

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

**ATTĀLUMA IETEKME UZ SUBJEKTĪVĀS
REFRAKCIJAS NOTEIKŠANAS PRECIZITĀTI**

MAGISTRA DARBS

Darba autors: **Alīna Kučika**

Studenta apliecības Nr. ak17020

Darba vadītāji: docente, Dr.phys. Aiga Švede

RĪGA 2019

ANOTĀCIJA

Darbs ir uzrakstīts latviešu valodā uz 53 lapaspusēm. Tas satur 17 attēlus, 12 tabulas, 2 pielikumus un 59 atsauces uz literatūras avotiem.

Darba mērķis bija novērtēt attāluma ietekmi uz pacienta subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitāti. Subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 (decimālās vienībās), un maksimālā subjektīvā refrakcija tika novērtēta 55 acīm piecos skata attālumos. Rezultāti parādīja, ka 5 m attālumā noteiktā subjektīvā refrakcija būtiski neatšķiras no 6 m attālumā noteiktās. 4 m un tuvākos attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija būtiski mainās uz hipermetropijas pusi. Netika atklātas subjektīvās refrakcijas izmaiņu atšķirības starp miopiskās un hipermetropiskās refrakcijas veidiem.

Atslēgvārdi: subjektīvā refrakcija, kabineta izmērs, skata attālums, mērījumu precizitāte.

ABSTRACT

Master thesis is written in Latvian on 53 pages. It contains 17 images, 12 tables, 2 appendixes and 59 references to literature sources.

The aim was to assess the impact of distance on the accuracy of subjective refraction measurement. Subjective refraction, which provides visual acuity 1.0 (in decimal units), and the maximum subjective refraction was measured in 55 eyes at 5 different viewing distances. Results demonstrate that subjective refraction estimated at 5 m distance does not significantly differ from results acquired at 6 m distance. However, at 4 m or less, subjective refraction changes in hyperopia direction. There were no significant differences in change of refraction in the patients with hyperopia and myopia.

Keywords: subjective refraction, examination room size, viewing distance, accuracy of measurements.

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

D – dioptrijs

D/MA – dioptrijas/metra leņķis

IOL – intraokulārā lēca

KA/K – konverģences akomodācijas atbilde uz konverģences stimulu

OR – objektīvā refrakcija

SR – subjektīvā refrakcija

SATURS

IEVADS	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS	2
1.1. Subjektīvās refrakcijas pamatprincipi	2
1.1.1. Hiperfokāla refrakcija	2
1.1.2. Duohromais tests	4
1.1.3. Krustotā cilindra tests	5
1.1.4. Redzes asuma noteikšanas kritēriji	5
1.2. Refrakcijas noteikšanu ietekmējošie faktori	6
1.2.1. Iekšējie faktori	7
1.2.2. Ārējie faktori	14
1.2.3. Redzes speciālista faktors	20
2. PĒTĪJUMA DAĻA	21
2.1. Pētījuma dalībnieki	21
2.2. Metodes apraksts	22
2.2.1. Subjektīvās refrakcijas novērtēšana	22
2.2.2. Subjektīvās un objektīvās refrakcijas novērtēšana	25
2.3. Rezultāti un to analīze	27
2.3.1. Novērtēšanas attāluma ietekme uz subjektīvo refrakciju, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās	27
2.3.2. Novērtēšanas attāluma ietekme uz maksimālo subjektīvo refrakciju	33
2.3.3. Dalībnieka ar intraokulāro lēcu implantiem subjektīvā refrakcija dažādos skata attālumos	39
2.3.4. Objektīvās un subjektīvās refrakcijas novērtēšana dažādos skata attālumos	40
2.4. Diskusija	41
SECINĀJUMI	46
NOBEIGUMS	47
PATEICĪBA	48

IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	49
1. pielikums. Informācija pētījuma dalībniekiem	54
2. pielikums. Pētījuma protokols.....	55

IEVADS

Korekti novērtēta subjektīvā refrakcija ietekmē ne tikai redzes kvalitāti ar nozīmēto refrakcijas kļūdas korekciju, bet arī acu patoloģisko stāvokļu pakāpes un stabilitātes novērtēšanu, redzes asuma un acs refraktīvā stāvokļa izmaiņu dinamikas novērošanu, it īpaši progresējošu acu slimību gadījumā. Lai nodrošinātu pēc iespējas labāku subjektīvās refrakcijas mērījumu precizitāti un atkārtojamību, ir jāapsver redzes asuma un subjektīvās refrakcijas noteikšanu ietekmējošus faktorus, kā arī jānodrošina identiski mērījuma apstākļi.

Viens no svarīgiem tāluma subjektīvās refrakcijas noteikšanas faktoriem ir subjektīvās refrakcijas novērtēšanas attālums. Rumjanceva (2018) izpētīja redzes pārbaudes kabinetus Latvijā un atklāja, ka to izmēri variē no 2,80 m līdz 5 m. Attālums no pacienta līdz optotipu ekrānam ir no 1,75 m līdz 4,40 m. Pētījumā tika secināts, ka dažādos testa attālumos novērtētais redzes asums būtiski atšķiras pacientiem ar nekoriģētu miopiju. Subjektīvās refrakcijas novērtēšana dažāda izmēra kabinetos līdz šim nav izpētīta.

Darba mērķis: izpētīt novērtēšanas attāluma ietekmi uz pacienta subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitāti.

Darba uzdevumi:

1. Izanalizēt skata attāluma ietekmi uz pacienta subjektīvo refrakciju, ar kuru pacienta redzes asums sasniedz 1,0 (decimālās vienībās).
2. Izanalizēt skata attāluma ietekmi uz pacienta maksimālo subjektīvo refrakciju.
3. Izvērtēt skata attāluma ietekmi uz dažādu refrakcijas veidu koriģēšanas precizitāti.
4. Izvērtēt acs zīlītes diametra ietekmi uz dažādos attālumos noteiktu subjektīvo refrakciju.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Subjektīvās refrakcijas pamatprincipi

Subjektīvās tāluma refrakcijas mērķis ir noteikt refraktīvās kļūdas koriģējošo sfērisko un cilindrisku lēcu kombināciju, kas nodrošina maksimālu redzes asumu, skatoties optiskajā bezgalībā, ar maksimāli atslābinātu akomodāciju (*Grosvenor, 2007*). Korekti piemeklēta subjektīvā korekcija ietekmē ne tikai redzes asumu un, līdz ar to, arī redzes kvalitāti, bet arī pacienta pašsajūtu un astenopisko sūdzību uzlabošanu. *Miller et al. (1997)* piedāvāja 20 pacientiem, kas ikdienā nenēsā korekciju, vai lieto maza stipruma tāluma brilles, divu dienu garumā nēsāt brilles ar pareizi piemeklētu refrakcijas korekciju. Tad pacientiem piedāvāja katrā nākamajā dienā nēsāt kādas no astoņām nepareizi piemeklētām brillēm ar refrakcijas korekcijas kļūdām no +0,25 D līdz +0,50 D, un lūdza subjektīvi salīdzināt savu redzes kvalitāti. Vairāk ka 65 % pacientu atzīmēja brilles ar refraktīvo kļūdu +0,50 D kā nepieņemamas. Kopumā >45 % pacientu nepieņēma nevienas no nekorekti izrakstītajām brillēm. Par līdzīgiem rezultātiem ziņo arī *Atchison et al. (2001)*, kas piedāvāja pacientiem nekorekti izrakstītas brilles ar $\pm 0,50$ D kļūdu.

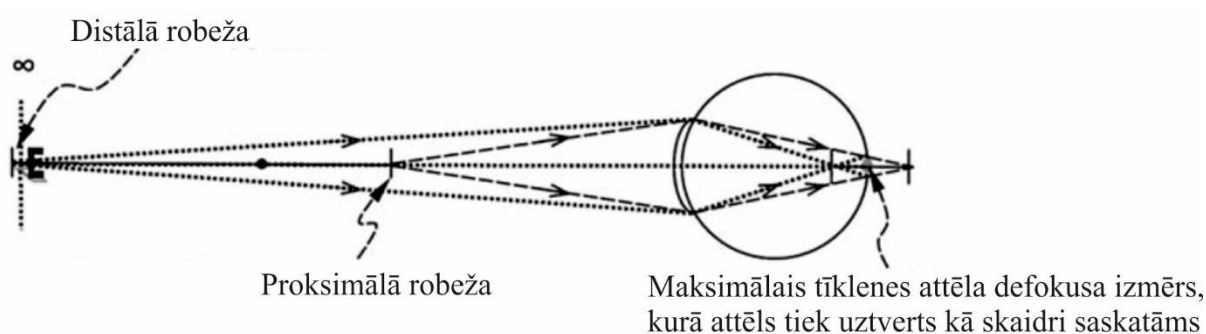
Nepareizi piemeklēta refrakcija var ietekmēt arī pacienta forijas stāvokli. Subjektīvā korekcija maina akomodācijas pieprasījumu un atbildi. Akomodācija ir saistīta ar vergēnci. Līdz ar to jebkuras akomodācijas izmaiņas, maina arī vergēnces atbildi, kas izpaužas kā izmaiņas forijās, un tieši ietekmē binokulārās funkcijas, tai skaitā binokulāro redzes asumu. *Majumder & Ling (2014)* izpētīja neprecīzas miopiskas korekcijas ietekmi uz redzes funkcijām un pierādīja, ka nepilnīgi izkoriģētas miopiskas kļūdas būtiski pasliktina binokulāro redzes asumu tūlumā un izmaina tuvuma forijas stāvokli uz ekso pusi. Savukārt miopijas pārkorekcija neietekmē redzes asumu tūlumā, bet būtiski izmaina tuvuma foriju uz ezo pusi.

1.1.1. Hiperfokāla refrakcija

Hiperfokālās refrakcijas pamatā ir izpratne par acs fokusa dziļumu. Pilnās jeb maksimālās refrakcijas mērķis ir panākt acs emetropizācijas stāvokli, kad bezgalīgi tāla objekta attēls tiek pārvietots precīzi uz tīklieni. Pilnās refrakcijas gadījumā uz acs tīklenes atrodas acs fokusa dziļuma viduspunkts. Savukārt hiperfokālās refrakcijas mērķis ir nodrošināt refraktīvo stāvokli, kur nav palikusi hipermetropijas daļa. Refrakcijas sfēriskā komponente tiek piemeklēta tā, lai pacientiem ar miopiju sasniegtu maksimālo redzes asumu ar minimālo negatīvo lēcu un pacientiem ar hipermetropiju – ar maksimālo pozitīvo lēcu. Šīs

korekcijas princips nodrošina nedaudz nepilnu korekciju miopijas gadījumā un nelielu pārkorekciju hipermetropijas gadījumā. Refrakcijas novirzes lielums ir atkarīgs no pacienta fokusa dziļuma un vidēji ir līdz 0,50 D. Wang & Ciuffreda (2006) uzskata hiperfokālo refrakciju par vienu no svarīgākajiem subjektīvās tāluma refrakcijas noteikšanas pamatprincipiem.

Lai nodrošinātu hiperfokālās refrakcijas principa realizāciju, subjektīvās refrakcijas beigās pacients tiek apmiglots ar nelielu pozitīvo lēcu un apmiglojums pakāpeniski tiek noņemts, līdz tiek sasniegts maksimālais redzes asums. Tas notiek, kad acs fokusa dziļuma distālais (tālākais) punkts atrodas uz tīklenes (skat. 1.1. att.).



1.1. att. Hiperfokālas refrakcijas pamatprincips. Acs fokusa distālais (tālākais) punkts atrodas uz tīklenes, attiecīgi acs asuma distālā robeža – uz aplūkojamā objekta (Wang & Ciuffreda, 2006).

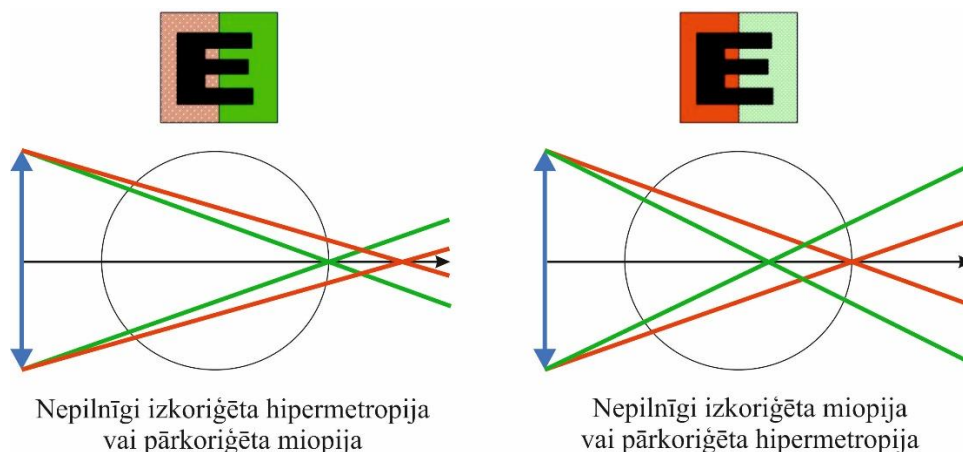
Grosvenor (2007) atzīmē, ka apmiglošana ar pozitīvo lēcu ir nepieciešama ne tikai fokusa dziļuma novietojuma kontrolēšanai, bet arī akomodācijas atslābināšanai. Acs ar apmiglojošo lēcu priekšā kļūst miopiska un jebkurš akomodācijas daudzums pasliktina redzes asumu tālumā. Ja pirms subjektīvās refrakcijas piemeklēšanas aci neapmiglot, pastāv risks, ka rezultātā attēls tiks novietots nedaudz tālāk aiz tīklenes, un akomodācijai būs jāpiepūlas, lai attēlu novietotu atpakaļ uz tīkmeni. Tas noved pie miopijas pārkorekcijas un hipermetropijas nepilnas korekcijas.

Grosvenor (2007) iesaka izmantot +0,75 D vai +1,00 D apmiglojošo lēcu, ar mērķi pārliecināties, ka akomodācija ir līdz galam atslābināta. Pacientam ar labu redzes asumu un +1,00 D apmiglojošo lēcu priekšā ir sagaidāms redzes asuma kritums līdz apmēram 0,67. Franklin (2007) atzīmē, ka 0,75-1,00 D lielas nekoriģētas miopijas vai manifestas hipermetropijas gadījumā sagaidāmais redzes asums ir 0,5 decimālās vienības. Monroe & Hirsch (1945) novērtēja redzes asumu 64 acīs ar nekoriģētu miopiju un secināja, ka 95 % gadījumu acīs ar 1,00 D lielu miopiju redzes asums variē no 0,67 līdz 0,13 decimālām vienībām. Tātad, ja ar +1,00 D stipru apmiglojošo lēcu tiek sasniegts redzes

asums, augstāks par 0,67 decimālām vienībām, tas varētu liecināt par miopijas pārkorekciju vai hipermetropijas nepilnu korekciju (Grosvenor, 2007).

1.1.2. Duohromais tests

Duohromais tests dod priekšstatu par izkorigētās refrakcijas stāvokli un pamatojas nevis uz redzes asumu, bet uz hromatisko aberāciju. Gaismas stariem ejot caur aci, tie tiek laužti dažādi. Īsāka viļņa garuma gaismas stari tiek laužti vairāk un fokusējas tuvāk lauzošajām virsmām, nekā garāka viļņa garuma stari. Duohromajā testā tiek izmantota sarkana un zaļa gaisma, un starpība starp abu gaismu fokusiem pēc laušanas ir ap 0,50 D (Švede u.c., 2008). Tātad pārkorigētas miopijas vai nepilnīgi izkorigētas hipermetropijas gadījumā sarkanās gaismas stari fokusējas tālāk no tīklenes nekā zaļās gaismas stari, un pacients skaidrāk redz optotipus uz zaļā fona (skat. 1.2. att.). Savukārt nepilnīgi izkorigētas miopijas vai pārkorigētas hipermetropijas gadījumā sarkanās gaismas stari fokusējas tuvāk tīklenei nekā zaļās gaismas stari, un pacients redz skaidrāk uz sarkanā fona.



1.2. att. Duohromā testa darbības princips. Hipermetropijas gadījumā zaļās gaismas stari fokusējas tuvāk tīklenei nekā sarkanās gaismas stari. Miopijas gadījumā sarkanās gaismas stari fokusējas tuvāk tīklenei nekā zaļās gaismas stari.¹

Rosenfield et al. (1995) un Grosvenor (2007) rekomendē veikt testu gandrīz tumšā telpā, jo, ja zīlīte ir platāka, palielinās hromatisko aberāciju intervāls un testa jutība palielinās. Grosvenor (2007) iesaka izkorigētai acij priekšā pielikt +0,50 D vai +0,75 D. Šajā gadījumā ir sagaidāms, ka uz sarkanā fona pacients redzēs skaidrāk, jo papildu pieliktas pozitīvas lēcas lauž gaismas starus tā, ka tie fokusējas pirms tīklenes. Pozitīvās lēcas stiprums tiek

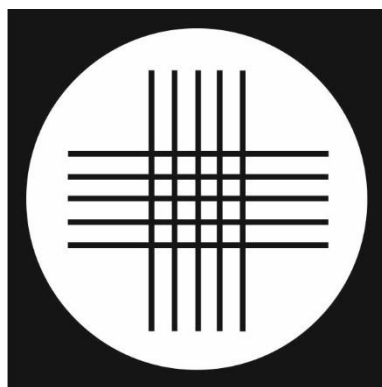
¹ Pieejams: <https://slideplayer.com/slide/7669808/>

samazināts, tiklīdz pacients paziņo, ka redz vienādi skaidrus optotipus uz abiem foniem. Tas nozīmē, ka gaismas stari tiek fokusēti precīzi uz tīklenes.

Švede u.c. (2018) atzīmē, ka gadījumā, ja akomodācija strādā pastiprināti, pacienti ar pilnībā izkoriģētu refrakcijas kļūdu redzēs skaidrāk uz sarkanā fona. Ja pilnībā paļauties uz šo testu, pastāv risks pārkoriģēt miopisko un nepilnīgi izkoriģēt hipermetropisko refrakciju. Autori piebilst, ka tests var uzrādīt nekorektu rezultātu arī gadījumā, ja acs optiskās vides ir apduļķotas. Šajā gadījumā pacienti ziņos par skaidrāku attēlu uz zaļā fona.

1.1.3. Krustotā cilindra tests

Švede u.c. (2008) apraksta krustotā cilindra testu kā vienu no veidiem subjektīvās refrakcijas sfēriskās komponentes precizēšanai. Pacientam tiek demonstrēts speciāls testa objekts ar vairākām vertikālām un horizontālām līnijām (skat. 1.3. att.). Acs priekšā tiek pielikts $\pm 0,50$ D krustotais cilindrs tā, lai $-0,50$ D cilindra ass būtu vērsta vertikāli, attiecīgi $+0,50$ D cilindra ass – horizontāli. Pacients ar pārkoriģētu miopiju vai nepilnīgi izkoriģētu hipermetropiju skaidrāk redzēs horizontālās līnijas. Savukārt pacients ar pārkoriģētu hipermetropiju vai nepilnīgi izkoriģētu miopiju skaidrāk redzēs vertikālās līnijas. Ar papildu pozitīvām un negatīvām sfēriskām lēcām tiek sasniegts stāvoklis, kad abu virzienu līnijas kļūst vienlīdzīgi skaidri saskatāmas. Tomēr autori iesaka izmantot testu piesardzīgi; ja akomodācija nav maksimāli atslābināta, tests var uzrādīt maldinošu rezultātu.



1.3. att. Testa objekts subjektīvās refrakcijas sfēriskās komponentes precizēšanai ar krustotā cilindra palīdzību (Švede u.c., 2008).

1.1.4. Redzes asuma noteikšanas kritēriji

Subjektīvās refrakcijas pamatfaktors ir nevis pacienta subjektīvā redzes asuma novērtēšana, bet pacienta spēja izšķirt optotipus. Atbilstoši *ISO* (2017) standartiem, optotipu rinda skaitās par pareizi nosauktu, ja pacients nosauc korekti vismaz 60 % optotipu. Izmantojot ETDRS un *Bailey Lovie* tabulas, katram optotipam tiek piešķirta 0,02 LogMAR

vienības, un pārbaude turpinās līdz brīdim, kamēr netiek nosaukts neviens optotips no nākamās rindas. Redzes asuma vērtību iegūst, no pēdējās nosauktās rindas atskaitot visu nepareizi nosaukto optotipu skaitu. *Raffel & Frith* (2008) atzīmē, ka pacientam ir jāatļauj minēt burtus, ja tie nav skaidri saskatāmi, bet tajā pašā brīdī optometristam ir jāseko līdzi, lai abas pacienta acis būtu plati atvērtas.

Grosvenor (2007) apraksta akomodācijas mikropsijas efektu – pieliekot pacientam, kuram ir miopija, “lieko” negatīvo lēcu acs priekšā, pacients var ziņot par optotipu samazināšanos. No vienas puses, šo atbildi var interpretēt kā miopijas pārkorekciju, no citas puses, ne visi pacienti spēj izjust šo efektu, līdz ar to optometrists to nedrīkst pieņemt kā izšķirošo faktoru.

Optometristam ir svarīgi pareizi instruēt pacientu pirms subjektīvās refrakcijas uzsākšanas, uzdot viņam korektus jautājumus un pareizi interpretēt iegūtās atbildes. Tāpat optometristam ir jāspēj izvērtēt dažādu citu faktoru ietekmi uz redzes asuma un subjektīvās refrakcijas novērtējumu.

1.2. Refrakcijas noteikšanu ietekmējošie faktori

Redzes asuma un subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitātei ir liela nozīme ne tikai nepieciešamās refraktīvās korekcijas nozīmēšanā, bet arī acu patoloģisko stāvokļu pakāpes un stabilitātes novērtēšanai, kā arī redzes asuma un acs refraktīvā stāvokļa izmaiņu dinamikas novērošanai, it īpaši progresējošu acu slimību gadījumā. Dažreiz precīza redzes asuma noteikšana var kļūt par izšķirošo faktoru svarīgu lēmumu pieņemšanā, piemēram, vai pacienta redzes asums atbilst profesionālajiem redzes standartiem. Ir svarīgi apsvērt redzes asuma un subjektīvās refrakcijas noteikšanas ietekmējošus faktorus, lai nodrošinātu pēc iespējas labāku mērījumu precizitāti un atkārtojamību.

Schwartz & Ogle (1959) atzīmē, ka maksimāli pieļaujamai refrakcijas korekcijas kļūdai nav jābūt lielākai par pusi no fokusa dziļuma. *Rosenfield & Chiu* (1995) piecas reizes atkārtoja 12 dalībnieku subjektīvās refrakcijas mērījumus un atklāja, ka subjektīvās refrakcijas standarta deviācija ir $\pm 0,14$ D. Autori secināja, ka par būtisku subjektīvās refrakcijas novirzi var uzskatīt $\pm 0,50$ D. *Smith* (2006) savā darbā ir secinājis, ka subjektīvās refrakcijas pieļaujamā standartklūda ir $\pm 0,30$ D un redzes asuma pieļaujamā standartklūda ir $\pm 0,04$ LogMAR vienības.

Leinonen et al. (2005) izpētīja redzes asuma rezultātu atkārtojamību, novērtējot subjektīvo refrakciju pēc vidēji 41 dienas kopš pirmā mērījuma. Pētnieki atklāja, ka vidējā redzes asuma standartklūda bija 0,06 LogMAR vienības. Pie tam acīm ar zemāku redzes asumu atkārtoto mērījumu novirze ir lielāka nekā acīm ar augstāku redzes asumu.

Leinonen et al. (2006), atkārtoti izanalizējot tos pašus datus, novēroja, ka vidējā refrakcijas sfēriskā ekvivalenta starpība starp diviem mērījumiem ir $\pm 0,74$ D. *Grein et al.* (2014) noteica subjektīvās refrakcijas rezultātu atkārtojamību, novērtējot subjektīvo refrakciju 20 cilvēkiem (40 acīm). Subjektīvā refrakcija katram dalībniekam tika novērtēta divās atsevišķās dienās. Katrā no pētījuma dienām subjektīvo refrakciju divreiz novērtēja seši optometriisti. Kopumā katrai no 40 acīm tika veikti 24 subjektīvās refrakcijas mērījumi. Rezultātā 95 % gadījumu subjektīvās refrakcijas sfēriskā ekvivalenta vidējā atšķirība starp mērījumiem sastādīja $\pm 0,44$ D (diapazonā no $\pm 0,22$ D līdz $\pm 0,65$ D). Autori atzīmē, ka seši pieredzējuši optometriisti, kas piedalījās pētījumā, pielietoja vienu un to pašu refrakcijas noteikšanas metodi. Vidējā subjektīvās refrakcijas rezultātu izkliede bija līdzīga katram no sešiem optometriistiem, kas šajā gadījumā izslēdz optometrista ietekmi uz iegūto refrakcijas rezultātu.

Redzes asumu un subjektīvās refrakcijas novērtēšanu var ietekmēt gan iekšējie, gan ārējie faktori.

1.2.1. Iekšējie faktori

1.2.1.1. Akomodācija un konverģence

Akomodācija ir acs spēja mainīt savu stiprumu, ar mērķi nodrošināt un uzturēt skaidru fokusētu attēlu uz tīklenes dažādos skata attālumos. *Heath* (1956) izdalīja četras akomodācijas komponentes, kuras ietekmē kopējo akomodācijas atbildes vērtību: reflektīvo, konverģences, proksimālo un tonisko akomodāciju.

Reflektīvā akomodācija ir automātiska akomodācijas atbilde uz miglainu attēlu uz tīklenes. Tā reaģē uz relatīvi mazu miglošanos diapazonā līdz 2,00-2,50 D. Reflektīvās akomodācijas procesa pamatā ir attēla kontrasta gradienta izmaiņas. *Ciuffreda* (2006) piebilst, ka procesā piedalās arī mikrosakādes, kas veido vairākas tīklenes attēla spožuma gradācijas, lai varētu vieglāk iegūt informāciju par miglošanos.

Konverģences akomodācija ir akomodācijas atbilde, kas ir saistīta ar akomodatīvo verģenci un mainās atkarībā no konverģences stāvokļa. *Ciuffreda* (2006) atzīmē, ka konverģences akomodācijas atbilde uz konverģences stimulu (KA/K attiecība) jaunu cilvēku populācijā ir apmēram 0,40 D/MA (dioptrijas/metra leņķis – akomodācijas apjoma izmaiņas uz konverģences 1 m attāluma izmaiņām). Šie dati sakrīt ar *Sweeney et al.* (2014) pētījumu, kura rezultātos KA/K attiecības vidējā vērtība sastādīja 0,42-0,46 D/MA. Konverģences akomodācijai ir nozīmīga loma tuvuma akomodācijas kopējā atbildē. Savukārt, palielinoties skata attālumam, konverģences un, līdz ar to, konverģences akomodācijas atbilde arvien

samazinās. Tāluma subjektīvās refrakcijas noteikšanā konverģences akomodācijai nav liela klīniska nozīme.

Proksimālā akomodācija ir saistīta ar priekšstatu par attālumu līdz apskatāmajam objektam. *Rosenfield et al.* (1991) pierādīja, ka proksimālā akomodācija tiek stimulēta tikai tad, kad apskatāmais objekts atrodas tuvāk par 3 m. *Hung et al.* (1996) uzsver, ka proksimālai akomodācijai ir liela nozīme atvērtā loka (*open-loop*) akomodācijas sistēmā, kad redzes sistēmai nav atpakaļejošās saites jeb informācijas par jau paveikto akomodācijas apjomu. Savukārt dabiskos binokulāros apstākļos, kad akomodācija darbojas slēgtā loka (*closed-loop*) sistēmā un notiek nepārtraukta neiroloģiskā atpakaļsaite starp akomodāciju un vergenci par jau paveikto akomodācijas un vergences apjomu, proksimālās akomodācijas ieguldījums kopējā akomodācijas atbildē ir niecīgs un sastāda apmēram 4 %.

Toniskā akomodācija ir acs refraktīvais stāvoklis gadījumā, kad nav vizuālā stimula, piemēram, tumsā. *Rosenfield et al.* (1993) izskaidro, ka toniskā akomodācija atspoguļo acs ciliārā muskuļa tonisko inervāciju, kas atbilst apmēram 1,00 D akomodācijas atbildei. *McBrien & Millodot* (1987) precizē, ka toniskās akomodācijas vidējā vērtība ir 0,91 D, pie tam miopijas gadījumā tā ir zemāka, vidēji 0,50 D, savukārt hipermetropijas gadījumā – augstāka, virs 1,00 D. *Heron et al.* (1995) pētījumā vidējais toniskās akomodācijas līmenis bija 0,80 D.

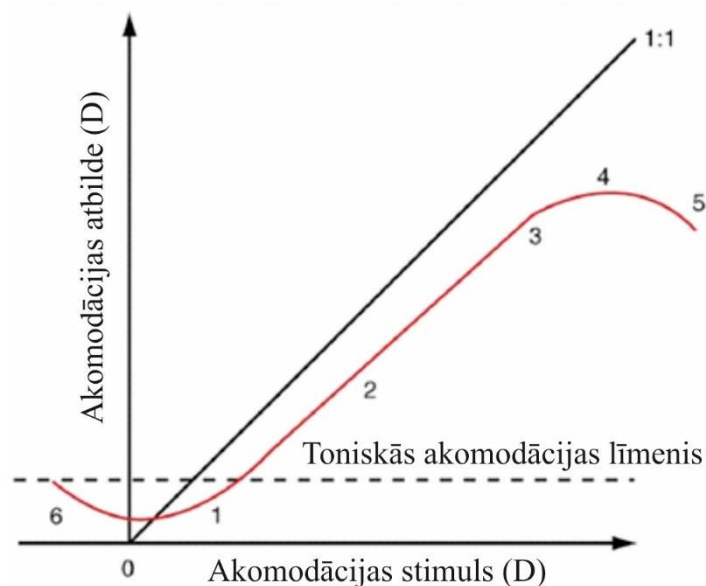
Rosenfield & Cuiffreda (1991) izpētīja apkārtējās vides tuvuma efektu uz toniskās akomodācijas atbildi un konstatēja, ka toniskā akomodācija un proksimālā akomodācija ir savstarpēji saistītas. Pētījuma dalībniekiem tika novērtēta toniskās akomodācijas atbilde pilnīgā tumsā divās dažāda izmēra telpās: $2,5 \times 2,5$ m un $2,75 \times 6,75$ m. Katram dalībniekam mērījums katrā no telpām tika veikts divreiz: pirmajā gadījumā dalībnieki tika ieviesti telpās ar aizklātām acīm un neapzinājās telpu izmērus un topogrāfiju; otrajā gadījumā dalībnieki redzēja telpas pirms mērīšanas un apzinājās to izmērus un topogrāfiju. Gadījumā, kad dalībnieki neapzinājās telpu izmērus, viņu nomērītā akomodācijas atbilde abās telpās būtiski neatšķīrās un vidēji bija attiecīgi 0,69 D liela izmēra telpā un 0,89 D maza izmēra telpā. Savukārt gadījumā, kad dalībnieki redzēja telpas iepriekš un apzinājās to izmērus, akomodācijas atbilde statistiski būtiski atšķīrās un bija attiecīgi 0,70 D liela izmēra telpā un 1,23 D maza izmēra telpā. Tātad toniskās akomodācijas atbilde ir atkarīga ne tikai no ciliārā muskuļa inervācijas stāvokļa, bet to var ietekmēt arī neoptiski akomodatīvi stimuli, kognitīvie faktori, mentālā iztēle, kā arī dzirdes un vestibulārā iedarbība.

Nguyen & Stark (2017) veica līdzīgu pētījumu, novietojot dalībniekus 4 m, 1 m, 50 cm, 33 cm un 25 cm attālumā no sienas. Toniskās akomodācijas atbilde tika nomērīta, dalībniekiem neapzinoties attālumu līdz sienai, un pirms nākamās mērīšanas dalībniekiem

ļāva apskatīt telpu. Rezultātā toniskās akomodācijas vērtība, dalībniekiem neapzinoties attālumus, vidēji sastādīja 1,05 D. Savukārt, samazinoties attālumam līdz sienai, toniskās akomodācijas atbilde palielinājās pēc lineārās sakarības – jo tuvāk pie sienas atradās dalībnieks, jo lielāka bija toniskās akomodācijas atbilde.

Pētījumu autori uzsver, ka šie mērījumi tika veikti atvērtā loka akomodācijas apstākļos. Toniskās akomodācijas ieguvums slēgtā loka akomodācijas sistēmā ir niecīgs. Toniskās akomodācijas atbildei palielinoties trīsreiz, piemēram, no 1,00 līdz 3,00 D, kopējā akomodācijas atbilde pieaug tikai par 0,18 D (*Hung & Semmlow, 1980 cit. pēc Rosenfield et al., 1993*).

Akomodācijas stimul un nepieciešamā akomodācijas atbilde sakrīt tikai vienā punktā, kas atbilst apmēram 1,00 D akomodācijas stimulam jeb objektam atrodoties apmēram 1 m attālumā no acs (*Wang & Ciuffreda, 2006*). *Ciuffreda (2006)* izskaidro, ka, skatoties tuvāk par šo attālumu, redzes sistēma novirza objekta attēlu nevis precīzi uz tīklenes plakni, bet acs fokusa dziļuma robežās, izmantojot minimāli nepieciešamo akomodācijas piepūli. Tātad, tuvumā akomodācijas atbilde atpaliek (skat. 1.4. att.). Savukārt, skatoties optiskajā bezgalībā, kad akomodatīvs stimul atbilst nullei, tiek novērota pastiprināta akomodācijas atbilde, kas sastāda no 0,25 D līdz 0,33 D (*Rosenfield et al., 1992 cit. pēc Ciuffreda, 2006*). *Ciuffreda (2006)* secināja, ka akomodācijas pastiprināto darbību tālumā ietekmē gan acs fokusa dziļums, gan toniskā akomodācija. Lai tālumā apskates objekts paliktu skaidri saskatāms, akomodācija nostrādā tik daudz, lai ar minimālu piepūli pārvietotu šī objekta attēlu līdz acs fokusa distālajai robežai.



1.4. att. Akomodācijas stimula un atbildes līkne. Ar melno krāsu ir atzīmēta akomodācijas teorētiskā atbilde uz stimulu (1:1). Ar sarkano krāsu (liektā līnija) – reālā akomodācijas atbilde. Ar punktētu līniju – acs toniskās akomodācijas līmenis. Akomodācijas atbilde sakrīt ar akomodācijas stimulu tikai melnās un sarkanās līnijas krustošanās punktā. Pa labi no krustošanās punkta akomodācijas stimulam palielinoties, notiek akomodācijas atbildes atpalikšana. Pa kreisi no krustošanās punkta, akomodācijas stimulam samazinoties, akomodācijas atbilde ir pastiprināta. Gadījumā, ja skatoties optiskajā bezgalībā uz tīklenes veidojas dekompensēts hipermetropisks defokuss (grafikā – kad akomodācijas stimulums ir mazāks par nulli) un attēla kvalitāte sāk samazināties, akomodācijas atbilde sāk pastiprināties un tiecas uz toniskās akomodācijas līmeni (Ciuffreda, 2006).

McBrien & Millodot (1986) salīdzināja akomodācijas atpalikšanas funkcijas hipermetropijas, emetropijas un miopijas grupās un konstatēja, ka vislielāko akomodācijas atpalikšanu tuvumā uzrādīja pacienti ar miopiju, un vismazāko – pacienti ar hipermetropiju. Akomodācijas pastiprinātā atbilde tālumā šajā pētījumā netika apskatīta. Savukārt Abbott et al. (1998) līdzīgā pētījumā neatklāja statistiski nozīmīgu akomodācijas atpalikšanas atšķirību starp emetropijas un miopijas grupām, toties novēroja akomodācijas atpalikšanas atšķirību starp pacientiem ar stabilu un progresējošu miopiju. Pacientiem ar progresējošu miopiju akomodācijas atpalikšana izrādījās lielāka nekā pacientiem ar stabilu miopiju. Yeo et al. (2006) neatrada statistiski būtisku akomodācijas funkcijas slīpuma atšķirību starp emetropijas, stabilas miopijas un progresējošas miopijas grupām. Pētnieki atklāja, ka akomodācijas atbildes funkcijas slīpums ir atkarīgs no novērtēšanas metodes. Vislielākais akomodācijas atbildes funkcijas slīpums tika atklāts, novērtējot akomodācijas atbildi, izmantojot negatīvās lēcas, savukārt vismazākais slīpums – mainot akomodācijas stimula atbildi līdz novērotājam. Ciuffreda (2006) atzīmē, ka akomodācijas atbildi var ietekmēt objekta apgaismojums, kontrasts, telpiskā frekvence, dalībnieka nogurums, zīlītes izmērs un

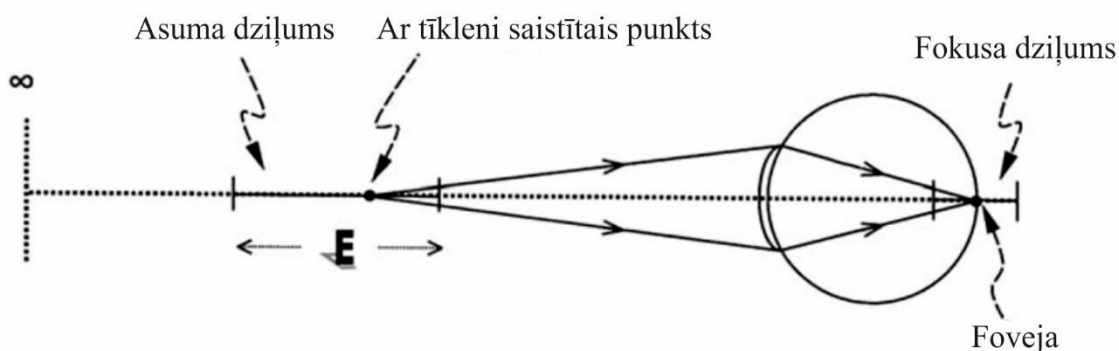
citi faktori. *Buehren & Collins (2005)* atklāja, ka monokulāros apstākļos zīlīte ir platāka un akomodācijas atbildes funkcija ir lēzenāka, jeb akomodācijas atbildes kļūdas ir lielākas, nekā binokulāros apstākļos, kad zīlītes izmērs ir mazāks. Salīdzinot akomodācijas atbildes funkcijas, ja ir fiksēta izmēra 3 mm zīlīte, akomodācijas kļūdas gan monokulāros, gan binokulāros apstākļos savā starpā neatšķirās. Līdz ar to autori secināja, ka zīlītei paplašinoties, akomodācijas atbildes kļūda palielinās.

Viens no galvenajiem subjektīvās refrakcijas noteikšanas mērķiem ir noteikt neakomodētās acs refrakcijas stāvokli. Gadījumā, ja akomodācija strādā pastiprināti, pastāv risks pārkoriģēt pacientu ar miopiju vai atrast nepilnu korekciju pacientam ar hipermetropiju. Apkopojot visu iepriekš minēto, var secināt, ka attālumā, kas ir tuvāks par 3 m, subjektīvās refrakcijas noteikšanā var iesaistīties konverģences un proksimālā akomodācija. Savukārt, skatoties optiskajā bezgalībā, akomodācijas pastiprināta atbilde var būt saistīta ar toniskās akomodācijas atbildi un acs fokusa dziļumu.

1.2.1.2. Zīlīte un fokusa dziļums

Acs zīlītes pamatfunkcijas ir uz tīklenes krītošās gaismas plūsmas regulēšana, acs fokusa dziļuma izmaiņa un aberācijas pakāpes kontrole (*Ciuffreda, 2006*). Acs fokusa dziļums ir pieļaujamās attēla attāluma izmaiņas optiskajā sistēmā, kas nerada redzes asuma pasliktināšanos fiksēta acs akomodācijas stāvokļa gadījumā. *Ciuffreda (2006)* izskaidro, ka, lai redzes sistēma uztvertu skaidru attēlu, tam ir jāatrodas vai nu precīzi uz tīklenes, vai nu fokusa dziļuma robežās. Kad attēls pārbīdās tuvāk vai tālāk par fokusa dziļumu, tas tiek uztverts kā nedaudz miglains. *Wang & Ciuffreda (2006)* definē fokusa dziļumu kā neiroloģisko un redzes uztveres toleranci uz fizioloģiskām akomodācijas svārstībām, refrakcijas un citām optiskās sistēmas kļūdām.

Acs asuma dziļums ir fokusa dziļuma projekcija telpā (skat. 1.5. att.). *Wang & Ciuffreda (2006)* atzīmē, ka, kamēr objekts atrodas acs asuma dziļuma robežās, tā attēls attiecīgi tiek projicēts acs fokusa dziļuma robežās un tiek uztverts skaidrs. Šajā gadījumā akomodācijas lielums ir nemainīgs, neskaitot nelielas fizioloģiskas akomodācijas svārstības, kuru lielums parasti ir $\pm 0,10$ D.



1.5. att. Acs asuma dziļums (pa kreisi) un acs fokusa dziļums (pa labi) (Wang & Ciuffreda, 2006).

Gan fokusa dziļums, gan asuma dziļums parasti tiek izteikti dioptrijās. Schwartz & Ogle (1959) abiem intervāliem izdala distālo (tālāko) un proksimālo (tuvāko) komponentes, kas attiecīgi nozīmē intervāla tālāko un tuvāko robežu. Fokusa dziļuma distālais un proksimālais punkts korespondē attiecīgi ar asuma dziļuma distālo un proksimālo punktu. Wang & Ciuffreda (2006) atzīmē, ka fokusa dziļuma viduspunkts atrodas tieši uz tīklenes, un attālumi no viduspunkta līdz distālam un proksimālam punktam ir simetriski. Savukārt fokusa dziļuma viduspunktam korespondējošais punkts telpā neatrodas asuma dziļuma vidū, bet vienmēr ir nobīdīts proksimālās robežas virzienā. Tas daļēji izskaidro akomodācijas atpalikšanu tuvumā un pastiprinātu akomodācijas darbību tālumā.

Fokusa dziļums nav konstanta vērtība. Dabiskos apstākļos fokusa dziļumu un, līdz ar to, apskatāmā attēla skaidru vai miglainu uztveri ietekmē nevis viens konkrēts faktors, bet vairāku faktoru kopsūma. Wang & Ciuffreda (2006) izdala iekšējos (redzes asums, zīlītes izmērs, tīklenes ekscentricitāte, acs refraktīvais stāvoklis, cilvēka vecums) un ārējos (apgaismojums, kontrasts, telpiskā frekvence, viļņa garums) fokusa dziļuma ietekmējošus faktorus.

Fokusa dziļums samazinās, palielinoties zīlītes izmēram, redzes asumam, apskatāmā objekta kontrastam un telpiskai frekvencei. Palielinoties apkārtējam apgaismojumam, acs zīlītes sašaurinās, līdz ar ko palielinās acs fokusa dziļums. Ciuffreda (2006) atzīmē, ka, ja zīlītes diametrs ir 0,5 mm, akomodācijas atbilde gandrīz sakrīt ar akomodācijas stimulu. Zīlītes diametram sasniedzot 1-2 mm, akomodācijas atbilde sāk novirzīties no teorētiskās atbildes uz stimulu, un šī novirze pieaug, zīlītei palielinoties. Schwartz & Ogle (1959) atklāja, ka zīlītes diametram paplašinoties no 2,5 līdz 8 mm, fokusa dziļums samazinās par 0,125 D uz vienu zīlītes paplašināšanās mm, līdz ar ko akomodācijas atbildes novirze paliek arvien lielāka.

Kobashi et al. (2015) atzīmē, ka zīlītes izmērs ir atkarīgs no vairākiem faktoriem – pacienta vecuma, refrakcijas kļūdas, acs akomodācijas stāvokļa, pacienta emocionālā

stāvokļa, kā arī telpas apgaismojuma un tīklenes apgaismojuma līmeņa. *Marg & Morgan* (1950) atklāja, ka zīlītes izmēru ietekmē arī attālums līdz apskatāmajam objektam – attālumam samazinoties, zīlīte sašaurinās. Dinamiskās refrakcijas gadījumā šis process ir zināms kā tuvuma sinkinētiskā triāde jeb akomodācijas, vergences un zīlītes saskaņotā darbība. *Jackson & Arnoldi* (2004) apraksta šo procesu kā sarežģītu neiromuskulāru mehānismu, kura mērķis ir saglabāt binokulāru fiksāciju un skaidru objekta attēlu, cilvēkam skatoties dažādos attālumos. *Marg & Morgan* (1950) atzīmē, ka, ja akomodācijas stimuluss ir mazāks par 1,00 D (t.i., tālāks par 1 m), attālums minimāli ietekmē zīlītes izmēru. Tas nozīmē, ka, nosakot subjektīvo refrakciju attālumos, kas ir lielāki par 1 m, zīlītes diametra izmaiņām nav lielas nozīmes. Savukārt, mainoties telpas apgaismojumam, zīlītes diametrs var būtiski ietekmēt subjektīvās refrakcijas noteikšanu. Tāpat priekšstats par acs fokusa dziļumu sniedz izpratni par hiperfokālās refrakcijas pamatprincipu (skat. 1.1.1. nodaļu).

Kobashi et al. (2015) atklāja, ka monokulārā stāvoklī zīlītes izmērs ir lielāks, tātad fokusa dziļums ir mazāks, nekā skatoties binokulāri. Tika atklāta statistiski būtiska atšķirība arī starp subjektīvo refrakciju, novērtējot to monokulāros un binokulāros apstākļos. Monokulāros apstākļos novērtētās refrakcijas sfēriska komponente ir būtiski miopiskāka, nekā binokulāros apstākļos novērtētā. Teorētiski subjektīvās refrakcijas atšķirības dažādos apstākļos varētu būt saistītas ar zīlītes izmēra un līdz ar to acs fokusa dziļuma izmaiņām. Tomēr korelācija starp zīlītes izmēru un refraktīvo kļūdu monokulāros un binokulāros apstākļos netika atklāta.

1.2.1.3. Dalībnieka faktors

Redzes funkciju novērtēšanu var ietekmēt pacienta koncentrēšanās, uzmanība un nogurums. *Owens & Wolf-Kelly* (1987) izpētīja acs noguruma ietekmi uz akomodācijas un vergences darbību, redzes asumu un acs refrakcijas stāvokli. Pētnieki novērtēja redzes funkcijas 28 studentiem pirms un pēc vienas stundas ilga darba tuvumā un atklāja, ka pēc slodzes tuvumā toniskās akomodācijas līmenis palielinājās vidēji par 0,60 D, toniskās vergences pozīcija pietuvinājās vidēji par 11,4 cm un dalībnieku refrakcija mainījās uz miopijas pusi par $0,43 \pm 0,09$ D.

Baobuï u òp. (2017) pierādīja, ka acu nogurums var ietekmēt redzes asuma un subjektīvās korekcijas noteikšanas rezultātus. Pētījuma laikā 20 studentiem divreiz novērtēja tāluma redzes asumu plkst. 8 no rīta un plkst. 17 vakarā. Rezultātā no rīta novērtētais redzes asums bija būtiski augstāks, nekā vakarā novērtētais redzes asums. Redzes asumu vidējā starpība sastādīja no 0,05 līdz 0,5 decimālās vienības atkarībā no testa attāluma.

Pacienta nogurums un akomodācijas fluktuācija nav vienīgie faktori, kas var ietekmēt redzes asuma izmaiņas diennakts laikā. *Walker et al.* (2010) novērtēja redzes funkcijas pacientiem ar sausās acs sindromu. Pētnieki atklāja, ka vakarā novērtētais redzes asums un lasīšanas ātrums pacientiem ar sausās acs sindromu ir būtiski zemāks nekā no rīta.

Novērtējot subjektīvo refrakciju, ir jāņem vērā diennakts laiks un iespējamība, ka pacients vakarā var būt noguris. Šajā gadījumā pastāv risks pārkoriģēt pacientus ar miopiju un nepilnīgi nokoriģēt pacientus ar hipermetropiju.

1.2.2. Ārējie faktori

1.2.2.1. Optotipu tabulas

Chen et al. (2012) atklāja, ka optotipu tabulas veids var būtiski ietekmēt redzes asuma noteikšanas rezultātu. Pētījumā tika salīdzinātas redzes asuma vērtības, iegūtas ar trīs dažādu burtu tabulu palīdzību. Snellena burtu tabula uzrādīja būtiski augstāku redzes asuma rezultātu.

Visual Functions Committee (1984) un *ISO* (2017) par redzes asuma novērtēšanas etalonu pieņēma Landolta gredzenus, bet citu optotipu izmantošana ir pieļaujama. Izmantojot citus optotipus, ir jāpārlicinās, ka to atpazīšanas sarežģītība ir ekvivalenta Landolta gredzenu atpazīšanai. SLOAN optotipi atbilst šīm prasībām.

Ricci et al. (1998) apkopoja galvenās prasības attiecībā uz optotipiem, lai nodrošinātu klīniskās redzes pārbaudes augstu precizitāti un iegūto rezultātu ticamību:

- optotipu leņķiskajiem izmēriem ir jāatrodas diapazonā vismaz no 10 līdz 0,8 loka minūtēm;
- optotipu skaitam katrā rindā ir jābūt vienādam (*ISO* (2017) standartā ir precizēts, ka ir jāprezentē vismaz pieci vienāda izmēra optotipi);
- optotipu izmēram rindās ir jāmainās pēc ģeometriskās progresijas, kur katra nākamā rinda satur par 1,26 mazākus optotipus, nekā iepriekšējā;
- attālumam starp optotipiem arī ir būtiska nozīme – ir ieteicams, lai intervāls starp optotipiem atbilstu viena optotipa izmēram (redzes asumu uzskata par nomērītu ar izolētiem optotipiem, ja optotipu savstarpējais attālums ir vismaz piecas reizes lielāks, nekā optotipu izmērs).

Ricci et al. (2008) uzskata, ka LogMAR tabulas atbilst šīm prasībām, savukārt, Snellena tabulai ir dažādas neatbilstības: optotipu rindas satur dažādu burtu skaitu; tabula satur dažādas sarežģītības burtus (A un L burtus var atpazīt vieglāk, nekā B, E un F burtus); optotipu izmēri

mainās pēc nelineārās progresijas. *Raffel & Frith* (2008) arī iesaka izvēlēties LogMAR tipa tabulas, jo tās satur vienādu optotipu skaitu katrā rindā un attālumi starp optotipiem ir vienādi.

1.2.2.2. Optotipu tabulu kontrasts un apgaismojums

Redzes izšķirtspēja ir tieši saistīta ar apskatāmā objekta kontrastu – palielinoties kontrastam, palielinās arī redzes asums. *Ludvigh* (1941) atklāja, ka, kontrastam pakāpeniski palielinoties, redzes asums sākumā palielinās diezgan strauji, bet, kontrastam sasniedzot 60 % vērtību, tā ietekme uz redzes asumu vairs nav tik būtiska. *Sloan* (1951) iesaka veikt redzes asuma novērtēšanu ar optotipu tabulām, kuru kontrasts ir >84 %. *Ricci et al.* (1998) secināja, ka maksimālais redzes asums tiek sasniegts, kad kontrasts starp tabulu un optotipiem ir lielāks par 80 %.

Tāpat, ir svarīgi nodrošināt pietiekamu tabulas fona apgaismojumu. *Sloan* (1951) uzskata, ka fona spožums 12-18 mililamberti, kas ir vienāds ar apmēram 38-57 cd/m², vislabāk atspoguļo dabiskus skatīšanās apstākļus. *Visual Functions Committee* (1984) iesaka izmantot redzes tabulas ar fona apgaismojumu, kas nav zemāks par 80 cd/m². *Sheedy et al.* (1984) izpētīja redzes asumu atkarībā no tabulas apgaismojuma un secināja, ka zemu tabulas apgaismojuma līmeņu gadījumā redzes asums novērojami mainās, bet apgaismojumiem virs 85 cd/m² redzes asuma izmaiņas vairs nav tik būtiskas. Subjektīvās refrakcijas noteikšanā autori rekomendē pieturēties pie tabulas apgaismojuma diapazonā no 80 līdz 320 cd/m², kas nodrošinās redzes asuma svārstīšanos ne vairāk par ±0,02 LogMAR vienībām. *ISO* (2017) par standartu pieņēma tabulas fona apgaismojumu no 80 līdz 320 cd/m², bet rekomendētais apgaismojums ir 200 cd/m².

1.2.2.3. Apkārtējais apgaismojums

Hecht (1927) aprakstīja apkārtējā apgaismojuma ietekmi uz redzes asumu – palielinoties apkārtējam apgaismojumam, redzes asums uzlabojas. Autors izskaidro šo efektu ar tīklenes fotoreceptoru darbību: zema apgaismojuma gadījumā aktīvo nūjiņu skaits ir mazs, attālums starp uzbudinātām nūjiņām ir liels, līdz ar ko redzes asums ir zems. Savukārt, palielinoties apgaismojumam, arvien lielāks nūjiņu skaits sasniedz savu jutības sliekšni un acs izšķirtspēja palielinās.

Apkārtējais apgaismojums ietekmē arī zīlītes izmēru. Augsta apgaismojuma gadījumā zīlīte sašaurinās ar mērķi samazināt aberāciju daudzumu un palielināt acs fokusa dziļumu. Savukārt, apgaismojumam samazinoties, zīlīte paplašinās, lai nodrošinātu lielāku uz tīklenes nonākošās gaismas plūsmu. *Woodhouse* (1974) atklāja, ka mezopiskos apgaismojuma apstākļos šaura zīlīte nodrošina labāku redzes asumu nekā plata zīlīte, un otrādi, fotopiskos

apgaismojuma apstākļos augstāks redzes asums tiek iegūts ar šauru zīlīti. *Maqsood (2017)* izpētīja zīlītes izmēru atkarībā no apkārēja apgaismojuma un atklāja, ka 550 lx apgaismojuma apstākļos vidējais zīlītes diametrs ir 3,5 mm, bet, apgaismojuma līmenim samazinoties līdz 2 lx, vidējais zīlītes izmērs palielinās līdz 5,4 mm. Būtiskākās zīlītes izmēra izmaiņas tika novērotas apgaismojumu diapazonā no 150 lx līdz 550 lx. *Wozniak et al. (1999)* pētījumā tika apskatīta apkārtējā apgaismojuma ietekme ne tikai uz zīlītes izmēru, bet arī uz redzes asumu. Rezultātā tika atklāts, ka telpā ar 1300 lx apgaismojumu vidējais zīlītes izmērs bija 3,3 mm, ar 90 lx apgaismojumu vidējais zīlītes izmērs palielinājās līdz 4,8 mm. Redzes asuma starpība dažādos apgaismojuma apstākļos nebija liela, bet bija statistiski būtiska. Augsta apgaismojuma apstākļos redzes asums bija vidēji par diviem optotipiem lielāks nekā zema apgaismojuma apstākļos. *Lee (2009)* novērtēja apkārtējā apgaismojuma ietekmi uz redzes asumu, izmantojot datorizētu redzes asuma tabulu, un pierādīja, ka starpība starp redzes asumu gaišā (300-450 lx) un tumšā (2-5 lx) telpā bija statistiski būtiska (diemžēl autori nemin precīzus redzes asuma mērījuma rezultātus), bet šos rezultātus neietekmēja zīlītes izmēra izmaiņas. *Tidbury (2016)* atklāja, ka apgaismojums būtiski ietekmē redzes asumu un, apgaismojumam samazinoties par vienu logaritmisko vienību, redzes asums samazinās par 0,06 LogMAR vienībām.

Johnson (1975) izpētīja akomodācijas atbildes kļūdas, ja telpas apgaismojums tika mainīts, un secināja, ka akomodācijas atbildes precizitāte uzlabojas labi apgaismotā telpā. Savukārt zema apgaismojuma apstākļos akomodācijas kļūdas kļūst lielākas. Zemā apgaismojumā akomodācijas atbilde tuvinās toniskās akomodācijas līmenim un mazāk mainās atkarībā no akomodācijas stimula, kas norāda uz to, ka akomodācijas stimulš kļūst mazāk efektīvs.

Literatūrā nav atrodamas precīzas rekomendācijas par telpas apkārtējo apgaismojumu, veicot subjektīvās refrakcijas novērtēšanu. *NAS-NRC (1980)* iesaka veikt subjektīvās refrakcijas noteikšanu tāda apkārtējā apgaismojuma apstākļos, lai tā spilgtums nepārsniedz pusi no redzes asuma tabulas fona spilgtuma. Nav rekomendēts veikt subjektīvās refrakcijas noteikšanu zemā apkārtējā apgaismojuma apstākļos (*NAS-NRC, 1980 cit. pēc Ricci et al., 1998*). *Visual Functions Committee (1984)* pieļauj, ka apgaismojuma līmeņi var atšķirties atkarībā no pacienta profesionālām vajadzībām un/vai acu patoloģiju esamības. Galvenais ieteikums ir ļaut pacientam adaptēties apkārtējam apgaismojumam pirms redzes asuma un subjektīvās refrakcijas novērtēšanas. Novērtējot subjektīvo refrakciju nestandarta apgaismojuma apstākļos, blakus refrakcijas rezultātiem ir vēlams norādīt izmantoto apgaismojuma līmeni. Izmantojot redzes testu projektorus, ir jāseko, lai apkārtējais apgaismojums nesamazina optotipu kontrastu zemāk par pieļaujamo minimumu, kas ir

80-84 % (skat. 1.2.2.2. nodaļu). *Raffel & Frith* (2008) uzskata, ka telpas apgaismojumam ir jābūt vismaz 1/5 no redzes tabulas apgaismojuma. *Tidbury* (2016) iesaka novērtēt redzes asumu 400-600 lx apgaismojumā, tas nodrošinātu redzes asuma svārstīšanos ne vairāk par $\pm 0,12$ LogMAR vienībām.

1.2.2.4. Testa attālums

Novērtējot tāluma redzes asumu un subjektīvo refrakciju, testa objektu novieto tādā attālumā, ko varētu uzskatīt par optisko bezgalību. Klīniskajā optometrijā par optiskās bezgalības ekvivalentu ir pieņemts uzskatīt 6 m attālumu. Snellena redzes pārbaudes tabula sākotnēji tika izstrādāta 20 pēdu attālumam, kas atbilst apmēram 6 m.

Hofstetter (1973) iesaka novērtēt subjektīvo refrakciju 4 m attālumā. Viens no argumentiem – šajā attālumā teorētiska akomodācijas darbība ir precīzi 0,25 D (skat. 1.1. tab.). Pirmkārt, mūsdienās vairums cilvēku pavada darba dienas telpās un korekcija uz 4 m attālumu varētu būt aktuālāka, otrkārt, 4 m attālumā iegūto korekciju vieglāk var pārrēķināt uz optisko bezgalību, nekā 6 m attālumā iegūto korekciju. Lai pārietu no 4 m iegūtās korekcijas uz bezgalību, miopijas gadījumā korekcija par 0,25 D jāpalielina, hipermetropijas gadījumā – par 0,25 D jāsamazina. Savukārt, 6 m attālumā teorētiska akomodācijas darbība atbilst 0,17 D un šajā gadījumā optometristam ir jāpieņem lēmums par iegūtās korekcijas izmaiņas nepieciešamību, runājot par bezgalīgi tālu attālumu.

Redzes asuma un subjektīvās refrakcijas novērtēšanas attālumu ekvivalenti (*Hofstetter*, 1973)

Mērīšanas attālumu ekvivalenti			
Pēdas	Metri	Dioptrijas	5' leņķa metriskā vērtība [mm]
9,84	3,00	0,333	4,35
10,00	3,05	0,328	4,42
11,00	3,35	0,298	4,86
12,00	3,66	0,273	5,31
13,00	3,96	0,253	5,74
13,12	4,00	0,250	5,80
14,00	4,27	0,234	6,19
15,00	4,57	0,219	6,63
16,00	4,88	0,205	7,08
16,40	5,00	0,200	7,25
17,00	5,18	0,193	7,51
18,00	5,49	0,182	7,96
19,00	5,79	0,173	8,40
19,68	6,00	0,167	8,70
20,00	6,10	0,164	8,84
21,00	6,40	0,156	9,28
22,00	6,71	0,149	9,73
22,97	7,00	0,143	10,15
23,00	7,01	0,143	10,16
24,00	7,32	0,137	10,61
25,00	7,62	0,131	11,05

Sloan (1978) piebilst, ka Snellena frakciju, kas ir noteikta pēdās, ir vieglāk pārskaitīt uz metrisko sistēmu 4 m attālumam – šajā gadījumā gan saucējs, gan skaitītājs ir jāizdala ar 5. Piemēram, 20/80 Snellena frakcija pēdās ir vienāda ar 4/16 frakciju metros, kas atbilst redzes leņķim 4 loka minūtes. Lai pārietu uz 6 metru sistēmu, saucējs un skaitītājs būtu jāizdala ar 3,33, kas nav tik ērti. 6 m testa attālumam ir trūkums arī vājredzības pakāpes noteikšanā. Gadījumā, kad redzes asums ir <0,1 decimālās vienības, testa tabulās un projektoros, kas ir uzstādīti 6 m attālumā, parasti nav pieejami pieci burti ar atbilstošu izmēru un intervāliem starp tiem. Līdz ar to, zema redzes asuma noteikšana notiek ļoti virspusīgi, izmantojot tikai vienu optotipu. Autors iesaka novērtēt zemo redzes asumu tuvākos attālumos – 4 m, 2 m un pat 1 m, izmantojot lielāku optotipu skaitu ar atbilstošu izmēru. Lai pielīdzinātu iegūto rezultātu optiskai bezgalībai, pirms mērīšanas acs priekšā ir jāpieliek atbilstoša pozitīva lēca – 0,25 D, 0,50 D vai 1,00 D, atbilstoši attālumam, kādā veic mērījumu. *Visual Functions Committee* (1984) arī ierosina pārbaudīt vājredzīgus pacientus 1 m attālumā.

Arī *Visual Functions Committee* (1984) rekomendē veikt tāluma redzes novērtēšanu 4 m attālumā, kaut arī ir pieļaujami gan garāki attālumi, gan spoguļsistēmu izmantošana tuvākos attālumos. 4 m attāluma izvēle tiek pamatota ar to, ka neviens no pieejamiem attālumiem precīzi neimitē optisko bezgalību, toties 4 m attālumu visvieglāk ir pieskaņot

optiskai bezgalībai, pieliekot pie iegūtas refrakcijas $-0,25$ D lēcu, kas vienmēr ir pieejama proves kastē. Savukārt, lai precīzi pieskaņotu optiskai bezgalībai 5 m un 6 m attālumus, ir vajadzīgas attiecīgi $-0,20$ D un $-0,16$ D lēcas, kas praktiski nav pieejamas. Atbilstoši *ISO* (2017) noteiktajam standartam, attālumam starp pacienta acs zīlīti un tāluma optotipu tabulu nav jābūt tuvākam par 4 m.

Tomēr ne visos optometristu kabinetos ir iespējams nodrošināt nepieciešamo testa attālumu – 4 m vai pat lielāku. Līdz ar to, testa attālumi mēdz būt arī mazāki un var ietekmēt novērtēto redzes asumu un subjektīvo refrakciju. *Dong et al.* (2002) apkopoja redzes asuma rezultātus pacientiem ar horoidālās neovaskularizācijas risku un apstiprināja, ka, novērtējot redzes asumu dažādos testa attālumos, rezultāti būtiski atšķiras savā starpā.

Giese (1946) salīdzināja redzes asuma vērtības, kas iegūtas 0,20 m, 0,25 m, 0,33 m, 0,40 m, 0,50 m, 1 m, 5 m un 10 m testa attālumos, un secināja, ka redzes asuma rezultāti atšķiras savā starpā arī pacientiem bez acs anatomiskām izmaiņām. Visaugstākais redzes asums tika iegūts, testa objektam atrodoties 1 m attālumā; jo tuvāk vai tālāk no šī attāluma bija veikts mērījums, jo zemāks bija redzes asuma rezultāts. Attiecīgi 5 m attālumā novērtētais redzes asums izrādījās augstāks nekā 10 m attālumā. Autors secināja, ka, novērtējot redzes asumu vienā attālumā, nevar prognozēt redzes asuma rezultātu citam attālumam.

Geddes (1966) veica līdzīgu pētījumu, novērtējot redzes asumu attālumos no 0,75 m līdz 6 m un atklāja, ka visaugstākais redzes asums tika sasniegts, testa tabulai atrodoties attālumā no 1,5 līdz 3,5 m. Redzes asuma samazinājums tālākos attālumos sastādīja no 9 % līdz 15 %, tuvākos attālumos – no 13 % līdz 18 %. Autors izvirzīja hipotēzi, ka redzes asuma izmaiņas atkarībā no testa attāluma ietekmē acs ābola mikrooscilācijas un mikrosakādes.

Heron et al. (1995) novērtēja redzes asumu attālumos no 0,19 līdz 7,55 m un novēroja līdzīgu rezultātu; redzes asums atšķīrās vidēji par 0,2 LogMAR vienībām, atkarībā no testa attāluma. Visiem dalībniekiem būtisks redzes asuma kritums tika novērots tikai attālumos no 0,33 līdz 0,19 m, tomēr autori atzīmē, ka redzes asuma izmaiņu amplitūda ir individuāla. Papildus tika novērtēta akomodācijas atbilde visos testa attālumos, kā arī toniskās akomodācijas līmenis. Redzes asuma izmaiņas dažādos testa attālumos neuzrādīja korelāciju ne ar akomodācijas nulles pozīciju, ne ar toniskās akomodācijas līmeni, kā arī akomodācijas nulles pozīcija un toniskā akomodācija nekorelēja savā starpā. Autori izsaka iespējamību, ka viens no redzes asuma samazināšanās cēloņiem varētu būt ģeometriskās aberācijas, kas ir saistītas ar akomodācijas atbildi.

1.2.3. Redzes speciālista faktors

Sloane et al. (1956) veica pētījumu, kurā trīs redzes speciālisti (divi oftalmologi un viens optometrists) novērtēja 21 pacienta refrakciju. Subjektīvās refrakcijas rezultāts sakrita tikai vienā gadījumā no 21, tomēr autori atzīmē, ka kopumā dažādu redzes speciālistu noteiktās subjektīvās refrakcijas atšķirības nebija klīniski būtiskas. Tomēr, iegūtie dati liecina, ka testu rezultātu atšķirība pastāv pat nodrošinot pilnīgi identiskus testa apstākļus.

Perregin et al. (1982) veica pētījumu, salīdzinot trīs dažādu redzes speciālistu klīniskās refrakcijas novērtēšanas rezultātus un atklāja, ka sfēriskā ekvivalenta stiprums sakrīt tikai 32 % gadījumu, kaut arī refrakcijas vidējā novirze nepārsniedz 0,50 D. *Goss & Grosvenor* (1996) apkopoja vairāku pētījumu rezultātus un secināja, ka subjektīvās refrakcijas rezultātu ticamība ir līdzīga neatkarīgi no tā, vai atkārtoto mērījumu veica tas pats, vai cits redzes speciālists.

No augstāk minētiem pētījumu rezultātiem izriet – lai nodrošinātu pēc iespējas precīzāku mērījumu, redzes speciālistiem ir svarīgi pieturēties pie vienādiem subjektīvās refrakcijas noteikšanas principiem, kā arī pieņemt identiskus redzes asuma novērtēšanas kritērijus. Tomēr, pat stingri ievērojot šos noteikumus, ir sagaidāma neliela mērījumu novirze, gan starp dažādu redzes speciālistu mērījumiem, gan starp vairākiem viena speciālista mērījumiem.

2. PĒTĪJUMA DAĻA

2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījumā piedalījās 55 dalībnieki, vecumā no 16 līdz 66 gadiem, vidējais vecums – 34 ± 10 gadi. Pētījums atbilst Helsinku deklarācijas nosacījumiem un ir saskaņots ar LU EKMI Zinātniskās izpētes ētikas komisiju. Visi dalībnieki tika iepazīstināti ar pētījuma uzdevumiem un piedalījās brīvprātīgi. Pirms pētījuma uzsākšanas visiem dalībniekiem tika dots laiks izlasīt un parakstīt piekrišanas veidlapu (skat. 1. pielikumu).

Dalībnieku atlases nosacījumi: vadošās acs redzes asums ne zemāks par 1,0 (ar korekciju 6 m attālumā), vadošā acs ar jebkuras pakāpes refraktīvo kļūdu un bez acu saslimšanām un organiskām acs struktūru izmaiņām (no anamnēzes). Dalībnieki ar emetropiju netika izvēlēti pētījumam. Diviem dalībniekiem neizdevās iegūt redzes asumu 1,0, bet viņiem novēroja līdzīgas tendences kā citiem attiecībā uz novērtēšanas attāluma ietekmi uz subjektīvo refrakciju. Līdz ar to šie dalībnieki tika iekļauti kopējā dalībnieku grupā, bet arī papildus izanalizēti atsevišķi.

Refrakcija tika noteikta bez cikloplēģijas, monokulāri, motorai vadošai acij. Kopumā 48 acīm tika izvērtēta tikai subjektīvā refrakcija piecos skata attālumos: no 2,5 m līdz 6 m. Vienam no šiem 48 dalībniekiem bija intraokulāro lēcu implantī, šī dalībnieka vadošās acs subjektīvās refrakcijas rezultāti tika analizēti atsevišķi. Septiņām acīm tika novērtēta gan subjektīvā, gan objektīvā refrakcija piecos skata attālumos: no 2,5 m līdz 5,8 m.

Pēc subjektīvās refrakcijas noteikšanas, acu refrakcijas veidi tika iedalīti trīs grupās: miopiskā refrakcija, hipermetropiskā refrakcija un jaukts astigmātisms. Refrakcijas veids tika noteikts balstoties uz maksimālās refrakcijas vērtībām, kas tika iegūtas 6 m attālumā starp proves ietvara plakni un optotipu ekrānu. 6 m attālums tika izvēlēts balstoties uz to, ka šajā attālumā teorētiska akomodācijas darbība atbilst 0,17 D, kas ir vistuvāk optiskai bezgalībai. Miopiskās refrakcijas grupā (31 acs) tika pieskaitītas acis ar subjektīvo refrakciju $\geq -0,50$ D abos meridiānos, vai emetropisko subjektīvo refrakciju vienā meridiānā un subjektīvo refrakciju $\geq -0,50$ D otrā meridiānā. Hipermetropiskās refrakcijas grupā (17 acis) tika pieskaitītas acis ar subjektīvo refrakciju $\geq +0,50$ D abos meridiānos, vai emetropisko subjektīvo refrakciju vienā meridiānā un subjektīvo refrakciju $\geq +0,50$ D otrā meridiānā. Grupā ar jaukto astigmātismu (7 acis) tika pieskaitītas acis ar subjektīvo refrakciju $\geq -0,25$ D vienā meridiānā un subjektīvo refrakciju $\geq +0,25$ D otrā meridiānā.

2.2. Metodes apraksts

2.2.1. Subjektīvās refrakcijas novērtēšana

48 dalībniekiem tika noteikta subjektīvā refrakcija dažādos skata attālumos. Dalībnieku vecums bija no 16 līdz 66 gadiem, vidējais vecums – 33 ± 9 gadi. Dalībnieku refrakcijas veidi: miopija (26 acis), hipermetropija (16 acis), jaukts astigmātisms (6 acs).

Subjektīvās refrakcijas novērtēšana tika veikta telpā, kuras logiem tika aizvērtas žalūzijas, līdz ar ko tika nodrošināti konstanti fotopiskā apgaismojuma apstākļi, apgaismojuma līmenis ~ 200 lx (novērtēts ar *Konica Minolta* T-10 luksmetru). Katrai acij tika noteiktas divas subjektīvās refrakcijas vērtības: subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, un maksimālā subjektīvā refrakcija, kas nodrošina maksimāli labāko redzes asumu. Abas refrakcijas vērtības tika novērtētas piecos skata attālumos starp probes ietvara plakni un monitora plakni: 2,5 m, 3 m, 4 m, 5 m un 6 m. Skata attālumi tika mainīti randomizēti. Attālums starp probes ietvara plakni un monitora plakni tika mērīts ar mērlenti, katram dalībniekam individuāli, ievērojot dalībnieka ķermeņa pozu un fizioloģiskās īpašības.

Optotipu prezentēšanai tika izmantots monitors *Tomey* TCP-2000 (skat. 2.1. att.) ar iespēju mainīt optotipu secību, lai novērstu iegaumēšanas faktoru. Demonstrēto optotipu leņķiskais izmērs tika pielāgots atbilstošajam novērtēšanas attālumam. Monitors tika novietots konstantā augstumā no grīdas, attālums no monitora centra līdz grīdai bija 1,20 m.

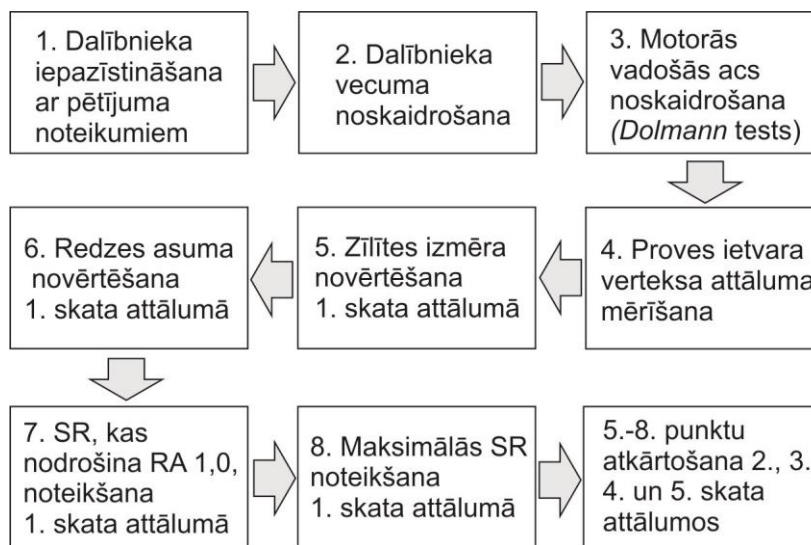


2.1. att. *Tomey* TCP-2000 monitors.²

² Pieejams: <http://vsy.com.tr/tomey-tcp-serisi/>

Pētījumā tika izmantots ETDRS optotipu tabulas veids ar SLOAN burtu optotipiem (kontrasts 100 %). Katra optotipu rinda saturēja piecus optotipus un optotipu prezentēšanas laikā rindas netika izolētas. Optotipu rinda tika ieskaitīta, dalībniekam nosaucot vismaz trīs optotipus no pieciem.

Subjektīvās refrakcijas noteikšanu veica viena persona (maģistra darba autors). Vienam dalībniekam visi mērījumi tika iegūti vienā dienā laika posmā no plkst. 10:00 līdz plkst. 17:00. Pētījums ilga no 30 līdz 60 min, tā secība ir shematiski attēlota 2.2. attēlā.



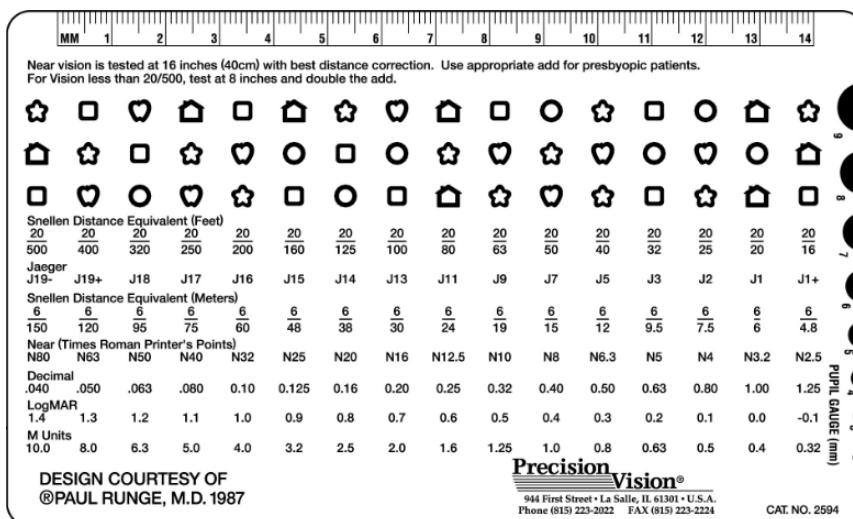
2.2. att. Subjektīvās refrakcijas noteikšanas pētījuma secība

Pirms subjektīvās koriģēšanas uzsākšanas pētījuma dalībnieks tika iepazīstināts ar pētījuma noteikumiem. Paralēli dalībnieks sāka adaptēties apkārtējam apgaismojumam. Kopējais adaptācijas laiks līdz subjektīvās refrakcijas novērtēšanai bija 7-10 minūtes.

Sākumā tika noskaidrots pacienta vecums. Tad ar *Dolmann* testu tika novērtēta motorā vadošā acs. Uz ekrāna tika projicēts punkts un dalībniekam tika iedota kartona lapa ar caurumu vidū. Dalībnieks tika instruēts turēt abas acis atvērtas, nekustināt galvu, turēt lapu izstieptās rokās un novietot to tā, lai caur caurumu būtu redzams punkts uz ekrāna. Aizklājot dalībniekam pārmaiņus labo un kreiso aci, tika noskaidrots, ar kuru aci dalībnieks joprojām redz punktu caurumā un tā acs, kura redz punktu, tika uzskatīta par motoro vadošo aci. Pēc vadošās acs noskaidrošanas, ar proves ietvarā iemontēto milimetru skalu tika novērtēts proves ietvara verteksa attālums. Novērtētais attālums tika kontrolēts un visa pētījuma laikā katram dalībniekam tika saglabāts konstants.

Optotipu monitors tika novietots pirmajā novērtēšanas attālumā un tika uzstādīts atbilstošs optotipu leņķiskais izmērs. Dalībnieka nevadošā acs tika aizklāta ar melnu oklūderi. Sākumā tika novērtēts dalībnieka zīlītes izmērs, skatoties atbilstošajā attālumā monokulāri,

bez optiskās korekcijas. Zīlītes izmērs tika novērtēts milimetros, tā novērtēšanai tika izmantota *Precision Vision* tuvuma redzes karte Nr. 2594 (skat. 2.3. att.).



2.3. att. *Precision Vision* tuvuma redzes karte Nr. 2594. Zīlītes diametra noteikšanas skala atrodas kartes labajā pusē.³

Dalībnieks tika instruēts turēt abas acis vaļā un pētījuma laikā nesamiegt acis. Sākumā tika noskaidrots dalībnieka vadošās acs nekoriģētais redzes asums atbilstošajā attālumā. Dalībniekam tika lūgts saukt burtu optotipus secībā no augšējās optotipu rindas uz leju. Optotipu rindas ietvaros optotipi bija jāsauc secībā no kreisās puses uz labo. Gadījumā, ja dalībnieks nevarēja atpazīt burtu optotipus, viņam tika ļauts tos minēt. Par redzes asuma vērtību tika pieņemta pēdējā optotipu rinda, no kuras tika korekti atpazīti no trīs līdz pieci optotipi. Redzes asums tika novērtēts decimālajā sistēmā. Gadījumā, ja viens vai divi optotipi no rindas netika nosaukti korekti, šo optotipu skaits tika piefiksēts ar mīnuss zīmi, savukārt, ja dalībnieks pareizi nosauca vienu vai divus optotipus no nākamās rindas, to skaits tika piefiksēts ar pluss zīmi. Tad, izmantojot proves lēcas, tika atrasta subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās. Subjektīvās refrakcijas cilindriskā komponente tika novērtēta ar staru figūras testu un precizēta ar $\pm 0,25$ D krustoto cilindru. Subjektīvās refrakcijas sfēriskā komponente tika precizēta ar $\pm 0,12$ D sfērisko lēcu. Subjektīvās refrakcijas novērtēšana tika turpināta, līdz tika sasniegts maksimālais redzes asums. Maksimālā subjektīvā refrakcija tika novērtēta, vadoties pēc hiperfokālās refrakcijas principa, pacientiem ar miopiju nodrošinot maksimālu redzes asumu ar minimālo negatīvo lēcu un pacientiem ar hipermetropiju – ar maksimālo pozitīvo lēcu. Pēc maksimālās subjektīvas refrakcijas noteikšanas tika mainīts monitora novietojums attiecībā pret pētījuma

³ Pieejams: <https://www.precision-vision.com/product/pattipicrungepocketnearvisiontestcard/>

dalībnieku, nodrošinot nākamā mērījuma attālumu. Mērījuma attāluma maiņa un monitora pielāgošana atbilstošajam attālumam aizņēma no 2 līdz 5 minūtēm, šo laiku dalībnieks varēja izmantot, lai atpūstos un izkustētos. Pēc tam zīlītes diametra mērīšana un subjektīvās refrakcijas novērtēšana tika atkārtota pārējos četros skata attālumos. Iegūtie dati tika apkopoti pētījuma protokolā (skat. 2. pielikumu).

2.2.2. Subjektīvās un objektīvās refrakcijas novērtēšana

Septiņiem dalībniekiem tika noteikta gan objektīvā, gan subjektīvā refrakcija dažādos skata attālumos. Dalībnieku vecums bija no 23 līdz 55 gadiem, vidējais vecums – 36 ± 11 gadi. Dalībnieku refrakcijas veidi: miopija (5 acis), hipermetropija (1 acs), jaukts astigmātisms (1 acs).

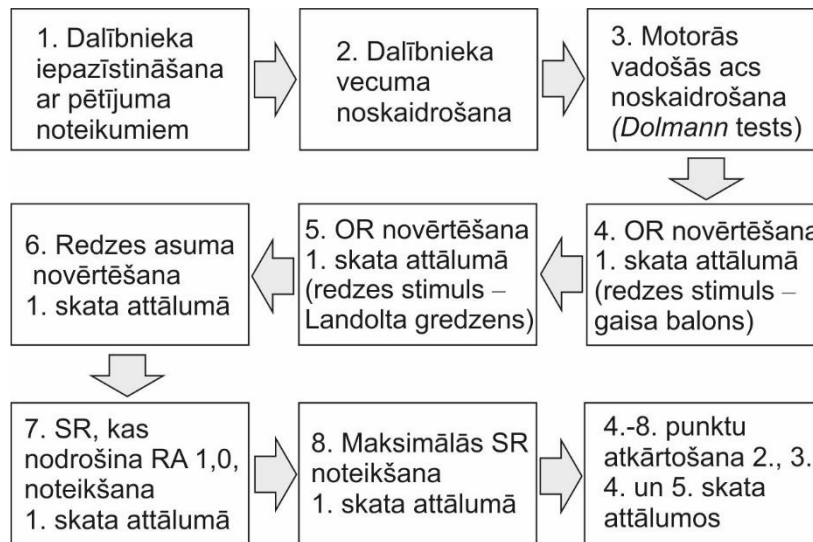
Objektīvās un subjektīvās refrakcijas mērījumi tika veikti piecos skata attālumos: 2,5 m, 3 m, 4 m, 5 m un 5,8 m. Refrakcijas novērtēšana 6 m attālumā netika veikta telpas izmēra ierobežojumu dēļ. Pētījums tika veikts telpā bez logiem, līdz ar ko tika nodrošināti konstanti apgaismojuma apstākļi. Optotipu prezentēšanai tika izmantots *Visionix VX24* ekrāns (skat. 2.4. att.).



2.4. att. *Visionix* VX24 ekrāns ar gaisa balona attēlu.⁴

Refrakcijas noteikšanu veica viena persona (maģistra darba autors). Vienam dalībniekam visi mērījumi tika iegūti vienā dienā laika posmā no plkst. 10:00 līdz plkst. 17:00. Pētījums ilga no 60 līdz 100 min, tā secība ir shematiski attēlota 2.5. attēlā.

⁴ Pieejams: <http://visionix.ru/product/display-vx24/>



2.5. att. Objektīvās un subjektīvās refrakcijas noteikšanas pētījuma secība.

Subjektīvā refrakcija tika noteikta līdzīgi 2.2.1. nodaļā aprakstītai. Katrai acij tika noteiktas divas subjektīvās refrakcijas vērtības: subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, un maksimālā subjektīvā refrakcija, kas nodrošina maksimāli labāko redzes asumu. Telpas apgaismojuma līmenis bija ~160 lx (novērtēts ar *Konica Minolta* T-10 luksmetru). Uz ekrāna tika prezentēta ETDRS optotipu tabula ar SLOAN burtu optotipiem (kontrasts 100 %). Katra optotipu rinda saturēja piecus optotipus un optotipu prezentēšanas laikā rindas tika izolētas. Optotipu burti prezentēšanas laikā tika rādīti randomizēti. Optotipu rinda tika ieskaitīta, dalībniekam nosaucot vismaz trīs optotipus no pieciem.

Objektīvā refrakcija tika novērtēta binokulāri, ar viļņu frontes aberometra *Eye Refract* palīdzību (skat. 2.6. att.). Novērtējot objektīvo refrakciju, tika nodrošināti mezopiski apgaismojuma apstākļi, telpas apgaismojuma līmenis ~50 lx (novērtēts ar *Konica Minolta* T-10 luksmetru). Katrā no testa attālumiem objektīvā refrakcija tika novērtēta divreiz: pirmajā reizē uz ekrāna tika prezentēts klasisks gaisa balona attēls (skat. 2.4. att.), otrajā reizē – Landolta gredzena optotips, kura leņķiskais izmērs atbilst redzes asumam 0,05 decimālās vienībās.



2.6. att. Viļņu frontes aberometrs *Eye Refract* (ražotājs – *Visionix*).⁵

2.3. Rezultāti un to analīze

Iegūtie dati tika analizēti ar statistikas programmu SPSS, izmantojot statistikas rīkus: *Shapiro-Wilk test*, *Friedman test*, *Wilcoxon test*, *Kruskal-Wallis H test*, *Mann-Whitney U test*.

2.3.1. Novērtēšanas attāluma ietekme uz subjektīvo refrakciju, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās

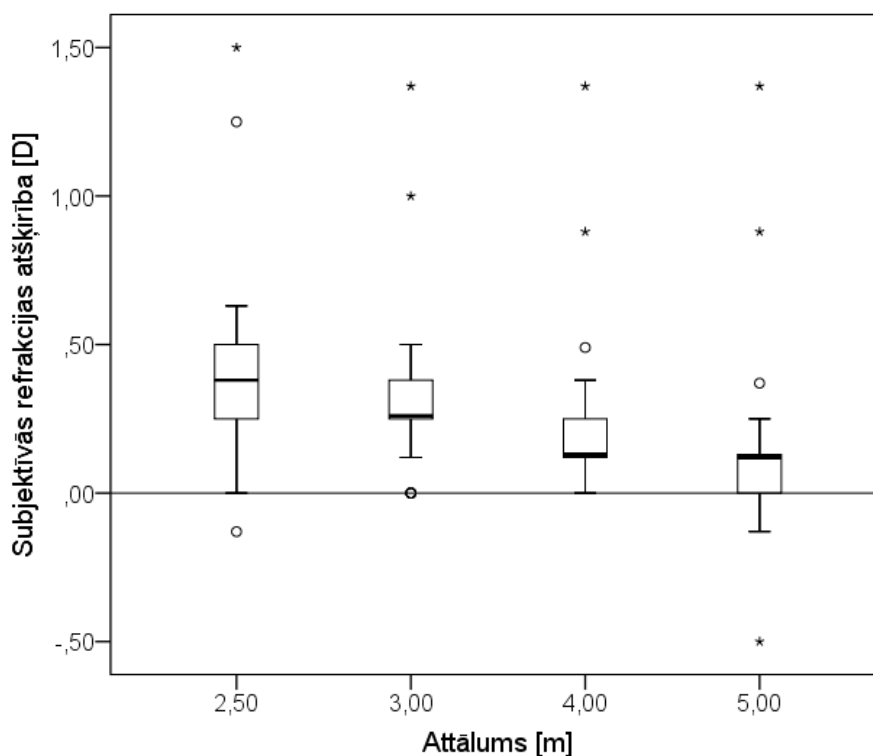
Subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, tika novērtēta 48 dalībniekiem. Subjektīvās refrakcijas novērtēšanas laikā refrakcijas cilindriskā komponente visiem dalībniekiem palika nemainīga visos attālumos, tāpēc turpmākai analīzei tika izmantota tikai refrakcijas sfēriskā komponente.

Analīzē tika iekļautas 45 acis no 48. Divas acis tika izņemtas no analīzes, jo divu dalībnieku maksimālais redzes asums nepārsniedza 0,8 decimālās vienības 6 m attālumā. Viena acs ar intraokulāro lēcas implantu tika analizēta atsevišķi. 45 dalībnieku, kas ir iekļauti analīzē, vecuma robežas ir no 16 līdz 66 gadiem, vidējais vecums 33 ± 10 gadi. Refrakcijas veids dotajā grupā: 25 acis ar miopiju, 14 acis ar hipermetropiju un 6 acis ar jaukto astigmātismu.

⁵ Pieejams: <https://luneautech.com/product/binocular-dynamic-exam-eye-refract-tm-visionix/>

Statistiskās analīzes sākumā visiem datiem tika uztaisīts *Shapiro-Wilk* tests normalitātes pārbaudīšanai. Šī testa izmantošana ir pamatota ar to, ka analizēto datu paraugu skaits ir līdz 50. Rezultātā tika iegūts, ka katrā no pieciem skata attālumiem iegūtie subjektīvās refrakcijas dati atšķiras no normālsadalījuma: 2,5 m un 3 m attālos $W(45) = 0,93$, $p = 0,006$; 4 m attālumā $W(45) = 0,93$, $p = 0,009$; 5 m attālumā $W(45) = 0,93$, $p = 0,007$ un 6 m attālumā $W(45) = 0,91$, $p = 0,002$. Līdz ar to, turpmākai datu analīzei tika izmantoti neparametriskie statistikas rīki.

Subjektīvās refrakcijas dati, kas bija iegūti 2,5 m, 3 m, 4 m un 5 m attālos, tika salīdzināti ar 6 m attālumā iegūtiem datiem. 6 m attālumam tika izvēlēts par atskaites punktu tādēļ, ka no izmantotajām vērtībām 6 m visvairāk atbilst optiskās bezgalības jēdzienam, līdz ar ko subjektīvo refrakciju, kas ir iegūta 6 m attālumā, vismazāk ietekmē acs akomodācija. Visiem dalībniekiem tika novērtētas subjektīvās refrakcijas vidējās novirzes no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas (skat. 2.7. att.).

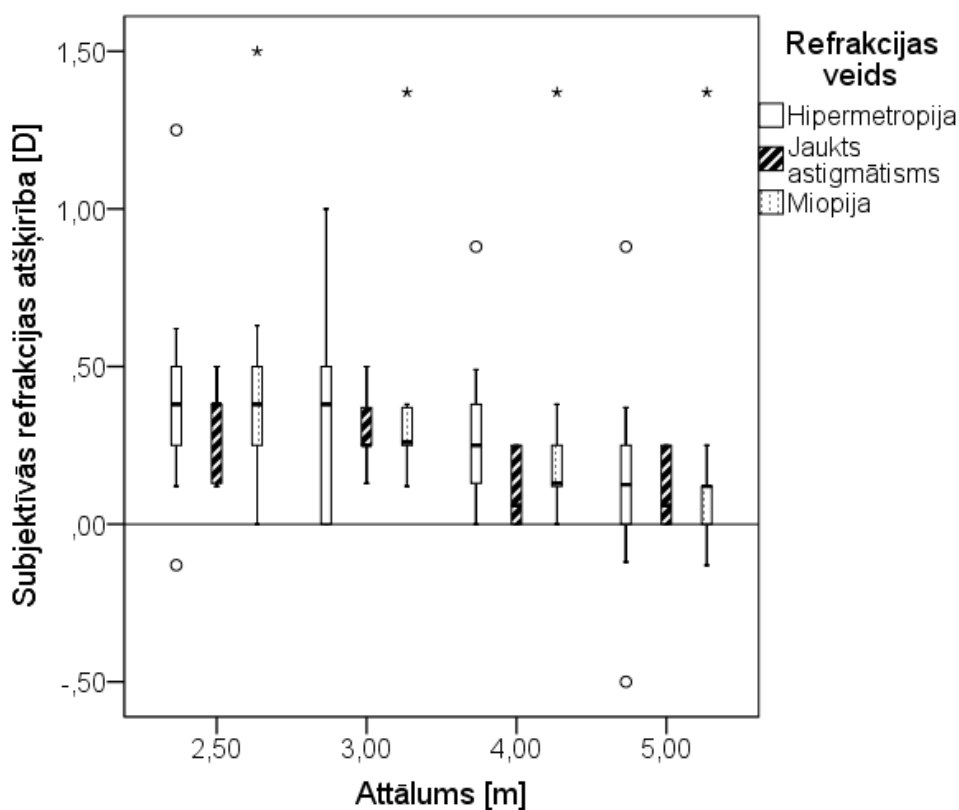


2.7. att. Dažādos attālos iegūtās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas.

Datu analīzei tika izmantots *Friedman* tests korelētiem datiem, kar parāda, ka mainoties novērtēšanas attālumam, subjektīvas refrakcijas rezultāts statistiski būtiski mainās ($\chi^2(4) = 133,40$, $p < 0,001$). Katrā attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas salīdzināšanai ar

6 m attālumu tika izmantots *Wilcoxon* tests, kura rezultātā tika atklāta statistiski būtiska atšķirība visos testa attālumos: 5 m attālumā noteiktā subjektīvā refrakcija vidēji par $0,12 \pm 0,04$ D novirzās uz hipermetropijas pusi, salīdzinot ar 6 m attālumā iegūto subjektīvo refrakciju ($Z = -3,53$, $p < 0,001$); 4 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas novirze vidēji ir $0,23 \pm 0,04$ D ($Z = -5,42$, $p < 0,001$); 3 m attālumā – $0,33 \pm 0,04$ D ($Z = -5,61$, $p < 0,001$); 2,5 m attālumā – $0,41 \pm 0,04$ D ($Z = -5,42$, $p < 0,001$).

Meklējot iespējamo sakarību starp pacienta refrakcijas veidu un subjektīvās refrakcijas novirzi dažādos novērtēšanas attālumos, subjektīvās refrakcijas izmaiņas tika analizētas atkarībā no refrakcijas grupas (skat. 2.8. att. un 2.1. tab.).



2.8. att. Dažādos attālumos iegūtās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas miopijas, hipermetropijas un jauktā astigmātisma grupā.

2.1. tabula

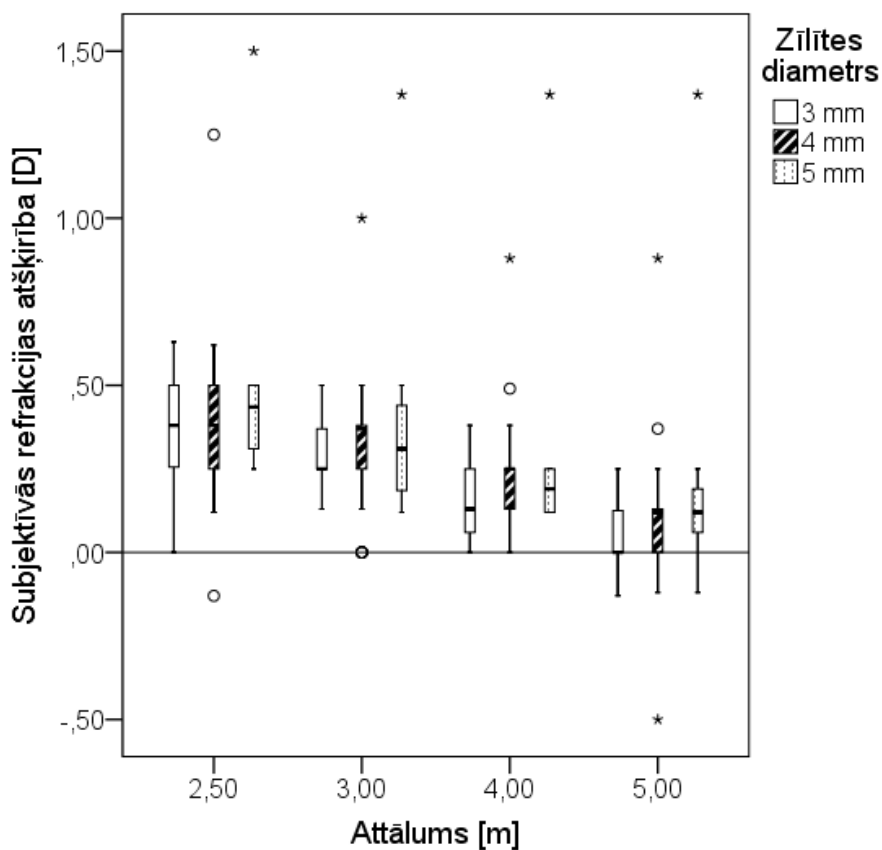
Dažādu refrakcijas grupu dažādos attālumos iegūtās subjektīvās refrakcijas salīdzinājums ar 6 m attālumā iegūto subjektīvo refrakciju (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	Subjektīvās refrakcijas izmaiņas [D]					
	Hipermetropiskā refrakcija	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Jaukts astigmātisms	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Miopiskā refrakcija	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	0,13 \pm 0,08	Z = -1,88, p = 0,06	0,10 \pm 0,12	Z = -1,63, p = 0,10	0,12 \pm 0,06	Z = -2,61, p = 0,009
4,00	0,29 \pm 0,06	Z = -3,22, p = 0,001	0,10 \pm 0,12	Z = -1,63, p = 0,10	0,22 \pm 0,05	Z = -4,14, p < 0,001
3,00	0,33 \pm 0,08	Z = -2,82, p = 0,005	0,29 \pm 0,13	Z = -2,23, p = 0,03	0,34 \pm 0,05	Z = -4,41, p < 0,001
2,50	0,42 \pm 0,09	Z = -3,15, p = 0,002	0,32 \pm 0,15	Z = -2,23, p = 0,03	0,42 \pm 0,06	Z = -4,30, p < 0,001

Mērīšanas attālumam samazinoties, subjektīvā refrakcija statistiski būtiski mainās uz hipermetropijas pusi (kā arī palielinās šīs novirzes apjoms) gan hipermetropiskās refrakcijas gadījumā ($\chi^2(4) = 81,37$, $p < 0,001$), gan miopiskās refrakcijas gadījumā ($\chi^2(4) = 36,06$, $p < 0,001$), gan jauktā astigmātisma gadījumā ($\chi^2(4) = 19,49$, $p = 0,001$) (*Friedman* tests). 2.1. tabulā ir apkopoti *Wilcoxon* testa rezultāti katrai no refrakcijas grupām, katrā no testa attālumiem. Dalībniekiem ar hipermetropiju netika atklāta statistiski būtiska atšķirība starp 5 m un 6 m attālumā novērtēto subjektīvo refrakciju, savukārt, pārējos testa attālumos refrakcijas atšķirības no 6 m attālumā noteiktās refrakcijas ir statistiski būtiskas. Dalībniekiem ar jaukto astigmātismu 4 m un 5 m attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija būtiski neatšķiras no 6 m attālumā noteiktās, bet 3 m un 2,5 m attālumos – atšķiras būtiski. Dalībniekiem ar miopiju visos attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija būtiski atšķiras no 6 m attālumā noteiktās.

Analizējot visu trīs refrakcijas veidu ietekmi uz subjektīvās refrakcijas izmaiņām ar *Kruskal-Wallis* testu, tika iegūts, ka refrakcijas veids neietekmē subjektīvās refrakcijas izmaiņas 2,5 m attālumā ($\chi^2(2) = 0,40$, $p = 0,82$), 3 m attālumā ($\chi^2(2) = 0,68$, $p = 0,71$) un 5 m attālumā ($\chi^2(2) = 1,06$, $p = 0,59$), savukārt, 4 m attālumā tika atklāta refrakcijas veida ietekme uz subjektīvās refrakcijas rezultātu ($\chi^2(2) = 6,15$, $p = 0,046$). Tomēr, nevar pārlicinoši teikt, ka 4 m iegūtais statistiskais rezultāts ir korekts, jo jauktā astigmātisma refrakcijas grupa bija salīdzinoši maza (6 acis). Ar *Mann-Whitney U* testu salīdzinot tikai miopiskās un hipermetropiskās refrakcijas ietekmi uz 4 m attālumā iegūto subjektīvās refrakcijas novirzes rezultātu, refrakcijas veida ietekme uz subjektīvo refrakciju netika atklāta ($U = 117$, $p = 0,08$).

Pētījuma laikā nevienam no dalībniekiem netika konstatētas acs zīlītes diametra izmaiņas nevienā no mērīšanas attālumiem. Vienam dalībniekam zīlītes diametrs bija 7 mm (iespējams antidepresantu lietošanas dēļ), šī dalībnieka dati tika izslēgti no kopējās analīzes un tika analizēti atsevišķi. Pārējo dalībnieku zīlīšu diametri bija: 3 mm (11 acis), 4 mm (25 acis) un 5 mm (8 acis). Tika analizētas subjektīvās refrakcijas izmaiņas saistībā ar dažādiem zīlīšu diametriem (skat. 2.9. att. un 2.2. tab.).



2.9. att. Dažādos attālos iegūtās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas dažādiem acu zīlīšu diametriem.

2.2. tabula

Dažādos attālumos iegūtās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas dažādu zīlīšu diametru grupās (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	Subjektīvās refrakcijas izmaiņas [D]					
	Ø 3 mm zīlīte	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Ø 4 mm zīlīte	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Ø 5 mm zīlīte	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	0,05 \pm 0,08	Z = -1,24, p = 0,22	0,11 \pm 0,05	Z = -2,58, p = 0,01	0,25 \pm 0,09	Z = -1,98, p = 0,048
4,00	0,16 \pm 0,07	Z = -2,53, p = 0,01	0,22 \pm 0,05	Z = -4,05, p < 0,001	0,33 \pm 0,08	Z = -2,55, p = 0,01
3,00	0,30 \pm 0,07	Z = -2,99, p = 0,003	0,32 \pm 0,05	Z = -4,04, p < 0,001	0,42 \pm 0,08	Z = -2,53, p = 0,01
2,50	0,37 \pm 0,08	Z = -2,82, p = 0,005	0,39 \pm 0,06	Z = -4,27, p < 0,001	0,53 \pm 0,10	Z = -2,54, p = 0,01

Novērtēšanas attālumam samazinoties, subjektīvā refrakcija statistiski būtiski mainās uz hipermetropijas pusi gan grupā ar zīlītes diametru 3 mm ($\chi^2(4) = 34,47$, $p < 0,001$), gan grupā ar zīlītes diametru 4 mm ($\chi^2(4) = 69,09$, $p < 0,001$), gan grupā ar 5 mm zīlīti ($\chi^2(4) = 27,63$, $p < 0,001$) (*Friedman* tests). Salīdzinot katrā attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas vērtības pret 6 m attālumu, netika atklāta statistiski būtiska atšķirība starp 5 m un 6 m attālumā novērtēto subjektīvo refrakciju grupā ar 3 mm diametru (skat. 2.2. tab). Pārējos attālumos noteiktā refrakcija statistiski būtiski mainās, samazinoties testa attālumam. Grupās ar 4 mm un 5 mm platu zīlīti, refrakcijas izmaiņas visos skata attālumos ir statistiski būtiskas.

Kruskal-Wallis tests neuzrāda statistiski būtisku zīlītes diametra ietekmi uz subjektīvās refrakcijas izmaiņām nevienā no novērtēšanas attālumiem: 2,5 m attālumā $\chi^2(2) = 0,42$, $p = 0,81$; 3 m attālumā $\chi^2(2) = 0,44$, $p = 0,80$; 4 m attālumā $\chi^2(2) = 1,12$, $p = 0,57$ un 5 m attālumā $\chi^2(2) = 1,65$, $p = 0,44$.

Dalībnieka ar 7 mm platu acs zīlīti, kas netika iekļauts kopējā analīzē, subjektīvās refrakcijas dati ir apkopoti 2.3. tabulā.

2.3. tabula

Dalībnieka ar 7 mm platu acs zīlīti subjektīvā refrakcija dažādos novērtēšanas attālumos un tās novirze no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas

Novērtēšanas attālums [m]	Subjektīvā refrakcija [D], kas nordošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās	Sfēriskās komponentes novirze no 6 m noteiktās subjektīvās refrakcijas [D]
6,00	-4,37 D sph -0,25 D cyl ax 10°	-
5,00	-4,25 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,12
4,00	-4,12 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,25
3,00	-4,12 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,25
2,50	-4,00 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,37

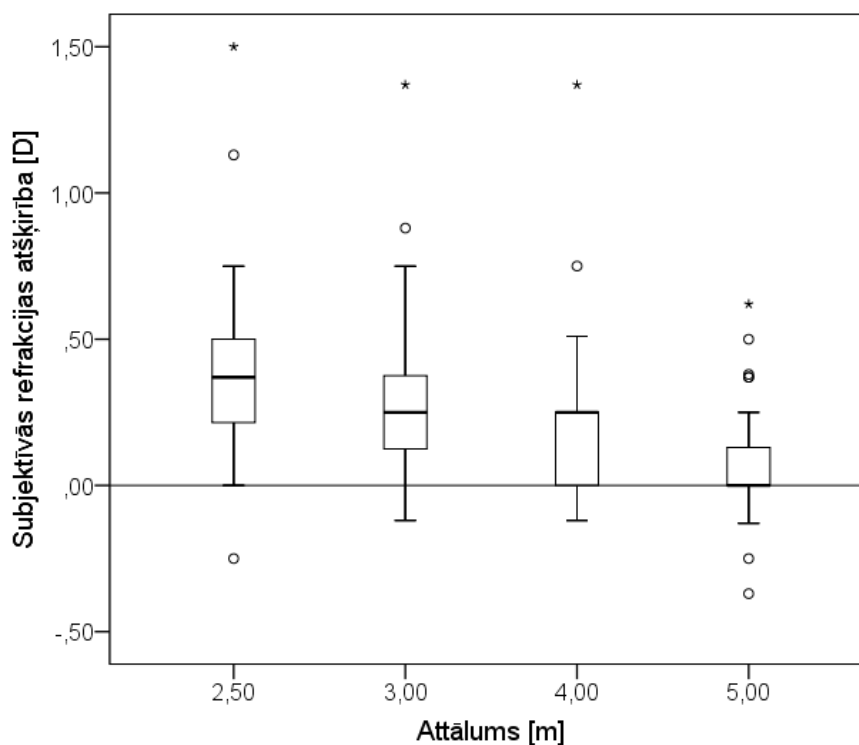
Dalībniekam ar 7 mm platu acs zīlīti tika novērotas līdzīgas subjektīvās refrakcijas izmaiņas tendences, kā pārējiem plātījuma dalībniekiem. Dalībnieka motorās vadošās acs refrakcijas veids ir miopisks, un, samazinoties subjektīvās refrakcijas novērtēšanas attālumam, miopijas lielums samazinājās jeb refrakcija mainījās uz hipermetropijas pusi.

2.3.2. Novērtēšanas attāluma ietekme uz maksimālo subjektīvo refrakciju

Maksimālā subjektīvā refrakcija tika novērtēta 48 dalībniekiem, vecumā no 16 līdz 66 gadiem, vidējais vecums – 33 ± 9 gadi. Datu analīzē tika iekļautas 47 acis, tajā skaitā arī divas acis, kuru redzes asums ar maksimālo subjektīvo korekciju nepārsniedza 0,8 decimālās vienībās. Acs ar intraokulāro lēcas implantu netika iekļauta kopējā analīzē un ir analizēta atsevišķi.

Shapiro-Wilk testa rezultātā tika iegūts, ka katrā no pieciem skata attālumiem iegūtie subjektīvās refrakcijas dati atšķiras no normālsadalījuma: 2,5 m attālumā $W(47) = 0,93$, $p = 0,009$; 3 m attālumā $W(47) = 0,94$, $p = 0,01$; 4 m attālumā $W(47) = 0,94$, $p = 0,01$; 5 m attālumā $W(47) = 0,93$, $p = 0,007$ un 6 m attālumā $W(47) = 0,93$, $p = 0,005$. Līdz ar to, turpmākai datu analīzei tika izmantoti neparametriskie statistikas rīki.

Datu statistiskā analīze tika veikta identiski 2.3.1. sadaļā aprakstītajai analīzei. Sākumā maksimālās subjektīvās refrakcijas dati tika salīdzināti ar 6 m attālumā iegūtajiem datiem, tad tika noteiktas maksimālās subjektīvās refrakcijas vidējās novirzes no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas (skat. 2.10. att.).



2.10. att. Dažādos attālos iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas.

Līdzīgi kā gadījumā ar subjektīvo refrakciju, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, 6 m attālumā noteiktā maksimālā subjektīvā refrakcija statistiski būtiski atšķiras no pārējos attālos noteiktās subjektīvās refrakcijas (*Friedman test*: $\chi^2(4) = 118,33$, $p < 0,001$). Katrā attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas salīdzināšanai ar 6 m attālumu tika izmantots *Wilcoxon* tests, kura rezultātā tika atklāta statistiski būtiska atšķirība visos testa attālos. 5 m attālumā noteiktā subjektīvā refrakcija vidēji par $0,06 \pm 0,03$ D novirzās uz hipermetropijas pusi, salīdzinot ar 6 m attālumā iegūto subjektīvo refrakciju ($Z = -2,43$, $p = 0,02$); 4 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas novirze vidēji ir $0,20 \pm 0,04$ D ($Z = -4,98$, $p < 0,001$); 3 m attālumā – $0,28 \pm 0,04$ D ($Z = -5,57$, $p < 0,001$); 2,5 m attālumā – $0,36 \pm 0,04$ D ($Z = -5,69$, $p < 0,001$). Novērtēšanas attālumam samazinoties, maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā noteiktās refrakcijas palielinās, refrakcijai mainoties uz hipermetropijas pusi.

Maksimālās subjektīvās refrakcijas analīzē tika iekļauti arī divi pētījuma dalībnieki, kuru redzes asums ar maksimālo subjektīvo korekciju nepārsniedza 0,8 decimālās vienības. Šie dalībnieki tika izslēgti no 2.3.1. sadaļā veiktās analīzes, kad tika apkopoti dati par subjektīvo refrakciju, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienības. Doto dalībnieku subjektīvās refrakcijas rezultāti ir apkopoti 2.4. tabulā.

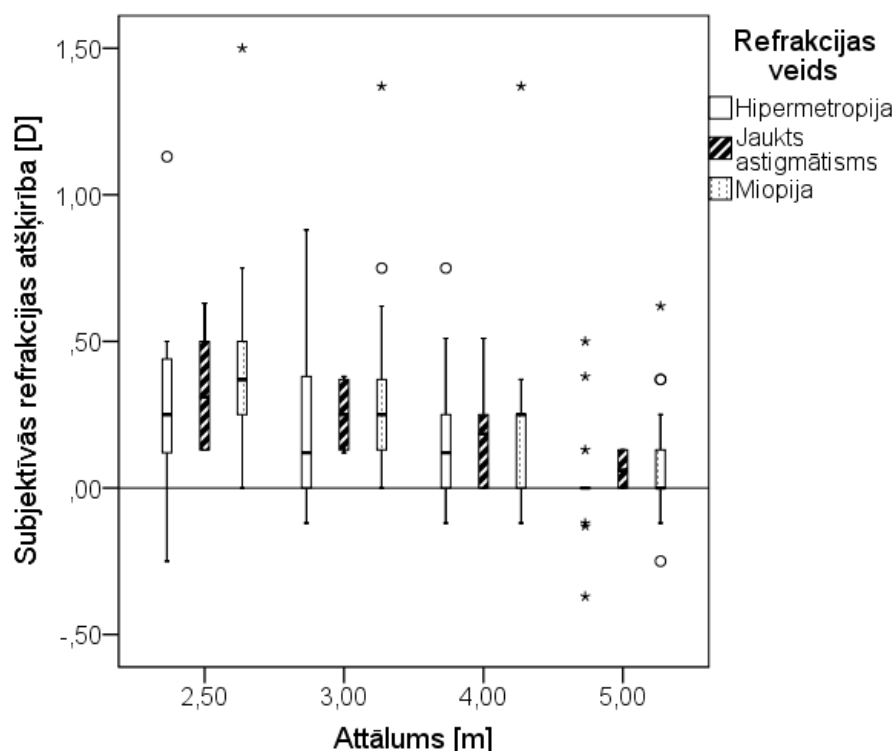
2.4. tabula

Divu dalībnieku, kuru maksimālais redzes asums nepārsniedz 0,8 decimālās vienības, maksimālās subjektīvās refrakcijas vērtības dažādos novērtēšanas attālumos

Novērtēšanas attālums [m]	Dalībnieka Nr. 30 maksimālā subjektīvā refrakcija	Dalībnieka Nr. 31 maksimālā subjektīvā refrakcija
2,50	+5,75 D sph -1,00 D cyl ax 180°	-7,87 D sph -0,75 D cyl ax 180°
3,00	+5,62 D sph -1,00 D cyl ax 180°	-7,75 D sph -0,75 D cyl ax 180°
4,00	+5,62 D sph -1,00 D cyl ax 180°	-8,00 D sph -0,75 D cyl ax 180°
5,00	+5,62 D sph -1,00 D cyl ax 180°	-8,25 D sph -0,75 D cyl ax 180°
6,00	+5,25 D sph -1,00 D cyl ax 180°	-8,00 D sph -0,75 D cyl ax 180°

Viens no 2.4. tabulā aprakstītajiem dalībniekiem bija pacients ar hipermetropiju, otrs – ar miopiju. Pacientam ar hipermetropiju ir novērota subjektīvās refrakcijas tendence mainīties uz hipermetropijas pusi, samazinoties novērtēšanas attālumam. Vislielākā atšķirība novērota starp 6 m un 2,5 m attālumu, bet nenovēroja atšķirību starp 5, 4 un 3 m attālumu. Pacientam ar miopiju šī tendence arī ir novērota, bet refrakcijas izmaiņas nav vienmērīgas – 2,5 m attālumā novērtētās refrakcijas sfēriskās komponentes novirze no 6 m novērtētās refrakcijas ir 0,12 D, 3 m attālumā – 0,25 D, 4 m attālumā refrakcijas vērtība sakrīt ar 6 m attālumā noteikto refrakciju, bet 5 m attālumā noteiktā refrakcijas vērtība par 0,25 D novirzās uz miopiskās refrakcijas pusi.

Salīdzinot refrakcijas veida ietekmi uz maksimālās subjektīvās refrakcijas izmaiņām atkarībā no refrakcijas novērtēšanas attāluma, var novērot, ka hipermetropiskās refrakcijas gadījumā refrakcijas novirzes no 6 m attālumā noteiktās refrakcijas vidēji ir zemākas, nekā miopiskās refrakcijas gadījumā (skat. 2.11. att. un 2.5. tab.). Tomēr *Kruskal-Wallis* tests neuzrāda statistiski būtisku refrakcijas veida ietekmi uz refrakcijas izmaiņām nevienā no novērtēšanas attālumiem: 2,5 m attālumā $\chi^2(2) = 2,12$, $p = 0,35$; 3 m attālumā $\chi^2(2) = 1,75$, $p = 0,42$; 4 m attālumā $\chi^2(2) = 0,11$, $p = 0,95$ un 5 m attālumā $\chi^2(2) = 2,11$, $p = 0,35$.



2.11. att. Dažādos attālumos iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas dažādiem refrakcijas veidiem.

2.5. tabula

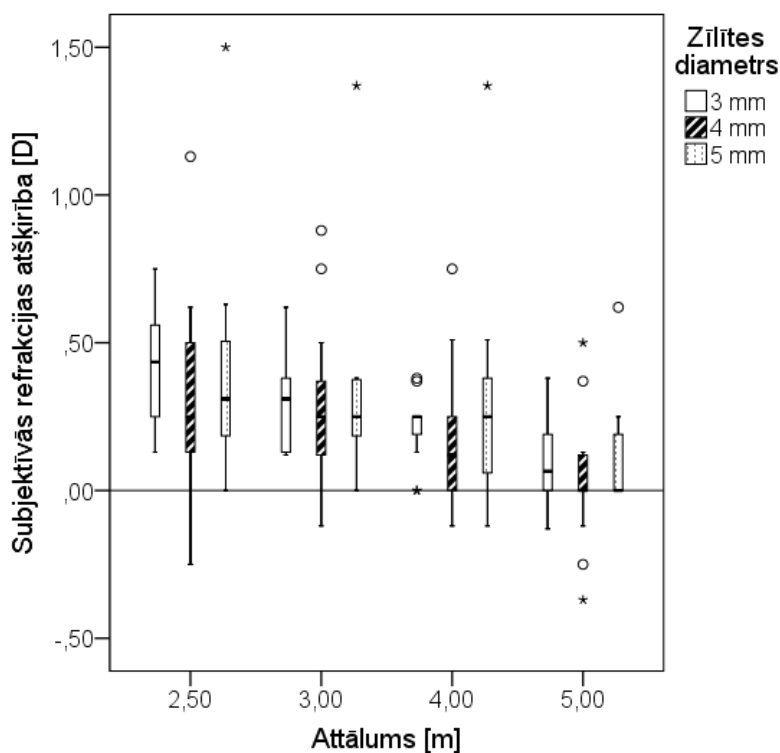
Dažādu refrakcijas grupu dažādos attālumos iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas salīdzinājums ar 6 m attālumā iegūto maksimālo subjektīvo refrakciju (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	Subjektīvās refrakcijas izmaiņas [D]					
	Hipermetropiskā refrakcija	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Jaukts astigmātisms	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Miopiskā refrakcija	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	0,03 \pm 0,05	Z = -0,63, p = 0,53	0,06 \pm 0,07	Z = -1,63, p = 0,10	0,08 \pm 0,04	Z = -2,29, p = 0,02
4,00	0,18 \pm 0,07	Z = -2,73, p = 0,006	0,21 \pm 0,05	Z = -1,84, p = 0,07	0,21 \pm 0,05	Z = -3,81, p < 0,001
3,00	0,22 \pm 0,07	Z = -2,61, p = 0,009	0,32 \pm 0,05	Z = -2,21, p = 0,03	0,32 \pm 0,05	Z = -4,32, p < 0,001
2,50	0,29 \pm 0,08	Z = -2,90, p = 0,004	0,41 \pm 0,06	Z = -2,21, p = 0,03	0,41 \pm 0,06	Z = -4,40, p < 0,001

Novērtēšanas attālumam samazinoties, subjektīvā refrakcija statistiski būtiski mainās uz hipermetropijas pusi (kā arī palielinās šīs novirzes apjoms) gan hipermetropiskās refrakcijas gadījumā ($\chi^2(4) = 30,77$, $p < 0,001$), gan miopiskās refrakcijas gadījumā ($\chi^2(4) = 75,73$, $p < 0,001$), gan jauktā astigmātisma gadījumā ($\chi^2(4) = 15,59$, $p = 0,004$) (*Friedman* tests).

2.5. tabulā ir apkopoti *Wilcoxon* testa rezultāti katrai no refrakcijas grupām, katrā no testa attālumiem. Dalībniekiem ar hipermetropiju netika atklāta statistiski būtiska atšķirība starp 5 m un 6 m attālumā novērtēto subjektīvo refrakciju, savukārt, pārējos testa attālumos refrakcijas atšķirības no 6 m attālumā noteiktās refrakcijas ir statistiski būtiskas. Dalībniekiem ar jaukto astigmātismu 4 m un 5 m attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija būtiski neatšķiras no 6 m attālumā noteiktās, bet 3 m un 2,5 m attālumos – atšķiras būtiski. Dalībniekiem ar miopiju visos attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija būtiski atšķiras no 6 m attālumā noteiktās.

Salīdzinot maksimālās subjektīvās refrakcijas novirzes dažādos novērtēšanas attālumos starp pacientiem ar dažādiem acu zīlīšu diametriem, dalībnieks ar 7 mm lielu zīlīti bija izslēgts no kopējās analīzes un tika analizēts atsevišķi. Kopā tika analizētas 46 acis: 12 acis – ar 3 mm lielu zīlīti, 26 acis – ar 4 mm lielu zīlīti un 8 acis – ar 5 mm lielu zīlīti (skat. 2.12. att. un 2.6. tab.).



2.12. att. Dažādos attālumos iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas dažādiem acu zīlīšu diametriem.

2.6. tabula

Dažādos attālumos iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 6 m attālumā iegūtās maksimālās subjektīvās refrakcijas dažādu zīlīšu diametru grupās (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	Subjektīvās refrakcijas izmaiņas [D]					
	Zīlītes diametrs 3 mm	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Zīlītes diametrs 4 mm	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Zīlītes diametrs 5 mm	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	0,10 \pm 0,05	Z = -1,91, p = 0,06	0,03 \pm 0,03	Z = -0,98, p = 0,33	0,13 \pm 0,06	Z = -1,60, p = 0,11
4,00	0,22 \pm 0,07	Z = -2,91, p = 0,004	0,15 \pm 0,05	Z = -3,41, p = 0,001	0,33 \pm 0,09	Z = -2,13, p = 0,03
3,00	0,30 \pm 0,08	Z = -3,07, p = 0,002	0,25 \pm 0,05	Z = -4,04, p < 0,001	0,37 \pm 0,08	Z = -2,38, p = 0,02
2,50	0,43 \pm 0,08	Z = -3,07, p = 0,002	0,31 \pm 0,06	Z = -4,10, p < 0,001	0,44 \pm 0,10	Z = -2,37, p = 0,02

Kruskal-Wallis testa rezultātā netika novērota zīlītes diametra ietekme uz maksimālās subjektīvās refrakcijas novirzi nevienā no novērtēšanas attālumiem: 2,5 m attālumā $\chi^2(2) = 2,73$, $p = 0,26$; 3 m attālumā $\chi^2(2) = 1,50$, $p = 0,47$; 4 m attālumā $\chi^2(2) = 2,98$, $p = 0,23$ un 5 m attālumā $\chi^2(2) = 2,05$, $p = 0,36$.

Novērtēšanas attālumam samazinoties, subjektīvā refrakcija statistiski būtiski mainās uz hipermetropijas pusi gan grupā ar zīlītes diametru 3 mm ($\chi^2(4) = 35,52$, $p < 0,001$), gan grupā ar zīlītes diametru 4 mm ($\chi^2(4) = 60,90$, $p < 0,001$), gan grupā ar zīlītes diametru 5 mm ($\chi^2(4) = 21,16$, $p < 0,001$) (*Friedman* tests). Salīdzinot 5 m un 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas vērtības, netika atklāta statistiski būtiska atšķirība nevienā no grupām (skat. 2.6. tab.). Savukārt, 4 m un tuvākos attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija statistiski būtiski atšķiras no 6 m noteiktās subjektīvās refrakcijas; būtiskas refrakcijas izmaiņas tika novērotas visās trīs grupās.

Dalībnieka ar 7 mm lielu zīlītes diametru maksimālās subjektīvās refrakcijas rezultāti dažādos novērtēšanas attālumos tika apkopoti 2.7. tabulā. Maksimālās subjektīvās refrakcijas novirze no 6 m attālumā noteiktās tika novērota tikai 2,5 m attālumā noteiktai refrakcijai.

2.7. tabula

Dalībnieka ar 7 mm zīlītes diametru maksimālā subjektīvā refrakcija dažādos novērtēšanas attālumos un tās novirze no 6 m attālumā noteiktās maksimālās subjektīvās refrakcijas

Novērtēšanas attālums [m]	Maksimālā subjektīvā refrakcija [D]	Sfēriskās komponentes novirze no 6 m noteiktās subjektīvās refrakcijas [D]
6,00	-4,62 D sph -0,25 D cyl ax 10°	-
5,00	-4,62 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,00
4,00	-4,62 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,00
3,00	-4,62 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,00
2,50	-4,37 D sph -0,25 D cyl ax 10°	0,25

2.3.3. Dalībnieka ar intraokulāro lēcu implantiem subjektīvā refrakcija dažādos skata attālumos

Pētījumā papildus piedalījās 23 g. vecs dalībnieks ar intraokulāro lēcu implantiem (turpmāk tekstā – IOL implantiem), kura dati netika iekļauti kopējā datu analīzē. Dalībnieka motorās vadošās acs subjektīvās refrakcijas rezultāti ir attēloti 2.8. tabulā.

2.8. tabula

Dalībnieka ar IOL implantiem subjektīvās refrakcijas rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	SR [D], kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās	Atšķirība no 6 m noteiktās SR [D]	Maksimālā subjektīvā refrakcija [D]	Atšķirība no 6 m noteiktās SR [D]
6,00	+0,62 D sph -0,50 D cyl ax 110°	-	+0,25 D sph -0,50 D cyl ax 110°	-
5,00	+0,87 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,25	+0,38 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,12
4,00	+0,87 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,25	+0,38 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,12
3,00	+1,00 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,38	+0,50 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,25
2,50	+1,12 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,5	+0,62 D sph -0,50 D cyl ax 110°	0,38

Subjektīvās refrakcijas izmaiņu tendences šim dalībniekam ir līdzīgas kā pārējiem dalībniekiem. Gan subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, gan maksimālā subjektīvā refrakcija novirzās uz hipermetropijas pusi, novērtēšanas attālumam samazinoties.

2.3.4. Objektīvās un subjektīvās refrakcijas novērtēšana dažādos skata attālumos

Objektīvās un subjektīvās refrakcijas datu analīzei tika izmantoti neparametriskie statistikas rīki mazā dalībnieku skaita dēļ.

Novērtējot objektīvo refrakciju dažādos skata attālumos, rezultātā tika iegūtas ne tikai sfēriskās, bet arī cilindriskās refrakcijas komponentes izmaiņas. Datu statistiskai analīzei tika izmantoti katra dalībnieka refrakcijas sfērocilindriskie ekvivalenti. Katrā no testa attālumiem objektīvā refrakcija tika novērtēta divreiz: pirmajā reizē uz ekrāna tika prezentēts klasisks gaisa balona attēls; otrajā reizē – Landolta gredzena optotips, kura leņķiskais izmērs atbilst redzes asumam 0,05 decimālās vienībās. Objektīvās refrakcijas vērtības dažādos skata attālumos tika salīdzinātas ar 5,8 m attālumā iegūto objektīvo refrakciju. Rezultātā, *Friedman* tests neuzrādīja statistiski būtisku atšķirību starp objektīvās refrakcijas vērtībām dažādos skata attālumos gan izmantojot gaisa balona attēlu ($\chi^2(4) = 3,44$, $p = 0,49$), gan izmantojot Landolta gredzena optotipu ($\chi^2(4) = 3,24$, $p = 0,52$). Izmantojot *Wilcoxon* testu, nevienā no skata attālumiem netika atklāta statistiski būtiska objektīvās refrakcijas atšķirība ar 5,8 m attālumā nomērīto refrakciju (skat. 2.9. tab.).

2.9. tabula

Dažādos attālumos iegūtās objektīvās refrakcijas atšķirība no 5,8 m attālumā iegūtās objektīvās refrakcijas (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	OR izmaiņas [D] (stimuls - gaisa balons)	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	OR izmaiņas [D] (stimuls - Landolta gredzens)	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	-0,05 \pm 0,12	Z = -1,13, p = 0,26	-0,05 \pm 0,26	Z = -0,21, p = 0,83
4,00	-0,13 \pm 0,24	Z = -1,79, p = 0,07	0,04 \pm 0,14	Z = -0,96, p = 0,34
3,00	-0,04 \pm 0,22	Z = -1,03, p = 0,30	0,07 \pm 0,24	Z = -0,94, p = 0,35
2,50	-0,16 \pm 0,21	Z = -1,63, p = 0,10	0,02 \pm 0,25	Z = -0,21, p = 0,83

Subjektīvās refrakcijas vērtības dažādos skata attālumos tika salīdzinātas ar 5,8 m attālumā iegūto subjektīvo refrakciju. Novērtēšanas attālumam samazinoties, statistiski būtiski mainās gan refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienības (*Friedman test*: $\chi^2(4) = 22,64$, $p < 0,001$), gan maksimālā subjektīvā refrakcija (*Friedman test*: $\chi^2(4) = 19,87$, $p = 0,001$). Katrā novērtēšanas attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas atšķirības no 5,8 m noteiktās subjektīvās refrakcijas ir apkopotas 2.10. tabulā.

2.10. tabula

Dažādos attālumos iegūtās subjektīvās refrakcijas atšķirība no 5,8 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	SR, kas nodrošina RA 1,0 decimālās vienībās, izmaiņas [D]	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Maksimālās SR izmaiņas [D]	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	0,05 \pm 0,12	Z = -1,29, p = 0,20	0,07 \pm 0,07	Z = -1,86, p = 0,06
4,00	0,14 \pm 0,13	Z = -2,03, p = 0,04	0,18 \pm 0,10	Z = -2,22, p = 0,03
3,00	0,25 \pm 0,21	Z = -2,06, p = 0,04	0,21 \pm 0,14	Z = -2,22, p = 0,03
2,50	0,37 \pm 0,21	Z = -2,37, p = 0,02	0,32 \pm 0,15	Z = -2,37, p = 0,02

5 m attālumā iegūtā subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, kā arī maksimālā subjektīvā refrakcija statistiski būtiski neatšķiras no 5,8 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas (skat. 2.10. tab). Pārējos attālumos noteiktā subjektīvā refrakcija statistiski būtiski atšķiras no 5,8 m attālumā noteiktās refrakcijas un attālumam samazinoties, palielinās subjektīvās refrakcijas novirze uz hipermetropijas pusi.

2.4. Diskusija

Literatūrā minētās rekomendācijas attiecībā uz subjektīvās refrakcijas noteikšanas attālumu nav viennozīmīgas. Subjektīvās tāluma refrakcijas mērķis ir noteikt refraktīvās kļūdas koriģējošo sfērisko un cilindrisku lēcu kombināciju, kas nodrošina maksimālu redzes asumu, skatoties optiskajā bezgalībā, ar maksimāli atslābinātu akomodāciju (*Grosvenor*, 2007). Snellena redzes pārbaudes tabula sākotnēji tika izstrādāta 20 pēdu attālumam, kas atbilst apmēram 6 m attālumam. Klīniskajā optometrijā šis attālums tiek uzskatīts par attālumu, kas ir “tuvu optiskai bezgalībai”. Tomēr *Hofstetter* (1973) un *Visual Functions Committee* (1984) atzīmē, 6 m sagaidāmā akomodācijas atbilde teorētiski ir 0,17 D, savukārt, 4 m attālumā šī vērtība ir 0,25 D. Autori iesaka veikt refrakcijas novērtēšanu 4 m attālumā un pie iegūtās miopiskās refrakcijas pieskaitīt -0,25 D lēcu, vai no iegūtās hipermetropiskās refrakcijas atņemt +0,25 D lēcu. Tas nodrošinātu precīzāku optiskās bezgalības ekvivalentu. Savukārt vadoties pēc *ISO* (2017) noteiktā standarta, attālumam starp pacienta acs zīlīti un tāluma optotipu tabulu ir jābūt 4 m un tālākam, pie tam, dokumentā nav minēts par 4 m noteiktās refrakcijas pārrēķinu attiecībā uz optisko bezgalību.

Šī pētījuma mērķis bija izvērtēt testa attāluma ietekmi uz pacienta subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitāti. Subjektīvās refrakcijas noteikšana tika veikta pēc hiperfokālās refrakcijas principa, nodrošinot pēc iespējas mazāku akomodācijas darbību, skatoties atbilstošajā attālumā. Tas nozīmē, ja pilnā refrakcijas korekcija nodrošina pacientam

skaidru redzi, skatoties optiskajā bezgalībā, tad tuvākos attālumos acs akomodācijai būtu jādarbojas atbilstoši noteiktajam akomodācijas stimulam. Ar augstākminēto korekciju skatoties 4 m attālumā, sagaidāmā akomodācijas atbilde būtu kā minimums 0,25 D (*Hofstetter*, 1973) vai vairāk (*Ciuffreda*, 2006). No tā izriet, ka 4 m attālumā noteiktā subjektīvā korekcija nodrošina atslābinātu acs akomodācijas stāvokli dotajā attālumā, savukārt, augstākminētā korekcija ir nepietiekoša, lai nodrošinātu pacientam skaidru redzi, skatoties optiskajā bezgalībā. Bija sagaidāms, ka novērtēšanas attālumam samazinoties, miopiskā subjektīvā refrakcija paliks arvien vājāka, savukārt, hipermetropiskā – arvien stiprāka.

Pētījuma rezultātā tika atklāts, ka subjektīvās refrakcijas novērtēšanas attālums būtiski ietekmē subjektīvās refrakcijas novērtēšanu, kas arī bija sagaidāms. Novērtēšanas attālumam samazinoties, subjektīvā refrakcija novirzās uz hipermetropijas pusi neatkarīgi no refrakcijas veida.

Tika konstatēts, ka 5 m un 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas vērtības pārsvarā būtiski neatšķiras savā starpā (skat. 2.11. tab.). Dalībniekiem ar hipermetropiju un dalībniekiem ar jauktu astigmātismu subjektīvās refrakcijas atšķirības nav būtiskas. Dalībniekiem ar miopiju refrakcijas atšķirības ir statistiski būtiskas, bet nav klīniski nozīmīgas: subjektīvās refrakcijas, kas nodrošina 1,0 decimālas vienības, atšķirība vidēji ir $0,12 \pm 0,06$ D, bet maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirība vidēji ir $0,08 \pm 0,04$ D.

Novērtējot subjektīvo refrakciju 4 m attālumā, visiem dalībniekiem tika novērotas statistiski būtiskas subjektīvās refrakcijas atšķirības no 6 m noteiktās subjektīvās refrakcijas (skat. 2.11. tab.). Iegūtās refrakcijas atšķirības jau var uzskatīt par klīniski nozīmīgām: subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienības, vidēji par $0,23 \pm 0,04$ D atšķiras no 6 m attālumā noteiktās refrakcijas, bet maksimālā subjektīvā refrakcija vidēji par $0,20 \pm 0,04$ D atšķiras no 6 m attālumā noteiktās refrakcijas. Klīniskajā optometrijā ir svarīgi uzsvērt tieši maksimālās subjektīvās refrakcijas atšķirības, jo maksimālā subjektīvā refrakcija dod optometristam priekšstatu par nepieciešamo refrakcijas korekciju. Vadoties pēc iegūtajiem rezultātiem, lai pielīdzinātu 4 m attālumā iegūto subjektīvo refrakciju 6 m attālumā iegūtai refrakcijai, pie 4 m attālumā iegūtās refrakcijas ir jāpieskaita $-0,20$ D stipra sfēriska lēca. Praktiski pieejamo sfērisko lēcu solis ir $0,25$ D. Tātad, pie 4 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas pieskaitot $-0,25$ D lēcu, tiek iegūts aptuvens 6 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas ekvivalents. Šis secinājums sakrīt ar *Hofstetter* (1973) un *Visual Functions Committee* (1984) rekomendācijām attiecībā uz 4 m refrakcijas novērtēšanas attālumu. Tomēr šis secinājums ir pretrunā ar *ISO* (2017) noteikto standartu, kurā ir minēts, ka

refrakcijas novērtēšanas attālumam ir jābūt ≥ 4 m, bet standartā nav minēts 4 m attālumā iegūtās subjektīvās refrakcijas pārrēķins.

Novērtējot subjektīvo refrakciju 3 m attālumā un tuvāk, refrakcijas atšķirības, salīdzinot ar 6 m noteikto refrakciju, arvien palielinās. Maksimālās subjektīvās refrakcijas vidējā atšķirība starp 3 m un 6 m attālumā noteikto subjektīvo refrakciju vidēji ir $0,28 \pm 0,04$ D; starp 2,5 m un 6 m attālumā noteikto refrakciju – vidēji $0,36 \pm 0,04$ D. Tātad, novērtējot subjektīvo refrakciju 3 m attālumā un tuvāk, nevar pārliecinoši teikt, ka pie iegūtās refrakcijas pielikta $-0,25$ D lēca nodrošinātu precīzu 6 m attāluma refrakcijas ekvivalentu, jo praktiski iegūtās refrakcijas atšķirības bija lielākas. Arī pie iegūtās refrakcijas pieliekot $-0,50$ D lēcu, nevar apgalvot, ka pacienta refrakcijas kļūda netiks pārkoriģēta, jo praktiski iegūtās refrakcijas atšķirības bija mazākas. Pie tam novērtējot subjektīvo refrakciju attālumos, kas ir vienādi vai tuvāki par 3 m, nevar droši apgalvot, ka pacienta acs akomodācija bija pilnībā atslābināta.

2.11. tabula

Subjektīvās refrakcijas, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienībās, un maksimālās subjektīvās novirzes no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas (norādīta vidējā vērtība \pm standartdeviācija) un *Wilcoxon* testa statistiskie rezultāti

Novērtēšanas attālums [m]	Subjektīvās refrakcijas izmaiņas [D]			
	Subjektīvā refrakcija, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālajās vienībās	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)	Maksimālā subjektīvā refrakcija	Z un p vērtības (<i>Wilcoxon</i> tests)
5,00	$0,12 \pm 0,04$	Z = -3,53, p < 0,001	$0,06 \pm 0,03$	Z = -2,43, p = 0,02
4,00	$0,23 \pm 0,04$	Z = -5,42, p < 0,001	$0,20 \pm 0,04$	Z = -4,98, p < 0,001
3,00	$0,33 \pm 0,04$	Z = -5,61, p < 0,001	$0,28 \pm 0,04$	Z = -5,57, p < 0,001
2,50	$0,41 \pm 0,04$	Z = -5,42, p < 0,001	$0,36 \pm 0,04$	Z = -5,69, p < 0,001

Viedokļi par subjektīvās refrakcijas novērtēšanas pieļaujamo kļūdu literatūrā atšķiras. *Rosenfield & Chiu* (1995), piecas reizes atkārtojot subjektīvās refrakcijas mērījumus 12 dalībniekiem, atklāja, ka subjektīvās refrakcijas standarta deviācija ir $\pm 0,14$ D, bet secināja, ka par būtisku subjektīvās refrakcijas novirzi var uzskatīt $\pm 0,50$ D. *Smith* (2006) savā darbā ir secinājis, ka subjektīvās refrakcijas pieļaujamā standartkļūda ir $\pm 0,30$ D. Šī pētījuma iegūtās maksimālās refrakcijas novirzes ir no $0,20$ D (4 m attālumā) līdz $0,36$ D (2,5 m attālumā). Vadoties pēc *Rosenfield & Chiu* (1995) secinātā, šīs novirzes nav klīniski nozīmīgas.

Vadoties pēc *Smith* (2006) secinātā, 0,20 D refrakcijas novirze, kas ir iegūta 4 m novērtēšanas attālumā, atrodas pieļaujamās standartklūdas robežās. Tomēr šajā pētījumā veiktā statistiskā datu analīze parāda, ka iegūtās novirzes ir statistiski būtiskas un, līdz ar to nav uzskatamas par mērījuma kļūdu. Tāpat, 0,25 D refrakcijas novirze varētu būt klīniski nozīmīga gadījumos, kad ir ļoti precīzi jānosaka refrakcija, jānovēro smalkas refrakcijas izmaiņas dinamikā vai jāsalīdzina subjektīvās refrakcijas rezultāti, kas bija iegūti dažādos novērtēšanas apstākļos.

Salīdzinot subjektīvās refrakcijas novirzes starp dažādiem refrakcijas veidiem, netika atklāta statistiski būtiska atšķirība – gan dalībniekiem ar miopiju, gan dalībniekiem ar hipermetropiju, gan dalībniekiem ar jaukto astigmātismu subjektīvā refrakcija būtiski novirzās uz hipermetropijas pusi, novērtēšanas attālumam samazinoties. Dalībniekiem ar hipermetropiju subjektīvās refrakcijas atšķirības no 6 m noteiktās refrakcijas vidēji bija zemākas, nekā pārējiem dalībniekiem. Tomēr šīs atšķirības nebija statistiski būtiski mazākas, nekā dalībniekiem ar citiem refrakcijas veidiem. Nevar izslēgt iespējamību, ka novērtējot maksimālo subjektīvo refrakciju dalībniekiem ar hipermetropiju, akomodācija nebija pilnīgi atslābināta, jo šī pētījuma robežās, subjektīvās refrakcijas noteikšana katrā no novērtēšanas attālumiem ilga no 5 līdz 7 minūtēm.

Pētījuma laikā nevienam no dalībniekiem netika konstatētas acs zīlītes diametra izmaiņas nevienā no mērīšanas attālumiem. Tas sakrīt ar *Marg & Morgan* (1950) atklājumu, ka akomodācijas stimuliem, kas ir mazāki par 1,00 D (t.i., tālāki par 1 m), attālums minimāli ietekmē zīlītes izmēru.

Statistiskie testi neuzrāda būtiskas subjektīvās refrakcijas izmaiņu atšķirības dalībniekiem ar dažādiem zīlītes diametriem. Šī pētījuma laikā acs zīlītes diametrs tika novērtēts ar *Precision Vision* tuvuma redzes karti, ar mērījuma kļūdu ± 1 mm. Lai precīzāk novērtētu subjektīvās refrakcijas izmaiņas atkarībā no acs zīlītes diametra, būtu jāpielieto precīzākas zīlītes diametra novērtēšanas metodes, piemēram, augstās izšķirtspējas videokameru, infrasarkanās gaismas acu kustību novērtēšanas iekārtas vai *PowerRef* iekārtu.

Objektīvās refrakcijas noteikšana ar viļņu frontes aberometru tika veikta ar mērķi noteikt acs refrakcijas stāvokli dažādos skata attālumos. Bija sagaidāms, ka dalībniekam, skatoties uz dažādos attālumos novietotu gaisa balona attēlu, kas imitē skatienu optiskajā bezgalībā, acs refrakcijas stāvoklis paliks nemainīgs. Iegūtie refrakcijas dati apstiprināja sagaidāmo rezultātu – acs objektīvās refrakcijas izmaiņas dažādos attālumos nav statistiski būtiskas. Savukārt, dalībniekam skatoties uz Landolta optotipu, skata attālumam samazinoties, bija sagaidāmas acs refrakcijas stāvokļa izmaiņas saistībā ar akomodācijas iesaistīšanos. Sagaidāmais rezultāts praktiski netika apstiprināts, refrakcijas izmaiņas dažādos skata attālumos nav statistiski būtiskas.

Kopumā, vadoties pēc iegūtajiem rezultātiem, nevar apgalvot vai noraidīt, ka 6 m attālums tiešām ir pielīdzināms pie optiskās bezgalības definīcijas, bet tas arī nebija pētījuma mērķis. Toties var apgalvot, ka subjektīvā refrakcija, kas ir noteikta 4 m attālumā un tuvāk, būtiski atšķiras no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas. Lai pielīdzinātu 4 m skata attālumā noteikto subjektīvo refrakciju 6 m attālumā noteiktai, pie iegūtās subjektīvās korekcijas ir jāpieskaita $-0,25$ D sfēriska lēca. Subjektīvā refrakcija, kas ir noteikta 3 m attālumā un tuvāk, atšķirās no 6 m attālumā subjektīvās refrakcijas vairāk, ka par $0,25$ D. Pie tam novērtējot subjektīvo refrakciju attālumos, kas ir vienādi vai tuvāki par 3 m, nevar droši apgalvot, ka pacienta acs akomodācija bija pilnībā atslābināta. Līdz ar to, subjektīvās refrakcijas novērtēšanai 3 m attālumā un tuvāk, ir ieteicams izmantot spoguļsistēmas.

SECINĀJUMI

1. Subjektīvās refrakcijas, kas nodrošina redzes asumu 1,0 decimālās vienības, un maksimālās subjektīvās refrakcijas precizitāti būtiski ietekmē novērtēšanas attālums. Novērtēšanas attālumam samazinoties, subjektīvā refrakcija mainās hipermetropijas virzienā visiem refrakcijas veidiem.
2. Maksimālā subjektīvā refrakcija, kas ir noteikta 5 m attālumā, vidēji par 0,06 D atšķiras no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas. Šīs atšķirtības nav klīniski nozīmīgas.
3. Maksimālā subjektīvā refrakcija, kas ir noteikta 4 m novērtēšanas attālumā, vidēji par 0,20 D atšķiras no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas. Lai pielīdzinātu 4 m skata attālumā noteikto subjektīvo refrakciju 6 m attālumā noteiktai un optiskai bezgalībai, pie iegūtās subjektīvās korekcijas ir jāpieskaita -0,25 D sfēriska lēca.
4. Maksimālā subjektīvā refrakcija, kas ir noteikta 3 m un 2,5 m novērtēšanas attālumā, vidēji par 0,28 D un 0,36 D, atbilstoši, atšķiras no 6 m attālumā noteiktās subjektīvās refrakcijas. Tā kā nav viennozīmīgs koriģējošās lēcas (0,25 D ir pārāk neliela, bet 0,50 D ir pārāk liela koriģējošā lēca), ir jāizvairās no subjektīvās refrakcijas novērtēšanas 3 m attālumā un tuvāk, ja nav pieejamas spoguļsistēmas.
5. Pacienta acs zīlītes diametrs neietekmē tāluma subjektīvās refrakcijas izmaiņas atkarībā no novērtēšanas attāluma.

NOBEIGUMS

Pētījuma ietvaros tika pierādīts, ka subjektīvās refrakcijas novērtēšanas attālums būtiski ietekmē subjektīvās refrakcijas novērtēšanas precizitāti. Tika apstiprināts, ka novērtējot subjektīvo refrakciju 4 m attālumā, pie iegūtā rezultāta ir jāpieskaita -0,25 D sfēriska lēca. Tika rekomendēts izvairīties no subjektīvās refrakcijas noteikšanas 3 m attālumā un tuvāk. Pētījumā iegūtie rezultāti varētu noderēt optometristu praksē – gan refrakcijas kļūdas korekcijas piemeklēšanā, gan acs refraktīvā stāvokļa izmaiņu dinamikas novērošanā.

Pētījuma laikā iegūtie subjektīvās refrakcijas dati tika salīdzināti ar 6 m iegūtiem datiem. 6 m attālums tika pieņemts par optiskās bezgalības ekvivalentu. Turpmākos pētījumos būtu vērts noskaidrot, vai 6 m attālumā iegūtā refrakcija tiešām atbilst optiskās bezgalības jēdzienam. Šīs idejas īstenošanai varētu pielietot spoguļsistēmas un izpētīt subjektīvās refrakcijas atšķirības ar un bez spoguļsistēmas pielietošanas.

Refrakcijas novērtēšanas attālums nav vienīgais faktors, kas ietekmē subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitāti. Turpmākos pētījumos būtu vērtīgi izpētīt subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitāti dažādos apgaismojuma līmeņos. Svarīgi būtu arī novērtēt redzes tabulu vai projektoru kontrastu un tā ietekmi uz subjektīvās refrakcijas novērtēšanas rezultātu. Izpratne par subjektīvās refrakcijas izmaiņām atkarībā no redzes kabineta parametriem ļautu izstrādāt precīzāku redzes pārbaudes kabineta standartizāciju.

PATEICĪBA

Vislielāko pateicību vēlos izteikt savai darba vadītājai, Dr.phys. Aigai Švedei par vērtīgiem padomiem, ieteikumiem un labojumiem, par idejām un palīdzību šo ideju īstenošanā. Paldies par nopietnu, profesionālu pieeju šim darbam, veltīto laiku un atsaucību gadījumos, kad man radās neskaidrības. Paldies par dalīšanos teorētiskajā un praktiskajā darba pieredzē, ne tikai maģistra darba ietvaros, bet arī visu studiju laikā.

Pateicos SIA “OC VISION” Optio tīkla vadošai optometristei, Prof.mag. Kristīnei Detkovai par maģistra darba tēmas ideju.

Īpašu pateicību vēlos izteikt SIA “OPTIC GURU” vadošai optometristei, Prof.mag. Aijai Muceniecei par doto iespēju veikt nepieciešamos mērījumus ar viļņu frontes aberometru, kā arī par palīdzību nepieciešamo datu iegūšanā.

Pateicos Dr.phys. Gatim Ikauniekam par palīdzību pētījuma telpas sagatavošanā un Dr.phys. Varim Karitānam par palīdzību telpas apgaismojuma noteikšanā.

Pateicība visiem pētījuma dalībniekiem, kas veltīja savu laiku un piekrita piedalīties pētījumā.

Paldies manai ģimenei un draugiem par sapratni un atbalstu visu šo studiju laikā.

IZMANTOTĀ LITERATŪRA

- Abbott, M. L., Schmid, K. L., & Strang, N. C. (1998). Differences in the accommodation stimulus response curves of adult myopes and emmetropes. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 18(11), 13-20.
- Atchison, D. A., Schmid, K. L., Edwards, K. P., Muller, S. M., & Robotham, J. (2001). The effect of under and over refractive correction on visual performance and spectacle lens acceptance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 21(4), 255-261.
- Бабий, Н. В., Козырева, А. А., & Жукова, Е.А. (2017). Суточные колебания остроты зрения на разных расстояниях у студентов Кировского ГМУ. *Тенденции развития науки и образования*, 25(3), 30-31.
- Buehren, T., & Collins, M. J. (2005). Accommodation stimulus–response function and retinal image quality. *Vision Research*, 2006, 46(10), 1633-1645.
- Chen, A., Norazman, F. N., & Buari, N. H. (2012). Comparison of visual acuity estimates using three different letter charts under two ambient room illuminations. *Indian Journal of Ophthalmology*, 60(2), 101-104.
- Ciuffreda, K. J. (2006). Accommodation, the pupil, and presbyopia. – In: W. J. Benjamin (Ed.), *Borish's clinical refraction* (2nd ed.), 93-144. Oxford (UK): Butterworth-Heinemann.
- Dong, L. M., Hawkins, B. S., & Marsh, M. J. (2002). Consistency Between Visual Acuity Scores Obtained at Different Test Distances. *Archives of Ophthalmology*, 120(11), 1523-1533.
- Franklin, A. (2007). Subjective refraction: principles and techniques for the correction of spherical ametropia. – In: A. Keir, & C. Christie (Eds.), *Clinical optics and refraction: a guide for optometrists, contact lens opticians, and dispensing opticians*, 101-111. Edinburgh: Butterworth-Heinemann.
- Geddes, M., McLean, J., McMonnies, C., & Woodward, P. (1966). The variation of visual acuity with observation distance. *The Australian Journal of Optometry*, 49(6), 164-169.
- Giese, W. J. (1946). The interrelationship of visual acuity at different distances. *Journal of Applied Psychology*, 30(1), 91-106.
- Goss, D. A., & Grosvenor, T. (1996). Reliability of refraction – a literature review. *Journal of the American Optometric Association*, 67(10), 619-630.
- Grein, H.-J., Schmidt, O., & Ritsche, A. (2014). Reproducibility of subjective refraction measurement. *Der Ophthalmologe*, 111(11), 1057-1064.

- Grosvenor, T. (2007). *Primary Care Optometry* (5th ed.), 209-213. St. Louis, Mo: Butterworth-Heinemann/Elsevier.
- Heath, G. G. (1956). Components of accommodation. *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 33(11), 569-579.
- Hecht, S. (1928). The relation between visual acuity and illumination. *Journal of General Physiology*, 11(3), 255-281.
- Heron, G., Furby, H. P., Walker, R. J., Lane, C. S., & Judge, O. J. E. (1994). Relationship between visual acuity and observation distance. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 1995, 15(1), 23-30.
- Hofstetter, H. W. (1973). From 20/20 to 6/6 or 4/4? *American Journal of Optometry and Archives of American Academy of Optometry*, 50(3), 212-221.
- Hung, G. K., Ciuffreda, K. J., & Rosenfield, M. (1996). Proximal contribution to a linear static model of accommodation and vergence. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 16(1), 31-41.
- International Organization for Standardization. (2017). Ophthalmic optics – visual acuity testing – standard and clinical optotypes and their presentation (ISO 8596:2017).
- Jackson, J. H., & Arnoldi, K. (2004). The gradient AC/A ratio: what's really normal? *American Orthoptic Journal*, 54(1), 125-132.
- Johnson, C. A. (1975). Effects of luminance and stimulus distance on accommodation and visual resolution. *Journal of the Optical Society of America*, 66(2), 138-142.
- Kobashi, H., Kamiya, K., Handa, T., Ando, W., Kawamorita, T., Igarashi, A., & Shimizu, K. (2015). Comparison of subjective refraction under binocular and monocular conditions in myopic subjects. *Scientific Reports*, 5, 12606: 1-7.
- Lee, E. M., Feis, A. E., & Clark, A. (2009). Effect of room illumination in computerized visual acuity (using smart system II). *Optometry*, 80(6), 316.
- Leinonen, J., Laakkonen, E., & Laatikainen, L. (2005). Random measurement error in visual acuity measurement in clinical settings. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 83(3), 328-332.
- Leinonen, J., Laakkonen, E., & Laatikainen, L. (2006). Repeatability (test-retest variability) of refractive error measurement in clinical settings. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 84(4), 532-536.
- Ludvigh, E. (1941). Effect of reduced contrast on visual acuity as measured with Snellen test letters. *Archives of Ophthalmology*, 25(3), 469-474.

- Majumder, C., & Ling, L. K. (2014). The effect of under and over refractive correction of myopia on binocular visual acuity and heterophoria. *Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences*, 4(7), 157-163.
- Maqsood, F. (2017). Effects of varying light conditions and refractive error on pupil size. *Cogent Medicine*, 4(1): 1338824.
- Marg, E., & Morgan, M. W. (1950). Further investigation of the pupillary near reflex: The effect of accommodation, fusional convergence and the proximity factor on pupillary diameter. *Optometry and Vision Science*, 27(5), 217-225.
- McBrien, N. A., & Millodot, M. (1986). The effects of refractive error on the accommodative response gradient. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 6(2), 145-149.
- McBrien, N. A., & Millodot, M. (1987). The relationship between tonic accommodation and refractive error. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 28(6), 997-1004.
- Miller, A. D., Kris, M. J., & Griffiths, A. C. (1997). Effect of small focal errors on vision. *Optometry and Vision Science*, 74(7), 521-526.
- Monroe, J., & Hirsch, A. B. (1945). Relation of visual acuity to myopia. *Archives of Ophthalmology*, 34(5), 418-421.
- Nguyen, T., & Stark, L. R. (2017). Surround propinquity and tonic accommodation. *Optometry and Vision Science*, 94(7), 751-759.
- Owens, D. A., & Wolf-Kelly, K. (1987). Near Work, Visual Fatigue, and Variations of Oculomotor Tonus. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 28(4), 743-749.
- Perregin, J., Perregin, D., & Grosvenor, T. (1982). A comparison of clinical refractive data obtained by three examiners. *American Journal of Optometry and Physiological Optics*, 59(6), 515-519.
- Raffel, J. B., & Frith, P. (2008). Expert review: examination of visual acuity. *The Journal of Clinical Examination*, 6, 25-28.
- Ricci, F., Cedrone, C., & Cerulli, L. (1998). Standardized measurement of visual acuity. *Ophthalmic Epidemiology*, 5(1), 41-53.
- Rosenfield, M., & Chiu, N. N. (1995). Repeatability of subjective and objective refraction. *Optometry and Vision Science*, 72(8), 577-599.
- Rosenfield, M., & Ciuffreda, K. J. (1991). Effect of surround propinquity on the open-loop accommodative response. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 32(1), 142-147.
- Rosenfield, M., Ciuffreda, K. J. & Hung, G. K. (1991). The linearity of proximally induced accommodation and vergence. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 32(11), 2985-2991.

- Rosenfield, M., Ciuffreda, K. J. & Hung, G. K. & Gilmartin, B. (1993). Tonic accommodation: a review I. *Basic aspects. Ophthalmic & Physiological Optics: the Journal of the British College of Ophthalmic Opticians (Optometrists)*, 13(3), 266-284.
- Rosenfield, M., Aggarwala, K. R., Raul, C. & Ciuffreda, K. J. (1995). Do changes in pupil size and ambient illumination affect the duochrome test? *Journal of the American Optometric Association*, 66(2), 87-90.
- Rumjanceva, I. (2018). *Redzes pārbaudes kabineta izmēra ietekme uz pacienta redzes asuma noteikšanas precizitāti* (Bakalaura darbs). Latvijas Universitāte.
- Schwartz, J. T., & Ogle, K. N. (1959). The depth of focus of the eye. *Journal of the Optical Society of America*, 49(3), 273-280.
- Sheedy, J. E., Bailey, I. L., & Raasch, T. W. (1984). Visual acuity and chart luminance. *American Journal of Optometry & Physiological Optics*, 61(9), 595-600.
- Sloan, L. L. (1951). Measurement of visual acuity: A critical review. *American Medical Association archives of Ophthalmology*, 45(6), 704-725.
- Sloan, L. L. (1978). Considerations related to 'going metric'. The best metric distances for measuring visual acuity and the correct use of the Snellen fraction. *Archives of Ophthalmology*, 96(9), 1567.
- Sloane, A. E., Dunphy, E. B., Emmons, W. V., & Roswell Gallagher, J. A comparison of refraction results on the same individuals. *American Journal of Ophthalmology*, 37(5), 696-699.
- Smith, G. (2006). Refraction and visual acuity measurements: what are their measurement uncertainties? *Clinical and Experimental Optometry*, 89(2), 66-72.
- Sweeney, L. E., Seidel, D., Day, M., & Gray, L. S. (2014). Quantifying interactions between accommodation and vergence in a binocularly normal population. *Vision Research*, 105, 121-129.
- Švede, A., Krūmiņa, G., & Fridrihsons, J. (2008). Subjektīvās refrakcijas noteikšana. *Pamatmeklēšanas metodes optometrijā*, Rīga: LU akadēmiskais apgāds, 36-37.
- Tidbury, L. P., Czanner, G., & Newsham, D. (2016). Fiat lux: the effect of illuminance on acuity testing. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 254(6), 1091-1097.
- Visual Functions Committee (1984). Visual acuity measurement standard. *Italian Journal of Ophthalmology*, 1988, 2(1), 1-15.
- Walker, P. M., Lane, K. J., Ousler, G. O., & Abelson, M. B. (2010). Diurnal variation of visual function and the signs and symptoms of dry eye. *Cornea*, 29(6), 607-612.

- Wang, B., & Ciuffreda, K. J. (2006). Depth-of-focus of the human eye: theory and clinical implications. *Survey of Ophthalmology*, 51(1), 75-85.
- Woodhouse, J. M. (1974). The effect of pupil size on grating detection at various contrast levels. *Vision Research*, 1975, 15(6), 645-648.
- Wozniak, H., Kelly, M., Glover, S., & Moss, N. (1999). The effect of room illumination on visual acuity measurement. *Australian Orthoptic Journal*, 34, 3-8.
- Yeo, A. C., Kang, K. K., & Tang, W. (2006). Accommodative stimulus response curve of emmetropes and myopes. *Annals of the Academy of Medicine of Singapore*, 35(12), 868-874.

1. PIELIKUMS

Informācija pētījuma dalībniekiem

Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā norisinās cilvēka redzes pētīšana, kuras **mērķis** ir gūt padziļinātu izpratni par acs un redzes sistēmas darbību, tajos notiekošajiem procesiem.

Neinvazīvas izmantotās metodes – dati tiek iegūti tikai kā atbildes uz kādu redzes stimulu. Izmantoto metožu piemēri:

- 1) Subjektīvi piemeklējot redzes korekciju;
- 2) Nofilmējot zīlītes atbildi uz stimulu;
- 3) Nofilmējot acu kustības;
- 4) Ierakstot precīzu laiku pēc pētījuma sākšanas, kad nospiesta poga uz datora klaviatūras;
- 5) Elektrofizioloģijas gadījumā – novērojot neironu kopas aktivēšanos primārajā redzes garozā (pie galvas pieliktie vadi paši nesūta signālus uz smadzenēm, tikai ieraksta smadzeņu sūtītos stimulus, piemēram, reaģējot uz attēla parādīšanos), kā arī novērtējot acs struktūru potenciālu, ievietojot speciālo tievo diegu acs konjunktīvā bez anestēzijas (cilvēka acs struktūras to nesajūt);
- 6) Aberometrija un interferometrija.

Atgriezeniskas invazīvas metodes – dati tiek iegūti īslaicīgi izmainot struktūras vai funkcijas darbību. Piemēri: kontaktlēcas ievietošana, asaru sekrēcijas vai pH mērījumi ar tam paredzētām pie acs pieliekamām absorbējošām papīra strēmelēm vai instrumentiem, acs spiediena mērīšana, radzenes īslaicīga iekrāsošana ar fluoresceīnu u.c. Šīs metodes (ja nepieciešams) tiek pielietotas ziņoša speciālista uzraudzībā un iepriekš saskaņojot ar pētījuma dalībnieku. Cikloplēģija (medikamentoza acs zīlītes paplašināšana un īslaicīga ciliārā muskuļa paralīze) ja nepieciešams, var tikt veikta to iepriekš saskaņojot ar oftalmologu.

Iespējamie riski un blakusparādības – ilgstoša koncentrēšanās, lasīšana, darbs pie datora monitora, vienvēidīgu kontrastainu un/vai kustīgu redzes stimulu apskate var izraisīt miegainību, acu asarošanu, galvassāpes, nogurumu. Uzskaitītās iespējamās blakusparādības ir pārejošas un to iespējamā ietekme uz dalībnieka veselību un dzīvību ir nebūtiska.

Dalībnieka pienākums (un tiesības) pirms pētījuma ir informēt pētījuma vadītāju, ja:

- 1) viņš/viņa vēlas pētījumu pārtraukt. Dalībniekam nav pienākuma paskaidrot savas rīcības motīvus. Ja dalībnieks vēlas, pētījumu vēlāk var atsākt, taču piedalīšanās pētījumā jebkurā brīdī ir brīvprātīga dalībnieka izvēle.
- 2) viņam/viņai ir palielināts acu jutīgums (piemēram, *Nervus vagus* reflekss), acu slimības, alerģija vai pastiprināta jutība pret kādu no izmantotajām metodēm vai medikamentiem (piemēram, spilgtu gaismu, midriātiķiem). Dalībnieks apzinās, ka gaismas zibsnīšana epilepsijas slimniekam var izsaukt lēkmi.

Anonimitāte. Redzes pētījumos tiek ievākta tikai personīgā informācija, netiek ievākti un saglabāti dalībnieku audu paraugi. Sniegtā personīgā informācija paliek anonīma. Pētījuma mērķu īstenošanai kopā ar sniegtajām atbildēm var tikt apstrādāti tādi dati kā dalībnieka dzimums, vecums, profesija, u.c., lai raksturotu kopējas tendences, taču dalībnieka identitāte (ieskaitot iniciāļus), jebkurā veidā prezentējot pētījuma rezultātus, vienmēr paliek anonīma.

Pētījums ir saskaņots ar LU EKMI Zinātniskās izpētes ētikas komisiju.

Es, _____ (Vārds Uzvārds), apliecinu, ka esmu informēts par pētījuma mērķiem un norisi, kā arī par pielietotajām pētījuma metodēm un atļauju izmantot manis sniegto informāciju un manis sniegtos datus pētījuma mērķu sasniegšanai.

/paraksts/

datums

PIEZĪMES:

Sīkākai informācijai LU FMF Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas tālrunā nr.: 67033940

2. PIELIKUMS

Pētījuma protokols

Datums: _____ Laiks: _____

Vecums: _____ Vadošā acs: _____ Proves ietvara verteksa attālums: _____ mm.

Mērījums Nr. 1. Attālums _____ m.

Zīlītes diametrs _____ mm

V_{nc} = _____

V_{cc} _____ = 1,0

V_{cc} _____ = _____

Mērījums Nr. 2. Attālums _____ m.

Zīlītes diametrs _____ mm

V_{nc} = _____

V_{cc} _____ = 1,0

V_{cc} _____ = _____

Mērījums Nr. 3. Attālums _____ m.

Zīlītes diametrs _____ mm

V_{nc} = _____

V_{cc} _____ = 1,0

V_{cc} _____ = _____

Mērījums Nr. 4. Attālums _____ m.

Zīlītes diametrs _____ mm

V_{nc} = _____

V_{cc} _____ = 1,0

V_{cc} _____ = _____

Mērījums Nr. 5. Attālums _____ m.

Zīlītes diametrs _____ mm

V_{nc} = _____

V_{cc} _____ = 1,0

V_{cc} _____ = _____

Maģistra darbs „Attāluma ietekme uz subjektīvās refrakcijas noteikšanas precizitāti”
izstrādāts LU Fizikas, matemātikas un optometrijas fakultātē.

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

Autore: Alīna Kučika Stud.apl.nr. ak17020

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai

Vadītāja: docente, Dr.phys. Aiga Švede

Recenzente: lektore, Dr.phys. Ilze Ceple

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____

Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē

_____. Protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs: _____