

LATVIJAS UNIVERSITĀTES
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**JAUNU PIEAUGUŠO AKOMODĀCIJAS FUNKCIJAS
SAISTĪBĀ AR SUBJEKTĪVAJĀM SŪDZĪBĀM**

MAĢISTRA DARBS

Autors: **Inese Grabovska**

Stud. Apl. Nr. ig06060

Darba vadītājs: Lektore Anda Balgalve, M. Sc

Asoc. profesore Gunta Krūmiņa, Dr. Phys

Rīga 2012

ANOTĀCIJA

Maģistra darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, uz 39 lapām. Tas satur 6 attēlus, 3 tabulas, 1 pielikumu un 33 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: noskaidrot jaunu pieaugušo subjektīvās sūdzības pie tuvuma slodzes un to iespējamo saistību ar akomodācijas funkcijām.

Dalībnieki: jauni pieaugušie, kas vismaz daļu savas dienas pavada saistībā ar tuvuma darbiem, bez izteiktiem akomodācijas traucējumiem, lai spētu novērtēt un analizēt vēl normā esošas atradnes.

Rezultāti un secinājumu: izmantotā aptaujas anketa salīdzinoši ātri sniedz iespēju noskaidrot interesējošos jautājumus saistībā ar tuvuma darbu. Tajā jāpievērš atsevišķi gan kopējam anketā iegūtajam punktu skaitam, gan atsevišķiem jautājumiem. Secināts, ka palielināts anketā iegūto punktu skaits līdz 22 punktiem var būt bez izmaiņām akomodācijas darbībā. Aprēķināts, ka lielākoties pozitīvo relatīvo akomodācijas rezervju mērījumus ierobežo fūzijas rezerves, tomēr praktiski mērījums parasti ir mazāks kā sagaidāms. Tā kā praktiskie pozitīvo relatīvo akomodācijas rezervju mērījumi mēdz pārsniegt teorētiski parēķinātas normas, tas norāda uz supresijas kontroles nepieciešamību mērījuma laikā.

Atslēgvārdi: astenopiskas sūdzības, akomodācijas funkcijas, relatīvās pozitīvas akomodācijas rezerves.

ABSTRACT

Master's thesis has been written in Latvian, on 39 pages. It contains 6 pictures, 3 tables, 1 appendix and 33 references.

Aim: to assess asthenopia in young adults during near work and it's possible correlation with ocular accommodation.

Participants: young adults that spends at least a part of their day working at near. No extreme ocular accommodation dysfunction to be able to assess results theoretically lying within normal limits.

Results and conclusions: The used form gives fast and easy way to clear up necessary questions concerning near work. Special attention needs to be applied to overall score and some individual questions. Concluded that increased score to 22 does not obligatory indicate on ocular accommodation dysfunction. Mostly the findings of positive relative accommodation are limited by fusional vergence, the practical findings are lower than the calculated ones. Sometimes positive relative accommodation findings are higher than the theoretical ones that indicates the necessity of suppression control during testing.

Key words: asthenopia, ocular accommodation, positive relative accommodation.

SATURA RĀDĪTĀJS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS.....	1
IEVADS.....	2
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS.....	3
1.1 Akomodācija.....	3
1.1.1 Akomodācijas aparāts.....	3
1.1.2 Akomodācijas sastāvdaļas.....	3
1.1.3 Akomodācijas atbilde uz stimulu.....	4
1.2 Akomodācijas novērtēšanas metodes.....	8
1.2.1 Negatīvās un pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves (NAR un PAR).....	8
1.2.2 Akomodācijas amplitūda.....	9
1.2.3 Dinamiskā retinoskopija.....	9
1.2.4 Binokulāri krustotais cilindrs.....	11
1.2.5 Akomodācijas vieglums.....	11
1.3 Akomodācijas traucējumi	12
1.3.1 Akomodācijas fokusēšanas mehānisma traucējumi.....	12
1.3.2 Akomodācijas traucējumi, kas tiek saistīti ar datora lietošanu.....	13
1.3.3 Akomodācijas precizitāte, skatoties uz monitoru.....	15
1.3.4 Ortoptiskie vingrinājumi.....	15
1.4 Tuvuma darbs un miopijas attīstība.....	18
1.4.1 Tuvuma darba un akomodācijas traucējumu ietekme uz miopijas attīstību.....	18
1.4.2 Akomodācijas funkcijas, ar kuru palīdzību cenšas novērtēt iespējamo vēlīnās miopijas attīstību.....	18
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA.....	21
2.1. Pētījuma dalībnieki.....	21
2.2. Metodika.....	22
2.3 Aptaujas anketa.....	23
2.4 Iegūtie rezultāti.....	25
2.4.1 Aptaujas anketās iegūtie dati.....	25
2.4.2 Akomodācijas funkcijas.....	27
SECINĀJUMI.....	32
NOBEIGUMS.....	33
PATEICĪBAS.....	34
IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI.....	35

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

NAR – negatīvās relatīvās akomodācijas rezerves

PAR – pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves

NITM – tuvuma darba izraisītā pārejošā miopija

AK/A – akomodatīvā konverģence pret akomodāciju

AA – akomodācijas amplitūda

BAV – binokulārais akomodācijas vieglums

MAV – monokulārais akomodācijas vieglums

NFV – negatīvā fuzionālā vergence

LOM – vēlīni attīstījusies miopija

IEVADS

Mūsdienās ārkārtīgi liela daļa cilvēku proporcionāli lielāko savas darba vai mācību dienas daļu pavada saistībā ar tuvuma darbiem, kas zināmā mērā ir pārbaudījums mūsu redzes sistēmai. Nereti rodas dažādas nespēciskas sūdzības, kas prasa pilnu redzes pārbaudi, ietverot gan refrakcijas noteikšanu, gan smalku binokulāro un akomodācijas funkciju izmeklējumu. Gandrīz visiem praksē lietotajiem testiem ir savas normas, kas nosaka, vai konkrētā funkcija darbojas atbilstoši prasībām, un vai tā var būt par cēloni diskomfortam. Tomēr salīdzinoši bieži, veicot mērījumus, nekādas novirzes no normas netiek konstatētas, un daļu sūdzību mēģina risināt ar pareizas ergonomikas palīdzību.

Šajā darbā uzsvars likts uz cilvēka redzes sistēmas kompleksu uztveri un novērtēšanu. Tā kā testu normās novēro ārkārtīgi lielu variāciju, var secināt, ka redzes sistēma darbojas ļoti individuāli, tomēr izvirzīta hipotēze, ka jāvērtē dažādu atradņu ietekme vienai uz otru nevis individuālais mērījums.

Pētījuma laikā veiktas pilnas redzes pārbaudes ar standarta optometrista praksē pieejamiem testiem un veikta iegūto rezultātu analīze; iegūtie mērījumi analizēti kontekstā ar astenopisko sūdzību aptaujas anketas rezultātiem.

Darba mērķis: noskaidrot jaunu pieaugušo subjektīvās sūdzības pie tuvuma slodzes un to iespējamo saistību ar akomodācijas funkcijām.

Darba uzdevumi:

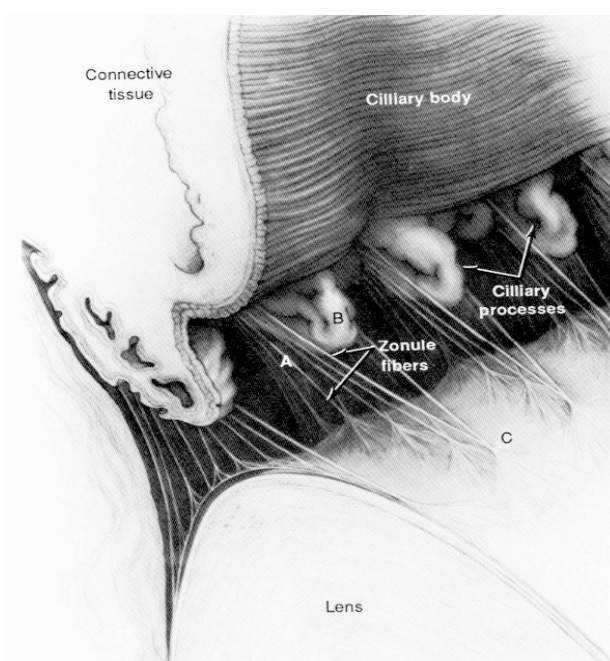
- 1) izveidot/modificēt anketu subjektīvo sūdzību novērtēšanai; izanalizēt anketā iegūtos datus;
- 2) salīdzināt anketā iegūtos datus ar objektīvajām redzes pārbaudē iegūtajām atradnēm;
- 3) salīdzināt teorētiski un praktiski iegūtos rezultātus relatīvajām pozitīvajām akomodācijas rezervēm.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1 Akomodācija

1.1.1 Akomodācijas aparāts

Akomodācija ir attiecināma uz procesu, kad mainās acs optiskais stiprums, lai iegūtu vai noturētu skaidru un safokusētu attēlu uz tīklenes. Akomodācijas aparātu veido ciliārais muskulis (m.ciliaris) ar lēcu (lens cristalina) un palīgmehānismi: stiklveida ķermenis (corpus vitreum), sklēra, Cinna saites (zonulae ciliaris Zinnii) un acs ārējie acu kustību muskuļi [1].



1.1 att. Akomodācijas aparāts [2]

1.1.2 Akomodācijas sastāvdaļas

Refleksa akomodācija [3] ir automātisks pielāgojums refrakcijas prasībām, lai iegūtu un noturētu skaidru attēlu uz tīklenes. Tā ir kā atbilde uz izplūdušu attēlu – kopējā kontrasta un kontrasta gradienta samazināšanos uz tīklenes. Izpaužas salīdzinoši nelieliem apmieglojuma daudzumiem, kas ir līdz aptuveni 2,00 D. Virs šī lieluma nepieciešama brīvprātīgās akomodācijas palīdzība. Refleksa akomodācija ir lielākā un nozīmīgākā akomodācijas komponente gan binokulāros gan monokulāros apstākļos.

Vergences akomodācija darbina neiroloģiskā saikne ar disparitātes jeb fuzionālo vergenci. Šī saikne arī veido pamatu AK/A vērtībai, kas ir aptuveni 0,40 D uz metra leņķi

jauniem pieaugušajiem. Šī ir otrā lielākā akomodācijas komponente.

Proksimālā akomodācija darbojas uztverot esošu vai šķietamu mērķi kā tuvu esošu. To stimulē objekti, kas atrodas vismaz 3 metru attālumā. Atvērtas cilpas gadījumā (nošķirta akomodācijas un vergēnces sistēma) proksimālā akomodācija darbojas ļoti intensīvi, tā var sasniegt pat 80 % no kopējās akomodācijas – kombinējas toniskā un proksimālā akomodācija. Tomēr normālos binokulāros slēgtas cilpas apstākļos akomodācijas un vergēnces sistēmām, vienai otru papildinot ar atgriezeniskajām saitēm, šī komponente kļūst samērā maza – 4 līdz 10 %.

Toniskā akomodācija jeb akomodācijas tumsas fokuss izpaužas, kad nav pieejama apmieglojuma, disparitātes vai vergēnces informācija, kā arī nav nekādas brīvprātīgas akomodācijas vai iemācīti aspekti. Toniskā akomodācija atspoguļo pamata neirālo inervāciju no vidussmadzenēm, atspoguļojot relatīvi stabilu stāvokli. Jauniem pieaugušajiem tās lielums ir vidēji 1,00 D, kas var svārstīties no 0,00 līdz 2,00 D. Toniskā akomodācija var izpausties arī pie monokulārās skatīšanās apstākļiem, kad attēls kļūst ievērojami miglains un nav papildus informācija par objekta tuvumu. Ir teorijas [4], ka labāko komfortu tuvuma darbam iegūst strādājot tumsas fokusa attālumā vai tumsas vergēnces attālumā (vidēji 1 m). Līdz ar to cilvēkiem ar fizioloģiski tālu tumsas fokusu var būt lielākas sūdzības par darbu, kas jāveic salīdzinoši ļoti tuvā attālumā.

Šīs akomodācijas apjoms mainās atkarībā no iepriekšējās akomodācijas darbības. Ja pirms tam veikts darbs tuvumā, toniskās akomodācijas apjoms pieaug. Ja pirms tam cilvēks ilgstoši skatījies tālumā, toniskās akomodācijas apjoms samazinās.

Lai gan šī akomodācijas sastāvdaļa varētu sniegt diezgan daudz informācijas par redzes sistēmas stāvokli, tās noskaidrošana nav tik svarīga kā standarta pārbaudēs iegūtie rezultāti.

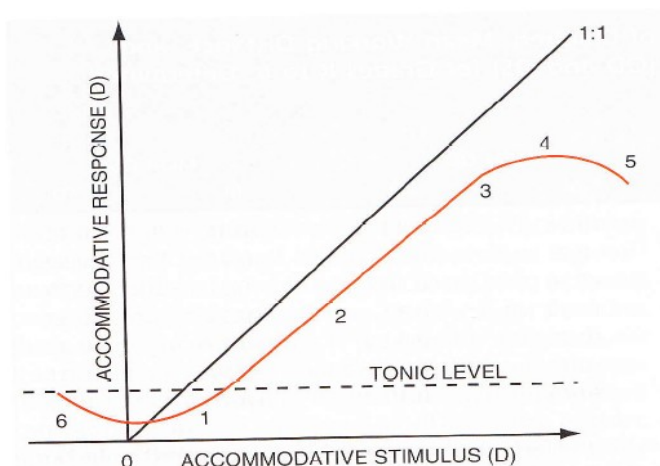
Akomodācijas histerēze [5] ir toniskās akomodācijas izmaiņas, kas parasti rodas pēc intensīva darba noteiktā attālumā. Piemēram, pēc ilgstoša darba tuvumā var rasties pārejoša miopija, kas tiek saukta par pārejošo tuvuma darba izraisīto miopiju jeb NITM (Nearwork Induced Transient Myopia). Šīs miopijas apmērs neatšķiras skatīšanās apstākļiem monokulāros vai binokulāros apstākļos [6], kas nozīmē, ka koverģences atbilde šajā gadījumā nav būtiska.

1.1.3 Akomodācijas atbilde uz stimulu

Kopumā akomodācijas atbildes profilu uz stimulu raksturo funkcija, kuru par iedalīt 6 daļās jeb reģionos, no kuriem viena daļa ir lineāra, piecas daļas ir nelineāras.

Sākotnējā nelineārā zona (1). Lielākoties ietver apgabalu no 0 līdz 1,5 D lielam akomodācijas stimulam, tomēr šī daļas apmērs var mainīties atkarībā no tā, vai ir slēgta vai atvērta akomodācijas cilpa. Akomodācijas stimulam, kas teorētiski ir 0 D, atbilde ir 0,25 līdz 0,33 D. Tādējādi rodas t.s. akomodācijas apsteigšana, ko rada tās pašas akomodācijas darbības īpatnības, kas akomodācijas atpalikšanu. Sistēma pielieto iespēju akomodācijas stāvokli mainīt pēc iespējas mazāk, tikai līdz brīdim, kad iegūts skaidrs attēls. Šajā gadījumā iegūst, ka mērķis atrodas fokusa dziļuma tālākajā malā.

Lineāra manifestā zona (2). Atbilde vidējā reģionā, kad akomodācijas atbilde ir proporcionāla akomodācijas stimuliem, ko rada pieņemta proporcionāli darbīgā neirālā kontrole; proti, sistēmas kļūda ir proporcionāli ieejas stimula lielumam, Lineārās daļas slīpums variē no 0,7 līdz 1,0. Šajā funkcijas daļā var novērot nelielu akomodācijas atpalikšanu fokusa dziļuma ietvaros, kas nodrošina subjektīvi skaidru un augsta kontrasta attēlu uz tīklenes. Papildus akomodācijas darbība būtu nelietderīga.



1.2. att. Akomodācijas atbildes līkne akomodācijas stimulam [2]

Nelineāra pārejas zona (3). Parādās uzreiz pēc augšējās daļas lineārai manifestai zonai. Rodas progresējoši arvien mazākas izmaiņas akomodācijas atbildē (“maigs piesātinājums”). Novēro progresējošu akomodācijas kļūdas pieaugumu, rodas sākotnēji acs lēcas biomehānisko ierobežojumu dēļ, kas parādās pie amplitūdas augšējās robežas neatkarīgi no vecuma.

Nelineāra latentā zona (4). Reģions, kur lielākas prasības pret akomodācijas stimulu nerada papildus izmaiņas akomodācijas atbildē (“ciets piesātinājums”). Šī zona atrodas aptuveni 2,00 D aiz nelineārās pārejas zonas, ar sākotnējo daļu norādot uz akomodācijas amplitūdu. Pilnīgais atbildes trūkums ir lēcas biomehānisko īpašību ierobežojums. Šo zonu

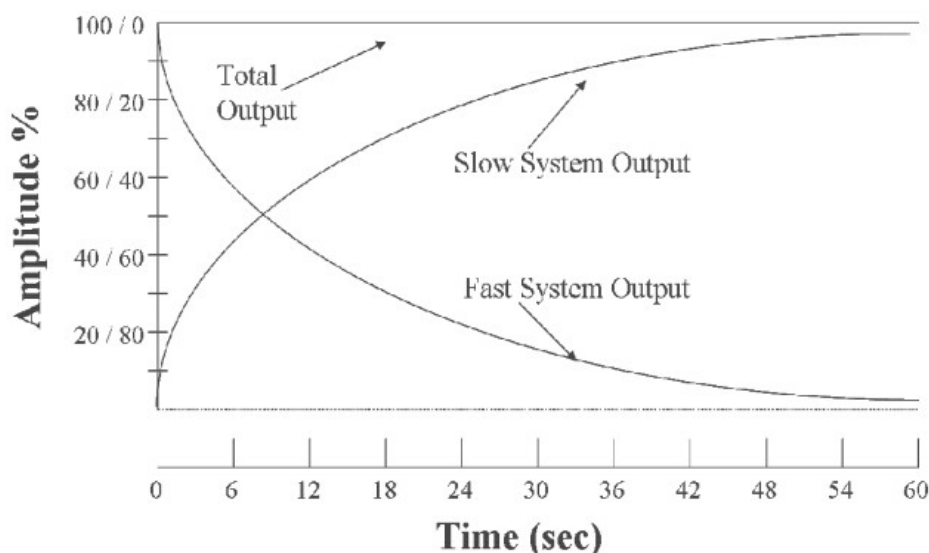
kādreiz sauc arī par “funkcionālo presbiopijas reģionu”.

Miopiska nelineārā defokusa zona (5). Parādās 2,00 D aiz akomodācijas amplitūdas robežām, rodas vēl tālāks nekompensējams tīklenes defokuss. Vēl vairāk samazinoties tīklenes kontrasta gradientuam, samazinās arī stimula efektivitāte. Rezultātā novēro akomodācijas atbildes pavājināšanos, par aptuveni 1,00 D vēršoties toniskās akomodācijas virzienā.

Hipermetropiska nelineārā defokusa zona (6). Tiek iegūta mākslīgos apstākļos ar Badal lēcu sistēmu, jo optiskā stimulācija sniedzas pāri optiskai bezgalībai. Rodas nekompensējama hipermetropiska nelineāra defokusa zona, kas līdzīgi kā miopiskā nelineārā defokusa zona sniedzas toniskās akomodācijas vērtības virzienā, kas ir $\sim 1,00$ D.

Akomodācijas sistēmu galvenokārt darbina uz tīklenes esošs apmieglojums. Fokusa dziļuma ietvaros ir iespējamās kļūdas, kas izpaužas kā akomodācijas atpalikšana. Ja nebūtu šādas neirālās tolerances, motorai sistēmai būtu jāstrādā vispār bez kļūdām.

Akomodācijas sistēmas kontroles mehānismam ir ātrā un lēnā fāze [7]. Ātrā fāze (saukta arī par refleksa jeb fāzisko akomodāciju), ir refleksa atbilde uz neliela apjoma apmieglojumu, bet tam ir maza lietderības pakāpe. Šī iemesla dēļ nemainīgas inervācijas noturēšana ārkārtīgi nogurdina sistēmu. Fāziskā akomodācija atbild par akomodācijas un vergences sistēmas darbību pirmajā sekundē. Lēno fāzi var saukt arī par izmaiņām toniskajā akomodācijā jeb akomodācijas histerēzē. Šim mehānismam ir augsta lietderības pakāpe un laika gaitā noturīgāks efekts, kas daudz mazāk nogurdina sistēmu, bet ir vajadzīgas aptuveni 8 līdz 10 sekundes nemainīgas informācijas plūsmas, lai lēnā fāze pārņemtu ātro fāzi. Lēnajai fāzei vajadzētu būt dinamiskai, tomēr ilgi to noturot vienā stāvoklī, šīs dinamiskās īpašības zūd – novēro pēcefektus.



1.3. att. Akomodācijas lēnās un ātrās fāzes atbildes [7]

Akomodācijas pēcefektus var stimulēt mākslīgi ar papildus pielikto lēcu palīdzību vai netieši caur vergenci ar akomodatīvās vergences palīdzību. Adaptācijas nozīme visticamāk ir atslogot ātrās fāzes darbību un atbalstīt motorās sistēmas atbildi ilgstošākā laika periodā, lai samazinātu sistēmas nogurumu un līdz ar to samazinātu ar to saistītos tuvuma darba izraisītos simptomus. Ātras un lēnās sistēmas atbildes izsauc dažādi mehānismi – ātro sistēmu darbina apmīļojums vai disparitāte uz tīklenes, savukārt lēnās sistēmas atbildi izsauc ātrās sistēmas stimulācija.

Zināms, ka akomodācija un vergence savā starpā ir netieši sasaistītas. Šo sasaisti var noteikt kā KA/K (koverģentā akomodācija pret konverģenci) vērtību, kas norāda uz akomodācijas lielumu, kuru izraisa koverģences darbība, un AK/A (akomodatīvā konverģence pret akomodāciju) vērtību, kas norāda uz vergences sistēmas atbildi, kuru izraisa akomodācijas darbība. Sasaiste ir tieši proporcionāla lēnās jeb fāziskās akomodācijas darbībai un apgriezti proporcionālās lēnai akomodācijas darbībai, līdz ar to KA/K un AK/A ieejas dati tie saņemti no ātrās akomodācijas un vergences komponentēm [8].

Galvenais faktors, kas nosaka AK/A un KA/K lielumu ir relatīvo lēno komponentu mijiedarbība. Piemēram, zema AK/A vērtība norāda, ka akomodācija ir spējīga viegli adaptēties, un zema KA/K vērtība norāda, ka vergences sistēma ir spējīga ļoti viegli pielāgoties. Ja AK/A vērtība ir anormāli augsta, tā dos ļoti spēcīgu impulsu vergences sistēmai, kas var novest pie konverģences ekscesa, un otrādi – ļoti zema AK/A vērtība var novest pie konverģences nepietiekamības [7].

1.2 Akomodācijas novērtēšanas metodes

1.2.1 Negatīvās un pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves (NAR un PAR)

Ar to palīdzību tuvumā novērtē akomodāciju un binokulārās funkcijas. Primārais mērķis ir novērtēt, vai pacientam ir vajadzīgs aditīvs lasīšanai. Prepresbiopiskam pacientam abiem mērījumiem vajadzētu būt aptuveni līdzīgiem ($NRA=+2,50\text{ D}$, $PAR=-2,50\text{ D}$). Ja NAR vērtība ir lielāka par PAR vērtību, iespējams ir nepieciešams aditīvs tuvuma darbiem [9]. Līdzīgi presbiopiem šo metodi var izmantot aditīva precizēšanai. NAR palielinātas vērtības norāda uz nepilnīgi izkorigētu hipermetropiju vai pārkorigētu miopiju (šis tests tiek veikts caur pilno subjektīvo korekciju, kurai vajadzētu izslēgt jebkādu akomodācijas darbību tūlumā). Sagaidāmā NAR vērtība ir $+2,00 \pm 0,50\text{ D}$.

Testa laikā būtu jājautā pacientam ziņot par dubultošanos, jo tests netiešā veidā pārbauda spējas saglabāt fūzijas, izmantojot gan pozitīvo, gan negatīvo fuzionālo vergenci. Zināmā mērā šo pārbaudi var saukt arī par binokulārās sistēmas "stresa testu"[10], jo mainās prasības pret akomodāciju, bet konverģences prasības paliek nemainīgas. Tie nav apstākļi, kuros parasti darbojas redzes sistēma. NAR pārbaudes laikā pacienta acu priekšā tiek liktas pozitīvas lēcas, kas samazina akomodācijas piepūli. Tā kā testa attālums paliek nemainīgs, un nemainās prasības pret konverģenci, bet netiek darbināta akomodatīvā konverģence, tā jāaizvieto ar fuzionālo konverģenci. Tādēļ, ja testā iegūtais rezultāts ir $+2,00\text{ D}$ vai mazāk, jāskatās, vai nav būtiski samazinātas pozitīvās fūziju rezerves.

Samazinātas NAR vērtības var norādīt uz akomodācijas ekscesu, konverģences nepietiekamību vai bāzes eksoforiju; kombinācijā ar pazeminātām PAR var norādīt uz akomodācijas kūtrumu vai fuzionālās vergences disfunkciju.

PAR pārbaudes laikā ar negatīvu lēcu palīdzību tiek stimulēta akomodācija, kas palielina arī akomodatīvās konverģences darbību. Lai izvairītos no pārlietu lielas konverģences atbildes, pacientam jāizmanto negatīvās fūziju rezerves, lai saglabātu vienu un skaidru attēlu. PAR atšķirībā no NAR nav noteikts gala stāvoklis, bet gala stāvokli prespresbiopiskam pacientam nosaka negatīvās fūziju rezerves. PAR būs atkarīgas no pacienta akomodācijas amplitūdas, AK/A vērtībām un negatīvās fuzionālās vergences. Piemēram, ja AK/A attiecība ir 2:1, uz katru 1 D akomodācijas, pacientam jāizmanto 2 pD negatīvās fuzionālās vergences. Sagaidāmā PAR vērtība samazinās, ja palielinās AK/A attiecība. Tā kā mērījuma mērķis ir noteikt, vai abas rezerves ir līdzsvarā, klīnikā nav nepieciešamības noteikt rezervju robežu virs $-2,50\text{ D}$. Sagaidāmā vidējā vērtība ir $-2,37 \pm 1,00\text{ D}$.

Samazinātas PAR vērtības var norādīt uz akomodācijas nepietiekamību, akomodācijas

vājumu, konverģences ekscesu vai bāzes ezoforiju; kombinācijā ar pazeminātām NAR var norādīt uz akomodācijas kūttrumu vai fuzionālās verģences disfunkciju.

1.2.2 Akomodācijas amplitūda

Donders sākotnēji akomodācijas amplitūdu iedalīja 3 daļās: absolūto, binokulāro un relatīvo (NAR un PAR). Absolūto akomodācijas amplitūdu nosaka, zinot tālākā skaidrā redzes punkta (parasti pacients ir pilnībā izkorigēts un PP atrodas bezgalībā) un tuvākā skaidrā redzes punkta atrašanās vietas. Binokulārai akomodācijas amplitūdai šos abus punktus nosaka pie binokulāras fiksācijas.

Standarta gadījumos akomodācijas amplitūdu aprēķina, nosakot tuvāko skaidras redzes punktu monokulāri vadošajai acij pie pilnīgi izkorigētas ametropijas [11]. Tuvāko skaidras redzes punktu var mērīt gan monokulāros, gan binokulāros apstākļos, taču jāreķinās, ka binokulāri šis punkts atradīsies tuvāk, jo iesaistās arī konverģentās akomodācijas daļa. Sagaidāmā atšķirība ir aptuveni 0,5 D. Normas tiek noteiktas pēc Duanes – Hofstetera formulas:

$$AA = 18,5 - \text{vecums [gados]} * 0,3.$$

Minimālā akomodācijas amplitūda ir:

$$AA = 15 - \text{vecums [gados]} / 4$$

Tā kā tuvās distancēs iespējams pieļaut ļoti lielas kļūdas, nosakot akomodācijas amplitūdu, ir modificēts testa variants, kad tuvākais skaidrās redzes punkts tiek noteikts, skatoties caur -4,00 D lēcu. Tādējādi tiek attālināts skaidrās redzes punkts un iespējams iegūt precīzākus mērījumus. Vēl viena problēma saistībā ar “*push-up*” testu ir relatīvais attāluma palielinājums, tādēļ ieteicams mainīt optotipu izmēru 20 un 10 cm attālumā.

Akomodācijas amplitūdu iespējams novērtēt arī ar “-” lēcu palīdzību. Šajā gadījumā var izvairīties no relatīvā attāluma attēla palielinājuma, bet papildus negatīvas lēcas attēlu var samazināt. Tādēļ labāk izvēlēties testa attālumu 33 cm. Šai modifikācijai testa normas ir par aptuveni 2 D mazākas kā noteiktai ar “*push-up*” metodi.

1.2.3 Dinamiskā retinoskopija

Klīnikā visbiežāk izmanto divu veidu retinoskopijas metodes, kas ir Nott un MEM. Nott retinoskopijā ir fiksācijas objekts fiksētā attālumā. Optometrists ar skiaskopu attālinās no objekta līdz līdzkustība pārvēršas par neitralizāciju, tādējādi novērtējot akomodācijas

atpalikšanu. Šīs metodes trūkums ir nespēja novērtēt akomodācijas ekscesu un spazmu kvantitatīvi. Ja fiksācijas objekts tiek turēts 40 cm attālumā, norma ir atvirzīties līdz 17 cm attālumam. Ar MEM metodi fiksācijas objekts un skiaskops atrodas vienā plaknē (skatīt 1.4. attēlu), tiek pieliktas kustību neitralizējošas lēcas acs priekšā. Lēca jāpaspēj pielikt uz ļoti īsu brīdi, lai nepaspētu ietekmēt pacienta akomodāciju. Šī metode ļauj novērtēt arī pārakomodāciju, taču tehniski ir mazliet grūtāk izpildāma.



1.4. att. Aprīkojums MEM retinoskopijas veikšanai [12]

Arī šis akomodācijas mērījums vienlaicīgi ietver binokulārās sistēmas darbības novērtēšanu, kā jau jebkurš tests, kas tiek veikts binokulāros apstākļos. Piemēram, atrodot mazāku “+” vērtību kā paredzēts, iespējama pārakomodācija kā akomodācijas ekscesa izpausme, bet iespējama arī izteikta eksoforija vai samazināta pozitīvā fuzionālā vergences, kad tiek pārmērīgi tiek izmantota akomodatīvā konverģence. Šāds mehānisms nodrošinās binokulāro redzi, bet pārakomodācijas dēļ būs miglaina redze.

Līdzīgi ir ar palielinātu “+” atradni. Tā var norādīt uz akomodācijas atpalikšanu akomodācijas nepieteikamības dēļ, bet var norādīt arī uz augstu ezoforiju vai samazinātu negatīvo fuzionālo vergenci.

Kļūdu var radīt nepiemērota apgaismojuma lietošana, jo mainās akomodācijas atbilde, piemēram, tumsas fokuss. Mērījums jāveic pēc iespējas dabīgākos apstākļos. Norma ir +0,25 D līdz +0,50 D \pm 0,25 D. No normas atšķiras mērījumi, kas ir 0,00 D vai negatīvi un +0,75 D vai lielāki.

1.2.4 Binokulāri krustotais cilindrs

Binokulāri krustotais cilindrs tiek izmantots, lai noteiktu akomodācijas atbildes precizitāti. Tas ir subjektīvs tests, kura laikā papildus esošajai optiskajai korekcijai uzliek $\pm 0,5$ D krustoto cilindru ar negatīvā cilindra asi vertikāli. Par testa objektu izmanto figūru, kas sastāv no smalkām horizontālām un vertikālām līnijām. Krustotais cilindrs rada apstākļus, kuros testa objekta vertikālās līnijas pacients redz ar papildus $-0,5$ D optisko stiprumu, bet horizontālās līnijas ar papildus $+0,5$ D optisko stiprumu. Iegūst iespēju tieši novērtēt akomodācijas reakcijas tendenci uz ekscesīvu vai nepietiekamu darbību. Izmantojot sfēriskas lēcas panāk vienādi skaidras horizontālās un vertikālās līnijas [13]. Lēcas stiprums liecina par akomodācijas kļūdu apjomu. Parasti gan vairāk izvēlas MEM metodi, jo tā ir mazāk subjektīva un tādēļ labāk izmantojama maziem bērniem, ātrāka, un tai ir labāka atkārtojamība. Sagaidāmās normas ir $+0,50 \pm 0,50$ D. Salīdzinot iegūtos rezultātus ar citām metodēm, pētījumi ir pretrunīgi. Tie var būt salīdzināmi ar dinamiskās retinoskopijas datiem [14], bet var arī uzrādīt par vidēji $0,50$ D lielāku akomodācijas atpalikšanu nekā objektīvi novērtētu (līdz ar to iegūtais rezultāts uzrāda ārkārtīgi lielu akomodācijas kļūdu) [15].

1.2.5 Akomodācijas vieglums

Akomodācijas viegluma mērījumi novērtē akomodācijas atbildes dinamiku. Normas ir izstrādātas, balstoties uz jauniem pieaugušajiem. Iespējamās diskusijas par normu piemērošanu maziem bērniem un pieaugušajiem 30 līdz 40 gadu vecumā. Ir piedāvājumi testā izmantojamās lēcas izvēlēties atkarībā no akomodācijas amplitūdas, lai mērījumi būtu objektīvāki un vairāk izmantojami dažādām vecuma grupām. Lai palielinātu testa ticamību maziem bērniem, var izmantot speciālas kartes (*Accommodation Rock Cards*), kad liek nosaukt nofokusēto burtu vai ciparu, tomēr pie šādas testa izpildes arī nepieciešamas citas normas.

Testu var veikt gan monokulāros, gan binokulāros apstākļos. Binokulāri sadarbojas akomodācijas un vergēnces sistēmas, līdz ar to tas nav tikai tīrs akomodācijas viegluma mērījums. Klīnikā tiek ieteikts sākotnēji izmantot binokulāro akomodācijas vieglumu. Ja rezultāts ir normas robežās, abas sistēmas darbojas normāli. Ja ir grūtības testu veikt binokulāros apstākļos, diagnozes uzstādīšanai tests jāveic arī monokulāros apstākļos. Ja iegūtais rezultāts ir samazināts abos gadījumos, ir akomodācijas traucējumi. Ja samazināts ir tikai binokulārais akomodācijas vieglums, traucējumi jāmeklē vergēnces sistēmā.

Binokulāros apstākļos veiktajiem testiem mēdz pievienot supresijas kontroli. Tādā gadījumā nepieciešamas, piemēram, polarizētās brilles. Ikdienas praksē šādas metodes parasti netiek izmantotas.

Normas mēdz atšķirties atkarībā no autora. No biežāk sastopamajām BAV norma ir 6 cikli/minūtē vai vairāk, MAV 10 cikli/minūtē vai vairāk. Normā MAV ir par 2 līdz 3 cikliem lielāks kā BAV.

Atsevišķos gadījumos sastopamas nestandarta akomodācijas funkciju novērtēšanas metodes. Testi ne vienmēr ir sarežģīti, bet problēmas parasti sagādā normu noteikšana. Allen [16] ir novērtējis ļoti dažādas akomodācijas funkcijas, nosakot to saistību ar dažādām refrakcijas grupām. Pētījumā noteikts arī akomodācijas vieglums tālumā. Tests tiek veikts ar -2,00 D lēcu palīdzību, fiksējot uz optotipu ar izmēru 0,7. Var veikt gan monokulāros, gan binokulāros apstākļos, vidējie rezultāti ir attiecīgi aptuveni 17 un 12 cikli/minūtē. Optimetrista kabinetā teorētiski veicams test ir arī NITM (tuvuma darba izraisītā pārejošā miopijas) noteikšana, bet testa rezultāti atkarīgi no attāluma, kurā veikts tuvuma darbs, optotipu izmēra, laika, cik ilgi veikts tuvuma darbs, un citiem faktoriem. Dažādos pētījumos šie faktori parasti atšķiras, kas rada zināmas grūtības salīdzināt dažādus datus.

Ar speciālu aprīkojumu var tikt noteiktas arī reālās akomodācijas atbildes un amplitūdas uz fiksācijas objektiem, akomodācijas atbildes caur *hin-hole*, skatoties uz reāliem objektiem, akomodācijas histerēzes atbildi u.c.

1.3 Akomodācijas traucējumi [17]

1.3.1 Akomodācijas fokusēšanas mehānisma traucējumi

Fokusēšanas mehānisma traucējumi var būt:

- nepietiekama akomodācija – presbiopija (fizioloģiska vai priekšlaicīga), akomodācijas nepietiekamība, akomodācijas vājums (nogurums) un akomodācijas paralīze;
- pārmērīga akomodācija – akomodācijas ekscēss un spazmas;
- grūtības mainīt akomodācijas stāvokli – akomodācijas inertums.

Presbiopija. Etioloģija: fizioloģiskai normālas vecuma pārmaiņas acs lēcā, priekšlaicīgai pārmaiņas lēcā, glaukoma, vāja vispārējā veselība, medikamenti. Parasti sūdzības ir par miglainu redzi, lasot drukātu tekstu, sevišķi sliktā apgaismojumā. Sūdzību parādīšanās laiks atkarīgs no vecuma, refrakcijas stāvokļa, pierastā lasīšanas attāluma un nepieciešamības veikt

darbu tuvā attālumā.

Akomodācijas nepietiekamība. Nav iespējams iegūt akomodācijas amplitūdu pietiekamā mērā, kāda tā būtu sagaidāma, ņemot vērā pacienta refrakcijas stāvokli un vecumu. Etioloģija: dažāda veida medikamenti, vāja vispārējā veselība, ilgstoša slimība, avitaminoze, traumas. Sūdzības ir par miglainu redzi tuvumā apvienojumā ar vispārējām astenopiskām sūdzībām, nopietnos gadījumos novērojamas arī mikropsijas. Šajā gadījumā akomodācijas funkcijas jānovērtē gan monokulāros, gan binokulāros apstākļos.

Akomodācijas nogurums. Ir grūtības noturēt akomodācijas stāvokli, akomodācijas apjoms ir pietiekams, bet ātri nogurst, tādēļ šis stāvoklis atšķiras no akomodācijas nepietiekamības, kas ir patstāvīgāks stāvoklis. Etioloģija: ilgs tuvuma darbs, vāja vispārējā veselība, vispārējs nogurums, medikamenti, histēriskas reakcijas, nekorrigēta refrakcijas kļūda. Pārbaudes laikā sākotnēji tuvuma redzes asums ir labs, bet samazinās ar laiku. Parasti kombinējas ar vāju konverģences darbību, tāpat vājas fūziju rezerves, sevišķi konverģentās.

Akomodācijas paralīze. Pilnīga nespēja akomodēt, jo nedarbojas ciliārais muskulis. Etioloģija: medikamenti, toksīni, traumas, iedzimtība, neiroģēnie faktori. Parasti kombinējas ar eksoforiju tuvumā, iespējams konverģences paralīzi.

Akomodācijas spazmas. Stāvoklis, kad ciliārais muskulis ir kontrahēts un nespēj atslābināties, kas regulāri noved pie pastiprinātas akomodācijas atbildes. Etioloģija: funkcionālie iemesli var būt emocionāla rakstura, nekorrigēta hipermetropija, slodze kompensējot intermitējošu eksotropiju, pārlietu liela slodze vai nogurums; organiskie iemesli ir uzbudinoša rakstura bojājumi, trigeminālas neiralģijas medikamenti, traumas un cikliskas okulomotoras spazmas.

Akomodācijas inertums. Grūtības mainīt akomodācijas stāvokli no viena fiksācijas attāluma uz otru. Etioloģija: vāja vispārējā veselība, nogurums, nevienāda refrakcijas kļūda, ja vienpusēji – iespējams Adie sindroms.

1.3.2 Akomodācijas traucējumi, kas tiek saistīti ar datora lietošanu [9]

Viena no biežākajām datorlietotāju sūdzībām ir saistībā ar redzi. Parasti – diskomforts acu apvidū, nogurums, miglaina redze un galvassāpes. Lielākā daļa simptomu var tikt iedalīti četrās primārajās daļās – saistīti ar refrakcijas stāvokli, binokulārās redzes traucējumi, acu vai sistēmisko veselību un ergonomiku.

Lielākā daļa datorlietotāju sūdzību tieši par vizuāliem traucējumiem parasti ir saistīti ar akomodācijas problēmām. Lai gan arī būtiskas heteroforijas var radīt šāda tipa sūdzības,

diagnozes uzstādīšanai jāvērtē heteroforiju lielums gan tālumā, gan tuvumā [9].

Neadekvāta akomodācijas darbība parasti rada pārejošu miglošanos tuvumā un īslaicīgu miglošanos tālumā pēc ilgstošāka tuvuma darba. Atsevišķos gadījumos tāluma redze palikt miglaina pat vairākas stundas.

Vajadzētu izmantot tiešos fuzionālās vergēnces testus, kas iekļauj soļa, gludas pārejas (parasti iespējams tikai ar foroptera palīdzību) un lēcienveida vergēnces pārbaudi. Tāpat jāiekļauj testi, kas pārbauda fuzionālo vergēnci netiešā veidā. Binokulāri veiktie testi ar negatīvām lēcām novērtē spējas stimulēt akomodāciju un kontrolēt binokulāro acu novietojumu, izmantojot negatīvo fuzionālo vergēnci [NFV] (piemēram, pozitīvās relatīvās akomodācijas rezerves [PAR] un binokulārais akomodācijas vieglums [BAV]). Ja pacientam ir ar datora lietošanu saistītas redzes problēmas, raksturīgi ziņot par miglošanos nevis dubultošanas testa veikšanas laikā.

Samazinātas PAR un BAV vērtības var norādīt uz nespēju stimulēt akomodāciju vai uz samazinātām negatīvajām fūziju rezervēm. Diferenciāldiagnostika ir balstīta uz monokulārā stāvokļa novērtējumu. Var vienkārši aizvērt vienu aci PAR pārbaudes laikā, kad pacients ziņo par miglošanos. Ja miglošanās saglabājas, problēma parasti ir saistīta ar akomodāciju (akomodācijas nepietiekamība vai akomodācijas nogurums). Ja redze noskaidrojas, problēmas ir saistītas ar binokulāro redzi (samazināta NFV). Arī normāls monokulārs akomodācijas vieglums, bet samazināts binokulārais akomodācijas vieglums, norāda uz samazinātu NFV.

Vēl viens noderīgs netiešais NFV tests ir monokulāras dinamiskās retinoskopijas pielietojums (MEM). Atrodot lielāku "+" kā plānots, jāsecina, ka pacients izmanto tik maz akomodācijas, cik iespējams, lai pēc iespējas samazinātu akomodācijas un akomodatīvās konverģences darbību.

Redzes sistēmas traucējumi, kuri būtu jādiferencē viens no otra ir pamata heteroforijas, konverģences nepietiekamība, vergēnces inertums un redzes diskomforts sekundāri dažādiem akomodācijas traucējumiem.

Collier un *Rosenfield* [18] pētīja jaunu cilvēku sūdzības saistībā ar intensīvu, bet salīdzinoši neilgu laika sprīdi pie datora (jālasa teksts ar šriftu Rimes New Roman, kur izmērs ir 8,5 punkti 30 minūtes). Paralēli noteica akomodācijas atpalikšanu un asociētās forijas izmaiņas. Lai gan arī šajā pētījumā iegūtā akomodācijas atpalikšana 1,07 D ir lielāka nekā tai būtu jābūt, skatoties uz objektu 50 cm attālumā, šis stāvoklis nozīmīgi nemainījās atkarībā no pavadītā laika pie ekrāna. Arī fiksācijas disparitāte nozīmīgi nemainījās laika gaitā, tomēr tā nozīmīgi nosaka diskomforta līmeni. Jaunie cilvēki ar asociēto foriju zem 1 pD BIE vai pat

esoforiju izjuta būtiski lielāku diskomfortu lasot salīdzinājumā ar otru grupu, kuras asociētā forija ir lielāka par 1 pD BIE.

Jāsecina, ka diskomforta līmeni neizraisa redzes sistēmas izmaiņas laika gaitā, bet gan tās stāvoklis.

1.3.3 Akomodācijas precizitāte, skatoties uz monitoru

Lai novērtētu akomodācijas atbildi elektroniski iegūtam attēlam var izmantot PRIO sistēmu, kas ir speciāli paredzēta, lai novērtētu redzes sistēmas atbildi elektroniski iegūtai attēla kvalitātei. Atsaucoties uz dinamiskās retinoskopijas datiem, kas norāda uz aptuveni 0,50 D mazāku akomodācijas atbildi noteiktai ar PRIO sistēmas palīdzību, salīdzinot ar standarta drukātu tekstu, Wick un Morse [19] savā pētījumā novērtēja akomodācijas precizitāti ar autorefraktora palīdzību. Rezultātā autori novēroja, ka 4 no 5 pētījuma dalībniekiem akomodē mazāk, skatoties uz monitoru, ja salīdzina ar akomodācijas atbildi standarta drukātam tekstam. Jāpiebilst, ka autori izmantoja vienādus apgaismojuma apstākļus abiem fiksācijas mērķiem, kas praksē mēdz atšķirties. Novērotā atšķirība vidēji ir 0,33 D, kas būtiski palielina akomodācijas atpalikšanu. No pētījuma iegūtais secinājums – lai samazinātu ar datora lietošanu saistītos simptomus, izrakstītais aditīvs jāpalielina par 0,25 līdz 0,50 D, ja tas noteikts ar drukātu testu palīdzību. Pretēji šiem rezultātiem *Penisten* [14] ar kolēģiem parādījis, ka dabīgākos apstākļos dinamiskās retinoskopijas dati īpaši neatšķiras drukātam testam, PRIO sistēmai un VDT ekrānam.

1.3.4 Ortoptiskie vingrinājumi

Ortoptiskie vingrinājumi reti maina heteroforijas lielumu, tomēr tas ir iespējams, ja novērojamas akomodācijas vai konverģences problēmas. Saistībā ar heteroforijām iespējams mainīt gan prizmu vergenci, gan relatīvo akomodāciju, kas var uzlabot foriju kompensēšanas spējas. Prizmu vergences (fuziju rezervju) vingrinājumus var apvienot ar relatīvo akomodācijas rezervju vingrinājumiem. Ezoforiskiem stāvokļiem izmanto prizmas ar bāzi uz iekšu un/vai PAR, eksoforiskiem stāvokļiem - prizmas ar bāzi uz āru un NAR vingrinājumus. Šī vingrinājuma mērķi ir slogot vergences sistēmu, nemainot akomodācijas stāvokli un otrādi. Šādā gadījumā atvieglo akomodācijas – konverģences sasaisti [20].

Ja noteikts konkrēts akomodācijas traucējums, izvēlas nepieciešamo ortoptisko vingrinājumu. Jāņem vērā, ka līdzīgi kā testos, arī vingrinājumi veikti binokulāros apstākļos

trenē ne tikai konkrēto akomodācijas funkciju, bet iesaista arī binokulāro sistēmu. Šī iemesla dēļ lielākā daļa aprakstīto darbību ir paredzēts veikt monokulāros apstākļos.

Akomodācijas amplitūdas un viegluma trenēšanai izmanto Harta tabulas tālumā un tuvumā, vingrinājumu veicot kā “akomodācijas šūpoles”. Pacientiem līdz 20 gadu vecumam terapiju pārtrauc, kad cilvēks spēj brīvi mainīt skata fiksāciju no tāluma uz tuvumu, un otrādi. Pacientiem virs 20 gadu vecuma atkarībā no akomodācija amplitūdas – līdz tuvuma tabula atrodas attālumā, kas atbilst cilvēka $\frac{1}{2}$ akomodācijas amplitūdai. Tāpat var izmantot tabulu atbilstoši pacienta redzes asumam vienā fiksētā attālumā, bet mainīt lēcu stiprumu. Parasti izmanto lēcas intervālā no -6,00 D līdz +2,50 D ar soli 0,25. Vingrinājumu var veikt gan monokulāri, gan binokulāri. Binokulāros apstākļos nepieciešama supresijas kontrole, piemēram, izmantojot vertikāli novietotu prizmu, lai iegūtais attēls dubultotos.

Lai samazinātu akomodācijas kavēšanos un palielinātu akomodatīvās atbildes ātrumu binokulāros apstākļos, izmanto lēcu fliperus intervālā no $\pm 0,50$ D līdz $\pm 2,50$ D, lasāmu tekstu un papildus supresijas kontrolei sarkani zaļās vai polarizētās brilles un filtrus. Lasot tekstu, pēc katras rindiņas tiek apgriezts fliperis, lai mainītu akomodācijas stāvokli. Vingrinājuma mērķis ir iemācīt pacientam saprast, ka viņš spēj vai nu stimulēt vai atslābināt akomodāciju, un iemācīt to darīt apzināti. Ja pacients spēj konsekventi aprakstīt, ka, izmantojot negatīvu lēcu, teksts kļūst mazāks un rodas sajūta, ka tas attālinās vai pietuvinās, nākošais mērķis ir palīdzēt pacientam attīstīt kinestētisko izpratni par akomodāciju - jāiemāca pacientu novērtēt atšķirību starp akomodācijas sasprindzināšanu un atslābināšanu. Līdzīgu metodi izmanto arī monokulāros apstākļos, bet tad vingrinājums paredzēts, lai uzlabotu pacienta spēju sasprindzināt un atslābināt akomodāciju, kā arī iemācīt brīvprātīgi akomodēt. Vingrinājums saucas “lēcu šķirošana”, un galvenais pacienta mērķis ir apzināties, ka viņš spēj gan atslābināt, gan sasprindzināt akomodāciju, kā arī iemācīties to darīt brīvprātīgi.

Tā ka viena no iespējamām norādēm uz miopijas attīstību ir palielināti NITM laiki, *Vesudevan* [21] ar kolēģiem ir trenējis jaunus progresējošus miopus, lai samazinātu noteiktos NITM laikus. Treniņi sevī iekļāva prizmu fliperus, Harta tabulu tālumā un tuvumā, prizmu fliperi. Rezultātā nebija statistiski nozīmīgi mainīti NITM laiki vai miera stāvokļa akomodācija (akomodācijas funkcijas uzlabojās). Šajā pētījumā piedalījās asimptomātiski pacienti, bet arī atsaucoties uz citu pētījumu ar simptomātiskiem subjektiem arī nav bijušas izmaiņas.

Uzskata, ka redzes terapija var palīdzēt nozīmīgi palielinātiem NITM laikiem. Ir 5 procesi, kas var būt iesaistīti treniņu procesā, lai samazinātu NITM laikus:

- 1) NITM var veidoties caur vispārējo biomehānisko histerēzes efektu, kas iesaista acs

lēcū. Ong un Cuiffreda pētījumos ar dažādiem interaktīviem vergēnces un akomodācijas stimuliem noskaidroja, ka visticamāk šis nav noteicošais faktors, proti, NITM izraisa apmieglojuma radītā nevis vergēnces radītā akomodācijas komponente.

2) Tas var veidoties caur apmieglojuma apstrādi uztveres mācīšanās procesā. Tomēr tā kā subjekti nesūdzas par izplūdumu tālumā pēc tuvuma darba, izplūduma klātbūtne apstrādes procesā varētu arī nebūt galvenais faktors, lai gan simptomu neesamība nenozīmē, ka nav apmieglojuma problēmu.

3) Mehānisms var būt neiromuskulārs. Var izvaidoties ciliārā muskuļa spazma pēc ilgstoša tuvuma darba, kas var izpausties kā nespēja muskuļu šķiedrām atslābināties pašām. Tomēr pētījumi rāda, ka muskuļa kontrakcijas veido neurofarmakoloģiski nevis neiromuskulāri ar elektriskā potenciāla izmaiņām.

4) Var izraisīt uz neurofarmokoloģiskiem efektiem balstīts mehānisms, kas iesaista autonomo nervu sistēmu. Pēc ilgstošiem tuvuma darbiem simpātiskās inhibīcijas disfunkcija novestu pie relatīva akomodācijas aktivācijas palielinājuma caur parasimpatisko sistēmu. Šis ir visticamākais NITM izsaucējs.

5) Motorais treniņš varētu būt vēl viens faktors, kas iesaistās uzlabojumos pēc redzes treniņiem. Normāliem asimptomātiskiem subjektiem atkārtoti akomodācijas viegluma treniņu cikli sniegtu ievērojamu motorās mācīšanās efektu. Tas palielinātu izlādes rādītājus akomodācijas un vergēnces neironiem. Rezultātā palielinātos acetilholīna izdalīšanās beta-2 receptoru līmenī, kas stimulētu akomodācijas sistēmu ar lielāku spēku. Lielāka akomodācijas atbilde un ātrāka apmieglojuma apstrāde uzlabotu akomodācijas vieglumu un līdz ar to arī samazinātu potenciāli miopiju izraisošo tīklenes defokusu. Papildus parastimpātiskās nervu sistēmas aktivācija pielāgos simpātiskās nervu sistēmas aktivitāti, veidojot laikā optimālu dinamiskās akomodācijas atbildi.

Kopā visas šīs ar treniņiem saistītās neiroloģiskās un ar to saistītās farmakoloģiskās pārmaiņas izraisīs ātrākas tuvuma- tāluma akomodācijas atbildes. Lai varētu novērot akomodācijas treniņu ietekmi uz miopijas attīstību, pētījumam ir jābūt daudz ilgstošākam.

1.4 Tuvuma darbs un miopijas attīstība

1.4.1 Tuvuma darba un akomodācijas traucējumu ietekme uz miopijas attīstību

Ir 3 jautājumi, kas bieži tiek uzdoti saistībā ar miopijas attīstību: 1) vai miopija attīstās iedzimtības, vides ietekmes vai abu faktoru ietekmē? 2) Ja vides apstākļi ir nozīmīgi, vai ir iespējams identificēt ticamākos fizioloģiskos mehānismus? 3) Ja ir zināmi vides faktori un fizioloģiskie mehānismi, vai iespējams noteikt potenciālās metodes miopijas kontrolei un miopijas attīstības novēršanai?[22]

Miopija galvenokārt tiek iedalīta 2 grupās pēc tās attīstības laika: agrīna miopija, kas attīstījusies pirms 15 gadu vecuma un vēlīna miopija, kas attīstījusies jau pēc 15 gadu vecuma. Abām šīm formām refraktīvo stāvokli var noteikt ģenētiskais stāvoklis, bet lielākoties pētījumi norāda, ka tuvuma darba un apkārtējās vides stāvoklis ir būtisks tieši vēlīnās miopijas attīstībā [23]. Pārsvarā šie pētījumi balstīti uz populācijām, kur liela daļa cilvēku kļuvuši miopi pēc intensīva tuvuma darba uzsākšanas.

1.4.2 Akomodācijas funkcijas, ar kuru palīdzību cenšas novērtēt iespējamo vēlīnās miopijas attīstību

Kā primārie riska faktori vēlīnai miopijas attīstībai tiek uzskatīti [24]:

- tuvuma darbs salīdzinoši ilgu dienas daļu;
- tuvuma darbs relatīvi mazā attālumā;
- augstas AK/A attiecības;
- liela akomodācijas atpalikšana.

Lai gan tiek uzskatīts, ka ilgas darba stundas tuvumā attīsta tuvredzību, šim apgalvojumam ir maz pierādījumu. Tomēr pamatoti var saistīt profesijas un izglītības līmeni ar vēlīno miopiju. Tiek ziņots, ka 40 % zemas pakāpes hipermetropu un emetropu mācību uzsākšanas laikā augstākās izglītības iestādēs kļūst miopi 25 gadu vecumā, kamēr cilvēku vidū bez šādas izglītības <10 % pieaugušā vecumā kļūst miopi. Ja agrīnu miopiju ietekmē ģimenes anamnēze (mātes refrakcijas stāvoklis), tad vēlīnai miopijai tas vairs nav būtiski [24].

Jiang [25] veicis 3 gadus ilgu pētījumu, kura laikā noteica tumsas fokusu (pēc tam, kad tumsā nosēdētas 10 minūtes), tumsas vergenci, AK/A un KA/K un manifesto refrakciju ar 6 mēnešu intervālu. Kā pētījuma dalībnieki ir iekļauti gan emetropi, gan vēlīni attīstījušies

miopi (LOM). Cilvēkiem, kas sāka ar emetropiju, bet attīstījās miopja sākotnēji bija augstākas AK/A vērtības. LOM, kas tādi bija jau pētījuma sākumā, bija augstākas AK/A vērtības un tumsas vergēnces vērtības, zemākas tumsas fokusa vērtības.

Šajā pētījumā nosaka tumsas fokusu un vergenci, jo tiek uzskatīts, ka tumsā parādās fizioloģiskais miera stāvoklis. Vienkāršs pieņēmums – cilvēkam ar attālinātu tumsas fokusu (maza dioptriskā vērtība) ir jāpielieto lielāks okulomotorais sasprindzinājums, lai darbotos tuvumā. Pēc ilgstoša tuvuma darba tumsas fokuss var pietuvināties, un kādu laiku tā arī saglabāties. Šo izmaiņu sauc par akomodācijas adaptāciju jeb akomodācijas histerēzi.

Pētījuma rezultātā noskaidrots, ka zemāks tumsas fokuss parādās pēc miopijas attīstības nevis pirms, tādēļ tāls tumsas fokuss nav riska faktors miopijas attīstībai. Tieši tuvs tumsas fokuss varētu būt riska faktors. Paliek neskaidrs, kādēļ tumsas fokuss attālinās pēc miopijas attīstības. Cilvēkiem ar LOM ir lielāka tumsas vergēnce (vairāk konverģē kā miopi). Augstākas tumsas vergēnces vērtības apvienojumā ar zemām tumsas fokusa vērtībām subjektiem ar LOM varētu būt izraisīt augsts AK/A, kas kombinējas ar zemu akomodācijas adaptācijas spēju un augstu vergēnces adaptācijas spēju.

Culhane un Winn [26] izvirza teoriju – ja tuvuma darbs izraisa miopijas attīstību, jāvar pierādīt, ka akomodācijas atbilde ir atšķirīga dažādām refrakcijas grupām. Līdz ar to pētījumā skatījās, kā atšķiras akomodācijas atbildes laiki stimuliem dažādām refrakcijas grupām. Tā kā cilvēkiem ar vēlīni attīstījušos miopiju toniskas akomodācijas vērtība ir mazāka, koriģētiem LOM tuvumā ir jāpieliek lielākas pūles kā pārējām refrakcijas grupām. Vienlaicīgi zināms, ka ir lielāka akomodācijas atpalikšana, kas izraisa miopisku defokusu un ir riska faktors miopijas attīstībai.

Nosakot skatīšanās attāluma ietekmi uz histerēzi pēc uzdevuma veikšanas, vēlīnās miopijas pacientiem šī ietekme ir jūtāmāka salīdzinājumā ar pārējām refrakcijas grupām. Ilgstošam tuvuma darbam nepieciešams augstākas pakāpes parasimpatiskai inervācijai vajadzētu stimulēt arī inhibējošo simpātisko inervāciju un tādējādi aizkavēt akomodācijas adaptāciju. Tomēr iespējams, ka samazinātās simpātiskās inervācijas inhibīcijas dēļ ir cilvēki, kas ir predisponēti uz akomodācijas adaptāciju. Tas var darboties kā tuvredzības attīstības prekursors.

Allen un O'Leary [16] salīdzinājuši akomodācijas funkcijas dažādām refrakcijas grupām. Noskaidrots, ka lielāka korelācija ir nevis starp dažādām refrakcijas grupām, bet gan grupas ietvaros. Ir korelācija starp atvērtas cilpas akomodācijas mērījumiem, akomodācijas histerēzi,

tuvuma darba izraisīto pārejošo miopiju un pozitīvās akomodācijas atbildes laikiem (negatīvās akomodācijas atbildes laiki būtiski nekorelē). Vidēji miopiem ir būtiski zemākas akomodācijas amplitūdas, zemāka *pin-hole* akomodācija un zemākas tāluma akomodācijas viegluma vērtības salīdzinājumā ar pārējām refrakcijas grupām. Tāpat ir nozīmīga miopijas pakāpes saistība ar akomodācijas amplitūdu, *pin-hole* akomodāciju un binokulāro akomodācijas atpalikšanu.

Vienīgā šajā pētījumā atrastā būtiskā atšķirība starp vēlīniem un agrīniem miopiem ir tuvumā noteiktie monokulārās akomodācijas pozitīvās atbildes laiki, kas LOM grupā ir ilgāki. Autori secina, ka binokulāri noteikta akomodācijas atpalikšana un tuvumā monokulāri noteikts akomodācijas vieglums var tikt izmantoti, lai novērtētu tendenci attīstīties vēlīnai miopijai. Vienīgais lielums, kas korelē gan ar miopijas lielumu, gan ar miopijas progresēšanu ir binokulārā akomodācijas atpalikšana. Tādēļ tuvredzības attīstības bremsēšanai mēdz izmantot papildus “+” lēcas stiprumu tuvumā, kam būtu jāsamazina akomodācijas atpalikšana. Šādas lēcas vismaz īslaicīgi uzliktas (pētījumos nav apskatīta redzes sistēmas adaptācijas iespējas) tiešām samazina akomodācijas atpalikšanu un var pat izraisīt akomodācijas apsteigšanas stāvokli [27].

Pētījumā autori nav atraduši būtisku NITM nozīmi. Izteikts pieņēmums, ka NITM izsauc sūdzības pēc tuvuma darba, jo ir adaptācijas mehānisms samazinātām akomodācijas rezervēm.

Akomodācijas atpalikšanu saistībā ar miopijas attīstību ir pētījis arī *Bernsten* [28] ar kolēģiem. Novērojot bērnus no 1. līdz 8. klasei (tipiski 6-14 gadus veci), salīdzināja akomodācijas atpalikšanu un miopijas attīstību gada laikā. Šajā gadījumā akomodācijas atbildes tika mērītas monokulāri pamatojoties uz literatūras datiem, ka iegūtās atbildes būtiski neatšķiras (binokulāri akomodācijas atpalikšana var būt līdz 0,25 D lielāka). Lai gan ar autora izvēlēto metodi (4-D Badal lēcu stimulu) ir noteiktas ievērojamas akomodācijas atbildes kļūdas – atpalikšana 1.64 ± 0.67 D - tās nevar nevar tikt saistītas ar miopijas progresēšanu. Tā kā šis pētījums atšķirībā no iepriekšējā koncentrējas uz citu vecuma grupu (šajā gadījumā nerunā par vēlīno miopiju), iespējams šī ir viena no raksturīgām atšķirībām starp progresējošu miopiju bērna vecumā un progresējošu vēlīno miopiju.

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Pētījuma dalībnieki

Eksperimentā piedalījās 30 pētījuma dalībnieki, no kuriem 9 bija vīrieši un 21 bija sievietes vecumā no 18 līdz 29 gadiem. Vidējais vecums bija $22,7 \pm 2,5$ gadi. Kopumā apkopotas 48 aizpildītās anketas. Aptaujās vidējais pētījuma dalībnieku vecums bija 21,8 gadi.

Visi pētījuma dalībnieki ir jauni pieaugušie. Viņiem visiem bija netraucētas acu kustības, laba binokulārā redze un stereoredze, nebija nekādu acs priekšējo un mugurējo daļu patoloģiju, kā arī nebija novērojama manifesta šķielēšana.

Šāda vecuma grupa izvēlēta, jo nepieciešama auditorija, kas nav sasniegusi presbiopijas līmeni vai atrodas tuvu tam. Grupai teorētiski jābūt bez izteiktiem akomodācijas traucējumiem, lai spētu novērtēt un analizēt vēl normā esošas atradnes. Vienlaicīgi pētījuma dalībniekiem vismaz daļa dienas mācību vai darba procesā jāpavada pie tuvuma darbiem, lai tie spētu raksturot savas subjektīvās sajūtas.

2.2. Metodika

Pētījuma gaitā veica pilnu redzes pārbaudi visiem pētījuma dalībniekiem, kurā noteica un salīdzināja pētījumam nepieciešamos parametrus.

Vizītes laikā tika veikta pilna redzes pārbaude, kurā noteica pētījuma dalībnieku vispārējās redzes funkcijas:

- vadošā acs tālumā un tuvumā (Dolmana tests);
- subjektīvā refrakcija;
- redzes raksturs tālumā (Vorsa tests), stereoredze tālumā (polarizētais tāluma tests);
- heteroforijas tālumā un tuvumā (Madoksa tests vai prizmu aizklāšanas tests);
- fūzijas rezerves tuvumā;
- pozitīvās un negatīvās relatīvās akomodācijas rezerves;
- akomodācijas amplitūda (monokulāri vadošai acij);
- akomodācijas vieglums binokulāri ar $\pm 2,00$ D lēcu;
- akomodācijas vieglums monokulāri ar $\pm 2,00$ D lēcu;
- akomodācijas atpalikšana ar dinamiskās skiaskopijas palīdzību;
- konverģences tuvuma punkts (KTP) ar “push-up” metodi, ja ir aizdomas par konverģences traucējumiem, papildus izmantota punktu karte;
- modificēts NITM variants. Pētījuma dalībniekam vienu minūti liek lasīt tekstu 40 cm attālumā, kas atbilst redzes asumam 0,7, papildus akomodācijas noslodzei izmantotas -2,00 D lēcas. Pēc vienas minūtes novērtē, cik ātri iespējams atslābināt akomodāciju un turpināt lasīt ar +2,00 D lēcu;
- acu kustības deviņos skata virzienos;
- acs priekšējās un mugurējās struktūras (biomikroskopija un oftalmoskopija);

Visi dati tika pierakstīti izveidotajā pārbaudes kartē. Papildus pētījuma dalībniekiem deva aizpildīt anketu par subjektīvajām sūdzībām tuvuma darba laikā.

2.3 Aptaujas anketa

Lai spētu objektīvāk novērtēt pētījuma dalībnieku subjektīvās sajūtas, veicot tuvuma darbus, bija nepieciešams vai nu izveidot vai izvēlēties jau gatavu aptaujas anketu.

Sākotnēji simptomu un dzīves kvalitātes tipa aptaujas tika veidotas, jo bija nepieciešamas pētījumu veikšanai, lai pēc terapijas spētu uzlabojumus nomērīt kvantitatīvā veidā, jo akomodatīvu un ar šķielēšanu nesaistītu redzes funkcijas traucējumu gadījumos galvenais mērķis ir atvieglot simptomus vai nespēju veikt kādu ar redzi saistītu uzdevumu, piemēram, ļaut saglabāt skaidru redzi lasīšanas laikā. To parasti panāk vai nu ar redzes funkciju izmaiņām pirms un pēc terapijas uzsākšanas vai tieši ar aptauju palīdzību. Ar laiku šādas aptaujas plaši sāka pielietot arī praksē [9].

Vienu no pirmajām simptomu un dzīves kvalitātes aptaujām izveidoja konverģences nepietiekamības terapijas izmēģinājuma pētnieku grupa (*Convergence Insufficiency Treatment Trial* jeb CITT). Konverģences nepietiekamības simptomu karte (*Convergence Insufficiency Symptom Survey* jeb CISS), tā sastāv no 15 jautājumiem un ir uzticams rādītājs gan bērniem [29], gan pieaugušajiem [30] ar labu specifitāti un jutību, ja salīdzina pacientus ar konverģences nepietiekamību un pacientus ar normālu binokulāro redzi. Tomēr CISS anketa patiesībā labi spēj atšķirt simptomātisku konverģences nepietiekamību no asimptomātiskiem stāvokļiem. Augsts punktu skaits nespēj uzstādīt diagnozi, vienmēr jāskatās arī akomodācijas un vergences funkciju darbība. Šo anketu savā pētījumā neizmantoju, jo lielākā daļa jautājumu diezgan specifiski veidot, lai norādītu uz vergences sistēmas darbības traucējumiem.

Līdzīgs ir Redzes attīstības optometristu koledžas dzīves kvalitātes novērtējums (*College of Optometrists in Vision Development of Life Outcomes Assessment* jeb COVD-QOL). Šai anketai ir 2 varianti – garā versija satur 30 jautājumus, īsā versija 19 jautājumus. Garo versiju praksē reti kad izmanto, jo no pacienta puses tā tiek uztverta kā pārāk gara un laikietilpīga. Jautājumi galvenokārt ir balstīti uz problēmām saistībā ar lasīšanu. Savā pētījumā neizmantoju šo tabulu, jo liela daļa jautājumu balstīti tiešu uz lasīšanas problēmām un rakstīšanu, bet liela daļa mērķauditorijas šādas darbības veic salīdzinoši retāk kā darbu pie datora.

Pētījumā izmantotā *Scheiman* [30] aptauja (autors modificējis Cooper (1983) sākotnējo variantu) izvēlēta, jo tā, manuprāt, vairāk orientēta uz subjektīvajām sajūtām un to noformulēšanu, kas rodas tuvuma darba laikā. Anketā (skatīt 1. pielikumu) ietverti visi astoņi oriģinālie *Scheiman* jautājumi, kam pievienoti papildus divi jautājumi, no kuriem viens ir

paredzēts, lai vispārīgi noskaidrotu laika posmu, kas vidēji dienā tiek pavadīts pie tuvuma darbiem. Otrs ir atvērta tipa jautājums par iespējamām citām subjektīvajām sūdzībām, kuras pētījuma dalībnieks ir novērojis, bet neparādās uzdotajos jautājumos. Atbildes uz pirmajiem astoņiem jautājumiem veido punktu summu, kas tik izmantota subjektīvo sūdzību novērtēšanai. Kopumā par katru jautājumu var iegūt vienu līdz piecus punktus, kas nozīmē, ka iegūtais rezultāts ir robežās no 8 līdz 40.

2.4 Iegūtie rezultāti

2.4.1 Aptaujas anketās iegūtie dati

Kopumā tika analizētas 48 anketas. Galvenā uzmanība pievērsta sekojošiem rezultātiem:

– atsevišķi atbilde uz pirmo jautājumu par maksimāli iespējamo laiku bez pārtraukumiem, ko iespējams pavadīt pie tuvuma darbiem;

– kopējais aptaujā iegūto punktu skaits (skaitīts 1. līdz 8. jautājumam);

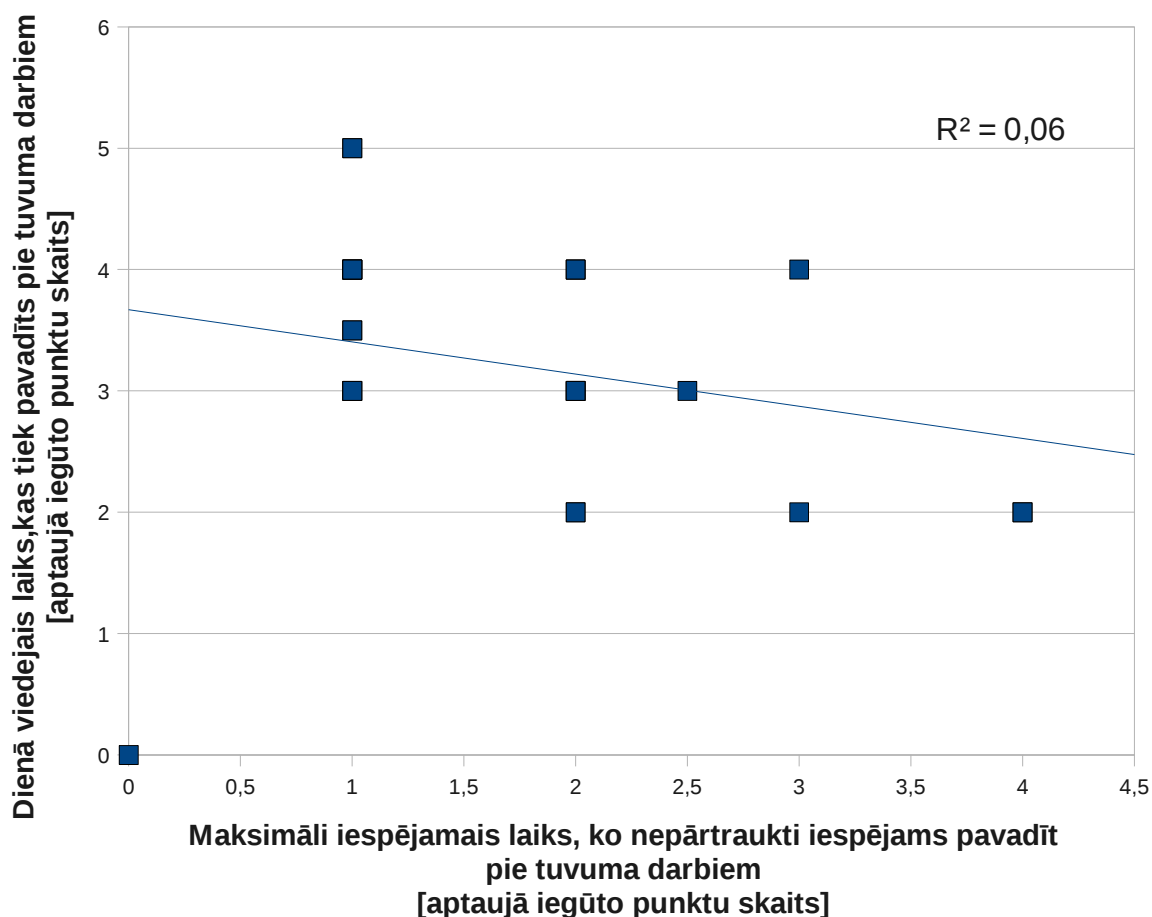
– vidēji dienā pavadītais laiks stundās pie tuvuma darbiem (9. jautājums);

– atklātā tipa jautājums par papildus sūdzībām, kas nav minētas iepriekšējos jautājumos (10.jautājums).

Kopumā iegūtais punktu skaits vidēji ir $13,8 \pm 2,5$. Minimālā vērtība ir 10, bet maksimālā vērtība 22 punkti.

Lai pārbaudītu hipotēzi, ka vairāk subjektīvo sūdzību ir cilvēkiem, kas salīdzinoši ilgāku laiku strādā tuvumā, salīdzina aptaujā iegūto kopējo punktu skaitu ar vidēji dienā pavadīto laiku pie tuvuma darbiem (iegūto punktu skaitu aptaujā). Šajā gadījumā korelācijas koeficients ir 0,21, kas norāda uz vāju pozitīvu korelāciju, bet šajā gadījumā koeficients nav ticams. Koeficienta modulis ir mazāks par kritisko vērtību, kādai jābūt, lai pie dotā mērījumu skaita varētu izdarīt secinājumu par korelācijas virzienu un ciešumu [32]. Lai varētu runāt par ticamu korelācijas koeficientu 95 % gadījumu, tam vajadzētu būt 0,28 vai augstākam. Tātad pēc iegūtajiem aptaujas rezultātiem nevar pierādīt, ka vairāk subjektīvo sūdzību ir cilvēkiem, kas vairāk laika strādā tuvumā.

Tā kā ir liela daļa cilvēku, kas norāda, ka viņiem sūdzības neparādās, jo tās netiek sagaidītas – jau laicīgi tuvuma darbs tiek pārtraukts. Arī pētījuma dalībnieki aptaujās atzīmē, ka iespējams iegūst ļoti mazu kopējo punktu skaitu, jo, nespēdami ilgstoši koncentrēties uz lasīšanu vai rakstīšanu, šo nodarbi ļoti ātri pārtrauc. Līdz ar to salīdzināts pirmajā jautājumā iegūto punktu skaits (jautājums par maksimāli iespējamo laiku, ko iespējams pavadīt pie tuvuma darbiem) un dienā pavadāmo stundu skaitu, strādājot tuvumā. Iegūts korelācijas koeficients -0,60. Šajā gadījumā tas ir būtiski lielāks par kritisko vērtību, kas nozīmē, ka novērojama vidēji cieša negatīva korelācija. Var apgalvot, ka pētījuma dalībnieki, kas nav spējīgi pavadīt nepārtraukti ilgstošu laiku pie tuvuma slodzēm vidēji dienā pavada salīdzinoši mazāk laikā kā tie pētījuma dalībnieki, kam šādu problēmu nav.



2.1 att. Vidējais laiks dienā, ko pavada pie tuvuma darbiem atkarībā no maksimāli iespējamā laika, ko iespējams pavadīt pie tuvuma darbiem bez pārtraukumiem

No iepriekšējiem abiem salīdzinājumiem rodas jautājums - vai cilvēki, kas nav spējīgi pavadīt bez pārtraukumiem ilgstošu laiku pie tuvuma slodzes iegūst kopumā lielāku punktu skaitu aptaujā. Šajā gadījumā korelācijas koeficients ir 0,20, kas tāpat kā jau iepriekš norāda uz vāju pozitīvu korelāciju, un arī šajā gadījumā koeficients nav ticams. Koeficienta modulis ir mazāks par kritisko vērtību, un nevar runāt par ticamu korelācijas koeficientu 95 % gadījumā. Tāpēc nevar apgalvot, ka aptaujā lielāku punktu skaitu iegūst cilvēki, kam jau pēc ļoti īsa laika posma sajūt subjektīvās sūdzības. Šis ir skaidrojams ar tikko apstiprināto faktu, ka šādi cilvēki daudz mazāk laika velta konkrētā tipa nodarbēm un acīmredzot pārtrauc jebkādas diskomfortu izraisošas darbības vai maksimāli no tām izvairās.

Brīvās izvēles jautājumā nav iegūta man īpaši nozīmīga informācija, jo atbildes lielākoties saistītas ar diskomfortu, kas rodas ļoti ilgstoši strādājot pie datora. Lielākoties tās ir raksturīgas sūdzības, kas rodas saistībā ar nepareizu ergonomiku un acu sausumu vai graušanu, kas rodas retas mirkšķināšanas rezultātā. Otra lielākā sūdzību grupa saistīta ar ar ārkārtīgi lielām slodzēm, kas var rasties, piemēram, studentiem sesijas laikā, kad praktiski bez pārtraukumiem tik pavadītas ilgas stundas pie mācību vai kādiem citiem lasāmiem materiāliem kombinācijā ar fizisko pārgurumu.

Daži pētījuma dalībnieki savās anketās atzīmē, ka lielāko problēmu saistībā ar tuvuma darbiem rada tieši nespēja ilgstoši koncentrēties veicamajam uzdevumam. Šī iemesla dēļ viņi maksimāli izvairās no tuvuma darbiem.

2.4.2 Akomodācijas funkcijas

Vidēji monokulāri vadošai acij ar “push-up” metodi noteiktā akomodācijas amplitūda pētījuma dalībniekiem ir $10,4 \pm 1,7$ D robežās no 7,7 līdz 13,3 D, kas aptuveni atbilst sagaidāmajam rezultātam, jo mērījumi veikti salīdzinoši jauniem cilvēkiem. Tā kā nevienam no pētījuma dalībniekiem līdz šim nebija konstatēti būtiski akomodācijas traucējumi, akomodācijas amplitūdai vajadzētu atbilst vecuma normām.

Ja akomodācijas amplitūda būtu vienīgais ierobežojošais faktors, tad šajā gadījumā būtu jāiegūst relatīvās pozitīvās akomodācijas rezerves vidēji $7,9 \pm 1,7$ D robežās no 5,2 līdz 10,8 D. Šie rezultāti ir par 2,5 D mazāki kā AA, jo mērījums tiek veikts 40 cm attālumā, kas par minēto lielumu samazina sagaidāmo rezultātu. PAR mērījumu otrs ierobežotājs ir negatīvās fūzijas rezerves.

Reāli iegūtos rezultātus iespējams salīdzināt ar teorētiski aprēķinātajiem rezultātiem. Teorētiski iegūstamo rezultātu aprēķina:

1) no noteiktās AA atņem darba attālumu. Šāds aprēķins parāda, cik liela rezerve vēl paliek tieši no akomodācijas puses;

2) aprēķina AK/A vērtību pēc gradienta metodes. Gradienta metodei novērtē foriju izmaiņas fiksētā attālumā (parasti 33 vai 40 cm attālumā), tiek mainīts pieliktās lēcas stiprums. Pēc iegūtajiem datiem nav iespējams izmantot aprēķinu metodi, kas AK/A aprēķiniem izmanto foriju lielumu tālumā un tuvumā. Šī metode vairāk parāda tendenci dabīgos apstākļos, bet tests tiek veikts salīdzinoši nedabīgos apstākļos. 2.1 tabulā var redzēt AK/A vērtības pēc abām metodēm.

	AK/A pēc aprēķinu metodes	AK/A pēc gradienta metodes
Vidējās vērtības	4,81	2,34
Standartnovirze	1,20	1,12

2.1 tabula. AK/A vērtību salīdzinājums atkarībā no novērtēšanas metodes

3) izdala negatīvās fūzijas rezerves tuvumā ar AK/A lielumu. Tā kā AK/A lielums parāda konverģences/diverģences prasības, papildus pieliekot pozitīvu vai negatīvu lēcu, šis aprēķins parādīs, cik liels ir iespējamais maksimālais negatīvās lēcas stiprums, saglabājot binokularitāti;

4) salīdzina, kurš no abiem lielumiem ir mazāks – akomodācijas vai fūzijas rezervju faktors. Mazākais no abiem būs ierobežotājs.

Rezultātā iegūts, ka 27 % gadījumu (7 no 30 pētījuma dalībniekiem) ierobežojošais faktors ir akomodācijas amplitūda. Tas novērojams vēl normā esošu, bet salīdzinājumā nelielu fūzijas rezervju dēļ.

73 % gadījumu (23 no 30 pētījuma dalībniekiem) ierobežojošais faktors ir fūzijas rezerves. Jāpiebilst, ka 5 gadījumos tika pārsniegtas sagaidāmās normas, visām ierobežojošais faktors bijis fūzijas rezerves, kas visticamāk nozīmē, ka aptuveni 17 % cilvēku nejūt vienas acs supresiju pārbaudes laikā. Lai izslēgtu šādus viltus augstus rezultātus, nepieciešama supresijas kontrole, ko var panākt vai nu ar sarkani-zaļo vai polarizēto filtru palīdzību, kas radītu katrai acij mazliet atšķirīgu attēlu. Vienā gadījumā (nav ieskaitīts šajos nepamanītajos gadījumos) pētījuma dalībnieks PAR pārbaudes vidū pie lēcu maiņas atzīmēja: “Nezinu kāpēc, bet man pēkšņi radās sajūta, ka skatos ar vienu aci.” Vēlāk pārrēķinot iegūts, ka tas noticis precīzi tajā vietā, kur pēc aprēķiniem pārstājušas darboties fūzijas rezerves. Acīmredzot dubultošanas lielākā daļa cilvēku šādā brīdī nesajūt.

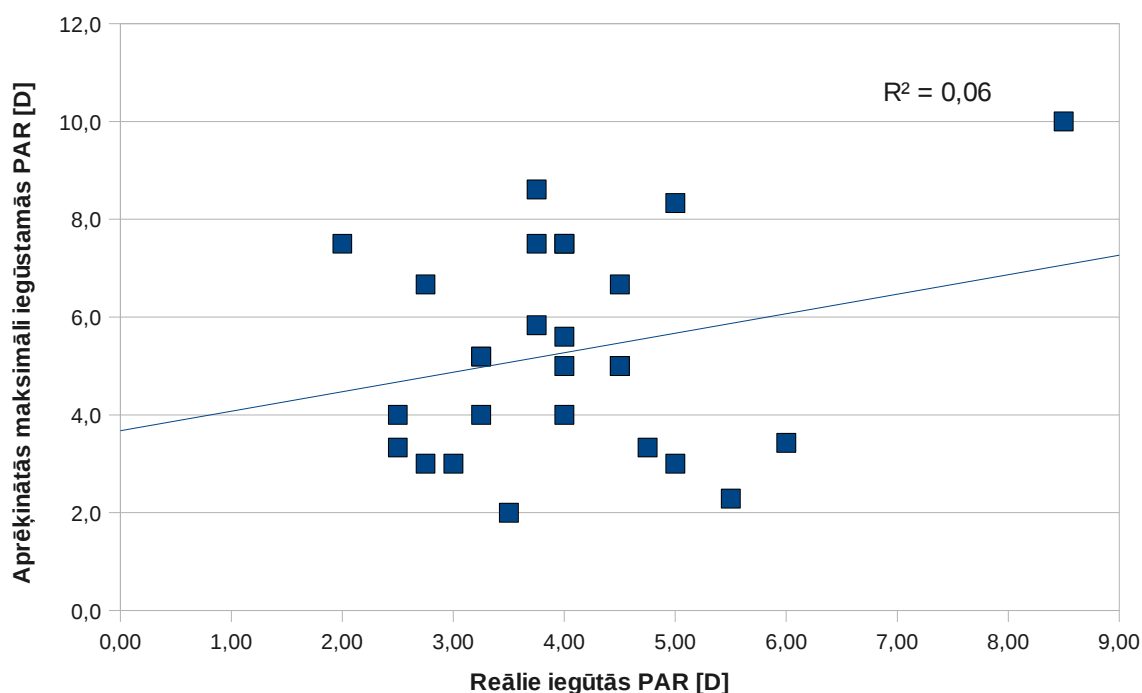
Reāli iegūtās PAR vērtības ir $3,57 \pm 1,02$ D robežās no 2 līdz 8,5 D, bet aprēķinātās ir $5,28 \pm 2,13$ D robežās no 2 līdz 10 D (skatīt 2.2 tabulu).

	Reālie iegūtās PAR vērtības	Aprēķinātās PAR maksimālās vērtības	Starpība
Vidējā vērtība	3,57	5,28	1,71
Standartnovirze	1,02	2,13	
Minimālā vērtība	2	2	
Maksimālā vērtība	8,5	10	

2.2 tabula. Reāli iegūtās un aprēķinātās PAR vērtības

Izmantojot statistiskās metodes *F-Test Two-Sample for Variances* un *t-Test: Two-Sample Assuming Equal Variances*, noskaidrots, ka abas grupas ir statistiski būtiski atšķirīgas ($p < 0,01$). Tātad reāli dzīvē lielākoties neiegūst maksimālo iespējamo rezultātu.

Ja aprēķinos neiekļauj pētījuma dalībniekus, kas pārsnieguši normā iespējamus mērījumus Vidēji iegūst 69 % no maksimālās vērtības robežās no 27 līdz 100 %.



2.2. att. Reāli iegūtie PAR mērījumi atkarībā no aprēķinātajām PAR vērtībām

2.2 attēlā var apskatīt sakarības starp reālie iegūtajām un aprēķinātajām vērtībām. Ir ļoti vāja pozitīva korelācija starp abiem lielumiem, bet šis lielums nav statistiski ticams. Tomēr attēlslabi atspoguļo lielās variācijas, kādas iespējamās dažādiem cilvēkiem. Tas visticamāk ir viens no iemesliem, kādēļ klīniski neuzskata, ka ir lietderīgi veikt mērījumus virs -2,50 D. Ja ir salīdzinoši nelielas fūzijas rezerves un salīdzinoši augstāka AK/A vērtība (tomēr abām vēl saglabājoties normas robežās), redzams, ka pat teorētiski aprēķinātie lielumi sasniedz tikai -2,00 D. Pretēji – ja ir ļoti lielas fūzijas rezerves un AK/A vērtība nav palielināta, var iegūt teorētiski ļoti lielas vērtības. No pētījuma dalībniekiem var novērot gadījumu, kad aprēķinātā PAR vērtība sasniedz 10 D, bet reāli iegūtā ir ļoti tuvu – 8,50 D.

Jāatzīst, ka galējos rezultātus brīžiem ir grūti precīzi novērtēt, jo akomodācijas amplitūda tiek novērtēta ar "push-up" metodi, kas labi darbojas lasīšanas attālumā un mazliet tuvāk, bet jauniem pieaugušajiem, kam ir lielas akomodācijas rezerves un līdz ar to tuvākais skaidrās redzes punkts atrodas ļoti tuvu, mērījuma gaitā iespējams pieļaut ļoti lielas kļūdas. Vienlaicīgi tuvā attāluma dēļ palielinās burtu leņķiskais izmērs, kas nozīmē mazāku iespēju pamanīt teksta miglošanos. Arī viena centimetra kļūdaina novērtēšana vienā vai otrā virzienā var dot pat 1 D lielu kļūdu.

Akomodācijas atpalikšanu novērtēja gan ar Nott, gan MEM retinoskopijas palīdzību. Nott retinoskopijā iegūtā attāluma atšķirība starp fiksācijas objektu, kas turēts 40 cm attālumā, un refleksa neitralizācijas plakni pārveidota dioptrijās un noapaļota, lai solis būtu 0,25 D. Tādējādi iegūtie rezultāti Nott un MEM retinoskopijā ir vieglāk salīdzinām un gandrīz neatšķiras. Vidēji iegūtā vērtība ir $0,58 \pm 0,15$ D robežās no 0,25 līdz 1,00 D (sagaidāmās normas ir no 0,50 līdz 0,75 D). Ārpus normas ir 3 rezultāti – 2 gadījumos akomodācijas atbilde ir 0,25 D, bet vienā gadījumā 1,00 D. Tā kā šajos mērījumos nav tik liela rezultātu variācija, statistisko analīzi neveic.

NITM mērījumi veikti, lai novērtētu akomodācijas atgriešanos normālā stāvoklī pēc ilgstošākas redzes slodzes. Lai gan tie nav dabīgi apstākļi, kādos veikts mērījums, ilgstoša nespēja atslābināt akomodāciju varētu norādīt uz īslaicīgu miglošanos tālumā (jautājums par tēmu iekļauts arī anketā kā 7. jautājums). Dabīgākos apstākļos NITM var mērīt, nosakot izmaiņas kontrastjutībā, akomodācijas tuvuma punkta mērījumos, refrakcijas mērījumos, izmantojot autorefraktometru un redzes asuma izmaiņas. Tā kā samazinās dinamiskās akomodācijas lielums, tas var traucēt redzes aktivitātei pēc darba [33].

Izmantojot jau metodikas daļa pieminēto metodi, kad tiek lasīts teksts minūti caur -2,00 D lēcām, kas 45 cm attālumā rada 4,0 D lielu akomodācijas slodzi, bet +2,00 D lēcas savukārt liek akomodāciju gandrīz pilnībā atslābināt, iegūtas vidēji $7,0 \pm 3,6$ sekundes robežās no 3 līdz 15 sekundēm. Iegūtie rezultāti vismaz ar šajā darbā lietotajam metodēm neatspoguļo saistību starp NITM laiku un iegūto punktu skaitu aptaujā. Piemēram, pētījuma dalībnieks, kas 7. jautājumā ieguvis 4 punktus, var lasīt tekstu jau pēc 3 sekundēm, taču pētījuma dalībnieks, kas varēja turpināt lasīt tekstu tikai pēc 15 sekundēm, vispār nejūt pārejošu miglošanos tālumā.

	Binokulāri	Monokulāri OD	Monokulāri OS
Vidējā vērtība	7,53	8,57	9,03
Standartnovirze	3,15	3,56	3,28

2.3 tabula. Iegūtie akomodācijas viegluma rezultāti

Akomodācijas viegluma iegūtās vērtības var apskatīt 2.3 tabulā. Vidējā vērtība ir $7,53 \pm 3,15$ cikli minūtē robežās no 4 līdz 14 cikliem minūtē. Vienam pētījuma dalībniekam monokulārais akomodācijas vieglums bija būtiski zemāks kā binokulāri novērtētais, bet visiem pārējiem par vienu vai diviem cikliem augstāks. Ņemot vērā normas esošajai mērīšanas metodei, mērījumi iekļaujas normas robežās.

SECINĀJUMI

1. Noskaidrots, ka aptaujas anketa salīdzinoši ātri sniedz iespēju noskaidrot interesējošos jautājumus saistībā ar tuvuma darbu.
2. Parādīts, ka uzmanība jāpievērš atsevišķi gan kopējam anketā iegūtajam punktu skaitam, gan atsevišķi tikai pirmajam jautājumam.
3. Secināts, ka palielināts punktu skaits anketā līdz 22 punktiem ne vienmēr norāda uz akomodācijas traucējumiem.
4. Novērtos, ka jaunie cilvēki, kas nav spējīgi ilgstoši darboties tuvumā maksimāli izvairās no tuvuma slodzes.
5. Atrasts, ka lielākoties pozitīvo relatīvo akomodācijas rezervju mērījumus ierobežo fūzijas rezerves.
6. Aprēķinos parādīts, ka praktiskie pozitīvo relatīvo akomodācijas rezervju mērījumi mēdz pārsniegt teorētiski parēķinātas normas, kas norāda uz supresijas kontroles nepieciešamību mērījuma laikā.

NOBEIGUMS

Mūsdienās, kad ļoti liela daļa optometrista vizīšu ir saistīta tieši ar datorlietotāju un citu tuvuma darba strādājošo subjektīvo sūdzību risināšanu, redzes pārbaudes laikā jāveic salīdzinoši daudz testu, lai noskaidrotu, ka tiešām visas redzes funkcijas darbojas adekvāti.

Veiktā darba rezultātā uzskatu, ka jāuzdod salīdzinoši daudz jautājumu, lai pilnībā noskaidrotu pacienta esošo stāvokli. Iespējams šādiem cilvēkiem ir lietderīgi arī praksē izmantot aptaujas anketas, kas var atšķirties atkarībā no vizītes iemesla. Piemēram, vispārējos gadījumos dotu priekšroku šajā darbā izmantotajai anketai, bet konkrētu binokulāro traucējumu gadījumā labāka varētu būt CISS anketa.

Šobrīd ar statistiskām metodēm gan neizdodas pierādīt, ka būtiska atšķirība starp aprēķinātajām un praktiski iegūtajām pozitīvajām relatīvajām akomodācijas rezervēm var būt par iemeslu subjektīvajām sūdzībām. Tomēr aplūkojot iegūtos rezultātus, ir daļa cilvēku, kas procentuāli spējīgi iegūt daudz zemākus rezultātus kā sagaidīts. Tie pētījuma dalībnieki, kas nespēj sasniegt 70 % no aprēķinātās vērtības mēdz uzradīt vai nu salīdzinoši lielāku punktu skaitu anketā, vai nespēju ilgstoši veikt tuvuma darbu bez pārtraukumiem. Lai spētu pierādīt vai apgāzt šo hipotēzi, nepieciešams lielāks pētījuma dalībnieku skaits, vairāk ietverot un meklējot tieši cilvēkus, kam ir izteiktas astenopiskas sūdzības.

PATEICĪBAS

Izsaku dziļu pateicību maģistra darba vadītājai Andai Balgalvei par ieguldīto darbu un pacietību, palīdzot darba tapšanā.

Tāpat paldies iesaistītajiem pētījuma dalībniekiem par atsaucību un vēlmi piedalīties pētījumā, jo bez Jums šis darbs nebūtu iespējams.

Milzīgs paldies visam Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas kolektīvam, kas devis zināšanas, kas nepieciešamas, lai šo darbu spētu uzrakstīt.

Darbs tapis sadarbībā ar Eiropas Sociālo fondu



IZMANTOTĀ LITERATŪRA UN AVOTI

1. **Hercoga, I.** "Akomodācijas fizioloģija un patoloģija" Rīga, Latvijas Universitāte, 1997, metodiskie materiāli
2. The Mechanism of Accommodation [tiešsaiste] – [atsauce 23.03.2012]. Pieejams: <http://www.vetmed.vt.edu/education/curriculum/vm8054/eye/ACCOMOD.HTM>
3. **Benjamin, W. J.** "Borish's Clinical Refraction" Butterworth-Heinemann/Elsevier, 2006 - 1694 lappuses
4. **Jaschinski-Kruza, W.** "On proximal effects in objective and subjective testing of dark accommodation" Ophthalmic and Physiological Optics Volume 11, Issue 4, pages 328–334, October 1991
5. **Sheedy, J. E., Shaw-McMinn, P.G.** "Diagnosing and Treating Computer-Related Vision Problems" Elsevier Health Sciences, 2003 - 281 lappuses
6. **Fisher, S. K., Ciuffreda, K. J., Bird, J.E.** "The effect of monocular versus binocular fixation on accommodative hysteresis" Ophthalmic and Physiological Optics 1988;8(4):438-42 (abstrakts)
7. **Ramsay, M. W.** "Accommodation – Clinical and Theoretica Investigations" Stockholm 2011 Tēzes
8. **Schor, C.M.** "The Glenn A. Fry award lecture: Adaptive regulation of accommodative vergence and vergence accommodation" Am. J. Optom. Physiol. Opt. 1986; 63:587- 609 (abstrakts)
9. **Scheiman, M., Wick B.** "Clinical Management of Binocular Vision: Heterophoric, Accommodative, and Eye Movement Disorders" Lippincott Williams & Wilkins, 2008 - 608 lappuses
10. NRA/PRA [tiešsaiste] – [atsauce 07.12.2011]. Pieejams <http://www.nova.edu/hpd/otm/otm-c/nrapra.html>
11. **Švede, A, Krūmiņa, G, Fridrihsons, J.** "Pamatizmeklēšanas metodes optometrijā" LU Akadēmiskais apgāds, 2008, 192 lappuses
12. Medical Equipment [tiešsaiste] – [atsauce 04.04.2012]. Pieejams: <https://medicalequipmentpros.com/>
13. **Fridrihsons, J.** "Mazāk zināmas akomodācijas izmeklēšanas metodes" LATVIJAS UNIVERSITĀTES 66. ZINĀTNISKĀS KONFERENCES LU FMF Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas un LOOA kopīgās Klīniski praktiskās konferences referātu tēzes. Rīga, 2008, 15 lappuses

14. **Penisten, D. K., Goss, D. A., et al.** “Comparisons of dynamic retinoscopy measurements with a print card, a video display terminal, and a PRIO System Tester as test targets” *Optometry*. 2004 May;75(5):270
15. **Benzoni, J. A., Collier, J. D., et al.** “Does the dynamic cross cylinder test measure the accommodative response accurately?” *Optometry*, Vol 80, No 11, November 2009
16. **Allen, P. M., O’Leary, D. J.** “Accommodation functions: Co-dependency and relationship to refractive error” *Vision Research* 46 (2006) 491–505
17. **Rowe, F.** “Clinical orthoptics” Blackwell Publishing , 2004 – 357 lappuses
18. **Collier, J. D., Rosenfield, M.** “Accommodation and convergence during sustained computer work” *Optometry*, Vol 82, No 7, July 2011
19. **Wick, B., Morse, S.** “Accommodative accuracy to video display monitors” *Optometry and Vision Science* 2002;79(supp):218
20. **Pickwell, D.** “Binocular Vision Anomalies Investigation and Treatment” Butterworths, 1986
21. **Vasudevan, B., Ciuffreda, K. J., Ludlam, D. P.** “Accommodative Training to Reduce Nearwork-Induced Transient Myopia” *Optometry and Vision Science*, Vol. 86, No. 11, November 2009
22. **Grosvenor, T, Goss, D. A.** “Clinical Management of Myopia” Butterworth-Heinemann, 1999, 227 lappuses
23. **Adams, D. W., McBrien, N. A.** “Prevalence of myopia and myopic progression in a population of clinical microscopists” *Optometry and Vision Science* 1992;69:467–73
24. **Bullimore, M. A., Reuter, K. S., et al.** “The Study of Progression of Adult Nearsightedness (SPAN): Design and Baseline Characteristics” *Optometry and Vision Science*. 2006 August ; 83(8): 594–604
25. **Jiang, B. C.** “Parameters of accommodative and vergence systems and the development of late-onset myopia” *Investigative Ophthalmology & Visual Science* July 1995 vol. 36 no. 8 1737-1742
26. **Culhane, H. M., Winn, B.** “Dynamic Accommodation and Myopia” *IOVS*, August 1999, Vol. 40, No. 9
27. **Jiang, B., Tea, Y. C., O’Donnell, D.** “Changes in accommodative and vergence responses when viewing through near addition lenses” *Optometry*, Vol 78, No 3, March 2007
28. **Berntsen, D. A., Sinnott, L. T., Mutti, D. O., Zadnik, K., The CLEERE Study Group** “Accommodative lag and juvenile-onset myopia progression in children wearing refractive correction” *Vision Research* 51 (2011) 1039–1046

29. **Borsting, E. J., Rouse, M. W., Mitchell, G. L., et al.** “Validity and Reliability of the Revised Convergence Insufficiency Symptom Survey in Children Aged 9 to 18 Years” *Optometry and Vision Science* 2003; 80: 832-838
30. **Rouse, M. W., Borsting, E. J., Mitchell, G. L., et al.** “Validity and Reliability of the Revised Convergence Insufficiency Symptom Survey in Adults” *Ophthalmic and Physiological Optics* 2004; 24: 384 – 390 (abstrakts)
31. **Scheiman, M., Gallaway, M., Frantz, K.A., et al.** “Nearpoint of Convergence: Test Procedure, Target Selection, and Normative Data” *Optometry and Vision Science*, Vol. 80, No. 3, March 2003
32. **Dravnieks, J.** “MS EXCEL pievienojumprogramma STATISTIKA 3.0” mācību līdzeklis, Rīga, 2011, 30 lappuses
33. **Gur, S., Ron, S.,** “Contrast sensitivity and the near point of accommodation after work with a visual display unit” *Israel journal of Medical Sciences*, 1992, 28 (8-9), 618-621

1. Cik ilgu laiku Jūs varat pavadīt pie tuvuma darbiem (piemēram, lasīšana, rakstīšana, darbs pie datora, dažādi rokdarbi u.c.) bez diskomforta, galvassāpēm, acu sāpēm, dedzināšanas sajūtas, asarošanas, miglošanās, dubultošanās redzes pasliktināšanās vai noguruma.
 1. vismaz 3 stundas
 2. līdz 2 stundām
 3. līdz 1 stundai
 4. līdz 30 minūtēm
 5. līdz 15 minūtēm
2. Cik bieži Jums ir galvassāpes pie tuvuma darbiem?
 1. nekad (0 % no laika)
 2. laiku pa laikam (aptuveni 25 % no laika)
 3. bieži (aptuveni 50 % no laika)
 4. ļoti bieži (aptuveni 75 % no laika)
 5. katru reizi veicot tuvuma darbus (100 % no laika)
3. Ja Jums ir galvassāpes pie tuvuma darba, cik tās ir nogurdinošas/traucējošas (kādā mērā tās ietekmē normālās darba spējas)?
 1. minimāli traucējošas
 2. viegli traucējošas
 3. nopietni traucējošas
 4. ļoti traucējošas
 5. ekstrēmi traucējošas
4. Vai jūtat acu sasprindzinājumu, asarošanu tuvuma darba laikā?
 1. nekad (0 % no laika)
 2. laiku pa laikam (aptuveni 25 % no laika)
 3. bieži (aptuveni 50 % no laika)
 4. ļoti bieži (aptuveni 75 % no laika)
 5. katru reizi veicot tuvuma darbus (100 % no laika)
5. Vai lasāmais teksts kādreiz kļūst miglains, saplūst kopā vai "lēkā" tuvuma darba laikā?
 1. nekad (0 % no laika)
 2. laiku pa laikam (aptuveni 25 % no laika)
 3. bieži (aptuveni 50 % no laika)
 4. ļoti bieži (aptuveni 75 % no laika)
 5. katru reizi veicot tuvuma darbus (100 % no laika)
6. Vai lasāmais teksts kādreiz dubultojas tuvuma darba laikā?
 1. nekad (0 % no laika)
 2. laiku pa laikam (aptuveni 25 % no laika)
 3. bieži (aptuveni 50 % no laika)
 4. ļoti bieži (aptuveni 75 % no laika)
 5. katru reizi veicot tuvuma darbus (100 % no laika)
7. Vai uzreiz pēc ilgstošāka tuvuma darba objekti tālumā īslaicīgi ir miglaini?
 1. nekad (0 % no laika)
 2. laiku pa laikam (aptuveni 25 % no laika)
 3. bieži (aptuveni 50 % no laika)
 4. ļoti bieži (aptuveni 75 % no laika)
 5. katru reizi veicot tuvuma darbus (100 % no laika)
8. Vai tuvuma darba laikā acis jūtas nogurušas, un vai Jūs zaudējat koncentrēšanās spējas tuvuma darba laikā?
 1. nekad (0 % no laika)

2. laiku pa laikam (aptuveni 25 % no laika)
 3. bieži (aptuveni 50 % no laika)
 4. ļoti bieži (aptuveni 75 % no laika)
 5. katru reizi veicot tuvuma darbus (100 % no laika)
9. Cik stundas dienā Jums jāpavada strādājot tuvumā (piemēram, lasīšana, darbs ar datoru)?
1. gandrīz nemaz (līdz 30 minūtēm dienā)
 2. salīdzinoši maz (līdz 2-3 stundām)
 3. aptuveni puse no darba dienas (4 stundas)
 4. būtībā visu darba dienu (8 stundas dienā)
 5. vairāk kā standarta darba diena (vairāk kā 8 stundas dienā)
10. Vai ir kādas citas sūdzības saistībā ar tuvuma darbu? Kādas (ierakstīt)?

Maģistra darbs “Jaunu pieaugušo akomodācijas funkcijas saistībā ar subjektīvajām sūdzībām” izstrādāts Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā.

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

Autors:

Inese Grabovska

2012. gada

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Darba vadītāji: Lektore Anda Balgalve, M. Sc

Asoc. profesore Gunta Krūmiņa, Dr. Phys

2012. gada

Recenzents: Docents Pēteris Cikmačs, Dr. phys.

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā 2012. gada

Dekanāta pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts maģistra gala pārbaudījumu komisijas sēdē

2012. gada prot. Nr

Komisijas sekretārs: docents Pēteris Cikmačs, Dr. phys.