

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**AKOMODĀCIJAS AMPLITŪDAS IZMAIŅAS
SKOLĒNIEM DIENAS LAIKĀ**

BAKALaura DARBS

Autors: **Līva Kapteine**

Studenta apliecības Nr.: lk12118

Darba vadītājs: Dr.phys. Gatis Ikaunieks

RĪGA 2015

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, datorsalikumā uz 32 lapām. Tas satur 14 attēlus, 3 tabulas, 15 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis: novērtēt, cik lielā mērā skolēniem tiek noslogota acs akomodācijas sistēma dienas laikā.

Rezultāti: Bērnu akomodācijas sistēma dienas laikā ir pakļauta nogurumam, jo skolas dienas laikā akomodācijas amplitūda būtiski samazinās ($p < 0.05$). Vecuma grupās 8,5 un 12,8 akomodācijas amplitūda (AA) samazinājās par 0,80 D un 14,8 gadu vecuma grupā AA samazinājās par 0,87 D ($p < 0.05$). Gan pirms, gan pēc mācību stundām skolēniem vidējās AA vērtības bija zemākas nekā aprēķinātā minimālā akomodācijas amplitūdas vērtība pēc Duanes-Hofstetera formulas ($p < 0.05$). AA starpība ar minimālo normā pieņemto vērtību 2. klasē bija 0,91 D, 7. klasē – 0,74 D un 9. klasē – 0,57 D.

Atslēgas vārdi: akomodācija, redzes nogurums, miopija, skolēni

ABSTRACT

Bachelor thesis is written in Latvian on 32 pages. It contains 14 figures, 3 tables and 15 resources.

Purpose: to evaluate to which extent the accommodation system in school-children is subject to fatigue during a day.

Results: Accommodation system in children is under fatigue during a day at school what shows statistically significant reduction in amplitude of accommodation ($p < 0.05$). Amplitude of accommodation in children aged 8,5, 12,8 and 14,8 years reduced during a day by 0,80 D in first and second groups and by 0,87 D in third group ($p < 0.05$). Average amplitudes of accommodation were lower before and after a day at school comparing to minimal values of amplitude of accommodation which were calculated according to the Duane-Hofstetter equation ($p < 0.05$). Difference between amplitude of accommodation and calculated minimal values in 2nd grade was 0,91 D in the 7th grade it was 0,74 D and in 9th grade – 0,57 D.

Keywords: accommodation, visual fatigue, myopia, school-aged children

SATURS

IEVADS	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	2
1.1. Acs akomodācija.....	2
1.1.1. Akomodācijas definīcija.....	2
1.1.2. Akomodācijas darbības mehānisms.....	2
1.1.3. Akomodācijas amplitūdas novērtēšanas metodes.....	3
1.2. Akomodācijas amplitūdas subjektīvo un objektīvo metožu salīdzinājums.....	3
1.2.1. Akomodācija pieaugušajiem pirms presbiopijas vecumā un pseidoakomodācija.....	5
1.3. Akomodācijas amplitūdas fizioloģiskā norma atkarībā no cilvēka vecuma.....	6
1.3.1. Akomodācijas amplitūdas novērtēšana pēc Duanes-Hoftetera formulām.....	6
1.3.2. Duanes-Hoftetera formulu rašanās vēsture.....	6
1.3.3. Duanes-Hoftetera formulu precizitāte	7
1.4. Dažādu faktoru ietekme uz akomodācijas sistēmu un miopijas attīstību	8
1.4.1. Redzes slodze un akomodācijas nogurums	8
1.4.2. Tuvuma darba slodze.....	9
1.4.3. Tuvuma darba intensitāte.....	10
1.4.4. Tuvuma darba attālums un vecums	10
1.4.5. Iedzimtība	12
1.5. Tuvuma darba, sporta aktivitāšu un iedzimtības korelācija saistībā ar miopijas attīstību..	13
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA	15
2.1. Pētījuma dalībnieki	15
2.2. Pētījuma metodika	15
2.3. Rezultāti un rezultātu analīze	17
Secinājumi	22
Nobeigums.....	23
Pateicības	24
Izmantotā literatūra un avoti.....	25
Pielikumi.....	27

IEVADS

Mūsdienās līdz ar tehnoloģiju straujo attīstību un to vieglāku pieejamību, bērniem pieaug tuvuma redzes slodze. Arvien vairāk laika ikdienā tiek pavadīts skatoties tuvumā: skolā – lasot un rakstot, bet mājās – pildot mājas darbus un spēlējot spēles datorā, planšetē vai mobilajā telefonā.

Lai gan mūsdienu zinātniskajā literatūrā tiek dažādi vērtēts fakts, ka līdz ar redzes sistēmas noguruma rašanos, veidojas miopijas attīstība, ir autori, kuri uzskata, ka tuvuma darba slodze, vecumā, kamēr bērns aug, var būt bīstams faktors, kādēļ redze var neatgriezeniski pasliktināties, izraisot astenopiskas sūdzības vai pat tuvredzību.

Lai zinātu, cik svarīgi ir novērtēt bērna tuvuma redzes slodzi saistībā ar lielo redzes piepūli, veicot tuvuma darbu ikdienā, ir jāpaskatās uz kopsakarībām, kādas vērojamas Latvijas skolās dažāda vecuma bērniem. Izanalizējot iegūtās tendences, varēs spriest par bērnu akomodācijas noslodzi ikdienā, apstākļos, kādos bērna redzes sistēma atrodas skolas dienas laikā.

Novērtējot akomodācijas sistēmas darbību, ir svarīgi to izdarīt pareizi un precīzi. Taču mūsdienās arvien aktuālāks kļūst jautājums par akomodācijas amplitūdas pārvērtēšanu, izmantojot Duanes-Hofstetera formulas. Ir autori, kuri uzskata šīs formulas par novecojušām un ka ir nepieciešamas tās pārskatīt.

Darba hipotēze: Redzes slodzei ir ietekme uz akomodācijas amplitūdas samazināšanos.

Mērķis: Novērtēt, cik lielā mērā skolēniem tiek noslogota acs akomodācijas sistēma dienas laikā.

Darba uzdevumi:

1. Novērtēt skolēnu akomodācijas amplitūdas lielumu atkarībā no vecuma.
2. Novērtēt skolēnu akomodācijas amplitūdas izmaiņu lielumu dienas laikā atkarībā no vecuma.
3. Novērtēt skolēnu akomodācijas amplitūdas izmaiņas dienas laikā.
4. Salīdzināt mērījumos iegūto akomodācijas amplitūdas lielumu ar literatūrā atrodamo normu.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

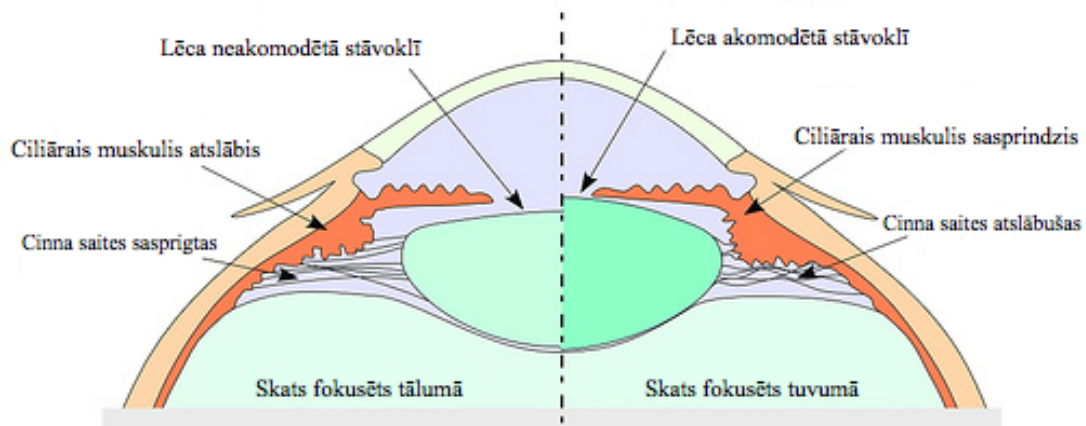
1.1. Acs akomodācija

1.1.1. Akomodācijas definīcija

Akomodācija ir dinamiskas acs optiskā stipruma izmaiņas. Akomodācija nodrošina spēju acij lauzt starus tā, lai starp tuvāko (*punctum proximum* – *PP*) un tālāko skaidras redzes punktu (*punctum remotum* – *PR*) veidotos skaidrs attēls uz tīklenes. Emetropā acī, kad akomodācijas sistēma ir atslābinātā stāvoklī, stari no tālumā esošiem objektiem (atrodas pieņemtā acs optiskajā bezgalībā, kas ir 6 m attālumā vai tālāk) nonāk uz tīklenes, un cilvēks redz skaidru attēlu. Kad cilvēks skatās uz tuvumā esošiem objektiem (tuvāk par 6 m), acij ir jāakomodē, lai uz tīklenes saglabātu skaidru attēlu. Akomodācijas mērvienība ir dioptrijs [D]. [1]

1.1.2. Akomodācijas darbības mehānisms

Mūsdienu izpratne par akomodācijas darbības mehānismu balstās uz Helmholtz un Gulstranda teorijām. 1855. gadā Helmholtz nāca klajā ar teoriju, ka akomodācijas laikā notiek ciliārā muskuļa saraušanās un cinna saites atslābst. Lēca savas elasticitātes un kapsulas elasticitātes dēļ kļūst biezāka (galvenokārt izmainās lēcas priekšējā virsma), un tās diametrs samazinās. Līdz ar to acs lēcas optiskais stiprums pieaug, un cilvēks ir spējīgs skaidri saskatīt tuvumā esošus objektus. Akomodācijas darbības laikā acs priekšējā kamera kļūst seklāka, kā arī notiek neliela zīlītes sašaurināšanās un lēca nedaudz nobīdās uz leju (1.1 attēls). [2]



1.1. attēls. Akomodācijas sistēmas mehānisms normālā acī [3]

Savukārt 1912. gadā Gulstrands izveidoja modificētu akomodācijas darbības mehānisma teoriju, kas arī tiek uzskatīta par pareizu. Gulstrands postulēja to, ka ciliārais muskulis ir ar duālu dabu, un tam piemīt divas dažādas antagoniskas īpašības. Ciliārais muskulis iestiepjas gan no horiodālā apvalka puses, gan arī no lēcas elastīgo spēku puses. Viņš uzskatīja, ka, fokusējot aci uz tuvumā esošu objektu, meridionālās un cirkulārās ciliārā muskuļa šķiedras saīsinās, līdz ar to ciliārais ķermenis pabīdās uz iekšpusi un iestiepjas horiodālo apvalku. Tajā pašā laikā notiek arī cina saišu iestiepuma atslābums un lēca palielina savu horizontālo diametru (kļūst biezāka). Bet, skatoties uz tālumā esošiem objektiem, cina saites iestiepjas ciliārā muskuļa šķiedru saīsināšanās dēļ, horiodālais apvalks saraujas un lēca samazina savu horizontālo diametru. [2]

1.1.3. Akomodācijas amplitūdas novērtēšanas metodes

Akomodācijas amplitūdas (AA) mērīšanai var tikt izmantotas dažādas metodes – gan objektīvas, gan subjektīvas. Pie objektīvajām metodēm pieder AA novērtēšana ar lēcu stimulēšanu un AA proksimālā stimulācija, bet pie subjektīvajām – Dondera *push-up* metode ar RAF (Royal Air Force) lineāla palīdzību.

1.2. Akomodācijas amplitūdas subjektīvo un objektīvo metožu salīdzinājums

H. A. Andersons veica pētījumu ar mērķi savstarpēji salīdzināt subjektīvās un objektīvās AA mērīšanas metodes, lai apskatītu AA izmaiņas 236 cilvēkiem no pirmsskolas līdz presbiopijas vecumam. [4]

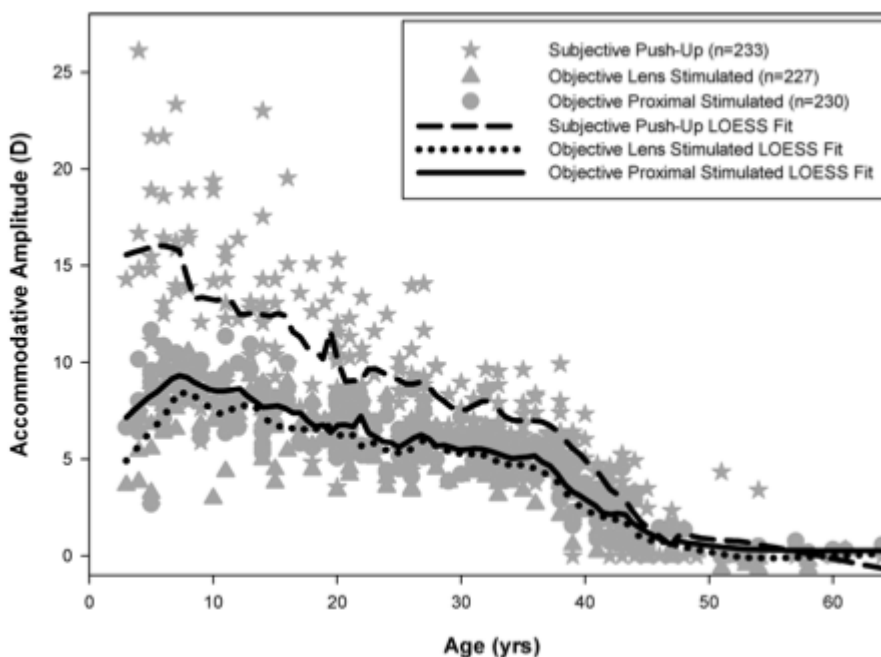
AA tika mērīta monokulāri, izmantojot trīs dažādas mērīšanas tehnikas jauktā secībā – subjektīvo *push-up* metodi ar RAF lineālu, objektīvo metodi, kad akomodācija tika stimulēta ar negatīvām optiskajām lēcām un mērīta ar autorefraktometru, un objektīvo metodi, kad akomodācija tika proksimāli stimulēta, tuvinot acīm objektu un mērot akomodācijas atbildi ar autorefraktometru. [4]

Ar subjektīvo *push-up* metodi AA bija dioptrijās izteikts attālums, kurā pētījuma dalībniekam, lēnām tuvinot acij 1,5 mm lielu optotipu, tas pirmo reizi kļuva miglains. Mērījums tika veikts trīs reizes, un par rezultātu tika uzskatīts vidējais no trim mērījumiem. Cilvēkam, pašam ziņojot par vietu, kurā attēls kļuva neskaidrs, šis attālums tika uztverts kā cilvēka tuvākais skaidras redzes punkts, un, izsakot to dioptrijās, tika iegūts AA lielums. [4]

Ar objektīvo negatīvās lēcas stimulēto metodi akomodācijas atbilde tika mērīta ar *Grand Seiko* autorefraktometru, kad pētījuma dalībnieks skatījās uz objektu 33 cm attālumā un tam acs priekšā tika liktas negatīvas lēcas ar pieaugošu negatīvo stiprumu. [4]

Ar otru objektīvo metodi AA tika mērīta sekojoši: pētījuma dalībnieka acij tika tuvināts objekts (proksimālā stimulācija) sākot no 40 cm attāluma (akomodācijas pieprasījums: 2,5 D). Pacienti tika lūgti skatīties uz mērķa objektu tā, lai tas būtu maksimāli skaidri redzams. Optotips tika tuvināts cilvēka acij pakāpeniski 8 pozīcijās līdz 9,5 cm attālumam (akomodācijas pieprasījums: 10,5 D). Pēc tam pētījuma dalībniekam AA tika mērīta vēl papildus piecās pozīcijās no 8 līdz 3,33 cm (akomodācijas pieprasījums: no 12,5 līdz 30 D). Akomodācijas atbilde tika mērīta ar *Grand Seiko* autorefraktometru. [4]

Objektīvi mērītās AA vērtības bija zemākas visās vecuma grupās, ar vislielāko starpību 3-5 g.v. grupā, salīdzinājumā ar subjektīvi mērīto akomodācijas atbildi ar *push-up* metodi. Šajā vecuma grupā ar *push-up* metodi vidējā AA bija 16.00 ± 4.98 D, salīdzinot ar objektīvo proksimāli stimulēto metodi 7.94 D \pm 2.37 D un ar lēcu stimulēto metodi 6.20 ± 1.99 D. Objektīvās proksimālās un negatīvās lēcas stimulētās AA vērtības bija vislielākās 6-10 g.v. grupā (attiecīgi 8.81 ± 1.24 D and 8.05 ± 1.82 D) un pakāpeniski samazinājās līdz apmēram 40 g.v., jo pēc tam sekoja straujšs AA kritums sakarā ar presbiopijas vecuma sākšanos. [4]



1.2. attēls. Akomodācijas amplitūdas atkarība no vecuma, salīdzinot AA mērījumiem izmantotās metodes: *push-up* metode (apzīmēta ar raustīto līniju), negatīvo lēcu stimulētā metode (apzīmēta ar punktoto līniju), proksimāli stimulētā metode (apzīmēta ar nepārtraukto līniju). Uz x ass attēlots cilvēku vecums (gados), uz y ass – akomodācijas amplitūda (D) [4]

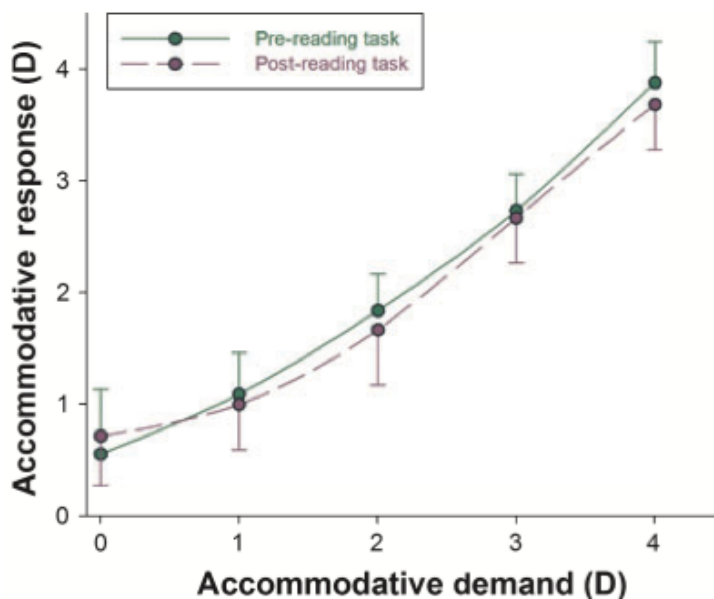
Akomodācijas objektīvie mērījumi parāda to, ka AA ir būtiski lielāka, to mērot ar subjektīvo *push-up* metodi it īpaši maziem bērniem. [4]

1.2.1. Akomodācija pieaugušajiem pirms presbiopijas vecumā un pseidoakomodācija

Volfsons *et al* neapgalvo, ka akomodācijas sistēma nogurst, ilgstoši veicot tuvuma darbu. 2011. gadā viņš veica pētījumu, kura hioptēze bija, ka, cilvēks, ilgstoši veicot tuvuma darbu, izmanto tikai pusi vai divas trešdaļas no savas akomodācijas amplitūdas. Šis pētījums izmeklēja pirms presbiopijas vecuma cilvēku akomodācijas sistēmas darbību, veicot ilgstošu un intensīvu tuvuma darbu. [5]

Pētījumā piedalījās 21 pirms presbiopijas vecuma dalībnieks vecumā no 20 līdz 34 gadiem. Dalībniekiem pirms un pēc 30 minūšu ilga tuvuma darba tika mērīta akomodācijas atbilde ar binokulāru subjektīvo *push-up* metodi uz 0.2, 1.0, 2.0, 3.0 un 4.0 D lieliem stimuliem. [5]

Vidējā binokulārā subjektīvā AA vērtība pirms lasīšanas uzdevuma bija $10,49 \pm 2,46$ D, kas statistiski nozīmīgi neizmainījās pēc 30 minūšu ilga lasīšanas uzdevuma ($p=0.09$), kas bija $11,14 \pm 2,58$ D. [5]



1.3. attēls. Atbilde uz 0.2, 1.0, 2.0, 3.0 un 4.0 D stimuliem pirms (zaļie riņķi) un pēc (sarkanie riņķi) 30 min lasīšanas uzdevuma maksimāli ērtākajā akomodācijas līmenī. Uz x ass attēlots akomodācijas pieprasījums (D), uz y ass – akomodācijas atbilde (D). Mērījumiem norādītas standartnovirzes [5]

Ir labi zināms, ka cilvēka acij ir apmēram 2,0 D liela pseidoakomodācija. Turklāt šī vērtība var sasniegt līdz pat 4,0 D lielu pseidoakomodāciju gados vecākiem cilvēkiem. Tas nozīmē, ka cilvēks ir spējīgs tuvumā esošus objektus saskatīt uz citu, ar akomodāciju nesaistītu faktoru

rēķina, kas visbiežāk ir saistīti ar zīlītes sašaurināšanos, netiešo astigmātismu un acs aberācijām. [5]

1.3. Akomodācijas amplitūdas fizioloģiskā norma atkarībā no cilvēka vecuma

Zinātniskajā literatūrā ir atrodami dati par akomodācijas amplitūdas normām, kas ir mainīgs lielums atkarībā no cilvēka vecuma. Pēc Duanes–Hofstetera izstrādātajām normām, kuras var aprēķināt pēc formulām, tiek uzskatīts, ka AA ar gadiem sarūk, un to raksturo lineāra regresija.

1.3.1. Akomodācijas amplitūdas novērtēšana pēc Duanes-Hofstetera formulām

Dati, uz kuriem balstītas Duanes-Hofstetera formulas akomodācijas amplitūdas nepietiekamības novērtēšanai, iegūti vairāk kā pirms 100 gadiem no pētījumiem, kuru precizitāte tiek lielā mērā apšaubīta. Taču mūsdienās vēl joprojām šīs formulas tiek lietotas klīniski, lai noteiktu akomodācijas nepietiekamību. [6]

Formulas:

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

$$AA_{\text{min}} = 15 - \text{vecums [gados]} * 0,25$$

$$AA_{\text{max}} = 25 - \text{vecums [gados]} * 0,4 [32]$$

1.3.2. Duanes-Hofstetera formulu rašanās vēsture

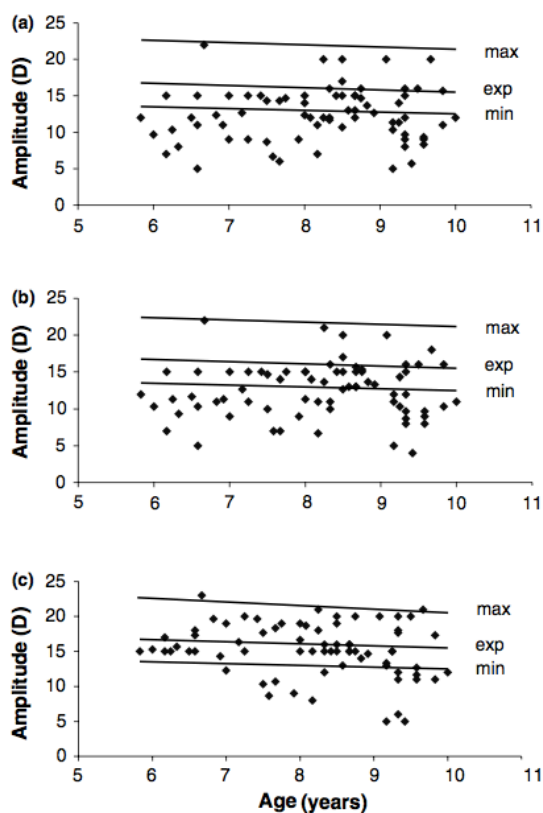
Duane 1912. gadā prezentēja datus par akomodācijas amplitūdas lieluma saistību ar akomodācijas nepietiekamības klīnisku novērtēšanu atkarībā no cilvēka vecuma. Duanes iegūtie dati tika salīdzināti ar AA datiem, ko bija ieguvis Donders (1864) un Kaufmans (1894). 1944. gadā šos datus apskatīja un analizēja Hofsterers. Vēlāk 1950. gadā Hofsteters, balstoties uz šiem datiem, izveidoja trīs formulas jeb lineāras sakarības, ar kuru palīdzību iespējams aprēķināt AA minimālo, maksimālo un vidējo prognozējamo akomodācijas amplitūdas lieluma vērtību atkarībā no cilvēka vecuma. [6]

1.3.3. Duanes-Hoftetera formulu precizitāte

Taču, balstoties uz mūsdienu zinātnes prasībām, šo formulu precizitāte tiek apšaubīta, jo trūkst informācijas par zinātniskajām metodēm, kas tika pielietotas to veidošanas laikā. Ir neskaidrības par Duanes 1912. gadā ievāktajiem datiem, jo nav skaidri zināms, pēc kādiem kritērijiem pētījumam tika izvēlēti pētījuma dalībnieki, kāds bija viņu vecuma sadalījums, kā tika aprēķināts viņu vecums, pašas metodes darba gaitas apraksts, mērījumu skaits, kā arī tas, vai mērījumi tika veikti vienai vai abām acīm katram dalībniekam. [6]

Līdz ar to Sterners et al 2004. gadā veica pētījumu ar mērķi salīdzināt 6-10 gadus vecu bērnu izmērīto akomodācijas amplitūdu ar Duanes iegūtajiem datiem un Hofstetera izstrādātajām formulām. [6]

Šajā pētījumā piedalījās 72 bērni, kuriem tika mērīta AA ar Dondera *push-up* metodi, izmantojot RAF (Royal Air Force) lineālu tuvākā skaidrākās redzes punkta (*punctum proximum - PP*) noteikšanai. Bērniem skaidras redzes tuvuma punkts tika mērīts 3 reizes, un par rezultātu datu analīzē tika uzskatīts maksimālais (tālākais) *PP* no šiem mērījumiem. [6]



1.4. attēls. AA mērījumi: labā acs monokulāri (a), kreisā acs monokulāri (b), binokulāri (c). Iegūtie AA mērījumu rezultāti, salīdzinot ar Duanes-Hofstetera formulās aprēķinātajām normām maksimālajai AA (max), vidējai AA (exp) un minimālajai AA vērtībai (min). Uz x ass attēlots cilvēku vecums (gados), uz y ass – akomodācijas amplitūda (D) [6]

Rezultāti rāda (1.4. attēls), ka akomodācijas amplitūda 6–10 gadus veciem bērniem ir zemāka nekā gaidītais vecumam atbilstošais AA lielums. Šajā pētījumā iegūtie rezultāti par akomodācijas amplitūdu 6–10 gadus veciem bērniem nesakrīt ar Duanes datiem, kas aprakstīti Hofstetera formulās. [6]

1.4. Dažādu faktoru ietekme uz akomodācijas sistēmu un miopijas attīstību

Pētījumos, kas apskata saistību starp miopiju un tuvuma darbu, ir pretrunīgi viedokļi sakarā ar tuvuma darba ietekmi uz tuvredzības progresiju bērniem un jauniešiem. Kā liecina pēdējos 10 gados veiktie pētījumi, tuvuma redzes slodze nav viennozīmīgi saistīta ar miopijas veidošanos. Ir autori, kas saka, ka tuvuma darbam ir maza vai nenozīmīga ietekme saistībā ar miopijas progresiju bērniem, taču ir zinātnieki, kas joprojām uzskata, ka tuvuma darbs ir lielā mērā saistīts ar tuvredzības veidošanos.

1.4.1. Redzes slodze un akomodācijas nogurums

Saskaņā ar Pasaules Veselības organizācijas apstiprināto definīciju redzes nogurums ir objektīvs redzes traucējums, diskomforts, kas parasti jūtams pēc ilgstošas redzes sistēmas slodzes. To raksturo nogurums, sāpes ap acīm, miglaina redze vai galvassāpes. [7] Tiek uzskatīts, ka redzes nogurumu veido vairāki faktori – stress, vispārējais medicīniskais stāvoklis, apkārtējās vides apstākļi, kā, piemēram, darba slodze, nepareizi ēšanas paradumi un nepietiekams laiks, kas veltīts atpūtai. [8]

Lai arī vispārpieņemtais muskuļu nogurums tiek plaši pētīts, arvien vairāk tiek pētīta arī redzes noguruma saistība ar tuvuma darbu, kas ir ļoti izplatīta problēma mūsdienu sabiedrībā. Redzes nogurums jeb astenopijas ir visbiežāk sastopamais simptoms cilvēkiem ar binokulārās redzes okolomotoriskajām disfunkcijām, kā, piemēram, akomodācijas un konverģences nepietiekamība. Pēc ilgstoša darba tuvumā simptomu parādīšanās sākums variē no dažām minūtēm līdz pāris stundām. Turklāt redzes nogurums kļūst ar vien biežāk sastopams simptoms starp datorlietotājiem, kuri daudz laika pavada strādājot pie datora. Tas bieži noved pie datorlietotāju redzes sindroma [8], kā arī izraisa citus ar darba ergonomiku saistītus simptomus, kā sāpes kaklā, muguras sāpes u.c.

Pētījumos tiek novērots, ka samazināta akomodācijas amplitūda (akomodatīvā nepietiekamība) ir viens no galvejaniem iemesliem, kas saistīts ar redzes diskomfortu un no tā izrietošiem tuvuma redzes simptomiem jauniešiem un bērniem. [9]

Akomodatīvā nepietiekamība ir definēta kā samazināts akomodācijas amplitūdas maksimums, kas ir mazāks par 2,00 D, salīdzinot ar normā pieņemto. Savukārt akomodācijas nogurums bieži tiek skaidrots kā progresējošs akomodācijas kavēšanās pieaugums, piemēram, tuvuma punkta attālināšanās pēc ilgstoša tuvuma darba. [9]

1.4.2. Tuvuma darba slodze

Tuvuma darbs bieži tiek minēts kā vispārātzīts apkārtējās vides riska faktors sakarā ar agrīnas miopijas veidošanos. [10]

No 1.1. tabulas var secināt, ka tuvredzīgi bērni pavada vairāk laika, veicot tuvuma darbu, kas iekļauj mācības skolā, lasīšanu brīvajā laikā, TV skatīšanos un video un datorspēļu spēlēšanu, bet mazāk laika – sporta aktivitātēs, salīdzinot ar emetropiem vai hipermetropiem bērniem. Tas liecina, ka šie visi faktori veicina miopijas attīstību.

1.1. tabula Stundas/nedēļā, kas pavadītas dažādās aktivitātēs [10]

Nodarbošanās	Visi dalībnieki (n = 366)	Miopi (n = 67)	Emetropi (n = 271)	Hipermetropi (n = 28)
Mācības skolā	9.4 ± 5.7	11.2 ± 7.2	8.9 ± 5.2	9.4 ± 4.9
Lasīšana brīvajā laikā	4.4 ± 4.5	5.8 ± 4.8	4.1 ± 4.6	3.6 ± 2.9
TV skatīšanās	8.3 ± 5.9	9.2 ± 6.8	8.3 ± 5.7	6.6 ± 4.5
Video, datorspēles	2.3 ± 3.3	2.7 ± 4.1	2.2 ± 3.2	1.4 ± 1.8
“Dioptriju stundas” *	53.8 ± 26.8	65.1 ± 34.1	51.5 ± 24.4	48.2 ± 21.2
Sports	9.3 ± 6.4	7.4 ± 6.7	9.7 ± 6.2	9.8 ± 7.9

* “Dioptriju stundas” – mainīgs lielums, kas tiek aprēķināts pēc formulas: Dioptriju stundas = 3 × (mācības skolā, h) + 2 × (video spēles vai darbs pie datora, h) + 1 × (TV skatīšanās, h)

Šī eksperimenta ietvaros veiktā aptauja liecina arī par to, ka bērni ar miopiju pavada mazāk laika sportojot. Tas varētu būt saistīts ar to, ka tuvredzīgi cilvēki ir intravertākas personības, kā arī viņi nevar brīvi iesaistīties jebkurās fiziskajās aktivitātēs, jo brilles ir kā apgrūtinājums vai traucēklis. [10]

Tuvuma darba slodzei, kas iet paralēli ar izglītības līmeni, un miopijas progresijas savstarpējai saiknei tiek izvirzīts arī alternatīvs skaidrojums, ka tuvuma darba radītā akomodācijas kavēšanās veido hipermetropisko defokusu, kas stimulē acs ābola augšanu. Šis spriedums izdarīts, pamatojoties uz pētījumiem ar dzīvniekiem, kad radītais hipermetropiskais defokuss tika novērots kā spēcīgs stimuls acs ābola augšanai. Augstāka akomodācijas kavēšanās tiek novērota miopiem, nevis emetropiem bērniem. Bet nav skaidras atbildes, vai lielāka akomodācijas kavēšanās ir redzama pirms miopijas sākšanās vai tiem bērniem, kuriem miopija jau progresē. [11]

Eksperimentālie pētījumi uz dzīvniekiem norāda, ka lielākā daļa no acs augšanas procesiem var notikt arī bez akomodācijas līdzdalības. [11]

Savukārt, Saw et al neatrada īpašu sakarību starp miopiju un tuvuma darbu, kas tika mērīts pēc stundu skaita nedēļā, kas pavadīts lasot, neskatoties uz to, ka pētījuma dalībnieki pirms eksperimenta tika sadalīti 3 grupās pēc ametropijas pakāpes: emetropi, zemas pakāpes miopi un augstas pakāpes miopi. Taču grāmatu skaits nedēļā, ko izlasīja augstas pakāpes miopi, bija ievērojami lielāks nekā emetropi un zemas pakāpes miopi, un hipotētiski saistīts ar miopijas esamību. [12]

1.4.3. Tuvuma darba intensitāte

Pētījumā, ko Jenny M. Ip et al veica Sidnejas pamatskolās 2008. gadā skolēniem (vidējais vecums – 12,7 gadi), tika pierādīts, ka miopijas attīstība lielā mērā ir saistīta ar lasīšanu tuvā attālumā (tuvāk par 30 cm) un nepārtrauktu lasīšanu (ilgāk par 30 min), bet mazāk saistīta ar to, cik ilgi tiek veikts tuvuma darbs. Šī pētījuma autori norāda uz to, ka tuvuma darba intensitāte, nevis kopumā pavadītais laiks lasot ir svarīgs faktors miopijas attīstībā. [13] Tas nozīmē, ka veicot tuvuma darbu ilgstoši, bet ik pēc laika atslābinot akomodācijas sistēmu, tā netiek nogurdināta līdz līmenim, kad sekas varētu būt saistītas ar miopijas attīstību.

1.4.4. Tuvuma darba attālums un vecums

2013. gadā Ķīnā tika veikts pētījums par bērnu lasīšanas paradumiem, lai pierādītu, ka tuvuma lasīšanas attālums ir uzskatāms par faktoru acu nogurumam un miopijas attīstībai. Tika noskaidrots, ka ķīniešu skolas vecuma bērni, vecumā no 7 līdz 12 gadiem, pie galda lasa ļoti tuvā attālumā ($25,4 \pm 6,6$ cm), kad bērni veic lasīšanas un rakstīšanas uzdevumus pie galda, viņu acis

atrodas vēl tuvāk tekstam, jo to ietekmē galvas nolieces leņķis ($20,6 \pm 6,5$ cm). Galva rakstīšanas uzdevumu pildīšanas laikā tiek vairāk noliekta uz leju. [14]



1.5. attēls. Pētījuma dalībnieks, lasot trīs dažādās pozīcijās. No kreisās: atzveltnes krēslā, pie rakstāmgalda un veicot lasīšanas/rakstīšanas uzdevumus pie rakstāmgalda [14]

Tika secināts, ka, klīniski izmeklējot bērnus, tuvuma redzes pārbaudi vajadzētu veikt 25 vai pat 20 cm attālumā no bērna sejas, jo šie ir tuvuma attālumi, kuros patiesībā bērns lasa, nevis kā pierasts tuvuma redzes pārbaudi veikt 30-40 cm attālumā no acīm. [14]

1.2. tabula Lasīšanas attālums katrā klašu grupā trīs dažādos apstākļos (cm) [14]

Klase:	Lasīšana atzveltnes krēslā	Lasīšana pie galda	Lasīšanas/rakstīšanas uzdevumu veikšana pie galda
2. klase	26.8 ± 6.2	20.4 ± 5.0	16.3 ± 4.1
3. klase	25.5 ± 4.8	23.7 ± 4.2	18.9 ± 5.3
4. klase	30.0 ± 6.8	26.8 ± 4.6	22.1 ± 5.2
5. klase	32.0 ± 5.8	31.4 ± 7.0	25.8 ± 7.0
Vidēji	28.5 ± 6.4	25.4 ± 6.6	20.6 ± 6.5

Tika novērota sakarība, ka arī bērna vecums ir saistīts ar tuvuma darba attālumu, kas veicina miopijas attīstību. Bērni, kas mācās jaunākās klasēs sēž pie mācību galda tuvāk nekā bērni, kas mācās vecākās klasēs, jo to auguma garums ir īsāks, salīdzinot ar vecāku klašu skolēniem. Ja skolās bērni dažādās klašu grupās netiek sēdināti pie rakstāmgaldiem, kas noregulēti atbilstoši viņu auguma garumam, tad lasīšanas attālums 2. un 5. klases skolēniem atšķiras par 11.0 cm.

1.4.5. Iedzimtība

Pētījumā, ko veica Donald O. Mutti et al 2002. gadā Ohaio, ASV, tika apskatīta saistība starp faktoriem, kas izraisa agrīnu miopiju. Tika pētīta saistība iedzimtībai, tuvuma darbam un sekmēm skolā ar agrīnu tuvredzības attīstību bērniem.

Pētījuma dalībnieki bija 366 skolēni, kas mācījās 8. klasē. 47% no šiem bērniem vienam no vecākiem bija miopija, savukārt 25% bērnu abi vecāki bija miopi.

Ģimenēs, kurās neviens no vecākiem nebija tuvredzīgs, 6,3% bērnu bija tuvredzīgi. Taču ģimenēs, kurās viens no vecākiem bija miops, 18,2% bērnu bija miopi, bet ģimenēs, kurās abi vecāki bija tuvredzīgi, 32,9% bērnu bija tuvredzīgi. [10]

1.3. tabula Bērnu proporcija ar un bez miopijas izteikta kā funkcija pret bērnu vecākiem ar miopiju [10]

Vecāki ar miopiju:	Bērns ar miopiju, % (n = 63)	Bērns bez miopijas, % (n = 276)
Neviens no vecākiem (n = 95)	6.3 (6)	93.7 (89)
Viens vecāks (n = 159)	18.2 (29)	81.8 (130)
Abi vecāki (n = 85)	32.9 (28)	67.1 (57)

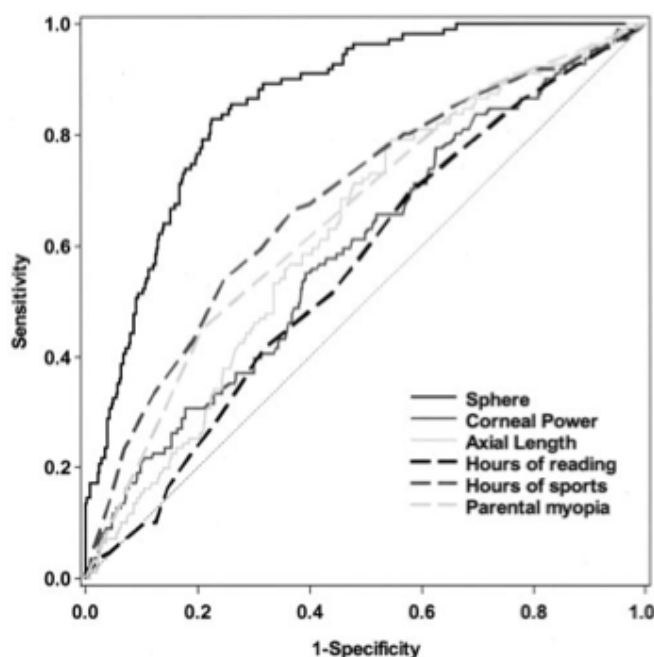
Šajā pētījumā tika pierādīts, ka iedzimtība ir galvenais faktors agrīnai miopijas attīstībai. Pētījumā netika novērots, ka bērni, kuru vecākiem ir miopija, pavada vairāk laika, darot tuvuma darbu. Bērni, kuru vecākiem nav tuvredzības, pavadīja tik pat daudz laika strādājot tuvumā kā bērni, kuru vecākiem ir tuvredzība. Netika pierādīts arī tas, ka bērni ģenētiski pārmanto jutību attiecībā uz apkārtējo vidi. Salīdzinot ar iepriekš veiktajiem pētījumiem, kuros ir noskaidrota gēnu un apkārtējās vides mijiedarbība.

Savukārt Saw et al apskatīja datus par Singapūras bērniem vecumā no 7 līdz 9 gadiem un atrada, ka bērnu proporcija ar miopiju virs $-3.00 D$ bija augstāka, ja bērni izlasīja vairāk kā divas grāmatas nedēļā, salīdzinot ar bērniem, kuri lasīja mazāk grāmatu nedēļā. Šis miopijas pieaugums, kas saistīts ar grāmatu lasīšanu, bija saistīts arī ar vecākiem, kuriem bija miopija, - tikai mātei, tikai tēvam vai abiem. [10]

1.5. Tuvuma darba, sporta aktivitāšu un iedzimtības korelācija saistībā ar miopijas attīstību

Pētījumos, kas saistīti ar faktoriem, kas veicina agrīnu miopijas attīstību, iegūtie rezultāti dažkārt tiek vērtēti pretrunīgi saistībā ar dažādajām pielietotajām tuvuma darba novērtēšanas un mērīšanas metodēm.

Jones et al 2007. gadā veiktā pētījuma mērķis bija noteikt ne-okulārus mainīgos, lai prognozētu potenciālu miopijas rašanos nākotnē, ņemot vērā vecāku sniegtos datus par bērna vecāku miopijas anamnēzi, bērna laiku, ko viņš pavada veicot tuvuma darbu, un bērna ārpuskolas sporta aktivitātēm. [12]



1.6. attēls. ROC līknes saistībā ar bērna acs sfērisko stiprumu, acs aksiālo garumu, radzenes stiprumu, sporta un āra aktivitātēm (stundās), lasīšanas daudzumu (stundās) un vecāku miopiju (analizējot miopo vecāku skaitu – viens, abi vai neviens) [12]

ROC analīze šajā gadījumā parāda dažādo diagnostikas metožu salīdzinājumu visām pieļaujamajām sliekšņa vērtībām. Apskatot ne-okulāros faktorus, sporta aktivitāšu ilgums (stundas/nedēļā) ir noteicošais faktors potenciālai miopijas attīstībai [1.3. attēls], kam seko ģenētiskais faktors (vecāku skaits, kuriem ir miopija). Savukārt lasīšana (stundas/nedēļā) sniedz vismazāko iegultījumu miopijas esamībā.

Korelācija starp veiktajām sporta aktivitātēm (stundas/nedēļā) un lasīšanu (stundas/nedēļā) nebija liela ($r=0,01$, $P=0,80$). Šāda savstarpējā korelācija norāda uz to, ka sporta aktivitātes nesamazināja lasīšanas ietekmi uz miopijas attīstību. [12]

Miopijas attīstības analīze, kas balstīta uz vērtībām no vecāku sniegtās anamnēzes un ārpuskolas aktivitātēm, parādīja, ka mazākas sporta aktivitātes un miopi vecāki bija labākais ne-okulārais faktors potenciālai miopijas attīstībai bērnam pirms-miopijas attīstības vecumā. Tas ir vēl viens faktors, kas liecina, ka vecāku miopijas vēsture ir saistīta ar potenciālu miopijas attīstības risku bērnam. [12]

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās 106 skolēni no 2., 7. un 9. klases vecumā no 8 līdz 16 gadiem. Pētījuma dalībnieku vecākiem tika iedota vēstule (1. Pielikums), kurā viņi tika informēti par pētījuma norisi, un ar savu parakstu apliecināja, ka piekrīt sava nepilngadīgā bērna dalībai šajā pētījumā.

Pētījumam tika atlasīti dalībnieki, kuru redzes asums bija vienāds vai labāks par 0.0 logMAR (1.0 dec vienībām) ar vai bez korekcijas pastāvīgai lietošanai. No pētījuma tika izslēgti dalībnieki, kuriem bija tendence uz hipermetropiju.

2.2. Pētījuma metodika

Pētījums notika divās daļās: pirms mācību stundām un pēc mācību stundām. Pirms mācību stundām skolēniem tika veikti trīs mērījumi.

1. Tika noteikts redzes asums binokulāri ar datorizētu subjektīvu testu redzes asuma mērīšanai: FrACT (Freiburgs Visual Acuity and Contrast Test – FrACT.3.8.2.). Skolēnam atrodoties 3 m attālumā no datora ekrāna ar klaviatūras palīdzību vajadzēja norādīt ekrānā redzamo Landolta gredzenu virzienu – uz augšu, uz leju, pa labi vai pa kreisi. Tests tika veikts 2 reizes pa 24 mērījumiem katrā reizē. Datorprogrammai, analizējot pareizās un nepareizās atbildes, uz ekrāna parādījās lielāki un mazāki optotipi. Ja skolēns atbildēja pareizi, viņam tika rādīti mazāki optotipi, ja nepareizi – tad lielāki. Pēc testa izpildes datora ekrānā tika parādīts rezultāts decimālajās un logMAR vienībās. Par skolēna redzes asumu tika uzskatīta vidējā vērtība no šiem 2 mērījumiem.

2. Tika pārbaudīts, vai skolēns ir ar tendenci uz hipermetropiju. Tests tika veikts, izmantojot +1,50 D stipras brilles. Šīs brilles tika uzliktas bērnam, un viņam datora ekrānā tika rādīti pieci redzes asumam 0.0 logMAR (1.0 dec vienībām) atbilstoši Snellena optotipi, kas tika rādīti ar Microsoft PowerPoint prezentācijas palīdzību 3 m attālumā. Ja bērns bija spējīgs nosaukt vismaz trīs no pieciem optotipiem, tika pieņemts, ka šim bērnam ir tendence uz hipermetropiju.

R C N S Z

2.1. attēls. Snellena optotipi hipermetropijas atklāšanai.

3. Tika mērīts tuvākais skaidras redzes punkts (*punctum proximum – pp*) binokulāros apstākļos ar RAF (Royal Air Force) lineāla palīdzību. Skolēna acīm tika tuvināta tabula ar Snellena optotipiem, kas atbilst redzes asumam 0.1 logMAR (0.8 dec vienības), līdz viņš ziņoja par pirmajām miglošanās pazīmēm. Mērījums tika veikts 3 reizes, un vidējā vērtība no šiem mērījumiem tika uzskatīta par skolēna tuvāko skaidras redzes punktu. Pēc tam tika aprēķināts akomodācijas amplitūdas lielums pēc formulas: akomodācijas amplitūda = 1 / tuvākais skaidras redzes punkts (metros).



2.2. attēls RAF lineāls [15]

Pēc mācību stundām skolēniem tika novērtēts tuvākais skaidras redzes punkts binokulāros apstākļos ar RAF lineālu un aprēķināta akomodācijas amplitūda.

Pētījumā bērni, kuru redzes asums bija sliktāks nekā 0.0 logMAR (1.0 dec vienības), tika pieskaitīti grupai ar miopisku refrakciju. Redzes asuma robeža, kas atdala emetropus bērnus no miopiem, tika uzstādīta augstāka nekā parasti – 0.0 logMAR vienības, lai varētu maksimāli atlasīt un izslēgt visus miopos bērnus no turpmākās datu analīzes.

Tie bērni, kuri hipermetropijas atklāšanas testā ar +1,50 D brillēm varēja nosaukt vismaz trīs redzes asumam 0.0 logMAR atbilstošos optotipus, tika pieskaitīti grupai ar hipermetropisku refrakciju. Turpmākajā pētījumā šie bērni tiek saukti attiecīgi par miopiem un hipermetropiem. Skolēni, kuru redzes asums bija 0.0 logMAR vai augstāks, tika pieskaitīti pie emetropas refrakcijas grupas. Savukārt bērni, kuriem bija pastāvīga briļļu vai kontaktlēcu korekcija un redzes asums bija 0.0 logMAR vai augstāks, tika pieskaitīti pie emetropās refrakcijas grupas.

2.3. Rezultāti un rezultātu analīze

Veicot mērījumus, tie tika pierakstīti protokolā un pēc tam analizēti ar Microsoft Excel datorprogrammas palīdzību.

2.1. tabulā attēlots bērnu sadalījums pēc ametropijas veida un vecuma ar ikdienā valkāto korekciju vai bez tās, ja tāda nav izrakstīta. Visās klašu grupās dominējošais refrakcijas veids ir emetropija (sevī iekļaujot izkorigētus miopus ar redzes asumu 0.0 logMAR vai augstāku). Vidēji 74% bērnu ir emetropi, otrajā vietā ir hipermetropija (19%), bet vismazāk ir miopu bērnu, kas ikdienā ir bez korekcijas – vidēji 7%.

2.1. tabula. Skolēnu sadalījums pēc vecuma un ametropijas veida. Vidējais vecums attēlots ar standartnovirzi.

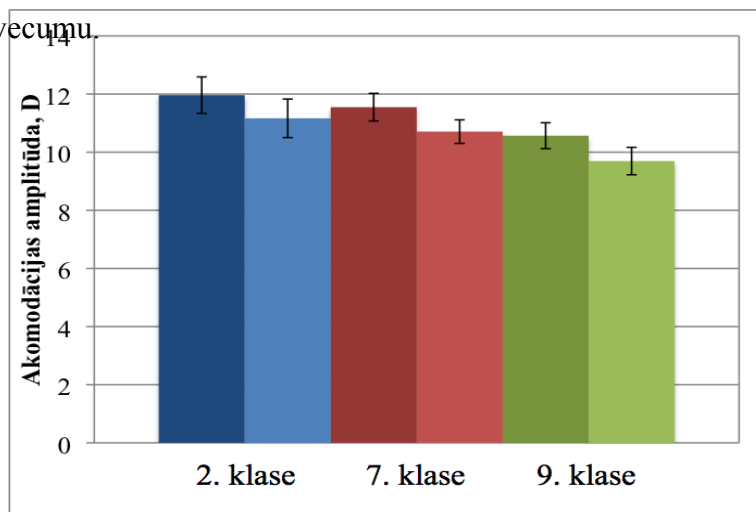
Klase	Vidējais vecums, gadi	Skaitis, n	Emetropi, n (%)	Hipermetropi, n (%)	Miopi, n (%)
2. klase	8,5 ± 0,5	30	24 (80%)	3 (10%)	3 (10%)
7. klase	12,9 ± 0,5	43	30 (70%)	12 (28%)	1 (2%)
9. klase	14,9 ± 0,4	33	24 (73%)	6 (18%)	3 (9%)

Emetropiem akomodācijas amplitūda, kas tika mērīta pirms un pēc mācību stundām, visās pētījumā iekļautajās klašu grupās no rīta bija augstāka nekā pēc mācību stundām. 2. un 7. klasē akomodācijas amplitūdas lielums, salīdzinot to ar pirms mācību stundām nomērīto, bija samazinājies par 0,8 D (no 12,0 D līdz 11,2 D 2. klasē un no 11,6 D līdz 10,7 D 7. klasē), līdz ar to tuvākais skaidras redzes punkts bija attālinājies vidēji par 0,7 cm. Taču 9. klasē akomodācijas amplitūda bija samazinājies par 0,9 D (no 10,6 D līdz 9,7 D), tuvākajam skaidras redzes punktam attālinoties par 1,0 cm (2.3. attēls). Visās klašu grupās akomodācijas amplitūda pēc stundām ir statistiski nozīmīgi samazinājusies ($p < 0.05$, *Paired two sample t-Test; two-tailed*).

Skolēniem akomodācijas amplitūdas atkarība no vecuma ir statistiski nozīmīgs lielums ($p < 0.05$, *Paired two sample t-Test; two-tailed*), proti, palielinoties skolēnu vecumam, samazinās akomodācijas amplitūdas lielums.

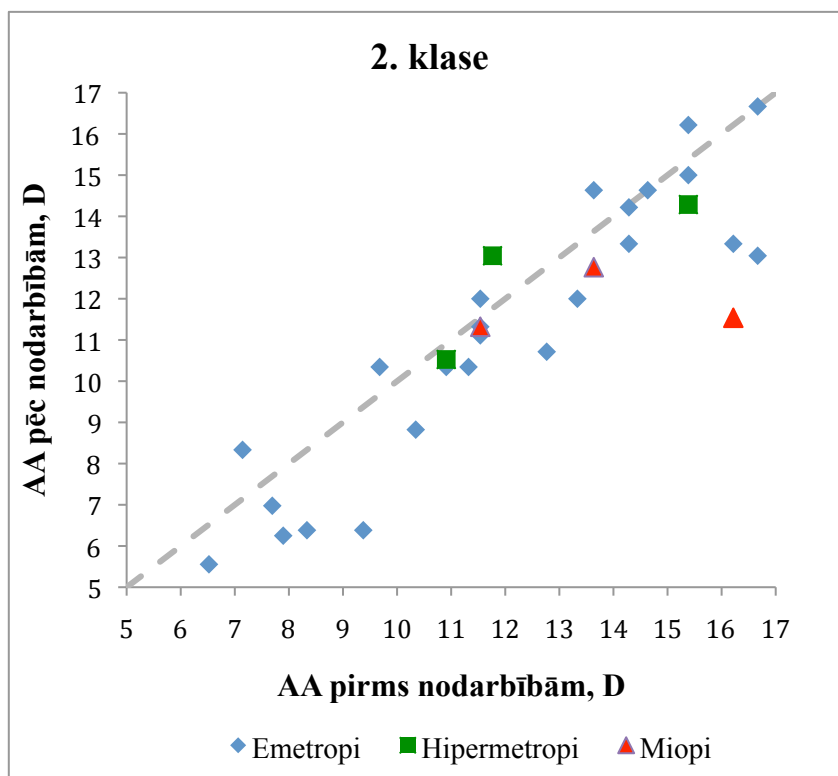
Skolēniem akomodācijas amplitūdas izmaiņas dienas laikā, salīdzinot tās atkarībā no bērnu vecuma, neuzrāda statistiski būtiskas atšķirības starp vecuma grupām ($p > 0.05$, *Paired two sample*

t-Test; two-tailed). Eksperimentā iegūtie dati neliecina par to, ka akomodācijas nogurums ir saistīts ar skolēna vecumu.

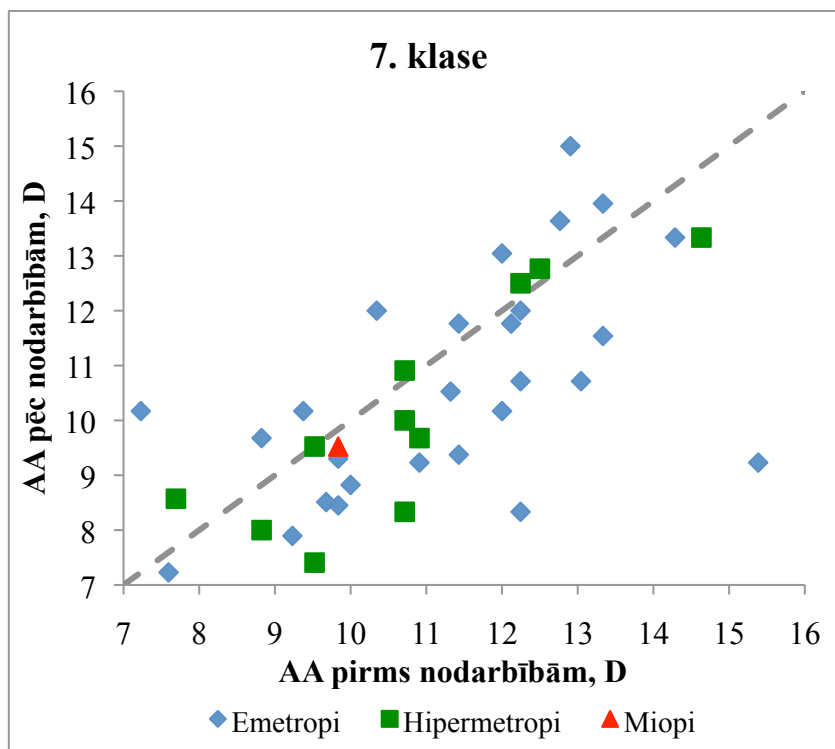


2.3.attēls. Vidējā akomodācijas amplitūda emetropiem skolēniem pirms un pēc mācību stundām. Zilā krāsā apzīmēta AA (D) 2. klasei pirms mācību stundām, sarkanā krāsā AA (D) 7. klasei, bet zaļā krāsā AA (D), 9. klasei, turklāt katrai klašu grupai kreisajā stabiņā attēlota AA (D) no rīta, bet labajā – pusē AA (D) pēc mācību stundām. Stabiņiem norādītas standartklūdas.

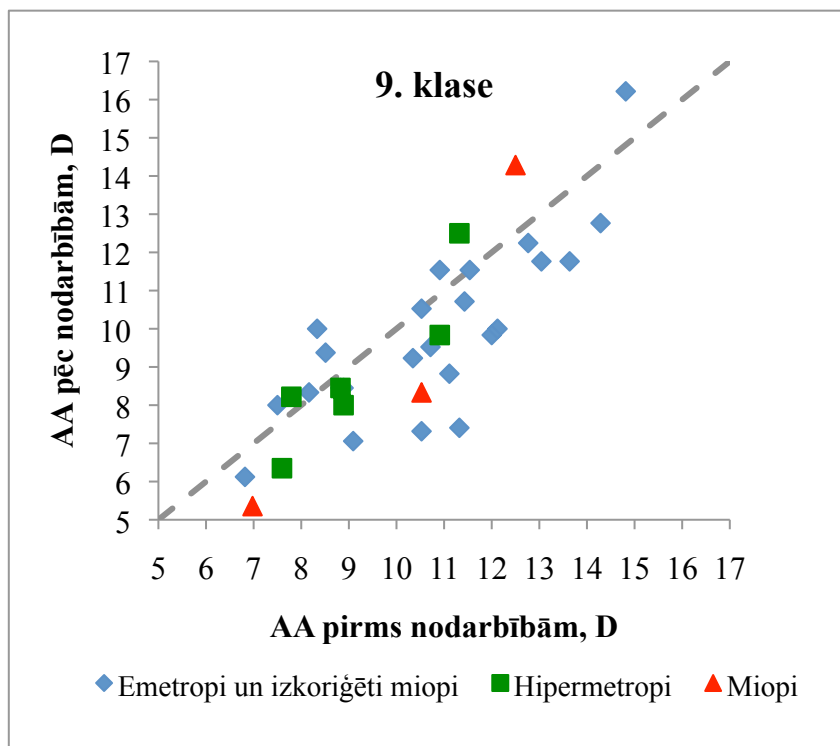
Attēli 2.4., 2.5. un 2.6. rāda akomodācijas amplitūdas atšķirības pirms un pēc mācību stundām 2., 7. un 9. klašu skolēniem. Visos gadījumos dati ir statistiski būtiski atšķirīgi ($p < 0.05$, *Paired two sample t-Test; two-tailed*). Akomodācijas amplitūda skolēniem dienas laikā statistiski nozīmīgi samazinās.



2.4. attēls. Akomodācijas amplitūdas atšķirība 2. klasei pirms un pēc mācību stundām. AA pēc stundām ir statistiski būtiski samazinājusies ($p < 0.05$, *Paired two sample t-Test; two-tailed*). Pārtrauktā līnija (bisektrise) rāda perfektu sakritību starp abiem lielumiem.



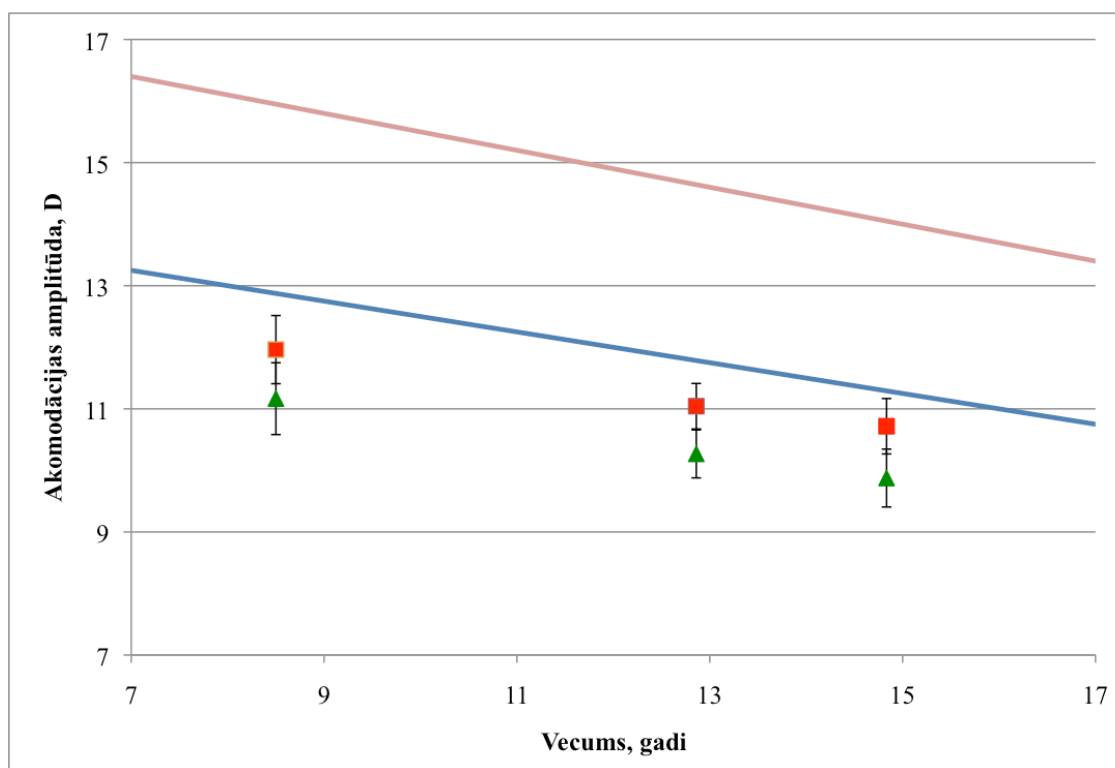
2.5.attēls. Akomodācijas amplitūdas atšķirība 7. klasei pirms un pēc mācību stundām. AA pēc stundām ir statistiski būtiski samazinājusies ($p < 0.05$, *Paired two sample t-Test; two-tailed*). Pārtrauktā līnija (bisektrise) rāda perfektu sakritību starp abiem lielumiem.



2.6. attēls. Akomodācijas amplitūdas atšķirība 9. klasei pirms un pēc mācību stundām. AA pēc stundām ir statistiski būtiski samazinājusies ($p < 0.05$, *Paired two sample t-Test; two-tailed*). Pārtrauktā līnija (bisektrise) rāda perfektu sakritību starp abiem lielumiem.

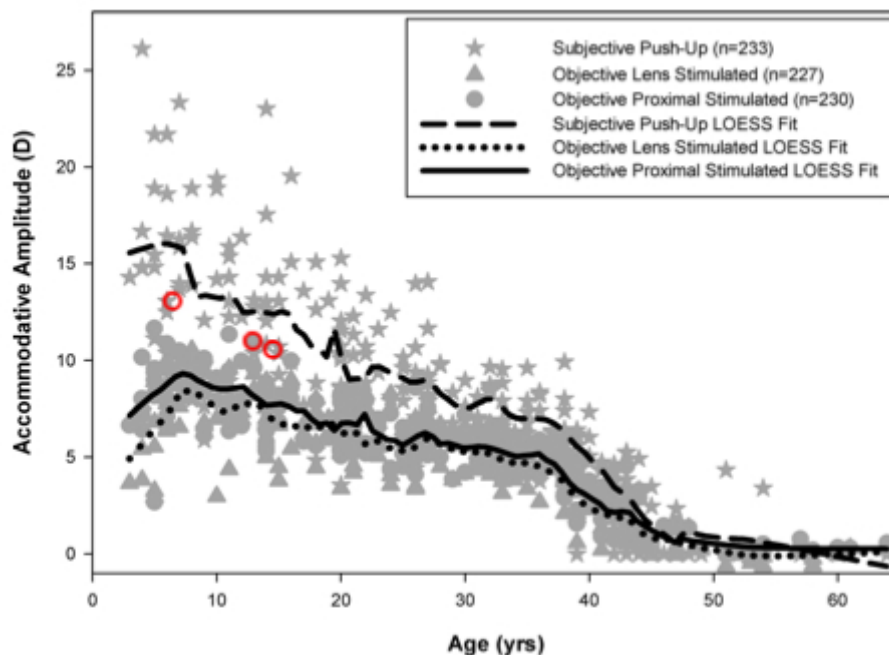
Analizējot akomodācijas amplitūdas atšķirību atkarībā no ametropijas veida, nevar izdarīt secinājumus par akomodācijas amplitūdas izmaiņām, jo ir pārāk maz datu par hipermetropiem un miopiem bērniem.

2.7 attēlā redzams 2., 7. un 9. klases nomērīto akomodācijas amplitūdu salīdzinājums ar Duanes-Hofstetera formulās aprēķināto minimālo akomodācijas amplitūdas vērtību. Pirms mācību stundām teorētiskā norma nav būtiski atšķirīga no vidējās vērtības ($p > 0.05$), bet pēc stundām vidējās vērtības ir statistiski nozīmīgi atšķirīgas no aprēķinātās normas ($p < 0.05$, *one sample t-Test; two-tailed*).



2.7. attēls. 2., 7. un 9. klases bērnu vidējās akomodācijas amplitūdas AA salīdzinājums ar teorētiski aprēķināto minimālo (zilā taisne) un vidējo (sarkanā taisne) AA vērtību pēc Duanes-Hofstetera formulas pirms (sarkanais kvadrāts) un pēc (zaļais trijstūris) mācību stundām. Uz x ass attēlots cilvēku vecums (gados), uz y ass – akomodācijas amplitūda (D). Iegūtajām vērtībām ir norādītas standartkļūdas (SE).

Eksperimentā iegūtie rezultāti, mērot ar subjektīvo *push-up* metodi sanāk ļoti līdzīgi, salīdzinot tos ar Andersona zinātniskajā pētījumā iegūtajiem datiem, lai salīdzinātu subjektīvās un objektīvās akomodācijas amplitūdas mērīšanas metodes un apskatītu akomodācijas amplitūdas izmaiņas dažādām vecuma grupām. 2.8 attēlā attēlota akomodācijas amplitūdas atkarība no vecuma, salīdzinot vairākas metodes akomodācijas amplitūdas mērīšanai. Pievēršot uzmanību eksperimentā iegūtajiem rezultātiem, kas attēloti kā sarkani riņķi 2.8. attēlā, var redzēt, ka tie būtiski neatšķiras no Andersona iegūtajiem datiem.



2.8. attēls. Akomodācijas amplitūdas atkarība no vecuma, salīdzinot AA mērījumiem izmantotās metodes: *push-up* metode (apzīmēta ar raustīto līniju), negatīvo lēcu stimulētā metode (apzīmēta ar punktoto līniju),, proksimāli stimulētā metode (apzīmēta ar nepārtraukto līniju),. Uz x ass attēlots cilvēku vecums (gados), uz y ass – akomodācijas amplitūda (D) [4] Ar sarkaniem riņķiem attēlotas eksperimentā iegūtās AA vidējās vērtības 8,5, 12,8 un 14,8 gadu vecuma grupās.

Secinājumi

1. Rezultāti rāda, ka, palielinoties skolēnu vecumam, samazinās akomodācijas amplitūdas (AA) lielums. Vecuma grupās 8,5, 12,8 un 14,8 gadi akomodācijas amplitūda, iegūta ar *push-up* metodi, bija attiecīgi $11,96 \pm 0,63$ D, $11,55 \pm 0,48$ D un $10,57 \pm 0,45$ D. Iegūtās vērtības ir līdzīgas ar citu autoru (*Andersen et al.*, 2014) nomērītajiem lielumiem.
2. Eksperimentā iegūtie dati rāda, ka akomodācijas noguruma lielums nav būtiski atkarīgs no skolēnu vecuma ($p > 0.05$).
3. Skolēniem dienas laikā akomodācijas amplitūda būtiski samazinās ($p < 0.05$). Vecuma grupās 8,5 un 12,8 gadi tā samazinājās par 0,80 D, bet 14,8 gadu vecuma grupā – par 0,87 D.
4. Gan pirms, gan pēc mācību stundām skolēniem vidējās AA vērtības ir zemākas nekā aprēķinātā minimālā vērtība pēc Duanes-Hofstetera formulas ($p < 0.05$). AA starpība ar minimālo normā pieņemto vērtību 2., 7. un 9. klases skolēniem vidēji bija 0.73D pirms stundām un 1,53 D pēc stundām. Iegūtie rezultāti sakrīt ar citu autoru pētījumiem, kuri iesaka pārskatīt šīs normas.

Nobeigums

Bakalaura darba izstrādes laikā, pētījuma dalībniekiem novērtējot kopējo akomodācijas amplitūdas noguruma tendenci dienas laikā, ir redzams, ka skolēnu redzes sistēma dienas laikā tiek pakļauta nogurumam. Taču, lai pētījuma rezultāti būtu vēl precīzāki, pētījuma laikā tā dalībniekiem vajadzētu nodrošināt vienādus redzes sistēmas noslodzes apstākļus, kā arī būtu vēlams veikt pētījuma dalībnieku padziļinātāku izmeklēšanu, lai maksimāli atlasītu emetropus vai labi izkoriģētus bērnus bez citiem redzes funkciju traucējumiem.

Lai gan eksperimentā iegūtie dati neliecina par to, ka akomodācijas nogurums ir saistīts ar skolēna vecumu, iepriekš veiktie pētījumi (2014. gadā Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes studentes A.Aleksejevas pētījums) liecina par to, ka bērna vecumam ir saistība ar akomodācijas sistēmas noguršanu, veicot ilgstošu tuvuma darbu. Uzskatu, ka šajā eksperimentā iegūtie rezultāti nevar pilnīgi attēlot patieso situāciju populācijā, jo tendences dažādos pētījumos atšķiras. Ir nepieciešami vēl papildus dati par jaunāko un vecāko klašu skolēniem, lai varētu izdarīt pārliecinošus spriedumus par dienas laikā radušos akomodācijas sistēmas nogurumu saistībā ar bērna vecumu.

Tā kā Duanes-Hofstetera formulas neskatoties uz to, ka to izstrāde tika veikta vairāk kā pirms 100 gadiem, tiek plaši pielietotas ikdienas praksē, kad nepieciešams novērtēt akomodācijas amplitūdu, lai novērtētu cilvēka akomodācijas nepietiekamību, ir svarīgi zināt, cik šīs formulas ir precīzas un cik droši pēc tām ir veidot spriedumus par pacienta redzes stāvokli ikdienas klīniskajā praksē. Zinātniskajā literatūrā pastāv viedoklis, ka šīs formulas ir jāpārskata, it īpaši pievēršot uzmanību akomodācijas amplitūdas vērtībām gados jaunākiem bērniem. Arī manā eksperimentā iegūtās vidējās akomodācijas amplitūdas vērtības ir ievērojami zemākas nekā formulās aprēķinātās vidējās akomodācijas amplitūdas vērtības. Tāpēc rekomendēju nākotnē veikt vēl pētījumus ar mērķi izskatīt šo formulu precizitāti.

Darbs ir izstrādāts ESF projekta „Redzes pārslodzes fizioloģijas pētījumi un redzes stresa diagnostikas metodikas izstrāde” Nr.2013/0021/1DP/1.1.1.2.0/13/APIA/VIAA/001 ietvaros.

Pateicības

Autore izsaka ļoti lielu pateicību darba vadītājam Dr.phys. Gatim Ikauniekam par atbalstu, veltīto laiku un sniegtajiem padomiem darba tapšanas gaitā.

Pateicība tiek izteikta Āgenskalna Valsts ģimnāzijas direktores vietniecei izglītības jomā Ingai Upeniecei un Bauskas Valsts ģimnāzijas direktores vietniecei izglītības jomā Mudītei Savickai par atsaucību un pretīmnākšanu sakarā ar pētījuma organizēšanu skolās, un skolēniem par veltīto laiku un enerģiju, piedaloties eksperimentā.

Paldies Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas pasniedzējiem un darbiniekiem par sniegtajām zināšanām.

Izmantotā literatūra un avoti

1. **Levin, L., A., Nilsson, S., F., E., Hoeve, J., V., Wu, S., Kaufman, P., L., Alm, A.,** *Adler's Physiology of the Eye 11th Edition*. SAUNDERS 2011. 41, p. 48-49
2. **Krūmiņa, G.** Redzes refraktīvie defekti I: metodiskie materiāli. LU Fizikas un matemātikas fakultāte.
3. **Dortonne, I.**, Biomechanical response of the in situ primate lens I., Harvard College - 2012 [atsauce 14.03.2015.] Pieejams internetā: <http://thurj.org/research/2011/01/1342/>
4. **Anderson, H., A., Stuebing, K., K.**, Subjective versus Objective Accommodative Amplitude: Preschool to Presbyopia *Optometry and Vision Science* 2014 Vol. 91, No. 11, p. 1290-1301
5. **Wolffsohn, J., S., Sheppard, A., L., Vakani, S., Davies, L., N.**, Accommodative amplitude required for sustained near work *Ophthalmic and Physiological Optics* 2011, 31; p. 480–486
6. **Sterner, B., Gellerstedt, M., Sjostom, A.**, The amplitude of accommodation in 6-10-year-old children – not as good as expected! *Ophthalmic and Physiological Optics* 2004, 24; p. 246-251
7. **Benedetto, S., Draai-Zerbib, V., Pedrotti, M., Tissier, G., Baccino, T.**, *E-readers and Visual Fatigue*. Plos one. 2013, Vol. 8
8. **Thiagarajan, P., Ciuffreda, K., J.**, Visual Fatigue and Accommodative Dynamics in Asymptomatic Individuals *Optometry and Vision Science* 2013 Vol. 90, No. 1, p. 57-65
9. **Marran, L.F., De Land, P.N., Nguyen, A.L.**, Accommodative insufficiency is the primary source of symptoms in children diagnosed with convergence insufficiency. *Optometry and Vision Science* 2006; p.83, 281
10. **Mutti, D., Mitchell, G.L., Moeschberger, M.L., Jones, L.A., Zadnik, K.**, Parental Myopia, Near Work, School Achievement, and Children's Refractive Error *Investigative Ophthalmology and Visual Science* December 2002, Vol. 43, No. 12
11. **Mutti, D.O., Mitchell, G.L., Hayes, J.R.**, Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Investigative Ophthalmology and Visual Science* 2006; 47:837– 846.
12. **Jones, L., A., Sinnott, L., T., Mutti, D., Mitchell, G., L., Moeschberger, M., L., Zadnik, K.**, Parental History of Myopia, Sports and Outdoor Activities, and Future Myopia, *Investigative Ophthalmology and Visual Science* August 2007, Vol. 48, No. 8

13. **Ip J.M., Saw S.M., Rose, K.A., Morgan, I.G., Kifley, A., Wang, J.J., Mitchell, P.**, Role of Near Work in Myopia: Findings in a Sample of Australian School Children *Investigative Ophthalmology and Visual Science* July 2008, Vol. 49, No. 7
14. **Wang, Y., Bao, J., Ou, L., Thorn, F., Lu, F.**, Reading behavior of emmetropic schoolchildren in China *Vision Research Volume* 86, 28 June 2013, p. 43–51
15. **Adler, P., Cregg, M., Viollier, A., Woodhouse, M.** Influence of target type and RAF rule on the measurement of near point of convergence. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 2007, Vol. 27, p. 22.

Pielikumi

1. pielikums Vēstule pētījuma dalībnieku vecākiem

Labdien! Mēs, Līva Kapteine un Madara Segliņa, Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas studentes, vēlamies veikt pētījumu par redzes nogurumu skolēniem. Pētījuma mērķis ir novērtēt bērnu redzes sistēmas nogurumu, kas saistīts ar tuvuma darbu skolā, un salīdzināt, vai tas ir atšķirīgs dažāda vecuma bērniem. Mēs plānojam veikt redzes pārbaudi skolēniem no rīta un pēcpusdienā, un salīdzināt, vai redze pēc stundām ir būtiski mainījies. Redzes pārbaude sastāvēs no redzes asuma mērījumiem, tuvākā skaidras redzes punkta novērtēšanas, kā arī dažiem jautājumiem par bērna lasīšanas paradumiem. Informācija par pētījuma dalībniekiem un pārbaudēs iegūtie rezultāti būs anonīmi un tiks izmantoti tikai mūsu bakalaura darbu izstrādei. Pētījums ir saskaņots ar Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļu.

Ja Jūs piekrītat, ka šī pētījuma ietvaros pārbaudīsim Jūsu bērnu, tad, lūdzu, apstipriniet to ar savu parakstu. Paldies!

Jūsu bērna Vārds Uzvārds _____

Jūsu paraksts _____ Datums ___/___/_____

Kontaktinformācija papildu jautājumiem: livakapteine@yahoo.com

Bakalaura darbs “Akomodācijas amplitūdas izmaiņas skolēniem dienas laikā” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

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

Autore: _____ Līva Kapteine _____
/paraksta vieta/ /datums/

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai
Vadītājs: docents, Dr.phys. Gatis Ikaunieks _____
/paraksta vieta/

Recenzents: lektore, Mg.sc. Anda Balgalve

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____.
/datums/

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta _____
/paraksta vieta/

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē
_____. protokola Nr. _____.
/datums/

Komisijas sekretārs: docents, Dr.phys. Pēteris Cikmačs _____.
/paraksta vieta/