

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**REDZES ASUMA IETEKME UZ ŠAUŠANAS
REZULTĀTIEM**

BAKALaura DARBS

Darba autors: **Līga Bikše**

Studenta apliecības Nr. 14044

Darba vadītājs: pētnieks, Dr. phys. Gatis Ikaunieks

RĪGA 2017

ANOTĀCIJA

Bakalaura darbs ir uzrakstīts latviešu valodā, datorsalikumā uz 36 lapaspusēm. Darbs satur 14 attēlus, 3 tabulas un 23 atsauces uz literatūras avotiem.

Militārajā jomā un atsevišķos profesionālajos sporta viedos pieprasa arvien labāku sniegumu no cilvēkiem, neskatoties uz to, ka pieaug cilvēku skaits ar redzes refraktīvajiem defektiem.

Mērķis: Novērtēt, cik lielā mērā redzes izšķirtspēja ietekmē šaušanu mērķī.

Metode: 33 dalībniekiem tika nomērīts redzes asums ar ikdienas redzi un apmiglojumu. Visi dalībnieki veica trīs šaušanas sērijas – ar ikdienas redzi, ar planum brillēm, ar apmiglojumu.

Rezultāti: Šaušanas rezultāti būtiski pasliktinās, ja redzes asums ir vienāds vai sliktāks par 0,57 *logMAR* vienībām.

Atslēgvārdi: redzes asums, apmiglojums, šaušana, FrACT

ABSTRACT

The Bachelor Thesis is written in Latvian, it contains 36 pages, 14 figures, 3 tables and 23 references to other works.

Nowadays better performance is being expected from people in military field and professional sports, despite the fact that more people within the population have eye disorders, particularly refractive error.

Purpose: to evaluate to what extent visual acuity impacts shooting results.

Method: Visual acuity was measured for 33 participants under habitual and blurred visual conditions. All participants performed three series of shooting – one without obstructions, one with planum glasses and one with blur.

Results: Shooting results are much worse if the vision acuity is $0,57 \log MAR$ or worse.

Keywords: visual acuity, blur, shooting, FrACT

Satura rādītājs

Apzīmējumu saraksts	1
Ievads	2
1.Literatūras pārskats	3
1. 1. Miopijas progresēšana.....	3
1.2. Gaismas uztveres ceļš no tīklenes līdz smadzenēm	4
1.2.1. Tīklenes-smadzeņu garozas redzes ceļš.....	5
1.2.2. Tīklenes- <i>collicular</i> redzes ceļš.....	6
1.2.3. Tīklenes- <i>pretectal</i> redzes ceļš	7
1.2.4. Tīklenes-hipotalāma redzes ceļš	7
1.2.5. Papildus optiskie redzes ceļi	7
1.3. Apmiglojuma ietekme uz redzi	8
1.4. Apmiglojuma ietekme uz redzes atbildes darbībām	10
1.4.1. Apmiglojuma ietekme uz cilvēka stājas stabilitāti.....	11
1.4.2. Apmiglojuma ietekme uz šaušanu	12
1.5. Uztveres mācīšanās	13
1.5.1. Redzes uztveres treniņu ietekme uz redzes sistēmu.....	13
1.5.2. Redzes uztveres treniņu uzlabojuma iespējas	15
1.5.3. Redzes uztveres treniņu papildus ieguvumi.....	17
2.Pētījuma daļa.....	19
2.1. Pētījuma dalībnieki.....	19
2.2. Metode	19
2.2.1. Redzes asuma mērījumi	19
2.2.2. Šaušanas rezultātu fiksēšana	20
2.2.3. Apmiglošana	20
2.3. Papildus pētījums – redzes uztveres treniņi	20
2.3.1. Redzes uztveres treniņu dalībnieki.....	20
2.3.1. Metode	21

Rezultāti	22
Secinājumi.....	31
Nobeigums	32
Pateicība	33
Literatūras avoti	34

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

COP RMS - masas centra spiediena pārvietojums laukumā

D- dioptrijas

FrACT- Freiburgas redzes asuma tests

LGN- ārējai ceļgalveida ķermenis (*lateral geniculate nucleus*)

logMAR- minimāli izšķiramais leņķis logaritmiskā izteiksmē

SC –latīniski *superior colliculus* jeb augšējais paugurs, kas ir pāra struktūra cilvēka vidussmadzenēs; dažkārt ar to tiek saprasts arī *optic tectum* (optiskas jumts)

IEVADS

Pieaugošs miopu skaits starp cilvēkiem ir aktuāla 21. gadsimta problēma (*Resnikoff et.al.*, 2008). Neskatoties uz to, militārajā jomā un profesionālos sporta veidos prasības nav mazinājušās, bet gan tiek sagaidīti labāki rezultāti no cilvēkiem, līdz ar to ir svarīgi izprast redzes ietekmi tik specifiskās nodarbēs kā šaušana.

Jauniegtās zināšanas būtu lietderīgas, pirmkārt, redzes speciālistiem, praksē saskaroties ar militāru personu vai profesionālu šāvēju, otrkārt, cilvēkiem, kas nodarbojas ar šaušanu, lai izprastu, cik liela ir nozīme redzei un cik – tehniskajām prasmēm, treškārt, šāda informācija būtu noderīga Latvijas paraolimpiskajai komitejai, ja viņi nolemtu izveidot šaušanas sacensības kā daudzās citās pasaules valstīs, ar šī pētījuma rezultātiem viņi varētu noteikt redzes asuma normas, ar kādām dalībnieks var piedalīties un konkurēt ar citiem šāvējiem sacensībās.

Visnesenākais pētījums, kas aktualizēja šo tēmu, pierādīja, ka jebkurš cilvēks, kuram tāluma redzes asums ir līdz 0,50 *logMAR* vienībām un kurš profesionāli nodarbojas ar šaušanu, spēj uzrādīt līdzvērtīgus rezultātus kā ļoti labi redzošs cilvēks, tas ir , ar redzes asumu no -0,3 līdz 0,0 *logMAR* vienībām (*Allen et.al.*, 2016).

1) Mana bakalaura darba **mērķis** ir novērtēt, cik lielā mērā redzes izšķirtspēja ietekmē šaušanu mērķī.

Uzdevumi:

1. Novērtēt redzes asuma ietekmi uz šaušanas rezultātiem.
2. Novērtēt briļļu ietekmi uz šaušanas rezultātiem.
3. Novērtēt optiskā apmiglojuma ietekmi uz šaušanas rezultātiem.
4. Izvērtēt, vai, uzlabojot redzes asumu ar treniņu palīdzību, uzlabosies šaušanas rezultāti.

1.LITERATŪRAS PĀRSKATS

1. 1. Miopijas progresēšana

Miopija jeb skaidra attēla veidošanās pirms tīklenes ir izplatītākais refraktīvais defekts vecumā no 13 līdz 18 gadiem, kas, populācijai palielinoties, kļūst arī par izplatītāko refraktīvo defektu citās vecuma grupās (*Resnikoff et al.*, 2008). Tā izpēte noris jau vairākas dekādes, taču zinātnieki nav nonākuši pie viena cēloņa, kas izraisa šo defektu, tāpat arī nav nonākuši pie universāla terapijas kursa, kas aizkavētu šī defekta attīstību vai to spētu pilnībā novērst.

Par vienu no galvenajiem riska faktoriem varētu nosaukt vietu un valsti, kurā cilvēks dzīvo, jo valsts ietver sevī daudzas īpašības, kas tiek saistītas ar miopijas izplatību (*Resnikoff et al.*, 2008). Piemēram, tāda īpašība ir valsts iedzīvotāju blīvums, ja salīdzina Ķīnas iedzīvotājus ar Amerikas Savienoto Valstu iedzīvotājiem, tad miopijas izplatības atšķirība ir aptuveni 50 %. Sprotami, ka Ķīnas iedzīvotāji daudz biežāk neredz tālāk par 3 m daudzu līdzcilvēku un apbūves dēļ, kā rezultātā acs jau attīstības sākumā pielāgojas šādiem apstākļiem un tās aksiālais garums kļūst lielāks, nekā normāli būtu nepieciešams (*Saw et al.*, 1996).

Valsts attīstība ir otra svarīgākā īpašība, kas nosaka valsts iedzīvotāju redzes refraktīvo defektu veidu un izplatību. Par piemēru var ņemt Islandi, kur 1935. gadā un 1975. gadā veica redzes pārbaudes ar cikloplēģijas palīdzību, miopiju uzskatot, sākot ar -0.5D. Šie izmeklējumi atklāja, ka 50 gadu laikā miopijas izplatība ir palielinājusies par 17 % . Ņemot vērā, ka Islande ir diezgan norobežota valsts, tad jāvērs uzmanība uz iekšzemes procesiem. 1935. gads raksturojas ar smagiem lauksaimniecības darbiem un zemu izglītības līmeni, turpretim 1975. gads ar jauniem izgudrojumiem, darba tirgus strādājošos vairāk pievērša biroja un konveijera darbiem, tāpat izglītību varēja iegūt arvien vairāk cilvēku. Notikumi piecdesmit gadu laikā vienā valstī lika cilvēkiem pievērsties tuvuma darbiem, kā rezultātā viņu acis pielāgojās un kļuva vairāk miopas (*Saw et al.*, 1996).

Ģenētisko faktoru mēs nevaram ietekmēt, ne to, kāda rase mums būs, ne kāds dzimums un ne kāda būs mūsu ģimenes vēsture. Tomēr arī ģenētika spēlē svarīgu lomu miopijas attīstībā, piemēram, ir noskaidrots, ka bērnam ir lielāka iespēja kļūt par miopu, ja vecāki ir ar šādu redzes refraktīvo defektu, savukārt bērnam, kuram abi vecāki nav ar šādu defektu, iespēja kļūt par miopu ir mazāka, taču ne neiespējami. Amerikas Savienotajās Valstīs Nacionālā veselības un uztura pārbaudes pētījumā 1971. un 1972. gadā tika izmeklēta 7401 persona, un tika atklāts, ka baltās rases pārstāvjiem miopija ir vairāk izplatīta nekā melnās

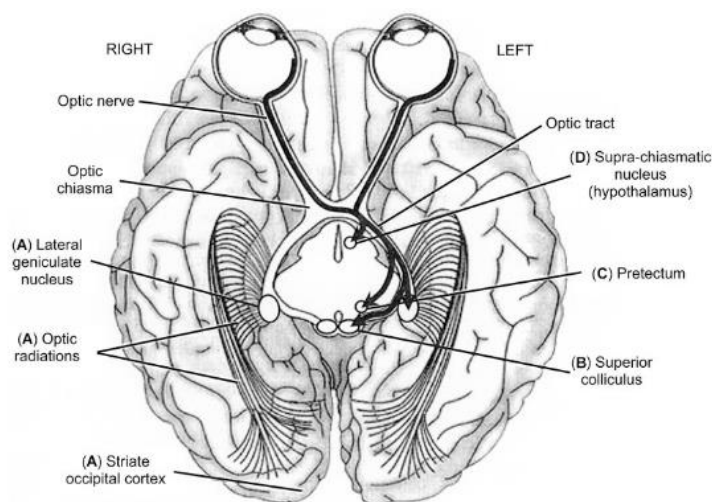
rases pārstāvjiem, kā arī sievietēm miopija ir biežāks redzes refraktīvais defekts nekā vīriešiem (*Saw et al.*, 1996).

Pētījums Austrālijā, kurā pārbaudīja 663 acis, norāda, ka uz doto brīdi miopijas gadījumi ir visvairāk sastopami starp 20-50 gadu veciem cilvēkiem, un procentuāli sasniedz 72-90 % (*Rushton et al.*, 2016). Jāņem vērā, ka pētījumā bija daudzi faktori, kas izslēdz dažus dalībniekus, jo tiem tika veiktas ķirurģiskas iejaukšanās, vai viņi lietoja medikamentus, taču, ja pat pieņemam, ka šādā vecumā posmā tika izslēgti kādi 100 cilvēki, tas tāpat būtiski nemainītu lielo procentuālo skaitu ar miopiem. Šādi pētījumi uzskatāmi pierāda, kādas sekas ir mūsu dzīves veidam 21. gadsimtā.

1.2. Gaismas uztveres ceļš no tīklenes līdz smadzenēm

Lai labāk izprastu, kas notiek, ja cilvēks neuztver skaidru attēlu uz tīklenes, ir jāizprot gaismas radītā ietekme uz cilvēkiem. Redzi ierobežo divi galvenie faktori – attēla kvalitāte, kas tiek nodota no acs sistēmas, un neirālā apstrāde smadzenēs. Tiklīdz gaisma nonāk acīs un tiek līdz tīklenei, sāk notikt uztvertās informācijas pārnese uz tālākiem smadzeņu apgabaliem, kur gaismas uztvere rada dažādas atbildes reakcijas, kas nodrošina cilvēka spēju orientēties apkārtējā vidē, socializēties ar līdzcilvēkiem un adekvāti reaģēt uz dažādām situācijām (*Polat*, 2009).

Cilvēka abu acu saskaņotas darbības pamatā, lai uztvertu gaismu, ir pieci neirālie ceļi uz smadzenēm. Četri redzes ceļi ir tieši atbildīgi par gaismas uztveri un tās tālāku apstrādi un analīzi (skat. 1.1.att.), piektais redzes ceļš jeb papildus ceļš, taču ne mazsvarīgākais, koordinē galvas un acu saskaņotu kustību, lai spētu pēc iespējas iegūt labāko gaismas uztveri uz tīklenes, kas tālāk varētu iet pa pārējiem četriem redzes ceļiem. Gaismas ceļa sākums cilvēka centrālajā nervu sistēmā ir viens - tīklenē, taču katram ceļam ir sava konkrētā vieta smadzenēs, kur tam jānonāk. (*Coubard*, 2015)



1.1.att. Cilvēka smadzeņu šķērsgriezums skatā no augša, kurā attēloti četri galvenie redzes ceļi (Couard, 2015).

(A) tīklenes-smadzeņu garozas redzes ceļš. (B) tīklenes-collicular redzes ceļš. (C) tīklenes-pretectal redzes ceļš. (D) tīklenes-hipotalāma redzes ceļš

1.2.1. Tīklenes-smadzeņu garozas redzes ceļš

Gaismas uztvere sākas tīklenē no gaismas jutīgajām jeb sensorajām šūnām, nūjiņām un vāļītēm, kurās notiek fototransdukcija. Tālāk informācija tiek nodota bipolārajiem neironiem, kuri to pārnes tīklenes ganglionārām šūnām jeb ganglionāriem neironiem. Zīdītājiem tīklenes ganglionārās šūnas iedalās 20 apakštīpos, katrs apakštīps ir atbildīgs par noteiktu redzes iezīmi, un šīs šūnas sasniedz vairāk kā 24 smadzeņu apgabalus (Coubard, 2015).

Tīklenes ganglionārie neironi, pirms tam sakopojoties aptuveni 400 maziem kūlīšiem no vairāk kā miljons šķiedru, iziet no acs kā redzes nervs. Tas virzās uz hiazmu, kurā krustojas no nazālo tīkleņu daļām nākošās šķiedras. No temporālām daļām nākošās šķiedras hiazmā nekruņstojas, bet pēc hiazmas saiet kopā ar pretējās puses no nazālo daļu nākošajām šķiedrām, tādējādi pēc hiazmas šo šķiedru apkopojums nes informāciju par vienas puses redzes lauku (labo vai kreiso). Tālāk šīs redzes nerva šķiedras, šķērsojot optisko traktu, sasniedz ārējo ceļgalveida ķermeni (*lateral geniculate nucleus*), kur redzes nervs nonāk kontaktā ar talāma-garozas (*thalamo-cortical*) neironu un pārnes tam uztverto informāciju no tīklenes (Coubard, 2015).

Talāma-garozas neironi pamet LGN un, ejot cauri aksoniem, sasniedz primāro redzes garozu, ko dēvē arī par pakauša rievu garozu, V1 un 17. Brodmana lauku, kur nonāk redzes

uztvertā informācija, lai to apstrādātu (Coubard, 2015). V1 atrodas šūnas, kas ziņo par objekta orientāciju, krāsu un telpas dziļumu, kas arī izskaidro kāpēc tā tiek uzskatīta par primāro redzes garozu, jo apstrādā no foveolas nākošo *parvo* un *konio* šūnu sūtīto informāciju un sniedz pašu nepieciešamāko analīzi par priekšā esošo objektu (Folay & Matlin, 2015).

Tīklēnes-smadzeņu garozas redzes ceļš pārsvarā sastāv no *parvo* šūnu neironiem, kuri nes informāciju par augstām telpiskajām frekvencēm, tāpēc primārā redzes garoza ir atbildīga par informācijas apstrādi, kas nodrošina redzei sīku detaļu izšķiršanu. No V1 informācija tiek sūtīta arī tālāk uz citiem apgabaliem V2 un V4 (Coubard, 2015). V2 atbild ne tikai par objekta orientāciju un virzienu, bet arī palielinājumu garozas līmeņos, un atšķirībā no V1 apgabala šajā vietā sāk izjust binokulāro nevienādību, tāpēc notiek informācijas kombinēšana no abām acīm. V2 apgabala šūnām piedēvē arī jutību pret kontrastu un bieži pret krāsu. Pēc informācijas apstrādes V2 signālu raida atpakaļ uz V1 apgabalu, kā arī uz V3, V4 un V5. Kā jau minēts V4 saņem tiešu signālu no V1, V2 un arī no V3, turklāt tas ir ciešā kontaktā ar V5. Tā kā nākošie signāli ir no primārā redzes garoza, tad arī V4 atbild par orientācijas un kustības sajūšanu, taču pārsvarā V4 neironi spēcīgi izjūt binokulāro atšķirību, tādējādi šis apgabals vislabāk uztver informāciju par sarežģītām formām un tekstūrām, radot sapratni par objekta telpiskumu (Folay & Matlin, 2015).

Savukārt salīdzinoši mazāks skaits *magno* šūnu neironu, kuri ir iesaistīti tīklēne-garozas redzes ceļā, projicējas pārsvarā uz V2, V3, MT/V5, kur informācijas apstrāde atbild par objekta atrašanās vietu, kustību un par tās interpretēšanu (Coubard, 2015). Tieši V5 apgabals atbild par informācijas sakombinēšanu pēc V1 apstrādes un nodrošina jutību pret kustību, gan spējot noteikt kustīgu objektu, gan izšķirt nekustīgu objektu uz kustīga fona (Folay & Matlin, 2015).

1.2.2. Tīklēnes-collicular redzes ceļš

Daži ganglionārie neironi, kuri sastāv no *magno* šūnām, nemaz nenonāk līdz ārējam ceļgalveida ķermenim, bet pirms tā nošķirās no pārējiem ganglionāriem neironiem un dodas virzienā, kur redzes neironi ir novietoti vidussmadzeņu SC astes pola (*caudal pole*) virspusējā slānī (skat. 1.1.b att.). *Magno* šūnas nes informāciju par zemām telpiskajām frekvencēm, tāpēc sniedz ne pārāk detalizētu, bet apjaušamu redzes ainu. SC atbilde uz saņemto informāciju ir refleksīva acu kustību izraisīšana (Coubard, 2015).

Tīklēnes-collicular redzes ceļš ir saistīts arī ar limbiskās sistēmas struktūrām, tādām kā *amygdala* un *orbitofrontal* garozu, kas reaģējot uz biedējošu redzes stimulu strauji aktivējas.

Šī saikne arī ir izskaidrojums, ka vizuāliem stimuliem var būt emocionāla ietekme uz cilvēku (Coubard, 2015).

1.2.3. Tīklenes-pretectal redzes ceļš

Iekšējās fotojutības tīklenes ganglionārās šūnas nerasniedz ne LGN, ne SC (skat. 1.1.c att.), bet nokļūst *pretectum*, kas atrodas starp vidussmadzenēm un starpsmadzenēm. Šī struktūra sastāv no *pretectal* un *tegmental* kodoliem, tādiem kā *interstitial*, *preinterstitial* un *epitalāma* kodoli (Coubard, 2015).

Pretectal kodoli saņem tiešu informāciju no tīklenes, kā arī netiešu no ārējā ceļgalveida ķermeņa un ietekmē autonomo nervu sistēmu. Funkcionāli, informācijas nonākšanai no tīklenes šajā struktūrā ir izšķirošā loma zīlītes-gaismas refleksa reakcijai (Coubard, 2015).

1.2.4. Tīklenes-hipotalāma redzes ceļš

Daļa no iekšējās fotojutības tīklenes ganglionāro šūnu ir virzīti uz hipotalāmu, precīzāk, uz supra-hiazmas kodolu, dorsāli uz optisko hiazmu. Caur melanopsīnu, redzes sistēma projicējas čiekurveida dziedzerī, kurš ir melatonīna producētājs (Coubard, 2015). Ārstnieciskos nolūkos sintezēts melatonīns savu efektivitāti pierādījis oftalmoloģijā hroniskas centrālās horioretinopātijas gadījumos. Pēc mēneša melatonīna lietošanas pacientiem ar šādu diagnozi būtiski uzlabojas redzes asums ar labāko korekciju un samazinās makulas centra biezums (Pinto *et al.*, 2014). Tīklenes-hipotalāma ceļš regulē diennakts ritmu: ķermeņa temperatūru, nomoda un miega stāvokli, kortizola jeb stresa līmeni, reprodukciju, autonomo un hormonālo funkciju, u.c. Šis redzes ceļš izskaidro, kā vizuālie stimuli ietekmē cilvēka bioloģisko ritmu un funkcijas (Coubard, 2015).

1.2.5. Papildus optiskie redzes ceļi

Papildus optiskie redzes ceļi sastāv no virziena atkarīgo ganglionāro šūnu *On* centriem, kuri nonāk divās struktūrās iegarenajās smadzenēs: optiskā trakta kodolos un mugurējo terminālu kodolos, kā arī mediālo un laterālo terminālu kodolos, kas kontrolē horizontālas un vertikālas slīdēšanas saskaņotību un sabalansēšanu. Šie redzes ceļi ir atbildīgi par galvas un skatienu orientāciju, saskaņotu darbību un rada refleksīvu acs kustību (Coubard, 2015).

Eksperimentā ar pelēm ir noteikts, ka transmembrāna *semaphorin 6A* ir ekspresēta virziena atkarīgo ganglionāro šūnu *On* centru apakšgrupā un ir būtiski nepieciešama, lai tīklenes aksona saņēmējs būtu mediālais terminālu kodols. Molekulārā līmenī tas ir kritiskais pavērsiens, lai nodrošinātu acu un galvas saskaņotu kustību, skatoties uz kustīgu objektu (Sun *et al.*, 2015).

1.3. Apmiglojuma ietekme uz redzi

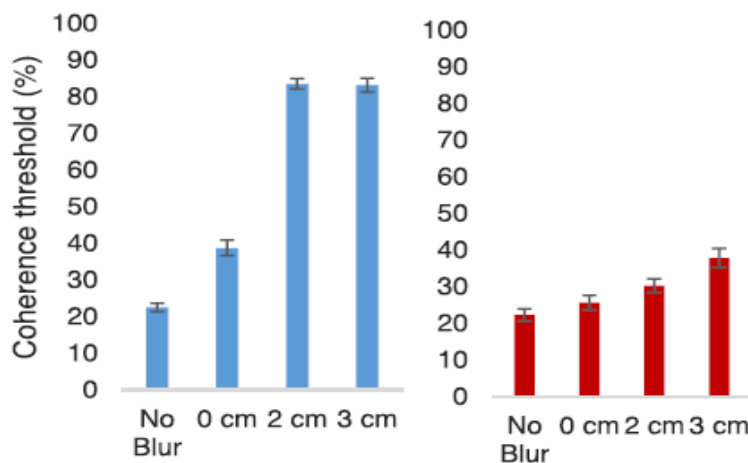
Samazināts redzes asums un kontrastjutība ir galvenie raksturlielumi cilvēka redzes sistēmas apmiglojumam, ko parasti izsaka ar pozitīvo lēcu stiprumu, kāds pievienots optiskajai sistēmai. Dabīgais apmiglojums ir nekoriģētam miopam, jo viņam ir vai nu pārāk stipra acs optiskā sistēma vai arī tā ir normāla, taču atbilst īsākai acij, līdz ar to gaisma abos gadījumos fokusējas pirms tīklenes un rada neskaidru attēlu.

Palielinot pozitīvo lēcu stiprumu ir sagaidāms, ka samazināsies redzes asums, un tā tas tiešām ir. Pie dažādiem stimulu fonu spožumiem bez apmiglojuma lēcām dalībnieku redzes asums svārstās no -0,1 līdz 0,4 *logMAR* vienībām, ar +1,0 D no 0,3 līdz 0,7, ar +2,0 D no 0,6 līdz 1,1, ar +4,0 D no 0,95 līdz 1,20 un ar +6,0 D no 1,2 līdz 1,5 *logMAR* vienībām. Dažādie fona spožumi visvairāk ietekmē redzes asumu ar maziem apmiglojumiem, turpretim vismazāk ietekmē redzes asumu ar lielu apmiglojumu, jo iegūto redzes asumu amplitūda ir mazāka (*Johnson & Casson, 1995*). Atsevišķā pētījumā pie konstanta stimulu fona spožuma, kur stimuli bija gan Landolta gredzeni, gan burti, tika iegūts, ka ar +2,0 D apmiglojumu redzes asums ir no 0,56 līdz 0,73 *logMAR* vienībām, pēc stundas ilgas adaptācijas redzes asums bija no 0,49 līdz 0,64 *logMAR* vienībām, ko var uzskatīt par būtisku uzlabojumu, taču paši autori piemin, ka šādā rezultātā zināmu lomu spēlē arī atmiņa, jo pēc stundas redzes asums tika mērīts ar to pašu tabulu, ar kuru to darīja uzreiz pēc apmiglošanas (*Poulerie et al., 2013*).

Burton et al. (2015) savā eksperimentā mērīja formas un kustības uztveres sliekšņus atkarībā no apmiglojuma līmeņa, uztveres sliekšni nosakot pēc stimulu sakārtotības. Par 100 % sakārtotības formas un kustības stimuliem sauc 2000 baltus punktus, kur katra lielums ir seši pikseļi diametrā un 0,29 grādu redzes leņķī, attēloti grafiski pret melnu fonu, veidojot apļa formu vai rotācijas kustību. Par nesakārtotiem formas un kustības stimuliem sauc tādus pašus punktus, tikai tie ir izkārtoti un orientēti pa ekrānu nejaušā kārtībā. Šajā pētījumā apmiglojums tika panākts ar difūzeri 0cm attālumā no ekrāna, kas atbilst apmiglojumam ar +2,5 D lēcu, 2 cm attālumā, attiecīgi apmiglojums +5,5 D, un 3 cm attālumā, attiecīgi +10 D. Rezultātā tika noskaidrots, ka pie vidēja un augsta apmiglojuma līmeņa, attiecīgi +5,5 D un +10 D, zūd vispārējās formas uztvere ar redzes sistēmu, sliekšnis stimulu sakārtotībai ir 80 %, turpretim kustības uztvere nezūd pie tik liela apmiglojuma, tās sliekšnis palielinās par ~20 %, bet uztvere vēl joprojām ir pietiekami laba, lai noteiktu kustību (skat.1.2.att.) (*Burton et al., 2015*).

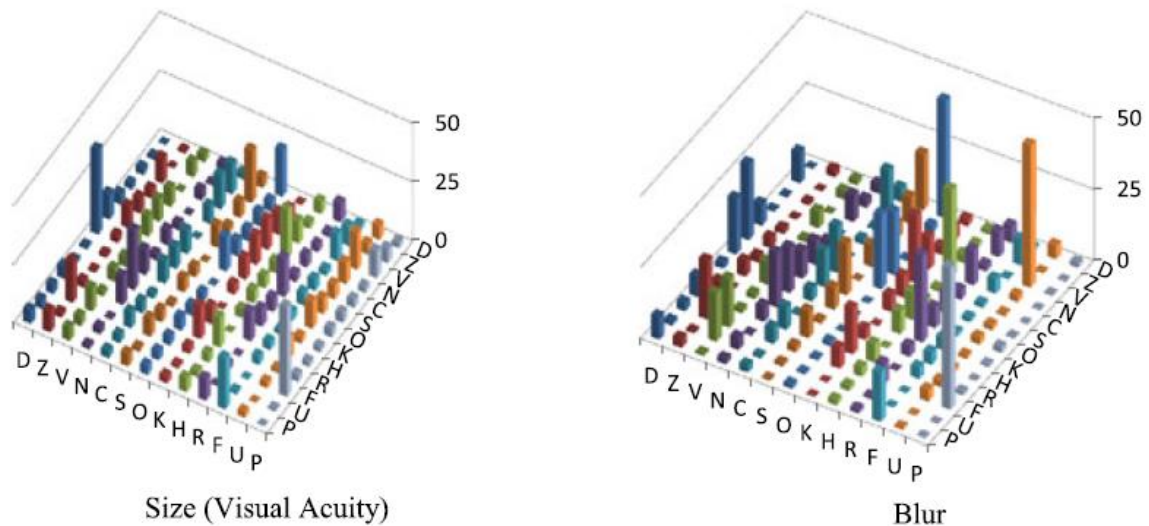
Apmiglojums samazina uztvertās augstās telpiskās frekvences, tāpēc *parvo* šūnas kļūst nejutīgākas, līdz ar to šī *parvo* šūnu sniegtā informācija par objekta formu, krāsu un sīkām

detaļām ir nepietiekama, lai smadzeņu garozā to spētu izanalizēt un sniegt precīzu vērtējumu par redzēto objektu. Taču *magno* šūnas ir jutīgas tieši uz zemām telpiskām frekvencēm, tāpēc smadzeņu apgabali kā MT/V5 labi spēj apstrādāt iegūto informāciju un sniedz pareizu sajūtu par kustību un tās virzienu (*Burton et al., 2015*).



1.2.att Stimulu sakārtotības sliekšnis atkarībā no apmieglojuma. Kreisajā pusē ar ziliem stabiņiem – formas uztvere; labajā pusē ar sarkaniem stabiņiem – kustības uztvere (*Burton et al., 2015*).

Tā kā apmieglojums visvairāk traucē formas uztveri, tad loģiski, ka tā ietekme uz redzes asumu ir ievērojama. Redzes asumu nosaka kā mazāko optotipa izšķiramo detaļu, taču kāda būtu redzes sistēmas reakcija uz viena lieluma optotipiem ar konstantu kontrastu, ja tie tiek apmiegloti ar cirkulāri simetrisku Gausa izplatību, tā radot izplūdušu attēlu. Izrādās situācijas ir diez gan līdzīgas, jo abos gadījumos, kad cilvēks maldās par optotipu, šī kļūda nosliecas par labu līdzvērtīgiem optotipiem. Piemēram, abos attēla izmaiņu gadījumos (samazinot optotipa izmēru un palielinot attēla apmieglojumu), rādot N burtu, dalībnieki to jauca ar U, R, H, K, O, S, D, Z, V burtiem (skat. 1.3.att.). Korelācijas koeficients starp maldinošo optotipu matricām izmēram un apmieglojumam ir 0,68, ko var vērtēt kā vidēji ciešu sakarību. Var novērot, ka optotipa izmērs rada vispārēju formas apjumu, jo dalībnieka nepareizā atbilde par optotipu ir ļoti daudzveidīgas, savukārt apmieglojuma gadījumā, dalībnieks kļūdoties, tomēr vairāk nosliecas par labu vienam konkrētam optotipam, kas pēc formas ir līdzīgākais. Šāds novērojums liek domāt, ka apmieglojumam nav tik liela ietekme uz formas uztveri kā izmēram, taču jāņem vērā cik salīdzināmi ir šie abi parametri konkrētā pētījumā (*Westheimer, 2016*).



1.3.att. Maldinošo optotipu matricas, kur stabiņu augstums atbilst konkrēta optotipa nepareizo atbilžu skaitam, plaknē pa kreisi ir prezentētie burti un plaknē pa labi ir sniegto atbilžu burti (Westheimer, 2016).

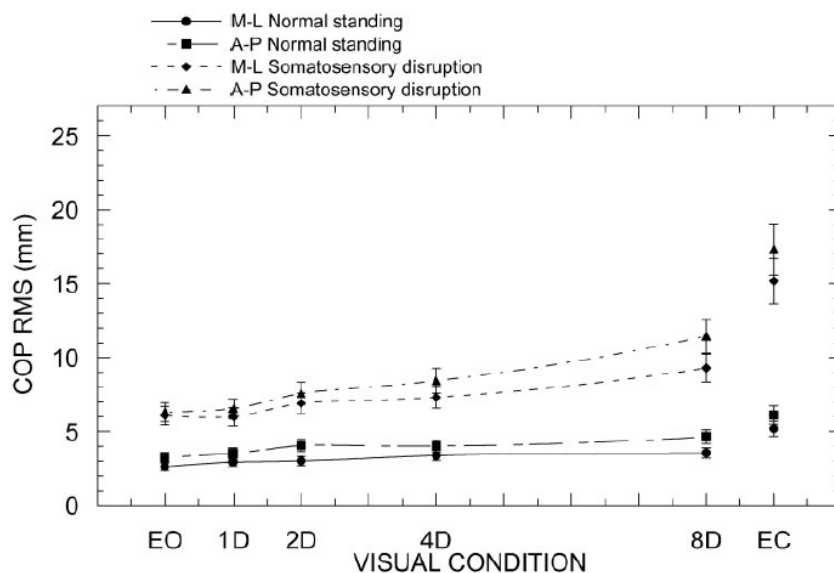
Dažādu refraktīvo defektu gadījumos apmieglojumu izjūt citādāk. Lai to saprastu, tika aprēķināts apmieglojuma jutības koeficients, kuru izsaka minimāli izšķiramo leņķi (MAR) dalot ar apmieglojuma lielumu, ko izsaka korekcijā nepieciešamo dioptriju lielumā. Mazs apmieglojuma jutības koeficients norāda uz mazu jutību, tātad apmieglojums minimāli ietekmē redzi. Atklājās, ka vismazāk apmieglojuma ietekmi izjūt cilvēki ar hipermetropiju, nekā ar miopiju. Savukārt miopu starpā, lielāku apmieglojuma ietekmi jūt cilvēki, kuriem nav astigmātisms, salīdzinot ar tiem, kuriem ir (Rushton *et.al.*, 2016).

1.4. Apmieglojuma ietekme uz redzes atbildes darbībām

Paļaujoties uz redzi ikdienā cilvēki veic daudzas kustības, jo redze ir galvenais avots, kas sniedz informāciju par attālumiem līdz priekšmetiem, kas ir tālāki par izstieptu roku, tā ļauj salikt kopā pārējo maņu orgānu sajūtas ar to, ko redzam apkārt. No redzētā mēs spējam veikt atbilstošas darbības, piemēram, likt pāris soļus vai skriet, lai paspētu uz autobusu, kurš tikko piestājis, plūkt ogas tagad vai pēc pāris dienām, kad ogu krāsa ziņos, ka tās ir gatavas. Šādi piemēri katru dienu ir daudz, tikai tos nepamanām, jo esam pieraduši pie redzes sniegtajām iespējām. Tieši šī iemesla dēļ ir jāsaprot, cik liela nozīme ir redzes korekcijai, lai cilvēka dzīves kvalitāte būtu pēc iespējas augstāk un tā būtu atbilstoša profesionālai darbībai.

1.4.1. Apmiglojuma ietekme uz cilvēka stājas stabilitāti

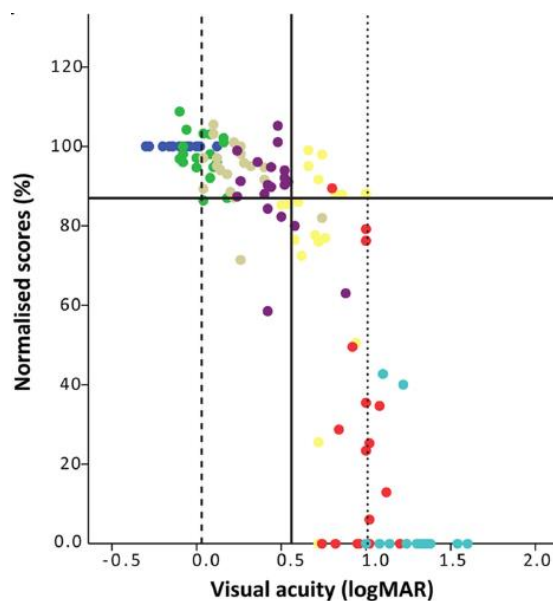
Ikdienā ik pa laikam cilvēki maina savas stājas pozīciju, jo ir neērti apstājušies, taču daļēji arī tāpēc, ka nejutas pietiekami stabili, tā ir normāla parādība ar ko saskaramies katru dienu, taču to neizjūtam kā defektu. Tajā brīdī, kad aiztaisām acis sajūtas kļūst saasinātākas, līdzsvara sajūta strauji zūd un tiek pieliktas visas pūles, lai koncentrētos un paliktu uz divām kājām. Bez šīm divām kondīcijām, vaļā un ciet acīm, ir cilvēki, kuri izjūt refraktīvā defekta vai optisko vidu apduļķojumu izraisītu apmiglojumu. Izrādās, ka izmēģinot +1, +2, +4 un +8 D apmiglojumus, stājas stabilitāte samazinās, pieaugot apmiglojuma lielumam, taču nesasniedz tik lielu pasliktinājumu kā aizverot acis (skat.1.4.att.). Stājas stabilitāti mērīja kā masas centra pārvietojumu pa laukumu uz kura bija speciāla spēka noteikšanas platforma. Pētījums uzskatāmi parāda, ka neizkorigēts redzes asums vecākiem cilvēkiem var būt par pamatu kritieniem, kas vecāka gadagājuma cilvēkiem var būt letāls (*Anand et.al.*, 2003).



1.4.att. Līdzsvara izmaiņas, izteiktas kā masas centra spiediena pārvietojums laukumā, atkarībā no redzes apstākļiem (acis atvērtas, +1 D, +2 D, +4 D, +8 D, acis aizvērtas). Līknes atbilst sāniskam jeb mediālam-laterālam (M-L) pārvietojumam un uz priekšu-aizmuguri (A-P) pārvietojumam, lūdzot dalībniekam tikai mierīgi stāvēt, un tāpat M-L un A-P pārvietojumam, traucējot somatosensoro uztveri, kas izpaudās dalībniekiem stāvot uz 16 cm biezas putu virsmas (*Anand et.al.*, 2003).

1.4.2. Apmiglojuma ietekme uz šaušanu

Ļoti specifiska profesionālā nodarbošanās, kur, kā tiek uzskatīts, ir nepieciešama ērgļa redze, ir militārā šaušana. Šie uzskati nav maldinoši, jo labs tāluma redzes asums ir nepieciešams, lai skaidri redzētu mērķi, tātad arī, lai pa to trāpītu. Taču izrādās, ka šāvēju rezultāti būtiski pasliktinās tikai tad, ja tāluma redzes asums kļūst sliktāks par 0,5 *logMAR* vienībā (skat.1.5.att.), ko var uzskatīt par lielu redzes pasliktinājumu un atbilstošu tuvu vidējai miopijas pakāpei. To atklāja, pētot 19 starptautisku šāvēju rezultātus atkarībā no tā cik ļoti tiek traucēta viņu redzes sistēmas gaismas uztvere, samazinot redzes asumu un kontrastjutību, ko panāca ar 6 dažādiem filtriem. Katrs filtrs panāca arvien lielāku redzes sistēmas traucējumu, tādējādi samazinot redzes asumu (skat.1.1.tab.). Pēc šāda pētījuma var secināt, ka neliels tāluma redzes asuma pasliktinājums, tas ir, gandrīz līdz 0,5 *logMAR* vienībām, nav noteicošais faktors šaušanas precizitātē. Turklāt tas pierāda, ka šaušanas rezultātu funkcija no tāluma redzes asuma ir nelineāra, jo pēc 0,53 *logMAR* vienību sasniegšanas rezultāti strauji krītas (Allen *et.al.*, 2016).



1.5.att. Šaušanas rezultāti atkarībā no redzes asuma. Uz x ass attēlots redzes asums, un uz y ass ir normalizēts šaušanas rezultāts, kas tiek procentuāli izteikts no ikdienā sasniedzamā rezultāta. Krāsas atspoguļo katra dalībnieka rezultātus atkarībā no simulētā redzes traucējuma pakāpes (ikdienas redze – tumši zils, 1 filtrs - zaļš, 2 filtri – pelēks, 3 filtri – lillā, 4 filtri – dzeltens, 5 filtri – sarkans, 6 filtri – gaiši zils) (Allen *et.al.*, 2016).

Redzes asums 19 šāvējiem dažādās simulētās redzes traucējumu pakāpēs, sākot ar ikdienas redzi un turpinot ar filtru panāktajiem efektiem (*Allen et al.*, 2016).

	VA (logMAR)			
	Mean	SD	Min	Max
Habitual	-0.09	0.10	-0.30	0.12
Level 1	0.04	0.10	-0.10	0.22
Level 2	0.23	0.16	0.04	0.74
Level 3	0.46	0.14	0.24	0.88
Level 4	0.73	0.14	0.50	0.92
Level 5	0.98	0.12	0.74	1.20
Level 6	1.29	0.14	1.00	1.60

1.5. Uztveres mācīšanās

Ilgtermiņa efekts, kas tiek panākts ar regulāri atkārtotiem treniņiem, kuri sevī ietver sarežģītus uzdevumus, dēvē par uztveres mācīšanos. Tās pamatā ir uzdevumu, kuri tieši saistās ar vēlamu spēju uzlabošanu, regulāra izpilde vairākas reizes, kas veicina neironu un smadzeņu elastīgumu (*Yehezkel et al.*, 2016). Redzes uztveres treniņi parasti sastāv no redzes asuma un kontrastjutības testiem, kurus regulāri noteiktu laiku atkārtu, tādējādi sasniedzot uzlabojumu redzes darba spējās (*Otto & Michelson*, 2014).

1.5.1. Redzes uztveres treniņu ietekme uz redzes sistēmu

Redzes uztveres treniņi tiek izmantoti, lai uzlabotu redzi, neizmainot pašas redzes sistēmas optiku, tas ir, neizmainot optiskās sistēmas stiprumu ar papildus lēcām, briļļu vai kontaktlēcu formā, vai neizmainot radzenes liekuma rādiusu, bet gan mainot apkārtējās vides ietekmi uz cilvēka smadzeņu garozu, kas arī pieaugušā vecumā ir elastīga. Apkārtējās vides ietekmi panāk ar mākslīgiem, regulāri veicamiem uzdevumiem redzes sistēmai, tādējādi veicinot pārmaiņas redzes sistēmas neirālajā darbībā (*Otto & Michelson*, 2014).

Ir divu veidu skaidrojumi redzes neirālās darbības pamatam, uztveres treniņu laikā. Pirmais, ka uztveres mācīšanās var būt pastarpināti saistīta ar izmaiņām, kas regulē attiecīgo redzes sistēmas neironu jutības funkcijas. Tādējādi neirona regulējošās funkcijas ar uztveres treniņu palīdzību var mainīties, kļūt asākas vai paplašināties atkarībā no stimuliem un

uzdevumiem. Otrais skaidrojums uztveres treniņu fenomenam ir, ka tā ierosina selektīvu neironu pastiprinātu darbību un panāk to optimālu darbību (*Fine & Jacobs, 2002*).

Divu nedēļu treniņu sesija, kur katrā sesijā treniņu dalībnieki veica 10min redzes asuma testu, 10min kontrastjutības testu un 10min hiperasuma testu, rezultējās ar visu iepriekšminēto redzes īpašību uzlabošanos. Desmit cilvēku grupai pēc šādas treniņprogrammas redzes asums uzlabojās par 32 %, kontrastjutība par 40 % un hiperasums par 47 %, jāatzīmē, ka sākotnējie grupas rādītāji bija ļoti labi, tāpēc tas liek domāt, ka redzes spējām nav robežas un ka tās vienmēr var vēl uzlabot. Tāpat šajā pētījumā tika noteikta gandrīz vidēji cieša korelācija starp hiperasumu un redzes asumu, kur korelācijas koeficients bija 0,355, tāpat abi šie lielumi korelēja ar kontrastjutību, kur abos gadījumos korelācija koeficients bija lielāks par 0,22 (skat.1.2.tab.). Tādējādi pierādās, ka trenējot vienu redzes īpašību, uzlabojas arī citas (*Otto & Michelson, 2014*).

1.2.tabula

Korelācijas analīze starp sesiju skaitu, redzes asumu, kontrastjutību un hiperasumu (*Otto & Michelson, 2014*)

	vidējais redzes asums	vidējā kontrastjutība	vidējais hiperasums
sesiju skaits	-0,374**	-0,258*	-0,379**
vidējais redzes asums	1	0,226*	0,355**
vidējā kontrastjutība	0,266**	1	0,232*
vidējais hiperasums	0,355**	0,232*	1

Uztveres testus sāk pielietot arī ambliopijas gadījumos. Ja līdz šim tika pieņemts, ka ambliopiju ir neiespējami uzlabot, ja ir nokavēta ambliopijas atklāšana bērna vecumā un nav uzsākta savlaicīga terapija, tad atklājums, ka smadzeņu garoza, kas atbild par redzi, ir elastīga arī pieaugušā vecumā, ir pavēris jaunu iespēju cilvēkiem uzlabot savas redzes spējas. Tā *Zhou et al. 2006*.gada pētījumā apraksta iespēju pakļaut redzes uztveres treniņiem tikai ambliopo aci. Tika sadalītas trīs grupas, viena, kur treniņi tika veikti pie viena lieluma telpiskajām frekvencēm, kas tika individuāli pielāgotas katra dalībnieka maksimālajām redzes spējām, otra grupa, kur treniņi notika pie visa veida telpiskajām frekvencēm, un trešā jeb pasīvā grupa,

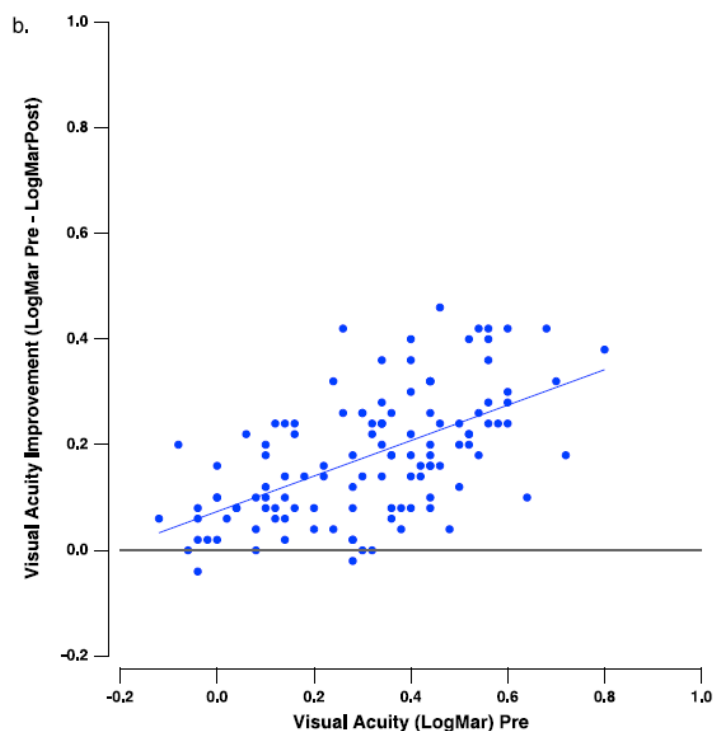
kura neveica uztveres treniņus. Acīmredzams bija viens, ka abās pirmajās grupās izteikti uzlabojās kontrastjutība un redzes asums salīdzinot ar trešo grupu. Treniņi ar viena veida telpiskajām frekvencēm uzrādīja labākus uzlabojuma rezultātus nekā treniņi pie visa veida telpiskajām frekvencēm, taču statistiski šī atšķirība nav pierādāma. Lai gan par šāda veida treniņu labumu ir vērts aizdomāties, jo uzlabojumi tika sasniegti ne tikai kontrastjutībā uz šo konkrēto vienu telpisko frekvenci, bet gan uz visa veida telpiskajām frekvencēm (Zhou et al., 2006).

Dažādos pētījumos tiek izmantotas atšķirīgas metodes redzes trenēšanai atkarībā no vēlamā uzlabojuma, tā piemēram, treniņu var attiecināt uz abām acīm vienlaicīgi, cenšoties panākt abu acu kopēju spēju uzlabojumu, var trenēt katru aci atsevišķi, mēģinot uzlabot atšķirti, bet domājot, ka tā iegūs labāku rezultātu kopīgā darbā, un var trenēt monokulāri, kas vairāk notiek ambliopijas gadījumā, kad viena acs izrāda izteikti sliktākas redzes spējas kā otra acs. Tieši monokulāri treniņi ir parādījuši fenomenu, kas pierāda abu acu saskaņotību. Gandrīz vienādas treniņprogrammas, kur uztveres mācīšana notiek ambliopai acij, taču vienā to trenē ar viena konkrēta lieluma telpisko frekvenci, bet otru ar visa veida, kā rezultātā tie parāda atšķirīgas ietekmes uz otru, neambliopo, aci. Trenējot ambliopo aci ar viena veida telpiskajām frekvencēm, pēc treniņu noslēguma tika atklāts, ka otras acs kontrastjutība un redzes asums arī ir uzlabojies, turpretim otra treniņprogramma šādus rezultātus neuzrāda (Zhou et al., 2006).

1.5.2. Redzes uztveres treniņu uzlabojuma iespējas

Varētu domāt, ka cilvēkiem ar identisku treniņprogrammu vajadzētu sasniegt vienādus uzlabojumus, taču pētījumi apliecina, ka ar redzes uztveres treniņu progresu ir tāpat kā ar jebkuru motoru spēju attīstīšanu, tās pamatā ir daudzi faktori.

Tā, piemēram, *Yehezkel et al.* 2016. gada aprakstītajā pētījumā ir pierādīts, ka cilvēki ar zemāku redzes asumu sasniedz lielākus uzlabojumus (starpība starp redzes asumu pirms un pēc redzes uztveres treniņiem *logMAR* vienībās), taču nespēj sasniegt tik labus rezultātus kā cilvēki, kuri jau pirms treniņiem bija tuvu emetropijas stāvoklim (skat.1.5.att.). Iespējams, ka tieši tie faktori, kas ietekmējuši redzes sistēmu pirms tam, ietekmē arī uztveres apmācību, neļaujot tai vienmēr sasniegt maksimumu. Šajā pētījumā starp 119 dalībniekiem, kuru vidējais vecums bija 49 gadi un kuru tuvuma redzes asums svārstījās no -0,12 līdz 0,8 *logMAR*, pēc divu mēnešu treniņiem vidējais redzes asuma uzlabojums bija 0,18 *logMAR* vienības. Pēc šī pētījuma iegūtajiem rezultātiem, precīzāk, 1.3.attēla grafika, turpmāk varētu labāk paredzēt iespējamus tuvuma redzes asuma uzlabojumus pirms redzes uztveres treniņu uzsākšanas (*Yehezkel et al.*, 2016).



1.5.att. Redzes asuma uzlabojums atkarībā no sākotnējā redzes asuma pirms redzes uztveres treniņiem *logMAR* vienībās (Yehezkel *et al.*, 2016)

Treniņi var atšķirties arī metodikā kā tos veic. Pirmā metode, bez atgriezeniskās saites, kas ir tipisks treniņa uzdevums, kurā pēc kārtas tiek rādīti stimuli, par kuru dalībnieks sniedz savu atbildi atkarībā no uzdevuma. Otrā metode, ar atgriezenisko saiti, kas ir tāds pats treniņa uzdevums kā minēts pirmajā metodē, taču atšķirība ir tāda, ka pie nepareizas atbildes dalībniekam tiek atkārtoti parādīts iepriekšējais stimul izceltā veidā, lai dalībnieks to noteikti pamanītu. Atšķirība rezultātos atkarībā no izmantotās metodes ir ievērojama. Divas grupas ar vienādu skaitu dalībniekiem veica 4 sesijas, kur katra sesija sastāvēja no 14 mēģinājumiem un starp katra sesija notika pēc 7 dienām. Grupai, kuras treniņu pamatā nebija atgriezeniskā saite, rezultātu uzlabojumus novēroja pirmās sesijas vidū un pēc četrām sesijām redzes asums bija par 0,055 *logMAR* vienībām labāks, savukārt otra grupa, kuras treniņu laikā bija atgriezeniskā saite, uzlabojumus novēroja starp pirmo un otro sesiju un redzes asums pēc treniņiem bija par 0,11 *logMAR* vienībām labāks nekā pirms (Heinrich *et al.*, 2011).

Trešais ietekmējošais faktors ir treniņu biežums un ilgums. Standarta uztveres treniņu programma sākas no četrām sesijām. Šādā programmā, kur katrā sesijā uzdevums ir noteikt Landolta gredzena orientācijas virzienu, vidējais redzes asumu uzlabojums bija par

0,055 *logMAR* vienībām bez atgriezeniskās saites. Ar atgriezenisko saiti uzlabojums tika panākts par 0,11 *logMAR* vienībām (*Heinrich et al.*, 2002).

Desmit sesiju programmā ar tādu pašu uzdevumu – noteikt Landolta gredzena orientācijas virzienu, redzes asuma uzlabojums tika panākts par 0,064 *logMAR* vienībām. Jāpiemin, ka paralēli šim uzdevumam dalībnieki veica arī citus, kas bija saistīti ar kontrastjutību (*Otto & Michelson*, 2014). Starp šo abu treniņu programmu izbrīnu rada uzlabojuma daba. Ja *Heinrich et al.* (2002) pētījumā uzlabojumus varēja novērot jau pirmo sesiju laikā, tad *Otto & Michelson* (2014) pētījumā pirmās sešas sesijas uzrādīja izlases mainīgumu un septītajā sesijā pēkšņu redzes asuma uzlabojumu, kas turpināja pakāpeniski palielināties līdz desmitajai sesijai. Atšķirīgā uzlabojumu daba varētu būt skaidrojama ar neskaidro *Otto & Michelson* (2014) Landolta gredzenu prezentēšanu un dalībnieku informēšanu vai neinformēšanu par orientācijas virziena pareizo noteikšanu, kā arī šāds novērojums var būt saistīts, ka dalībnieki veica vairākus uztveres treniņu uzdevumus (*Bach & Heinrich*, 2014).

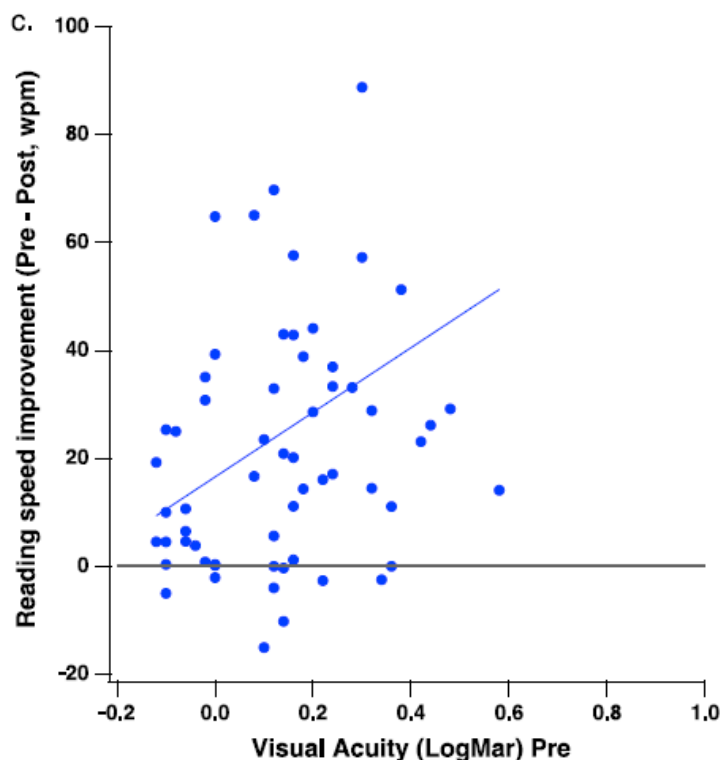
Savukārt 24 sesiju laikā, kur uzdevums bija noteikt Gabora režģa virzienu, dalībniekiem, kuri bija miopi līdz -2 D, uzlabojās redzes asums par 0,16 *logMAR* vienībām (*Camilleri et al.*, 2014). Protams, uztveres treniņu pamatā ir dažādi faktori, taču var apgalvot, ka ilgstoši treniņi pārsvarā pakāpeniski veicina funkciju uzlabojumus, lai gan uztveres mācīšanos var novērot jau treniņu sākuma posmā, pirmo sesiju laikā. Tādējādi treniņu ilgums ir viens no noteicošiem faktoriem uztveres mācīšanās efektivitātei (*Hussain et al.*, 2009).

1.5.3. Redzes uztveres treniņu papildus ieguvumi

Labs redzes asums ir svarīgs cilvēkiem, lai veiktu gan ikdienā veicamos, gan profesionālos darbus. Tāpēc redzes uztveres treniņi ieguvuši savu nozīmību, jo ar to palīdzību tiek atviegloti ar redzi veicamie darbi.

Piemēram, presbiopiem kļūst arvien grūtāk saskatīt sīko druku, un presbiops bez korekcijas izvairīsies no lasīšanas, ja nebūs piemērots burtu izmērs. Šo problēmu cenšas risināt ar uztveres treniņu palīdzību. Ja tuvuma redzes asums pirms treniņiem bijis zems, tad cilvēks varēja izlasīt aptuveni 40-50 vārdus minūtē, tad pēc treniņiem viņš tādā laikā spēj izlasīt teju divreiz vairāk vārdus. Un šī spēja ir tieši saistīta ar redzes asuma uzlabojumiem. Jo zemāks tuvuma redzes asums ir pirms uztveres treniņiem, jo lielāks sagaidāms uzlabojums lasīšanas ātrumā, ko izsaka starpībā starp izlasīto vārdu skaitu vienā minūtē pirms un pēc uztveres treniņu programmas (skat 1.6.att.). Šāda veida treniņiem cilvēkam jāziedo apmēram pusotra stunda treniņiem katru nedēļu un jāveic vismaz divus mēnešus, taču sasniedzamais

rezultāts ir tā vērts, ja cilvēks grib attālināt brīdi, kad būs jālieto „vecuma” brilles (*Yehezkel et al.*, 2016).



1.6.att. Lasīšanas ātruma (izlasītie vārdi minūtē) uzlabojums atkarībā no tuvuma redzes asuma *logMAR* vienībās pirms redzes uztveres treniņiem (*Yehezkel et al.*, 2016).

Redzes treniņi ir pierādījuši savu efektivitāti arī profesionālās darbības uzlabošanā. Tā, piemēram, beisbola komanda sešas nedēļas nodevās redzes treniņiem, kas sastāvēja no uztveres mācīšanās un redzes-motoro darbību saskaņošanas. Pēc redzes treniņiem nākamajā sezonā spēlētāji uzrādīja augstākus rezultātus, bumbiņas atsišanā un ķeršanā (*Clark et al.*, 2012). No tā var secināt, ka redzes uztveres treniņi, kas uzlabo gan redzes asumu, gan kontrastjutību, ir vērā ņemama treniņprogramma profesionāliem spēlētājiem vai tādas profesijas pārstāvjiem, kuriem ir svarīga laba redze, jo var uzlabot viņu darbības spējas.

2.PĒTĪJUMA DAĻA

2.1. Pētījuma dalībnieki

Pētījuma dalībnieki ir 33 zemessargi no Zemessardzes studentu bataljona vecumā no 20 līdz 52 gadu vecumam (vidējais vecums 34 gadi), kuru skaitā ir 6 sievietes un 27 vīrieši. Dalībnieki piedalījās brīvprātīgi, piekrītot un parakstoties LU EKMI Zinātniskās ētikas komisijas izveidotā informācijas un piekrišanas lapā.

2.2. Metode

Visiem dalībniekiem tiek mērīts redzes asums un skaitīts šaušanas rezultāts dažādos redzes apstākļos, ko panāk ar planum un apmiglojošām brillēm. Pētījuma gaitā dalībnieks veic sekojošas darbības:

1. Piešauj savu ieroci
2. Izpilda vienu šaušanas sēriju ikdienas redzes apstākļos
3. Izpilda FrACT redzes asuma testu savas ikdienas redzes apstākļos
4. Izpilda vienu šaušanas sēriju ar planum brillēm
5. Uzliek apmiglojošās brilles vai miopijas briļļu korekcijas gadījumā novelk brilles
6. Izpilda FrACT redzes asuma testu apmiglojuma apstākļos
7. Izpilda vienu šaušanas sēriju apmiglojuma apstākļos

2.2.1. Redzes asuma mērījumi

Redzes asums tiek mērīts ar 2015.gada 3.9.3. versijas FrACT (*Freiburg Visual Acuity & Contrast Test*) datorprogrammu uz LCD ekrāna. Stimuls ir izolēts Landolta gredzens, kurš pēc nejaušības principa ir vērsts 4 dažādos virzienos. Dalībnieks skatās uz stimulu monokulāri ar to aci, ar kuru tēmē šaušanas brīdī, otrai acij mērījuma brīdī pieliek priekšā aizklājēju. Vienā mērījumā atbildi sniedz par 20 Landolta gredzena vērsumiem, vienādos redzes apstākļos veic vismaz četrus redzes asuma mērījumus. Datorprogramma tiek pielāgota mērījumiem 3m attālumā no ekrāna, šādā attālumā dalībnieks redz izolētu Landolta gredzenu uz 5 sekundēm un 30 sekunžu laikā, nospiežot klaviatūras virzienu pogas, sniedz atbildi par gredzena vērsumu. FrACT datorprogramma izmanto trepjveida piespiedu izvēles psihofizikālo metodi, kas nozīmē, ka dalībniekam, arī īsti neredzot stimulu, ir jāsniedz atbilde un attiecīgi, ja atbilde ir pareiza, tad nākamais Landolta gredzens kļūs mazāks, bet, ja atbilde ir nepareiza, nākamais Landolta gredzens būs lielāks.

2.2.2. Šaušanas rezultātu fiksēšana

Šaušana notiek specializētā šautuvē ar virsleitnanta, šaušanas trenera, piekrišanu un uzraudzību. Šaušanas laikā tika ievēroti visi drošības pasākumi. Dalībnieki ir izgājuši tehnisko un praktisko šaušanas apmācību un visiem ir vismaz viena gada šaušanas pieredze. Šāvēji stāv 25m attālumā no mērķa un šauj ar SIG P210 (9 mm) pistoli. Šaušanas stimulš jeb mērķis ir melns aplis uz balta fona, un tā izmērs ir $0,46^\circ$. Savukārt mērķis ir sadalīts ar smalkām baltām riņķa līnijām 10 koncentriskā joslās, kur vienas joslas platums ir $0,023^\circ$ un centra apļa izmērs ir $0,046^\circ$. Centrālā apļa vērtība ir 10 punkti, katras tālākās joslas no centra vērtība samazinās par 1 punktu, un pati ārējā josla sastāda šo vērtību 1. Vienas sērijas laikā dalībniekam ir dotas 10 minūtes, lai veiktu 10 šāvienus pa mērķi. Sērijas laikā maksimālais iegūstamo punktu skaits ir 100.

2.2.3. Apmiglošana

Apmiglojums tika nodrošināts binokulāri ar +0,75 D vai +1,50 D brillēm. Dalībniekiem sākotnēji dod +0,75 D brilles, taču, ja nenovēro redzes asuma pasliktināšanos, salīdzinot ar ikdienas redzes asumu, tad dalībniekam dod +1,50D brilles. Ja dalībniekam ir zemas pakāpes miopija (korekcija no -0,5 D līdz -3,0 D), tad lūdza noņemt savu brillu korekciju un par apmiglojumu tika uzskatīts dalībnieka nekoriģētais redzes asums. Ja dalībniekam ir vidējas vai augstas pakāpes miopija (korekcija lielāka par -3,0D), tad virs dalībnieka korekcijas tika liktas virsū apmiglojošās brilles. Apmiglojuma adaptācijas laiks bija 10 minūtes, kuru laikā tika veikti redzes asuma mērījumi. Pēc adaptācijas notika šaušanas sērija.

2.3. Papildus pētījums – redzes uztveres treniņi

2.3.1. Redzes uztveres treniņu dalībnieki

Pētījuma dalībnieki 11 zemessargi no Zemessardzes studentu, 27. kājinieku un 22. kājinieku bataljona vecumā no 18 līdz 46 gadu vecumam, no kuriem 3 sievietes un 8 vīrieši.

- 4 cilvēku (1 sieviete, 3 vīrieši) treniņu grupa, kur katra dalībnieka redzes asums ir no 1,0 līdz -0,1 *logMAR* vienībām, kas nav saistīts ar saslimšanām. Šī grupa divus mēnešus regulāri pilda redzes uztveres treniņus.
- 7 cilvēku (2 sievietes, 5 vīrieši) kontrolgrupa, kur katra dalībnieka redzes asums ir no 1,0 līdz -0,3 *logMAR* vienībām, kas nav saistīts ar saslimšanām. Šī grupa nepilda redzes uztveres treniņus, bet grupai tiek atkārtoti pārbaudīts redzes asums pēc diviem mēnešiem.

2.3.1. Metode

Dalībnieku atlase un treniņi tiek veikti ar 2015.gada 3.9.3 versijas FrACT datorprogrammu uz LCD monitora. FrACT datorprogramma izmanto trepjuveida psihofizikālo metodi, rādot stimulus, tas nozīmē, ka pie dalībnieka pareizas atbildes programma stimulu samazina, bet pie nepareizas atbildes stimulu palielina.

Datorprogrammas stimuli ir melni Landolta gredzeni uz balta fona, kuru kontrasts ar fonu ir 100%. Landolta gredzena lielumu datorprogramma FrACT aprēķina pēc LCD monitora izšķirtspējas un attāluma, kādā sēž novērotājs, tādējādi pēc mērījuma, kas sastāv no 24 stimuliem, nosaka atbilstošo redzes asumu *logMAR* vienībās. Landolta gredzens tiek rādīts 4 dažādos virzienos, par kuriem dalībniekam ir jāziņo. Stimuls tiek rādīts 5 sekundes, un dalībniekam ir dotas 30 sekundes, lai sniegtu atbildi. Redzes uztveres treniņu procesā atšķirībā no dalībnieku atlases tiek izmantota atgriezeniskā saite, tas ir, ja dalībnieks sniedzis nepareizu atbildi par Landolta gredzena atvēruma virzienu, tad viņam uzreiz tiek parādīts šis gredzens lielāks un sarkanā krāsā, lai veicinātu uztveres mācīšanās procesu.

Dalībniekam katru nedēļu jāveic viena sesija, kopā treniņprogramma sastāv no 8 sesijām. Katra sesija sastāv no 14 mērījumiem FrACT datorprogrammā, kas kopā sastāda 336 atbildes par stimula virzienu. Katras sesijas laikā dalībnieks reģistrē savus rezultātus un elektroniskā formā aizsūta tos pētījuma autoram. Sesiju izpildes laikā dalībnieks apņemas izpildīt šādus nosacījumus:

- Redzes uztveres treniņu veic bez redzes korekcijas. Ja ikdienā tiek lietota korekcija, tad pirms treniņa aptuveni 20 minūtes pavada bez tās.
- Telpai, kurā notiek redzes uztveres treniņi, izpildes brīdī ir jābūt maksimāli apgaismotai.
- Izpildes brīdī dalībnieks atrodas 3 m attālumā no LCD monitora

Pirms un pēc redzes uztveres treniņprogrammas notiek dalībnieku redzes asuma pārbaude pētījuma autora uzraudzībā ar FrACT datorprogrammu, redzes asumu nosakot no 4 mērījumiem. Šie dati tiek uzskatīti par ticamākajiem, ko izmantos redzes asuma uzlabojuma salīdzināšanai.

REZULTĀTI

Lai gan pētījumā dalībnieki tika iekļauti bez atlases kritērijiem, uzsākot eksperimentu, mutiski tika noskaidrota pamatinformācija par dalībnieku (dzimums, vecums, redzes korekcijas veids un stiprums), kā arī ar FrACT tika noteikts ikdienas tāluma redzes asums. Iegūtā informācija atspoguļota 2.1.tabulā, kur dalībnieki šifrēti ar dalības numuriem.

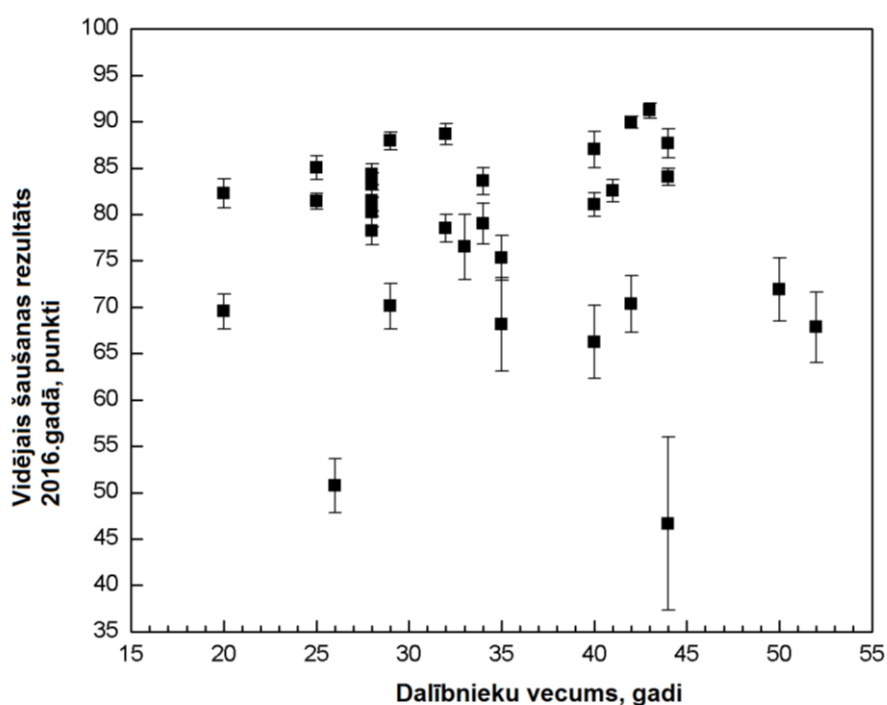
2.1.tabula

Informācija par dalībniekiem

Dalībnieks	Vecums	Dzimums	Redzes korekcijas veids	Korekcijas stiprums, D	Redzes asums bez korekcijas, logMAR	Redzes asums ar korekciju, logMAR
1	35	sieviete	-	-	- 0,18	-
2	20	vīrietis	-	-	-0,18	-
3	20	sieviete	-	-	- 0,14	-
4	44	vīrietis	brilles	-1,50	0,56	-0,03
5	34	vīrietis	-	-	- 0,24	-
6	25	vīrietis	brilles	-2,50	0,96	-
7	32	vīrietis	-	-	-0,23	-
8	35	vīrietis	-	-	-0,07	-
9	42	sieviete	-	-	-0,25	-
10	28	sieviete	-	-	- 0,11	-
11	40	vīrietis	brilles	-2,50	0,57	-0,26
12	40	vīrietis	lāzerveroperācija	-	- 0,02	-
13	50	vīrietis	lāzerveroperācija	-	-0,07	-
14	34	vīrietis	-	-	- 0,30	-
15	32	vīrietis	-	-	- 0,25	-
16	40	vīrietis	-	-	- 0,12	-
17	25	vīrietis	kontaktlēcas	-1,00	-	- 0,19
18	25	sieviete	-	-	-0,24	-
19	41	vīrietis	-	-	- 0,26	-
20	44	vīrietis	-	-	-0,30	-
21	28	vīrietis	-	-	-0,14	-
22	42	vīrietis	-	-	-0,21	-
23	40	vīrietis	brilles	nav zināms	0,13	-0,02
24	33	vīrietis	-	-	-0,21	-
25	28	vīrietis	-	-	-0,16	-
26	26	sieviete	-	-	- 0,21	-
27	29	vīrietis	brilles	- 4,00	-	0,24
28	43	vīrietis	-	-	-0,26	-
29	28	vīrietis	-	-	-0,27	-
30	44	vīrietis	lāzerveroperācija	-	-0,23	-
31	29	vīrietis	brilles	-2,50	0,69	-0,06
32	28	vīrietis	brilles	-2,00	0,76	-0,01
33	52	vīrietis	brilles	-0,50	0,14	-

Dalībniekiem ar zemas pakāpes miopiju arī tika noteikts redzes asums bez korekcijas, jo šiem dalībniekiem apmieglojumu panāca noņemot korekcijas brilles, nevis uzliekot pa virsu +0,75 vai +1,50 D, kā tas tika darīts pārējiem dalībniekiem. Dalībniekiem ar vidējas un augstas pakāpes miopiju, un kontaktlēcu lietotājiem netika noteikts redzes asums bez korekcijas, jo pētījumā šie dati nav būtiski. No 33 dalībniekiem trim ir bijušas acu lāzeroperācijas, 8 lieto briļļu korekciju un tikai viens - kontaktlēcu korekciju, tātad šajā izlasē ar tāluma redzes problēmām ir saskārušies 36 % dalībnieku.

Uzsākot rezultātu analīzi, svarīgi noskaidrot, vai šaušanas rezultātus neietekmē dalībnieku vecums. Lai to pārbaudītu, tika iegūti 2016.gada šaušanas čempionātu rezultāti, kuros piedalījās 31 no 33 pētījuma dalībniekiem, un salīdzināti ar viņu vecumu (skat.2.1.att.).

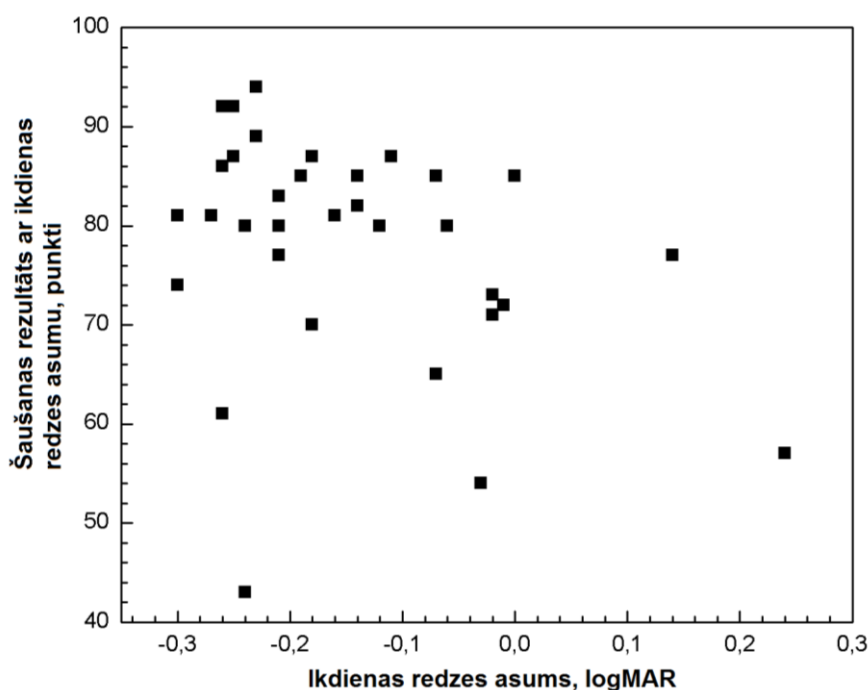


2.1.att. 2016.gada vidējie šaušanas rezultāti atkarībā no dalībnieku vecuma. Uz x ass attēlots dalībnieku vecums gados, uz y ass – vidējie šaušanas rezultāti (iegūtie punkti), nogriežņi raksturo katra dalībnieka šaušanas rezultātu standartklūdu.

Abi raksturlielumi, vidējais šaušanas rezultāts 2016.gada čempionātos un dalībnieka vecums, ir neparametriski lielumi, tāpēc to korelācija tika pārbaudīta ar *Spearman's Rho Calculator*, kas uzrādīja $R=-0,021$ ($p=0,91$), tādējādi norādot, ka starp abiem lielumiem nevar noteikt statistiski būtisku sakarību. Šie rezultāti apstiprina, ka šaušanas rezultātus neietekmē

šāvēja vecums, ja viņš ar to ir nodarbojies profesionāli vismaz vienu gadu, tāpēc turpmāk pētījumā netiks atsevišķi izdalītas vecuma grupas.

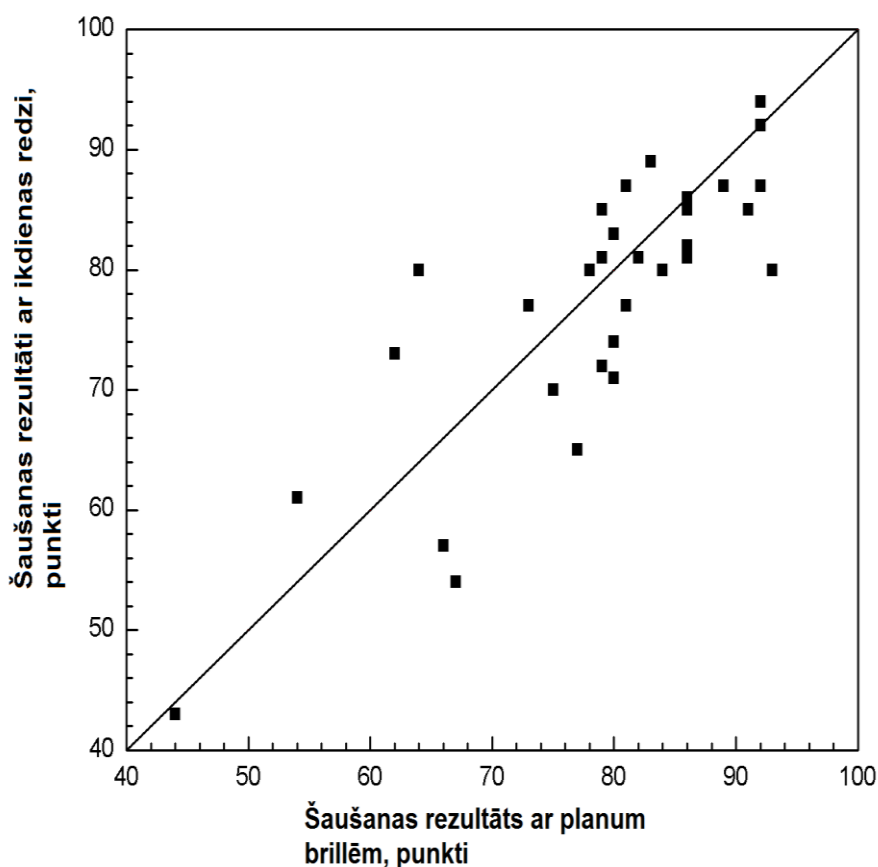
Lai turpmāk analizētu pētījuma datus, kas notiek ar šaušanas rezultātiem, kad dalībnieki tiek apmigloti, ir būtiski saprast, vai ikdienas tāluma redzes asums ietekmē šaušanas rezultātus. Kā jau sagaidāms, attēlojot šaušanas rezultātu atkarību no ikdienas redzes asuma, dati veido „mākonī” (skat.2.2.att.), jo šāvējiem ar koriģētu vai nekoriģētu redzi ir svarīgi skaidri redzēt mērķi, pa kuru tēmē. Sakarība starp abiem lielumiem atkal tika pārbaudīta ar *Spearman's Rho Calculator*, uzrādot $R=-0,33$ ($p=0,065$), ja neņemtu vērā p vērtības lielumu, tad varētu teikt, ka pastāv vāja sakarība starp abiem lielumiem. Ņemot vērā, ka diviem dalībniekiem ikdienas redzes asums ir ievērojami zemāks kā pārējiem un tiek uzskatīts, ka šāds redzes asums īsti neatbilst emetropijai, tad *Spearman's Rho* tests tika atkārtots vēlreiz bez šo divu dalībnieku datiem, iegūstot $R=-0,25$ ($p=0,18$), līdz ar to tiek sasniegts apgalvojums, ka starp abiem raksturlielumiem nevar noteikt statistiski būtisku sakarību.



2.2.att. Šaušanas rezultāti atkarībā no dalībnieku ikdienas redzes asuma.

Starp profesionāliem šāvējiem bija izveidojies apgalvojums, ka labāk šaut ar kontaktlēcu korekciju nekā brilli, ja ir redzes refraktīvais defekts, tāpēc viens no pētījuma darba uzdevumiem bija pārbaudīt šī apgalvojuma patiesumu. Lai to pārbaudītu, tika

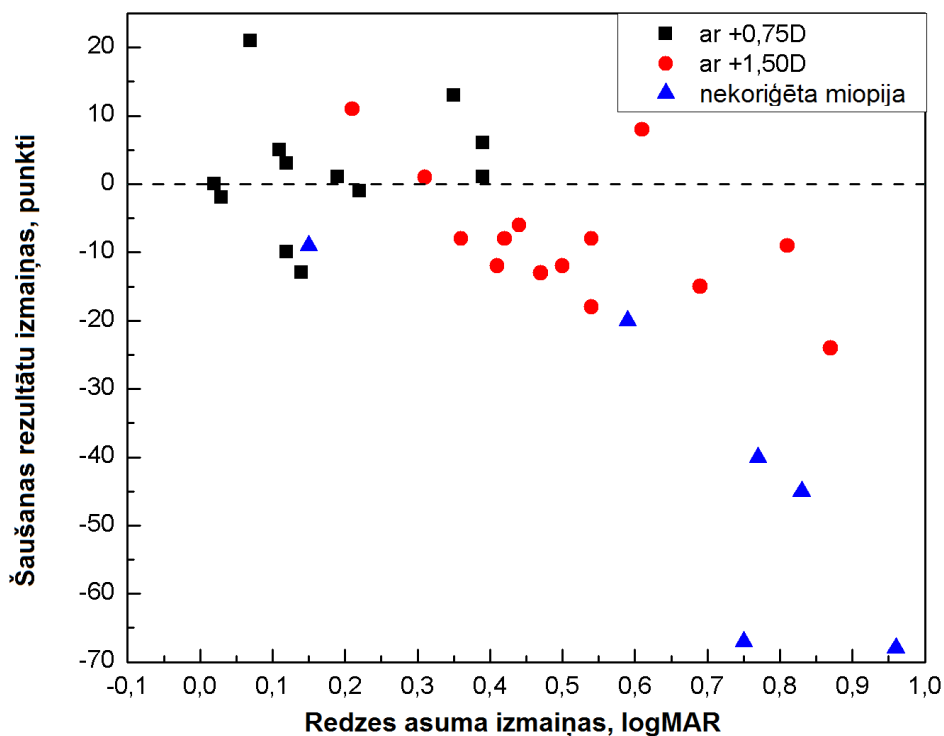
salīdzināti divi rezultāti, pirmie šaušanas rezultāti, kas tika īstenoti ikdienas redzes apstākļos, un otrie šaušanas rezultāti, kas tika īstenoti ikdienas redzes apstākļos, tikai pa virsu uzliekot planum aizsargbrilles. Abi rezultāti ir tuvu viens otram un koncentrējas ap taisni, kura raksturo ideālo gadījuma, ka abi rezultāti ir identiski (skat.2.3.att.). *Wilcoxon Signed Ranks Test* nevar apstiprināt hipotēzi, ka ar 0,05 būtiskuma līmeni, šie abi rezultāti savstarpēji atšķiras, jo p vērtība ir 0,36.



2.3.att. Šaušanas rezultātu salīdzinājums ar un bez planum brillēm ($p > 0,05$). Novilkta taisne raksturo ideālo gadījumu, kad abi šaušanas rezultāti ir identiski.

Turpretim rezultāti, kas sasniegti ar apmieglojumu, 12 dalībniekiem uzliekot +0,75 D brilles, 15 dalībniekiem uzliekot +1,50 D brilles un 6 dalībniekiem noņemot miopijas koriģēšanai paredzētās brilles, ir būtiski atšķirīgi no rezultātiem, kas iegūti ar ikdienas redzi, to apstiprina *Wilcoxon Signed Ranks Test* ar 5% būtiskuma līmeni un p vērtību 0,0046. Ar +0,75 D apmieglojumu tika panākts vismazākais redzes asuma pasliktinājums ($0,18 \pm 0,04 \log MAR$) un vismazākā šaušanas rezultātu izmaiņa ($2,00 \pm 2,62$ punkti), pozitīvs skaitlis rezultātu izmaiņās nozīmē, ka rezultāts ir uzlabojies, negatīvs, ka rezultāts pasliktinājies (skat.2.4.att.). Lielākas izmaiņas tika panāktas ar +1,50 D apmieglojumu, redzes

asums vidēji pasliktinājās par $0,50 \pm 0,05 \log\text{MAR}$ vienībām, šaušanas rezultāti arī pasliktinājās ($-7,47 \pm 2,43$ punkti). Vislielākās izmaiņas izjuta nekoriģēti miopi, kuru tāluma redzes asums vidēji pasliktinājās par $0,68 \pm 0,12 \log\text{MAR}$ vienībām un šaušanas rezultāti kļuva zemāki par $41,50 \pm 9,81$ punktiem.



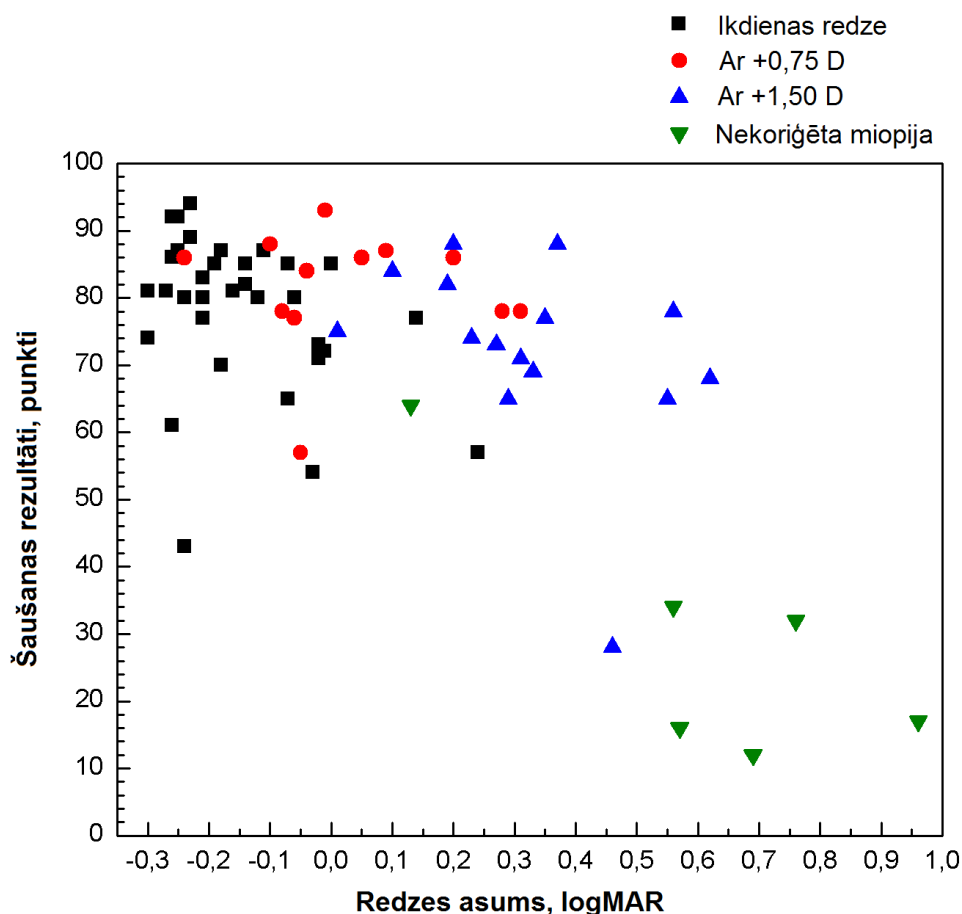
2.4.att. Redzes asuma un šaušanas rezultātu izmaiņas atkarībā no apmieglojuma lieluma. Raustītā horizontālā līnija uzskatāmāk atdala šaušanas rezultātu uzlabojumu (punkti virs līnijas) no šaušanas rezultātu pasliktinājuma (punkti zem līnijas).

Ar *Wilcoxon Signed Ranks Test* tika noteikts, ka +0,75 D apmieglojums būtiski neietekmē šaušanas rezultātus, salīdzinot ar ikdienas redzes apstākļiem ($p=0,72$), taču +1,50 D apmieglojums būtiski pasliktina šaušanas rezultātus ($p=0,0066$). Tāpat arī nekoriģēto miopu šaušanas rezultāti ar 5% būtiskuma līmeni ir izteikti sliktāki ($p=0,016$) nekā iegūtie šaušanas rezultāti ar miopijas korekciju.

Sarindojot ar apmieglojumu iegūtās tāluma redzes asuma izmaiņas augošā secībā no mazākajām uz lielākajām, ar *One Sample t Test* tika pārbaudīts, pie cik lielām redzes asuma izmaiņām šaušanas rezultāti tiks uzskatīti par būtiski atšķirīgiem no rezultātiem, kas tika sasniegti ar ikdienas redzi. Ar šo testu pierādījās, ka, sasniedzot $0,77 \log\text{MAR}$ vienību lielu

redzes asuma pasliktinājumu, tika konstatēta statistiski nozīmīga šaušanas rezultātu atšķirība jeb šo rezultātu pasliktinājums ($p=0,041$).

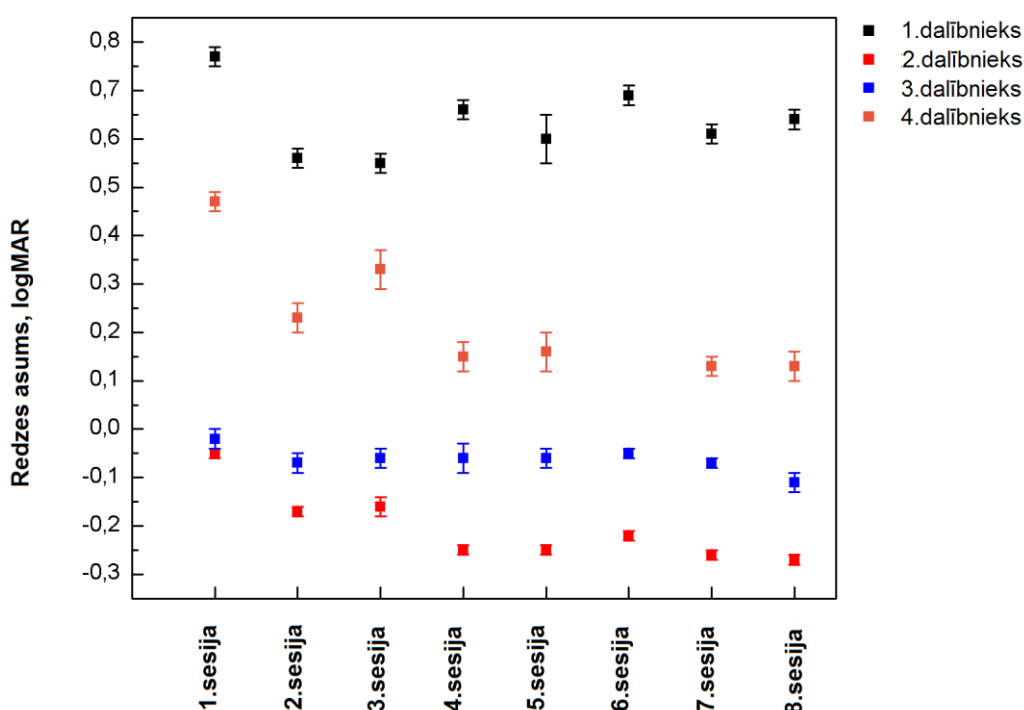
Apkopojot visus pētījumā iegūtos tāluma redzes asuma un atbilstošā redzes asuma apstākļos iegūtos šaušanas rezultātus, tika attēlota šaušanas rezultātu atkarība no redzes asuma (skat.2.5.att.). Sakārtojot visus iegūtos redzes asumus augošā secībā un tiem atbilstošās šaušanas rezultātu izmaiņas ar *One Sample t Test*, pierādās, ka būtiska šaušanas rezultātu izmaiņa novērojama tikai pie $0,57 \log\text{MAR}$ vienībām ($p=0,049$). Šāds novērojums sakrīt ar *Allen et.al.* 2016.gada pētījumu, kurā secināja, ka redzes asums neietekmē šaušanas rezultātus, līdz tiek pārsniegts $0,53 \log\text{MAR}$ sliekšnis.



2.5.att. Šaušanas rezultātu atkarība no redzes asuma. Atsevišķi izdalīts – ikdienas redze, redzes apstākļi ar apmieglojumiem +0,75 D un +1,50 D un nekoriģēta zemas pakāpes miopija.

Papildus pētījumā dalībnieki veica redzes uztveres treniņus 8 sesijās. Tāluma redzes asuma izmaiņas sesiju laikā četriem treniņgrupas dalībniekiem ir attēlotas 2.6.attēlā. Visi

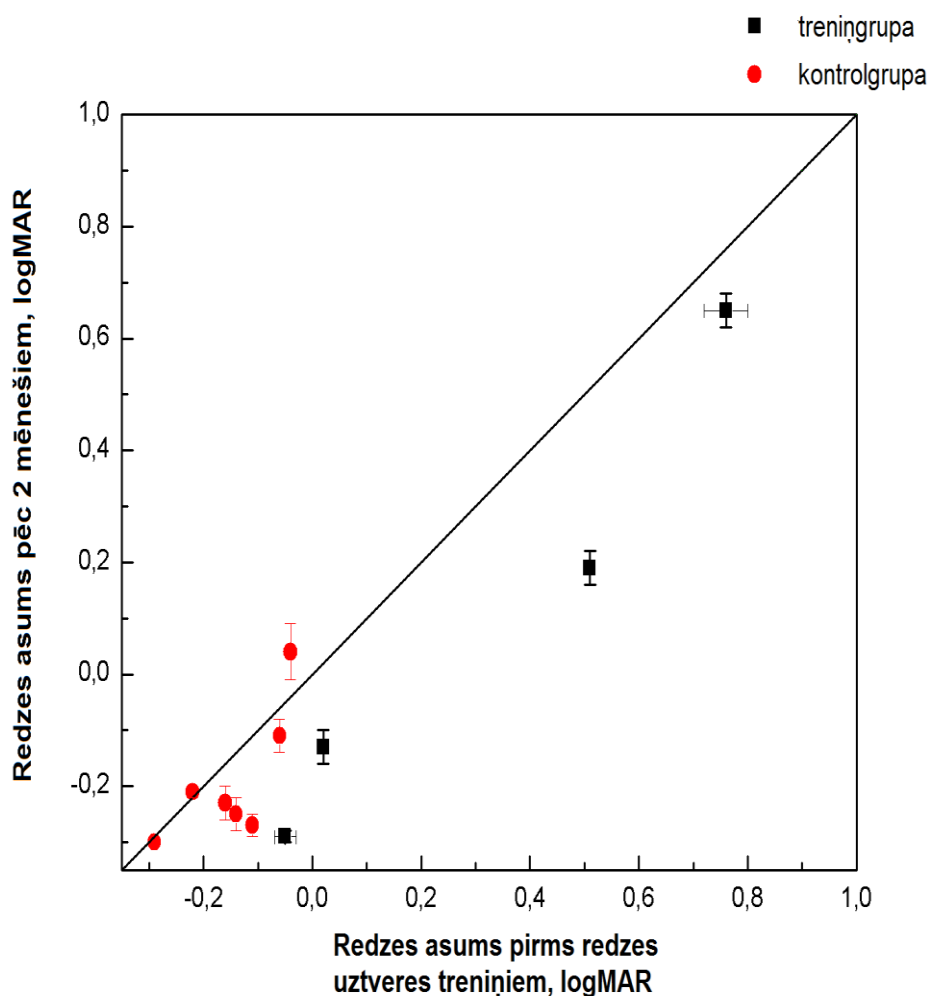
dalībnieki regulāri trenējās, izņemot 4.dalībnieku, kuram nācās izlaist vienu sesiju nelielas acu saslimšanas dēļ, jāpiebilst, ka acu saslimšana nekādā veidā nav saistīta ar redzes uztveres treniņiem. Katra dalībnieka redzes asums sesiju laikā ir kļuvis labāks, tas ir, rezultāti kļūst negatīvāki, salīdzinot ar sākotnējo redzes asumu. Trim no četriem redzes uztveres treniņu dalībniekiem ar *One Sample t Test* palīdzību noteica būtisku redzes asuma uzlabojumu pēc 4.sesijas jeb 5.sesijas laikā, pirmajam dalībniekam ($p=0,039$), otrajam dalībniekam ($p=0,035$) un ceturtajam dalībniekam ($p=0,026$). Trešajam dalībniekam ar 0,05 būtiskuma līmeni tāluma redzes asuma uzlabojums tika noteikts jau pēc 3. sesijas jeb 4. sesijas laikā ($p=0,026$).



2.6.att. Redzes asuma attēlojums redzes uztveres treniņu sesiju laikā.

Redzes uztveres treniņu beigās treniņgrupas redzes asumi ir uzlabojušies (skat.2.7.att.). Visi treniņgrupas punkti atrodas zem taisnes, kas nozīmē, ka redzes asums pēc redzes uztveres treniņiem ir ar zemāku *logMAR* vērtību jeb ir kļuvis labāks. Redzes asuma uzlabojums tika konstatēts kā redzes asuma izmaiņas negatīvākā virzienā nekā pirms redzes uztveres treniņiem ar *One Sample t Test* un šobrīd ar 0,05 būtiskuma līmeni, redzes asums ir statistiski atšķirīgs pēc treniņiem 1.dalībniekam ($p=0,0011$), 2.dalībniekam ($p=0,00050$), 3.dalībniekam ($p=0,00017$) un 4.dalībniekam ($p=0,00084$). Starp treniņgrupas dalībniekiem vidējais redzes

asuma uzlabojums ir $0,21 \pm 0,05$ *logMAR* vienības. Šajā pētījumā ir iegūts lielāks uzlabojums nekā *Heinrich et.al.* 2002.gada pētījumā, kur 4 sesiju laikā, izmantojot atgriezenisko saiti, vidējais uzlabojums bija par 0,11 *logMAR* vienībām, kam tā arī vajadzētu būt, jo šī pētījuma dalībnieki veica 8, nevis 4 sesijas. Savukārt *Camilleri et.al.* 2014.gada pētījumā 24 sesiju laikā panāca līdzvērtīgu 0,16 *logMAR* vienību uzlabojumu, kas ir izteikti mazs, ja ņem vērā, ka sesiju skaits ir trīs reizes lielāks, tomēr šeit jāpiemin, ka atgriezeniskajai saitei ir būtiska ietekme redzes uztveres treniņu laikā, jo tā dod izteikti labāku efektu uz mācīšanos un arī rezultātu uzlabojumiem (*Heinrich et.al.* 2002).



2.7.att. Redzes asuma salīdzinājums divu mēnešu laikā treniņgrupai un kontrolgrupai. Novilkta taisne raksturo situāciju, ja 2 mēnešu laikā redzes asums nav mainījies.

Ar One Sample t Test tika pierādīts, ka treniņgrupas dalībnieku panāktais redzes asuma uzlabojums ir būtiski atšķirīgs pēc divu mēnešu treniņiem ($p=0,022$), savukārt kontrolgrupas redzes asums šajā laika posmā nav būtiski mainījies ($p=0,497$).

Šajā pētījuma daļā dalībnieki veica šaušanu gan pirms, gan pēc 2 mēnešiem, kuru laikā treniņgrupa veica redzes uztveres treniņus. Diemžēl par lielāko daļu kontrolgrupas dalībniekiem un vienu treniņgrupas dalībnieku šos datus neizdevās, jo šie dati netika atklāti pētījuma laikā, tomēr par 4 dalībnieku rezultātu izmaiņām tika iegūta informācija. Tā kā katrā bataljonā ir savi šaušanas treniņi dažādos apstākļos, tad rezultāti tika pierakstīti un pārrēķināti procentos no kopējā iegūstamo punktu skaita. Treniņgrupas pirmais dalībnieks savu rezultātu uzlaboja no 50 % uz 100 % precizitāti, otrs dalībnieks no 70 % uz 80 %, ceturtajam dalībniekam rezultāti pasliktinājās no 66 % uz 55 %. Pēc *Wilcoxon Signed Ranks Test* nevar uzskatīt, ka šos rezultātus varētu uzskatīt par atšķirīgiem savā starpā ($p=0,75$), kas galvenokārt ir skaidrojams ar ļoti mazo izlasi, tomēr varētu būt sagaidāms, ka šie rezultāti nemainās, jo, kā noskaidrots galvenajā pētījuma daļā, šaušanas rezultāti netiek ietekmēti, ja cilvēka redzes asums ir līdz 0,57 *logMAR* vienībām. Vienīgajam kontrolgrupas dalībniekam, par kura šaušanas rezultātiem tika iegūti dati, nenovēroja šaušanas rezultātu izmaiņas, iegūto punktu skaits palika konstants 100 %.

SECINĀJUMI

1. Rezultāti rāda, ka redzes asumam nav būtiskas ietekmes ($p > 0,05$) uz šaušanas rezultātiem, kamēr redzes asuma vērtība nav zemāka par $0,57 \log MAR$ vienībām.
2. Rezultāti rāda, ka planum aizsargbrīļu lietošana šaušanas laikā būtiski neietekmē šaušanas rezultātus ($p = 0,36$).
3. $+0,75 D$ brīļu apmiglojuma ietekme uz šaušanas rezultātiem nav statistiski nozīmīga ($p = 0,72$), turpretim statistiski nozīmīga ir $+1,50 D$ brīļu apmiglojuma ($p = 0,0066$) un nekoriģētas zemas pakāpes miopijas apmiglojuma ($p = 0,016$) ietekme uz šaušanas rezultātu pasliktināšanos.
4. Regulāri veicot redzes asuma mērījumus ar datorizētu testu, divu mēnešu laikā ir iespējams panākt statistiski nozīmīgu uzlabojumu par $0,21 \pm 0,05 \log MAR$ vienībām. Šis redzes asuma uzlabojums neietekmē šaušanas rezultātus ($p > 0,05$).

NOBEIGUMS

Darba mērķis un uzdevumi tika veiksmīgi izpildīti, iegūstot rezultātus, kuri ir līdzīgi literatūrā minētajiem. Šī darba aktualitāte izpaudās jau darba veikšanas laikā, zemessargiem interesējoties par rezultātiem un aktīvi daloties ar saviem iespaidiem un pieredzi. Bakalaura darba pētījumu ir plānots izveidot arī publikācijas formā.

Saskaņā ar to, ka šaušanas rezultātos nenovēro izmaiņas, ja tāluma redzes asums ir līdz $0,57 \log MAR$ vienībām, tad Latvijas paraolimpiskā komiteja var ņemt vērā šo pētījumu un nākotnē ieviest jaunus atlasē kritērijus, lai piedalītos šaušanas sacensībās. Tomēr, ja šāds solis tiks sperts no Latvijas paraolimpiskās komitejas puses, tad ieteiktu veikt apjomīgāku pētījumu ar atkārtotām šaušanas sērijām, kas netika veikts šajā darbā.

Zemessargu vadībai, pašiem zemessargiem un redzes speciālistiem šie rezultāti noderēs, zinot, ka redzes asums līdz noteiktai robežai neietekmē šaušanas rezultātus, tādējādi svarīgākais faktors ir šāvēja sagatavotība un tehniskās prasmes. Tomēr tika novēroti atsevišķi gadījumi, kad ar zemu apmieglojuma (+0,75 D) šaušanas rezultāti uzlabojās. Apspriežoties ar šaušanas treneri, tika izvirzīta doma, ka zema apmieglojuma apstākļos varētu veikt mācību treniņus, jo šaušanā galvenais ir paļauties uz savietotā grauda un tēmēkļa attēlu (40-70 cm attālumā), redzot mērķi fonā. Savukārt bez šī mākslīgā apmieglojuma daudzi šāvēji aizmirst šo pamatprincipu un, skaidri redzot mērķi, tēmē uz to, nevis cenšas savietot graudu ar tēmēkli. Šāda veida pētījums, novērojot, vai mākslīgais apmieglojums pozitīvi ietekmē šaušanas rezultātus, būtu lietderīgs turpmāk, apmācot jaunus šāvējus.

PATEICĪBA

Izsaku pateicību darba vadītājam Gatim Ikauniekam par tēmas izvēli, palīdzību gan darba praktiskajā daļā (sarunājot šaušanas trenera atļauju veikt pētījumu ar viņa zemessargiem un veicot daļu mērījumus), gan rakstiskajā daļā (sniedzot padomus un ieteikumus par datu apstrādi un prezentēšanu).

Vislielākā pateicība zemessardzes Studentu bataljona virsleitnantam, šaušanas trenerim Marekam Jansonam, zemessardzes 27.kājnieku bataljona komandierim, pulkvežleitnantam Rolandam Moļņikam un viņu zemessargiem, šī pētījuma dalībniekiem par atsaucību un iespēju realizēt darba eksperimentālo daļu.

Paldies kursabiedrenēm Evijai Zariņai un Evai Vavžikai par milzīgo palīdzību redzes asuma mērījumos, upurējot savu laiku. Tāpat vēlos pateikties kolēģim Reinim Ignatānam par ieteikumiem literatūras meklēšanā, datu noformēšanā un zināšanu atsvaidzināšanā, lietojot Origin datorprogrammu.

LITERATŪRAS AVOTI

- Allen, P.M., Latham, K., Mann, D.L., Ravensbergen, R.H.J.C. & Myint, J. (2016) Competitive Performance in Rifle Shooting: Setting the Standards for Paralympic Shooting with Vision Impairment. *Frontiers in Psychology*, 7(1731), 1-8., doi: 10.3389/fpsyg.2016.01731
- Anand, V., Buckley, J.G., Scally, A. & Elliott, D.B. (2003) Postural Stability in the Elderly during Sensory Perturbations and Dual Tasking: The Influence of Refractive Blur. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 44(7), 2885-2891.
- Bach, M. & Heinrich, S.P. (2014) Perceptual learning in visual acuity and contrast sensitivity: continuous improvement or discovery effect? *British Journal of Ophthalmology*, eLetter, http://bj.o.bmj.com/content/98/3/383/reply#bjophthalmol_el_16285
- Burton, E.A., Wattam-Bell, J., Rubin, G.S., Atkinson, J., Braddick, O. & Nardini, M. (2015) The effect of blur on cortical responses to global form and motion. *Journal of Vision*, 15(15):12, 1-14. doi: 10.1167/15.15.12
- Camilleri, R., Pavan, A., Ghin, F. & Campana, G. (2014) Improving myopia via perceptual learning: is training with lateral masking only (or the most) efficacious technique?, *Attention, Perception & Psychophysics*, 76(8), 2485-2494., doi:10.3758/s13414-014-0738-8
- Clark, J.F., Elis, J.K., Bench, J., Khoury, J. & Graman, P. (2012) High-performance vision training improves batting statistics for University of Cincinnati Baseball Players. *PLoS ONE*, 7(1), e29109, doi:10.1371/journal.pone.0029109
- Coubard, A.O. (Ed.). (2015). *Neurovision: Neural bases of binocular vision and coordination and their implications in visual training programs*. Frontiers Media SA, ISBN: 978-2-88919-655-5
- Fine, I. & Jacobs, R.A. (2002) Comparing perceptual learning across tasks: A review. *Journal of Vision*, 2, 190-203. doi:10.1167/2.2.5
- Foley, H. & Matlin, M. (2015) *Sensation and Perception*. New York, USA, ISBN:9780205579808 (hbk)
- Heinrich, S.P., Kruger, K. & Bach, M. (2011) The dynamics of practice effects in an optotype acuity task. *Graefes' Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 249(9), 1319-1326., doi:10.1007/s00417-011-1675-z

- Hussain, Z., Sekuler, A.B. & Benett, P.J. (2009) How much practise is needed to produce perceptual learning? *Vision Research*, 49, 2624-2634., doi:10.1016/j.visres.2009.08.022
- Yehezkel, O., Sterkin, A., Lev, M., Levi, D.M. & Polat, U. (2016) Gains following pereceptual learning are closely linked to the initial visual acuity. *Scientific reports*, doi: 10.1038/srep25188
- Johnson, C.A. & Casson, E.J. (1995) Effects of Luminance, Contrast, and Blur n Visual Acuity. *Optometry and Vision Science*, 72(12), 864-869.
- Otto, J. & Michelson, G. (2014). Repetitive tests of visual funtion improves visual acuity in young subjects. *Ophthalmol*, 98, 383-386.
- Pinto, J.D.L., Gramajo, A.L., Marquez, G., Torres, V., Juarez, C.P. & Rosenstein, R.E. (2014) Potential therapeutic benefit of melatonin in refractory central serous chorioretinopathy. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 55 (13)
- Polat, U. (2009) Making perceptual learning practical to improve visual functions. *Vision Research*, 49, 2566-2573., doi:10.1016/j.visres.2009.06.005
- Poulere, E., Moschandreas, J., Kontadakis, G.A., Pallikaris, I.G. & Plainis, S. (2013) Effect of blur andsubsequent adaption on visual acuity using letter and Landolt charts: differences between emmetropes and myopes. *Ophthalmic & Physiological Optics*, 33, 130-137., doi: 10.1111/opo.12020
- Resnikoff, S., Pascolini, D., Mariotti, S.P. & Pokharel, G.P. (2008) Global magnitude of visual impairment causes by uncorrected refractive errors in 2004. *Bulletin of the World Health Organization*, 86(1), 63-70.
- Rushton, R.M., Armstrong, R.A. & Dunne, M.C.M. (2016) The influence on unaided vision of age, pupil diameter and sphero-cylindrical refractive error. *Clinical and Experimental Optometry*, 1-8., doi:10.1111/cxo.12344
- Saw, S.M., Katz, J., Schein, O.D., Chew, S.J. & Chan, T.K. (1996) Epidemiology of Myopia. *Epidemiologic Reviews*, 18(2), 175-187.
- Sun, L.O., Brady, C.M., Cahill, H, Al-Khindi, T., Sakuta, H., Dhande, O.S., Noda, M., Huberman, A.D., Nathans, J. & Kolodkin, A.L. (2015) Functional assambley of accessory optic system circiutry critical for compensatory eye movements. *Neuron*, 86(4), 971-984. doi: <http://dx.doi.org/10.1016/j.neuron.2015.03.064>

- Westheimer, G. (2016) Optotype recognition under degradation: comparison of size, contrast, blur, noise and contour-perturbation effects. *Clinical and Experimental Optometry*, 99, 66-72., doi:10.1111/cxo.12293
- Zhou, Y., Huang, C., Xu, P., Tao, L., Qiu, Z., Li, X. & Lu, Z.L. (2006) Perceptual learning improves contrast sensitivity and visual acuity in adults with anisometropic amblyopia. *Vision Research*, 46 (2006), 739-750., doi:10.1016/j.visres.2005.07.031

Bakalaura darbs „Redzes asuma ietekme uz šaušanas rezultātiem” izstrādāts LU Fizikas un matemātikas fakultātē.

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

Autors: Līga Bikše
Stud.apl.nr. lb114044

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

Recenzents: lektore, Mg.sc. Anete Petrova

Darbs iesniegts Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā _____
Dekāna pilnvarotā persona: metodiķe Dzintra Holsta

Darbs aizstāvēts bakalaura gala pārbaudījuma komisijas sēdē
_____. protokola Nr. _____
Komisijas sekretārs: _____