nekā AA ar KL korekciju ($11,49 \pm 2,07$ D), kas ir statistiski nozīmīga atšķirība ($p = 0,021$). Hipermetropijas grupā bija pretēji, AA proves ietvarā ($8,06 \pm 1,79$ D) bija par $1,58 \pm 1,72$ D zemāka, nekā AA ar KL korekciju ($9,64 \pm 1,62$ D), un Vilksona tests uzrādīja statistiski nozīmīgu atšķirību ($p = 0,036$). Vidējās AA vērtības miopijas un hipermetropijas grupas dalībniekiem ir parādītas 3.9. attēlā.



3.9. att. Akomodācijas amplitūda ar proves ietvaru un ar KL korekciju.

Izmantojot 2.3 formulu, ko piedāvāja *Coloma et al* (2016) savā teorētiskajā pētījumā, tika aprēķināta $AA_{pārrēķinātā}$. Iegūtās $AA_{pārrēķinātā}$ vērtības tika salīdzinātas, ar AA ar KL. Statistiskā analīze tika veikta ar Vilkoksona testu labajai acij. Miopijas gadījumā, tika noteikts, ka starp $AA_{pārrēķinātā}$ ($11,25 \pm 2,27$ D) un AA ar KL ($11,49 \pm 2,07$ D) vidējām vērtībām, nav statistiski nozīmīgas atšķirības ($p=0,421$), kas nozīmē, ka *Coloma et al* (2016) piedāvātais aprēķins, strādā, un to var izmantot praksē. Hipermetropijas gadījumā, tika noteikts, ka starp $AA_{pārrēķinātā}$ ($9,20 \pm 1,95$ D) un AA ar KL ($9,81 \pm 1,57$) nav statistiski nozīmīgas atšķirības ($p = 0,260$), kas nozīmē, ka arī hipermetropijas gadījumā, šis aprēķins strādā pareizi. Vidējas $AA_{pārrēķinātā}$ un AA ar KL vērtības miopijas un hipermetropijas grupās ir parādītas 3.10. attēlā.



3.10. att. Akomodācijas amplitūda ar pārrēķinu un ar KL korekciju.

4. DISKUSIJA

Verteks attālumam ir būtiska ietekme uz rezultātiem mērot akomodācijas rezerves un akomodācijas amplitūdu, savukārt, šobrīd veicot šos mērījumus klīniskajā optometrijā, tas nav ņemts vērā. Šis ir pirmais pētījums, kas praktiski parāda verteks attāluma ietekmes nozīmīgumu NRA, PRA, NA, PA rezervju un AA mērījumiem, dalībniekiem ar vidējiem un augstiem refrakcijas defektiem. Verteks attāluma ietekmi var labi redzēt apskatot rezultātus miopijas grupas dalībniekiem. Samazinoties verteks attālumam negatīvās akomodācijas rezerves palielinājās un pozitīvās akomodācijas rezerves samazinājās. Palielinot vai samazinot verteksa attālumu, mainās optiskās sistēmas īpašības. Akomodācijas pieprasījums palielinās, samazinoties verteks attālumam, tikai ja lēcā ir negatīva, vai arī tad, ja lēcas un objekta attāluma absolūtā vērtība būs lielāka par divkāršu pozitīvās briļļu lēcas fokusa attālumu (*Churk-yan*, 1988). Verteks ietekme uz briļļu lēcu stiprumiem ir daudz aprakstīta vairākos rakstos, savukārt, par verteks attāluma ietekmi uz akomodāciju un tuvuma funkcijām ir diezgan grūti atrast plašu informāciju. Tāpēc mūsu pētījums var būt diezgan aktuāls un noderīgs.

Miopijas gadījumā, ļoti labi varēja novērot verteks attāluma ietekmi uz akomodācijas rezervēm, jo ar proves ietvaru, kad mērījumu ietekmēja verteks attālums, tika iegūtas zemākas PRA un PA rezerves, un zemākas NRA un NA rezerves, nekā patiesībā. Tas parāda to, ka turpmāk, būtu jāpievērš šim efektam vairāk uzmanības, jo neievērojot verteks attāluma ietekmi, tiek iegūti nepareizi rezultāti. Lai turpmāk ievērot verteksa attāluma ietekmi uz akomodācijas rezervēm, būtu iesakāms veikt *Coloma et al* (2013) piedāvāto aprēķinu, ar kuru var aprēķināt attālumu, kurā verteks attāluma ietekme būtu kompensēta. Savukārt, hipermetropijas gadījumā netika ievērota tik liela verteks attāluma ietekme uz rezultātiem (tikai dažiem dalībniekiem tas bija novērojams), jo iespējams papildus faktori ietekmēja šos mērījumus, un viens no faktoriem ir tāds, ka uzliekot kontaktlēcas, nav prizmatiskie efekti, kas veidojās proves ietvara lēcās. Miopijas gadījumā mērot PRA arī varēja novērot rezultātus, ko iespējams papildus ietekmē kontaktlēcu optiskās īpašības. *Hunt et al* (2006) veica pētījumu un praksē pierādīja, ka pacienti ar miopiju, ar kontaktlēcām, vairāk akomodē un konvergē, salīdzinot ar briļļu korekciju, un, gluži pretēji, pacienti ar hipermetropiju, ar kontaktlēcām, salīdzinot ar briļļu korekciju, mazāk akomodē un konvergē. Apskatot mūsu rezultātus var redzēt līdzīgu situāciju, ka ar korekciju proves ietvarā miopijas gadījumā tika iegūtas zemākas PRA vērtības, un hipermetropijas gadījumā tika iegūtas augstākas PRA vērtības. Līdzīgi bija arī mērot AA, kur miopijas gadījumā bija augstākas AA vērtības, un hipermetropijas gadījumā zemākas AA vērtības. Tas notiek tāpēc, ka pacientiem ar miopiju, skatoties tuvumā caur proves ietvara lēcām, mīnus lēca nodrošina prizmatisku efektu ar bāzi uz iekšu, kā

rezultātā samazinās vajadzība pēc konverģences. Savukārt, ja tiek uzliktas kontaktlēcas, šis efekts pazūd, tāpēc, pacienti ar miopiju vairāk konverģē. Un otrādi, pacientiem ar hipermetropiju, ar brillēm ir grūtāk konverģēt, jo brillu lēcas nodrošina prizmatisku efektu ar bāzi uz āru, savukārt, uzliekot kontaktlēcas šis efekts pazūd, un hipermetropiem pacientiem ir vieglāk konverģēt (*Hunt et al, 2006*). Mērot PRA rezerves dalībniekiem ar hipermetropiju varēja redzēt, ka PRA rezerves ar KL bija lielākas visiem dalībniekiem, un šādus rezultātus iespējams, ietekmēja, tas, ka cilvēkiem ar hipermetropiju ar KL korekciju ir vieglāk konverģēt un akomodēt. Tāpēc tas, iespējams, ir papildus faktors, kas izraisīja lielākas PRA rezervju vērtības. Salīdzinot ar miopijas grupu PRA rezervju vērtības dalībniekiem ar hipermetropiju bija ievērojami mazākas, nekā dalībniekiem ar miopiju.

Hipermetropijas grupas dalībniekiem iegūtās NRA rezervju vērtības atšķīrās no tā, kas bija sagaidāms, bet ir vairāki faktori, kas iespējams varēja izraisīt tādus rezultātus. Vislielākās NRA rezerves tika iegūtas ar KL korekciju, savukārt, vismazākās NRA rezerves tika iegūta ar korekciju proves ietvarā 40 cm attāluma un koriģētajā attālumā. Analizējot, kāpēc var būt tādi rezultāti, tika novērots, ka pārbaudot dalībnieku redzes asumu, pirms mērījumiem, tālumā pārsvarā visiem dalībniekiem redzes asums ar korekciju proves ietvarā bija par vismaz vienu rindiņu labāks, nekā ar kontaktlēcu korekciju. Tuvumā ar kontaktlēcu korekciju dalībniekiem bija grūti nolasīt pirmo rindu. Plus kontaktlēcām aprēķinātie stiprumi parasti ir lielāki, nekā stiprumi proves ietvarā. Visiem dalībniekiem kontaktlēcu stiprumi bija aprēķināti pēc formulas (2.1.), bet stiprums bieži vien bija noapaļots uz mazāko pusi (protams ievērojot visus apaļošanas likumus). Tas liek aizdomāties, ka varbūt vajadzēja tomēr izmēģināt KL noapaļojot uz lielāko plusu. Tādā veidā, iespējams, dalībnieki varētu dabūt labāko redzes asumu, un līdz ar to arī mazāku NRA rezervju vērtību, jo lielākas NRA rezervju vērtības, visticamāk, norāda uz to, ka nav pilnībā izkoriģēta hipermetropija un vajadzēja likt lielāku plusu. Augstas NRA vērtības hipermetropijas gadījumā, bieži var norādīt vai nu uz latento hipermetropiju vai uz neizkoriģētu hipermetropiju (*Yekta et al, 2017*). Dalībniekiem ar hipermetropiju rezultātus varēja ietekmēt arī tas, ka tiem ir grūtāk izkoriģēt pilno plusu, it īpaši, ja ir latentā hipermetropijas komponente. Kā arī liela plusa kontaktlēcas sākot no +6.00 D var nodrošināt tikai ar soli 0,50 D.

Vēl viens no faktoriem, kas var ietekmēt rezultātus ir tas, ka vairākas reizes sasprindzinot akomodāciju, dalībnieki nogurst un nespēj tik labi izpildīt testu. Vispirms, visi mērījumi tika veikti ar korekciju proves rāmī, kad dalībniekam vēl nebija nogurums acīm, un tikai pēc tam, kad bija izdarīti visi mērījumi ar proves korekciju, tika mērītas akomodācijas rezerves ar KL. Un tieši ar KL, piemēram, NRA rezervēm tika iegūtas vismazākās vērtības. Bet spriest par to, cik liels nogurums bija dalībniekiem ir grūti, jo katram tas ir individuāli, un

atkarīgs arī no tā, kā cilvēks pavadīja dienu. Dažiem no dalībniekiem vispār nebija sarežģītības pildīt testu, bet bija arī tādi kuriem tieši ar PRA rezervēm gāja grūtāk, vajadzēja, kādu laiku, lai nofokusēties un piespiest sevi sasprindzināties, kā arī paši dalībnieki teica, ka acis ir nogurušas.

Apskatot AA rezultātus, ļoti labi varēja novērot verteks attāluma ietekmi gan miopijas, gan hipermetropijas grupas dalībniekiem. Verteks attāluma ietekme bija diezgan ievērojama un vidējas vērtības starp AA ar KL un AA ar proves ietvara korekciju atšķīrās vairāk, nekā par 1,00 D. Šādi rezultāti pārskatāmi parāda, ka verteks attāluma ietekme ir jāņem vērā, un lai to izdarītu būtu iesakāms veikt *Coloma et al* (2016) piedāvāto aprēķinu. Savādāk, piemēram, miopijas gadījumā, var nepamanīt akomodācijas nepietiekamības traucējumu. Otrādāk, hipermetropijas gadījumā, mēdz būt situācijas, kad kļūdains tiks uzstādīta diagnoze, par akomodācijas nepietiekamību.

Veicot mērījumus bija ļoti svarīgi pievērst lielu uzmanību vairākām detaļām, lai mērījumi būtu precīzāki. Vajadzēja visu laiku sekot līdz, kādā attālumā dalībnieks tur tuvuma tabulu, bet praktiski neiespējami bija to izdarīt vienam cilvēkam, jo mainot lēcas proves ietvarā bieži vien dalībnieks neapzināti mainīja testa attālumu. Šī problēma tika risināta tādā veidā, ka pēc katras lēcu nomaiņas attālums tika mērīts atkārtoti, kas aizņēma diezgan daudz laika darot to vairākas reizes. Bet tik un tā, pastāv iespējamība nepamanīt, kad dalībnieks tuvina vai attālina tabulu, vai arī maina tabulas turēšanas leņķi, no tā varēja rasties mērījumu kļūdas. Lai novērst šo kļūdu cēloni un atvieglot mērījumu gaitu, vislabāk būtu, ja blakus ir cilvēks, kurš visu mērīšanas laiku tur mērlenti un seko līdz attālumam, kā arī kontrolē to. Vēl viens ieteikums, kā var atvieglot darbu, ir likt pacientam atbalstīt rokas pret krēsla rokturiem vai pret savu ķermeni, tādā veidā pats pacients labāk kontrolēs attālumu.

Vēl viens kļūdu cēlonis var būt verteks attāluma izmaiņas, ja proves ietvars nav stabils. Veicot mērījumus nestabils proves ietvars slīd nost vai kustinās brīdī, kad tiek mainītas proves lēcas. Lai novērst vai mazināt šo kļūdu iespējamību, var nodrošināt stabilāku proves ietvaru, kā arī visu laiku sekot līdz verteks attālumam, mērot to ar lineālu vai mērlenti.

Pilnīgi salīdzināt iegūtos rezultātus ar *Coloma et al* (2013) pētījumu diemžēl nevar, jo pētījums bija uz teorētiska pamata, kā arī autoriem nav parādīti nekādi piemēri ar aprēķiniem, un nav norādīts kādu verteksa attālumu un kādu stimulu viņi izmantoja. Bet var salīdzināt iegūtos rezultātus praktiski un izmantot līdzīgu principu, kā tika darīts mūsu pētījumā. Lai uzlabotu pētījumu varētu veikt mērījumu dažādiem verteksa attālumiem un veikt atkarībā no tā attāluma pārrēķinus, kas palīdzēs paplašināt rezultātu variācijas un vēl vairāk pārbaudīt teoriju.

Pētījuma rezultātus varēja ietekmēt arī tas, ka bija dalībnieki, kuriem mērot NRA un PRA gāja ļoti viegli, jo ar tuvuma funkcijām viņiem viss bija labi. Savukārt, bija arī dalībnieki, kuriem gāja diezgan grūti, un mērījumu vidū viņi diezgan jūta acu nogurumu, tāpēc veicot PRA mērījumus tika iegūti sliktāki rezultāti. Dalībnieku nogurums varēja pasliktināt rezultātus, bet nogurums varēja liecināt arī par to, ka tiem varēja būt kāds akomodācijas traucējums. Lai risināt šo problēmu, viens no variantiem pēc katras mērīšanas reizes iedot dalībniekam vismaz 5 minūtes atpūsties, vai arī uzliekot kontaktlēcas iedot kādu laiku, ar tām pastaigāt un paskatīties tāluma, vienlaicīgi atputinot acis (bet tas diezgan palielinās mērījumu laiku). Vēl viens no variantiem ir veikt mērījumus jauktā secībā un dažiem dalībniekiem sākt mērījumus, piemēram, ar kontaktlēcām acīs. Kā arī var atlasīt dalībniekus, kuriem ar akomodāciju un tuvuma funkcijām viss būs labi, un nav grūtības strādāt tuvumā.

Darbs ir aktualizējis, ļoti būtisku lietu par to, ka turpmāk, veicot akomodācijas mērījumus būtu jāņem vērā, to, ka vidēju un augstu refrakcijas defektu gadījumos, rezultātus būtiski ietekmē verteks attālums. Tāpēc veicot akomodācijas rezervju un akomodācijas amplitūdas mērījumus klīniskās optometrijas rutīna būtu jāmaina. Būtu rekomendējams veikt aprēķinus, kas ir aprakstīti darbā, lai iegūt pareizus rezultātus, jo īpaši gadījumos, kad ir aizdomas, ka pacientam var būt, kāds akomodācijas vai vergēnces traucējums. Kopumā šīs pētījuma virziens ir jāturpina, jo akomodācijas traucējumu diagnostika ir ļoti svarīga optometrista darba sastāvdaļa, un šobrīd akomodācijas traucējumi ir diezgan bieži sastopama problēma, tāpēc ir ļoti svarīgi precīzi tos diagnosticēt. Mūsu pētījumā tika mērītas NRA, PRA, NA, PA kā arī AA ar push-up metodi, bet turpmāk, izmantojot, šo pašu principu, būtu labi nomērīt papildus arī akomodācijas vieglumu binokulāri un monokulāri.

SECINĀJUMI

1. Dalībniekiem ar vidējas un augstās pakāpes miopiju akomodācijas rezerves proves ietvarā tiek iegūtas būtiski zemākas nekā mērot ar kontaktlēcām (vidējā atšķirība NRA rezervju gadījumā $0,31 \pm 0,21$ D, PRA rezervju gadījumā $0,83 \pm 0,71$ D ($p < 0,01$)).
2. Dalībniekiem ar vidējas un augstas pakāpes hipermetropiju proves ietvarā tiek iegūtas būtiski zemākas NRA, un būtiski augstākas PRA rezerves nekā mērot ar kontaktlēcām (vidējā atšķirība NRA rezervju gadījumā $0,58 \pm 0,39$ D, PRA rezervju gadījumā $0,58 \pm 0,48$ D ($p < 0,05$)).
3. *Coloma et al* (2013) piedāvātais akomodācijas rezervju mērīšanai pārrēķinātais attālums, pietiekoši labi kompensē verteks attāluma radīto ietekmi gan relatīvās, gan absolūtās akomodācijas rezervju mērījumiem dalībniekiem ar miopiju, tomēr nav pielietojams dalībniekiem ar hipermetropiju.
4. Dalībniekiem ar vidējas vai augstas pakāpes redzes refrakcijas defektiem, verteks attālums būtiski ietekmē akomodācijas amplitūdu - miopijas grupā AA proves ietvarā tika nomērīta par $1,17 \pm 1,54$ D augstāka nekā ar KL korekciju ($p = 0,021$), savukārt, hipermetropijas grupā AA proves ietvarā tika nomērīta par $1,58 \pm 1,72$ D zemāka nekā ar KL korekciju ($p = 0,036$).
5. Gan miopijas, gan hipermetropijas gadījumos *Coloma et al* (2016) piedāvātais akomodācijas amplitūdas pārrēķins pielietojams praksē, lai izrēķinātu reālas akomodācijas amplitūdas vērtības, kuras neietekmē verteks attālums.

PATEICĪBA

Vēlos izteikt pateicību savai darba vadītājai Dr.phys., lektorei Karolai Panke par tēmu, ieteikumiem un sniegto palīdzību darba rakstīšanā.

Liels paldies dalībniekiem, kuri atnāca uz eksperimentu un izpildīja visus uzdevumus.

Liels paldies vecākiem un draugiem par morālo atbalstu un palīdzību.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Baker, S., & J., Messini, A., J. (1995). Blurred vision and psychotropics. *Aus J Hosp Pharm*, 25, 8–45.
- Baressi, B. J. (n.d.). (1984). *Ocular Assessment: The Manual of Diagnosis for Office Practice. Accommodation*, 123.
- Borsting, E., Rouse, W.M., Deland, Borsting, E., Rouse, W.M., Deland, N.P., Hovett, S., Kimura, D., Park, M., & Stephens, B. (2003). Association of symptoms and convergence and accommodative insufficiency in school-age children. *Optometry*, 25–34.
- Churk-yan, T. (1988). Effects of lens vertex distance on ocular accommodation demand for reading. 81–85.
- Coloma, P., Dolores, F., Pascual, I., & Camps, V. (2016). Analysis of the calculation of the amplitude of accommodation. *Optik*, 1–19.
- Coloma, P., Pascual, I., Fez, D., & Camps, V. (2013). Study of measurement and calculation of the relative amplitude of accommodation. *Spie Digital Library*, 8785, 1–6.
- Cooper, J.S., Burns, C.R., Cottes, A.S., Daum, K.M., Griffin, J.R., & Scheiman, M.M. (2011). Optometric clinical practice guideline care of the patient with accommodative and vergence dysfunction. 1–107.
- Darko-Takyi, C., Khan, E., & Nirghin, U. (2016). A review of the classification of nonstrabismic binocular vision anomalies. *Research Gate*, 6, 1–7.
- Garcia A, Cacho P, Lara F, & Megias R. (2000). The relation between accommodative facility and general binocular dysfunction. *Ophthalmic Physiol Opt*, 98–104.
- Garcia-Montero, M., Antona, B., Barion A., R., Nieto-Zayas, C., Martínez, I., & Hernández-Verdejo., J.L. (2019). The role of clinical diagnosis criteria on the frequency of accommodative insufficiency. *Int J Ophthalmol*, 647–653.
- Garcia-Munoz, A., Carbonell-Bonete, S., Cantó-Cerdán, M., & Cacho-Martínez, P. (2016). Accommodative and binocular dysfunctions: prevalence in a randomised sample of university students. *Clinical and experimental optometry*, 313–321.
- Garica, A., Cacho, P., & Lara, F. (2002). Evaluating Relative Accommodations in General Binocular Dysfunctions. *Optometry and vision science*, 779–787.
- Gifford, K.L., Gifford, P., Hendicott, P.L., & Schmid, K.L. (2020). Zone of Clear Single Binocular Vision in Myopic Orthokeratology. *Eye Contact Lens*, 82–90.
- Golvebiowski, B., Long, J., Harrison, K., Lee, A., Chidi-Egboka, N., & Asper, L. (2019). Smartphone use and effects on tear film, blinking and binocular vision. *Current Eye Research*, 1–19.

- Goss, A., D. (2015). Accommodation and vergence testing procedures. Indiana university school of optometry.
- Group, C.-A. I. (2019). Effect of Vergence/Accommodative Therapy on Reading in Children with Convergence Insufficiency: A Randomized Clinical Trial. *Optometry Vision Science*, 836–849.
- Hejtmancik, J. F. (2017). Vision. *Conn's Translational Neuroscience*.
- Hoseini-Yazdi, S.H., Yekta, A., Nouri, H., Heravian, J., Ostadimoghaddam, H., & Khabazkhoob, M. (2015). Frequency of Convergence and Accommodative Disorders in a Clinical Population of Mashhad, Iran. *Research Gate*, 22–29.
- Hunt, O. A., Wolffsohn, J.S., & Garcia-Rescua, C. (2006). Ocular motor triad with single vision contact lenses compared to spectacle lenses. *Contact Lens and Anterior Eye*, 239–245.
- Jaiswal, S.J., Asper, L., Long, J., Lee, A., Harrison, K., & Golebiowski, B. (2019). Ocular and visual discomfort associated with smartphones, tablets and computers: what we do and do not know. *Clinical and Experimental Optometry*, 1–15.
- Kang, P., Watt, K., Chau, T., Zhu, J., Evans, B., & Swarbrick, H. (2018). The impact of orthokeratology lens wear on binocular vision and accommodation: A short-term prospective study. *Contactlens Anterior Eye*, 41, 502–506.
- Lara F, Cacho P, Garcia A, & Megias R. General binocular disorders: prevalence in a clinic population. *Ophthalmic Physiol Opt* 2001;21: 70–4.
- Lee, J-W., Cho., H., G., Moon, B-Y., Kim., S-Y., & Yu, D.-S. (2019). Effects of prolonged continuous computer gaming on physical and ocular symptoms and binocular vision functions in young healthy individuals. *PeerJournal*.
- Levin, L., Nilsson, S., Ver Hoeve, J., Kaufman, S., & Albert, A. (2011). Adler's Physiology of the Eye.
- Li, Y., Fu, Y., Wang, K., Liu, Z., Shi, X., & Zhao, M. (2020). Evaluating the myopia progression control efficacy of defocus incorporated multiple segments (DIMS) lenses and Apollo progressive addition spectacle lenses (PALs) in 6- to 12-year-old children: study protocol for a prospective, multicenter, randomized con. *Pubmed*.
- Ma, M-L.M., Long, W., She, Z., Li, W., Chen, X., Xie, L., Scheiman, M., Liu, Y., & Chen, X. (2019). Convergence insufficiency in Chinese high school students. *Clin Exp Optom.*, 102(2), 166–171.
- Nunes, A.F., Monteiro, P.M., Ferreira, F.B. & Nunes, A.S. (2019). Convergence insufficiency and accommodative insufficiency in children. *BMC Ophthalmol*, 19.

- Porcar E., & Martinez-Palomera A. Prevalence of general binocular dysfunctions in a population of university students. *Optometry Vision Science*, 111–3.
- Prerana, S., & Revathy, M. (2018). Persistent Accommodative Spasm. Research Gate, 43–45.
- Schachar, R.A. (2008). Accommodation- presbyopia: mechanism etiology. *Ophthalmic & Physiological Optics*.
- Scheiman, M., & Wick, B. (2008). Clinical management of binocular vision: Heterophoric, accommodative and eye movement disorders.
- Sebag, M., & Meslin, D. (2020). Refraction: vertex distance matters! *Points de Vue*, 1–5.
- Sheppard, A., & Wolffsohn, J. (2018). Digital eye strain: prevalence, measurement and amelioration. *BMJ Open Ophthalmology*, 1–10.
- Shin, H.S., Park, S.C., & Park, C.M. (2009). Relationship between accommodative and vergence dysfunctions and academic achievement for primary school children. *Ophthalmic Physiol Opt*, 24–615.
- Smith, J.L., & Buncis., R.J. (1999). Drugs Which Can Affect near Vision: A Useful List. *American Orthoptic Journal*, 180–190.
- Stark, L.R., & Atchison, D.A. (1994). Subject Instructions and Methods of Target Presentation in Accommodation Research. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*.
- Sweeney, E.L., Seidel, D., Day, M., & Gray, S.L. (2014). Quantifying interactions between accommodation and vergence in a binocularly normal population. *Vision Research*, 105, 121–129.
- Teel, D.F., Bharadwaj, S.R., & Candy, T.R. (2009). Accommodative-Vergence and Vergence-Accommodation Cross-link Gains in Preschoolers. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 50.
- Vesely, P., Hanak, L., & Benesh, P. (2018). Digital Eye Strain in a Population of Young Subjects. *Ceska a Slovenska Oftalmologie*.
- Wajuhian, S. (2018). Normative values for clinical measures used to classify accommodative and vergence anomalies in a sample of high school children in South Africa. *Journal of Optometry*, 143–160.
- Masihuzzaman, M., Dhakal, P., & Gautam, K. (2020). Relationship of Negative, Positive Relative Accommodation and Negative, Positive Fusional Vergence in Ammetropes and Emmetropes in a Young Population of Nepal. *Acta Scientific Ophthalmology*, 3–8.
- Yekta, A., Hashemi, H., Khabazkhoob, M., Ostadimogaddam, H., Ghasemi-moghaddam, S., Jafarzadehpur, E., & Shokrollahzadeh, F. (2017). The distribution of negative and

positive relative accommodation and their relationship with binocular and refractive indices in a young population. *Journal of Current Ophthalmology*, 204–209.

Yekta, A., Hashemi, H., Khabazkhoob, M., Ostadimoghaddam, H., Gashemi-moghaddam, S., Jafarzadehpur, E., & Shokrollahzadeh, F. (2017). The distribution of negative and positive relative accommodation and their relationship with binocular and refractive indices in a young population. *Journal of Current Ophthalmology*, 29, 204–209.

Гусева, Ю., & Денисов, С. (2020). Функциональная анатомия глаза и связанных с ним структур. Белорусский Государственный Медицинский Университет, 1–27.

Maģistra darbs "Relatīvās akomodācijas normu pielāgošana augstas pakāpes redzes refrakcijas defektu gadījumos" izstrādāts LU Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātē.

Ar savu parakstu apliecinu, ka pētījums veikts patstāvīgi, izmantoti tikai tajā norādītie informācijas avoti un iesniegtā noslēguma darba elektroniskā versija atbilst LUIS augšupielādētā darba elektroniskai kopijai.

Autors: Diāna Vasiļenko

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja: lektore, Dr.phys. Karola Panke

Recenzents: profesore, Dr.phys. Gunta Krūmiņa

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā 31.05.2021.

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Inita Šneidere

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījuma komisijas sēdē

_____. prot. Nr. ____.

Komisijas sekretārs: docents Pēteris Cikmačs