

LATVIJAS UNIVERSITĀTE
FIZIKAS UN MATEMĀTIKAS FAKULTĀTE
OPTOMETRIJAS UN REDZES ZINĀTNES NODAĻA

**SPECIALIZĒTO DATORSPĒĻU PIELIETOJUMS
AMBLIOPIJAS ĀRSTĒŠANĀ**

MAĢISTRA DARBS

Autore: **Kristīne Kalniča**

Studenta apliecības Nr.: kk16105

Darba vadītājs: docente, Dr.fiz. Aiga Švede

RĪGA 2018

ANOTĀCIJA

Maģistra darbs ir uzrakstīts latviešu valodā uz 39 lapaspusēm. Tas satur 13 attēlus, 6 tabulas, 4 pielikumus un 93 atsauces uz literatūras avotiem.

Maģistra darba mērķis bija novērtēt specializēto datorspēļu efektivitāti ambliopijas ārstēšanā skolas vecuma bērniem. Pētījumā piedalījās 22 dalībnieki, no kuriem 11 dalībnieki (vid. vecums 8 ± 1 g.) veica oklūziju terapiju, 11 dalībnieki (vid. vecums 10 ± 3 g.) spēlēja specializēto datorspēli Tetris® ambliopijas ārstēšanai, izmantojot sarkani-zilos filtrus.

Gan dalībniekiem, kas spēlēja specializēto datorspēli, gan dalībniekiem, kas veica oklūzijas, novēroja statistiski nozīmīgu un līdzīgu redzes asuma uzlabošanos ambliopijā acī pēc 4 mēnešu terapijas ($p < 0,05$). Specializēto datorspēļu pielietojums ambliopijas ārstēšanā ir alternatīvs ambliopijas terapijas veids oklūzijām, kad ir iespējama binokulārā redze.

Atslēgas vārdi: ambliopija, specializētās datorspēles, oklūziju terapija, stereoredze

ABSTRACT

Master thesis written in Latvian language in 39 pages. It contains 13 figures, 6 tables, 4 appendixes, and 93 references.

The aim of the master's thesis was to assess the efficiency of specialized computer games in the treatment of amblyopia in school-age children. There were 22 participants: 11 participants (average age 8 ± 1 y.) had occlusion therapy, 11 participants (average age 10 ± 3 y.) played a specialized computer game Tetris® using red-blue filters for the treatment of amblyopia. All participants, who played a specialized computer game, and those, who had occlusion therapy, showed statistically significant and similar improvement in visual acuity in the amblyopic eye after 4 months of therapy ($p < 0,05$). The use of specialized computer games for treatment of amblyopia is an alternative type of amblyopia treatment compared to occlusion therapy if binocular vision is possible.

Keywords: amblyopia, specialized computer games, occlusion therapy, stereovision

SATURS

IEVADS.....	1
1. LITERATŪRAS PĀRSKATS.....	3
1.1. Ambliopijas izplatība.....	3
1.2. Ambliopijas etioloģija.....	3
1.3. Ambliopijas klasifikācija.....	6
1.3.1. Refraktīvā ambliopija.....	9
1.3.2. Šķielēšanas ambliopija.....	10
1.3.3. Anizotropijas ambliopija.....	11
1.3.4. Obskurācijas jeb deprivācijas ambliopija.....	13
1.3.5. Bilaterālā jeb divpusējā ambliopija.....	13
1.3.6. Histēriskā ambliopija.....	14
1.3.7. Organiskā ambliopija.....	15
1.4. Ambliopijas terapija.....	16
1.4.1. Refrakcijas korekcija.....	16
1.4.2. Oklūzijas.....	17
1.4.3. Penalizācija.....	20
1.4.4. Specializētās datorspēles.....	22
2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA.....	27
2.1. Eksperimenta dalībnieki.....	27
2.2. Metode.....	30
2.3. Rezultātu analīze.....	31
2.4. Rezultāti.....	31
2.4. Diskusija.....	35
SECINĀJUMI.....	39
NOBEIGUMS.....	40
PATEICĪBAS.....	41
IZMANTOTĀ LITERATŪRA.....	42

1. PIELIKUMS	49
2. PIELIKUMS	50
3. PIELIKUMS	51
4. PIELIKUMS	52

IEVADS

Vārds „*amblyopia*” cēlies no grieķu valodas vārdiem *amblys* (ἀμβλύς) – ‘vājš, neskaidrs’ un *ops* (ὄψ *ōps*) – ‘acs’, kas savienojumā nozīmē “vāja acs”¹. Amerikas optometristu asociācija ambliopiju jeb “slinko” aci definē kā vienas vai retāk abu acu pavājinātu redzi bez redzama organiska iemesla, kas nav saistīta ar jebkuru acu veselības problēmu. Ambliopija ir galvas smadzeņu šūnu attīstības traucējums, nevis pašas acs attīstības traucējums (Rouse *et al.*, 2004). “Slinkās” acs sūtītā informācija smadzenēs nespēj konkurēt ar otras (labāk redzošās) acs informāciju, kas savukārt pavājina smadzeņu šūnu attīstību.

Ambliopija ir traucējums, kas galvenokārt skar bērnus; ja ambliopija netiek veiksmīgi ārstēta bērnu vecumā, tā var radīt pastāvīgu redzes traucējumu visas dzīves garumā (Parks, 1989). Taču jaunākie pētījumi parāda, ka arī pieaugušajiem cilvēkiem ir iespējams uzlabot redzes asumu ambliopijā acī (Astle *et al.*, 2011a; Baroncelli *et al.*, 2011; Spiegier *et al.*, 2013; Hess & Thompson, 2015; Žiak *et al.*, 2017).

Ambliopijas ārstēšanas galvenais uzdevums ir novērst etioloģiskos faktoros, lai izveidotos skaidrs tīklenes attēls, lai nodrošinātu ambliopās acs piedalīšanos redzes procesā, kā arī normalizētu binokulārās funkcijas. Viena no galvenajām ambliopijas ārstēšanas metodēm ir labāk redzošās acs aizklāšana uz noteiktu laiku (Loudon & Simonsz, 2005), taču tā neveicina binokulāro funkciju atjaunošanos un izveidošanos. Tādēļ tiek izveidotas jaunas metodes, kas iesaista redzes procesā abas acis un stimulē to kopdarbību (binokularitāti). Labāk redzošās acs aizklāšanu jeb pasīvo ambliopijas metodi var apvienot vai varbūt aizstāt ar vairāk aktīvo ārstēšanas formu. Šīs metodes pamatojums ir tāds, ka pacients būs vairāk iesaistīts (uzmanīgs), aktīvi piedalīsies ārstēšanas laikā (Webber *et al.*, 2008). Turklāt veiksmīga uzdevuma izpilde būs iespējama tikai, ja pacients izmantos abas acis, tā stimulējot ambliopās acs iesaisti redzes procesā un līdz ar to arī redzes asuma celšanos. Tāpēc pēdējos gados tika izstrādāta un ieviesta datorizētā ārstēšana, kas ietver video un datorspēles, kur spēles laikā bērnu acis tiek noslogotas vienlaicīgi, lielāko lomu veicot tieši ambliopās acs darbībai (Pediatric Eye Disease Investigator Group, 2005).

Specializēto datorspēļu izmantošana ambliopijas terapijā tiek pētīta kā alternatīvs ambliopijas ārstēšanas rīks pacientiem vecuma grupā līdz 7 gadiem (Foss *et al.*, 2013; Li *et al.*, 2014; Kelly *et al.*, 2016) un pieaugušajiem (Jeon *et al.*, 2012; Žiak *et al.*, 2017). Iztrūkst pētījumu daļa, kā šī ambliopijas ārstēšana ietekmētu pacientus vecumā no septiņiem līdz astoņpadsmit gadiem, kad redzes sistēmas plasticitāte ir vēl augstāka nekā pieaugušajiem, bet krietni samazināta, salīdzinot ar pirmsskolas vecuma bērnu redzes sistēmas plasticitāti. Tādēļ

¹ <https://www.etymonline.com/word/amblyopia>

maģistra darba mērķis bija novērtēt specializēto datorspēļu efektivitāti ambliopijas ārstēšanā skolas vecuma bērniem. Ir paredzams, ka skolas vecuma bērniem abas metodes – gan oklūzijas, gan specializētās datorspēles – nodrošinās vienādu redzes asuma uzlabošanos, abu metožu efektivitāte būs salīdzināma.

Darba uzdevumi:

1. Novērtēt redzes funkcijas pirms un pēc oklūziju terapijas bērniem ar ambliopiju.
2. Novērtēt redzes funkcijas pirms un pēc specializēto datorspēļu pielietošanas bērniem ar ambliopiju.
3. Salīdzināt oklūziju terapijas un specializēto datorspēļu efektivitāti ambliopijas ārstēšanā.

1. LITERATŪRAS PĀRSKATS

1.1. Ambliopijas izplatība

“Slinkās” acs izplatība literatūras avotos svārstās no 0,7 % līdz 5 % (Noorden & Campos, 2002; Grönlund et al., 2006; Robaei et al., 2006a, 2006b; Sapkota et al., 2008; Shrestha et al., 2011; Mazarei et al., 2013; Bhandari et al., 2015; Sushil et al., 2016). Lielā izplatības atšķirība atkarīga no pētījuma norises vietas, populācijas īpašībām, redzes asuma kritērijiem un mērīšanas metodēm utt. Piemēram, Rosman et al. (2005) savā darbā pētīja ambliopijas izplatību ķīniešu, indiešu un malajiešu vīriešu vidū Singapūrā, kas dzimuši laika posmā no 1978. gada līdz 1983. gadam. Dalībnieku labākais koriģētais redzes asums tika novērtēts pirms ierašanās militārajā dienestā. Pacientus, kuriem labākais koriģētais redzes asums bija 0,5 (decimālās vienības) vai sliktāks, pārbaudīja oftalmologs, lai pārliecinātos par ambliopijas esamību vai citiem faktoriem. Rezultāti parādīja, ka ambliopijas kopējā izplatība vīriešu vidū bija 0,35 %: ķīniešu vidū 0,34 %, indiešu vidū 0,41 % un malajiešu vidū 0,37 %.

Visbiežāk būtiskākais izplatības novērtēšanas atšķirību cēlonis ir redzes asuma kritērijs. Piemēram, Vedamurthy et al. (2016) pieņēma, ka ambliopijai raksturīga redzes asuma atšķirība starp abām acīm, un šī atšķirība ir divas rindiņas. Simmers et al. (1997) apgalvo, ka cilvēkiem, kam ir ambliopija, redzes asuma atšķirība starp abām acīm ir vismaz divas vai trīs rindiņas. Arī Hendler et al. (2016) raksta, ka vienpusējā ambliopija tiek diagnosticēta, ja atšķirība starp abām acīm ir divas rindiņas. Divpusējā ambliopija diagnosticēta, ja vislabāk koriģētais redzes asums ir zemāks par 0,5 (decimālās vienībās) labāk redzošajā acī bērniem, sākot no četriem gadiem un vairāk, vai zemāks par 0,4 (decimālās vienībās), ja bērns ir jaunāks par četriem gadiem. Tarczy-Hornoch et al. (2011) un Attarzadeh et al. (2009) uzskatīja, ka redzes asuma atšķirība ambliopijas gadījumā starp acīm arī ir divas rindiņas, bet redzes asums sliktākajā acī ir sākot no 0,6 (decimālās vienības) vai zemāks. Guo et al. (2016) pieņēma, ka acs ir ambliopa, ja labākais koriģētais redzes asums ir robežās no 0,5 līdz 0,1 (decimālajās vienībās).

1.2. Ambliopijas etioloģija

Ambliopija attīstās zīdaiņa vecumā un turpinās pirmajos dzīves gados, ja kritiskajā, visstraujākajā redzes attīstības periodā uz abu acu tiklēm veidojas atšķirīgi attēli. Līdz ar to, redzes sistēma sāk ignorēt (neizmanto) vienas acs (kuras attēls ir mazāk informatīvs vai nekvalitatīvāks) sūtīto neirālo informāciju. Šāda vienas acs informācijas ignorēšana noved pie redzes garozas šūnu nepilnīgas izmantošanas (mazāk izmantojot tās šūnas, kuras saņem sliktāko vizuālo informāciju), rezultātā izveidojot ambliopiju (Bradfield, 2013). Ambliopija visbiežāk

saistās ar agrīnā vecumā sākušos šķielēšanu, anizotropiju vai jaukta tipa jeb kombinēto ambliopiju (anizotropija kopā ar šķielēšanu) un retāk ar iedzimtu kataraktu vai ptozi (plakstiņa noslīdēšanu) (Wong, 2012).

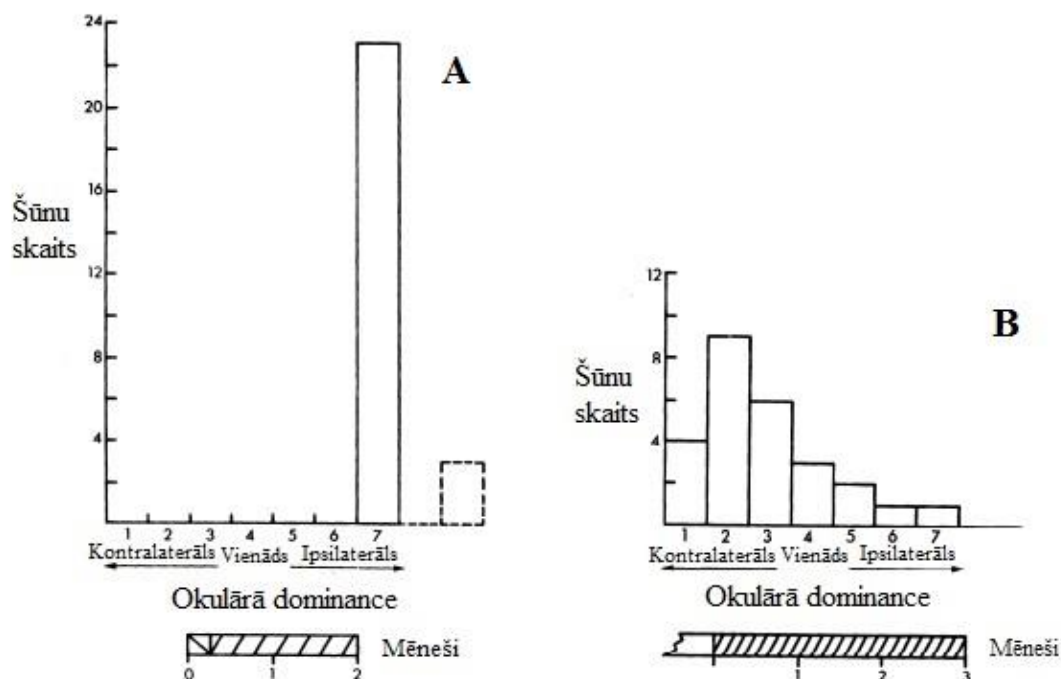
Eksistē trīs redzes asuma un okulārās dominances attīstības periodi. Pirmajos 3-5 gados redzes asumu var samazināt dažādas deprivācijas formas, kuru rezultātā izveidojas ambliopija. Jāatceras, ka ambliopija neattīstās tikai šajā laika posmā, bet var veidoties arī šķielēšanas vai anizotropijas dēļ jebkurā vecumā, sākot no dažiem mēnešiem līdz 7-8 gadiem (Daw, 1998; Shrestha & Adhikari, 2013). Trešais periods ir jebkurš vecums (gan pusaudži, gan pieaugušie, gan cilvēki gados), kurā var atgūt ambliopijas dēļ pazaudēto redzes asumu. Līdzīga periodu atšķirība ir novērojama analizējot un pētīt dzīvnieku okulāro dominanci (LeVay et al., 1980).

Wiesel & Hubel (1963) ieguldīja lielu darbu ambliopijas etioloģijas pētījumos, par kuriem 1981. gadā pētnieki saņēma Nobela prēmiju. Viņi ir pierādījuši, ka patoloģiska redzes pieredze noved pie funkcionālo īpašību un anatomiskās arhitektūras izmaiņām V1 zonā. Dzīvniekiem ar agrīnu redzes deprivāciju tika novērotas nopietnākas izmaiņas nekā pacientiem ar anizotropijas vai šķielēšanas ambliopiju.

Savā eksperimentā Wiesel & Hubel (1963) izmantoja astoņus kaķus – septiņus mazus kaķīšus un vienu pieaugušo. Jaundzimušiem kaķēniem vai nu aizsuva ciet vienas acs plakstiņu, vai piešuva caurspīdīgo oklūderi. Dažiem kaķīšiem aizsuva vienu aci ciet uzreiz pēc piedzimšanas, citiem atļāva nedaudz iegūt redzes pieredzi. Augot un attīstoties, pēc kāda laika, zinātnieki pārbaudīja smadzeņu neironu funkcijas primārajā redzes garozā (V1 zonā) un ieraudzīja, ka dzīvnieku smadzeņu šūnu funkcijas tika izmainītas – bija izteiktas dominējošās acs (tā, ar kuru kaķēni visu laiku skatījās) šūnas un līdz ar to samazinājās binokulāro šūnu skaits (skat. 1.1.A. att.). Oklūdētās acs neironu šūnu skaits smadzenēs bija mazāks, nekā atvērtās un strādājošās acs inervētās neironu šūnas.

Līdzīgs eksperiments tika veikts pieaugušam kaķim, kam jau attīstījās redzes pieredze. Aiztaisot ciet vienu aci, Wiesel un Hubel (1963) nenovēroja būtiskas izmaiņas smadzeņu šūnu darbībā, kā arī izmaiņas nenovēroja aizlīmējot/oklūdējot vienu aci uz ilgāku laiku (skat. 1.1.B. att.).

Zinātnieki secināja, ka svarīgākās neironu izmaiņas kaķēniem notiek no pirmā līdz trešajam dzīves mēnesim. Šo laiku uzskata par kritisko periodu kaķiem, kad būtiski izmainās smadzeņu šūnas un krietni samazinās redzes asums, ja tiek oklūdēta viena acs, toties pēc šī kritiskā perioda kaķiem nav novērojamas būtiskas izmaiņas gan smadzeņu šūnu darbībā, gan redzes asuma ziņā, ja tiek veikta vienas acs aizlīmēšana. Tāpat Wiesel un Hubel (1963) novēroja, ka izmaiņas kaķēnu kritiskā perioda laikā ir iespējams atjaunot, piemēram, uzlabot redzes asumu un smadzeņu šūnu darbību, oklūdējot labāk redzošo aci.



1.1. attēls. (A) Okulārā dominance divus mēnešus vecam kaķēnam (26 šūnu okulārās dominances stāvokļa sadalījums, kas tika reģistrēts redzes garozā kontralaterāli oklūdetajai acij. Divu mēnešu vecam kaķim tika oklūdetā labā acs, piešūjot caurspīdīgu kontaktlēcu uzreiz pēc normālas acu atvēršanās, kreisā acs netika skarta. Rezultātā 23 šūnas bija aktīvas visu laiku atvērtaajā (kreisajā vai ipsilaterālajā) acī, 3 šūnas netika aktivizētas ne vienā no acīm (pārtraukta līnija)) un (B) okulārā dominance pieaugušam kaķim (26 šūnu okulārās dominances stāvokļa sadalījums, kas tika reģistrēts kreisajā redzes garozā pieaugušam kaķim, kura labās acs plakstiņš tika aizsūts uz 3 mēnešiem, kas neradīja acīmredzamas izmaiņas. Šajā gadījumā kontralaterālā acs bija oklūdetā acs) (*Wiesel & Hubel, 1963*).

Balstoties uz *Hubel* un *Wiesel* pētījumu, daudzi darbi, kas saistīti ar redzes pieredzi un tās attīstību, ir koncentrēti uz pilnīgas vai daļējas redzes deprivācijas sekām, kas noved pie neironu šūnu skaita samazināšanās redzes garozā deprivētajā acī. Toties šāda deprivācija ir reti sastopama cilvēkiem, kam parasti ir agrīna anormāla redze šķielēšanas vai anizotropijas dēļ (*Kiorpes et al., 1998*). Savā pētījumā *Kiorpes* ar kolēģiem pētīja ambliopijas īpašības (redzes garozas neironu atbildi) mērkaķu sugai – makakiem, kurus audzēja ar mākslīgi izveidoto šķielēšanu un anizotropiju. Eksperimentā piedalījās seši makaki, no kuriem trīs makakiem bija monokulārā ezotropija un trīs – anizotropija, kā arī piedalījās astoņi kontrolgrupas makaki. Ezotropija tika inducēta, ārējam taisnajam muskulim veicot recesiju (muskulu pagarināšanu) vai iekšējam taisnajam muskulim veicot rezekciju (muskulu saīsināšanu) kreisajā acī. Šķielēšanas leņķis bija robežās no 10 līdz 25 prizmatiskajām dioptrijām, ko varēja novērtēt,

izmantojot Hiršberga metodi un skatoties uz fotogrāfijām. Anizotropija tika inducēta, ievietojot labajā acī -10,00 dioptriju mīksto kontaktlēcu ar pagarinātu nēsāšanas režīmu, bet kreisajā acī ievietojot nulles dioptrijas kontaktlēcu. Pērtiķiem, sākot no 10-25 dienām pēc dzimšanas, ielika kontaktlēcas acīs uz 7-10 mēnešiem. Kontaktlēcu stāvoklis tika pārbaudīts katru dienu, kā arī tika veikti regulāri oftalmoloģiskie izmeklējumi, lai nodrošinātu acu veselību. Nevienam no dzīvniekiem neizveidojās šķielēšana, tomēr paši autori apgalvo, ka 5 prizmatisko dioptriju tropiju vai foriju viņi nespētu konstatēt pēc bildēm, veicot Hiršberga testu. Rezultāti parādīja, ka visiem makakiem bija samazināts binokularo šūnu skaits. Neironu telpiskā frekvence un telpiskā izšķirtspēja ambliopajā acī bija ievērojumi samazināta, salīdzinot ar neambliopo aci. Līdzīgi eksperimenti daudz veikti dzīvniekiem (*Smith et al.*, 1985; *Kiorpes & Movshon*, 1996). Psihofizikālie eksperimenti atspoguļo, ka ambliopija, kas mākslīgi izveidota, ļoti līdzīga cilvēka aprakstītajam stāvoklim.

1.3. Ambliopijas klasifikācija

Klīniskajā praksē ir sastopami daudz dažādi ambliopijas veidi. Ambliopija var skart vienu aci (vienpusēja), bet var skart arī abas acis (abpusēja). Ambliopijas smaguma pakāpe var būt dažāda, sākot no vieglas redzes asuma samazināšanās un beidzot ar pirkstu skaitīšanu tuvumā. Viena no biežāk pielietotajām ambliopijas klasifikācijām ir saistīta ar redzes asumu.

Wright et al. (1986) (citēts pēc *Erdem et al.*, 2011) ņem vērā atšķirību starp abām acīm. Ja atšķirība ir 3-5 rindiņas starp abām acīm, tad bērnam ir vidējas pakāpes ambliopija, atšķirība lielāka par piecām rindiņām – augstas pakāpes ambliopija. Taču biežāk tiek vērtēts redzes asums tieši ambliopajā acī. Atkarībā no redzes asuma pakāpes ir piedāvāti vairāki ambliopijas iedalījumi (skat. 1.1. tab.).

1.1. tabula.

Ambliopijas iedalījums pēc smaguma pakāpes, vadoties pēc redzes asuma ambliopajā acī (*Attebo et al*, 1998; *Avetisovs*, 1986 (citēts pēc *Družiņina*, 2004); *Pediatric Eye Disease Investigator Group*, 2006b; *Rahi et al.*, 2006).

Autori	Ambliopijas iedalījums pēc smaguma pakāpes atkarībā no redzes asuma				
	Redzes asums, decimālās vienībās				
	Neizdala/nav	Zema	Vidēja	Augsta	Ļoti augsta
<i>Attebo et al. (1998)</i>	≥0,6	0,32-0,5	0,125-0,25	<0,1	
<i>Avetisovs (1986) (citēts pēc Družiņina, 2004)</i>		0,4-0,8	0,2-0,3	0,05-0,1	≤0,04
<i>Pediatric Eye Disease Investigator Group (2006b)</i>		0,5-0,8	0,2-0,5	0,05-0,2	
<i>Rahi et al. (2006)</i>		0,6-0,8	0,125-0,5	≤0,1	

Avetisovs (1968) (citēts pēc *Gončarova un citi*, 2006) ambliopiju izdalīja arī pēc fiksācijas veida:

- ♦ ambliopija ar pareizu (centrālu) fiksāciju;
- ♦ ambliopija ar nepareizu fiksāciju (parafoveolāru, makulāru, paramakulāru, perifēru):
 - ar mainīgu fiksāciju;
 - ar necentrālu stabilu fiksāciju;
 - ar necentrālu nestabilu fiksāciju;
- ♦ ambliopija bez fiksācijas.

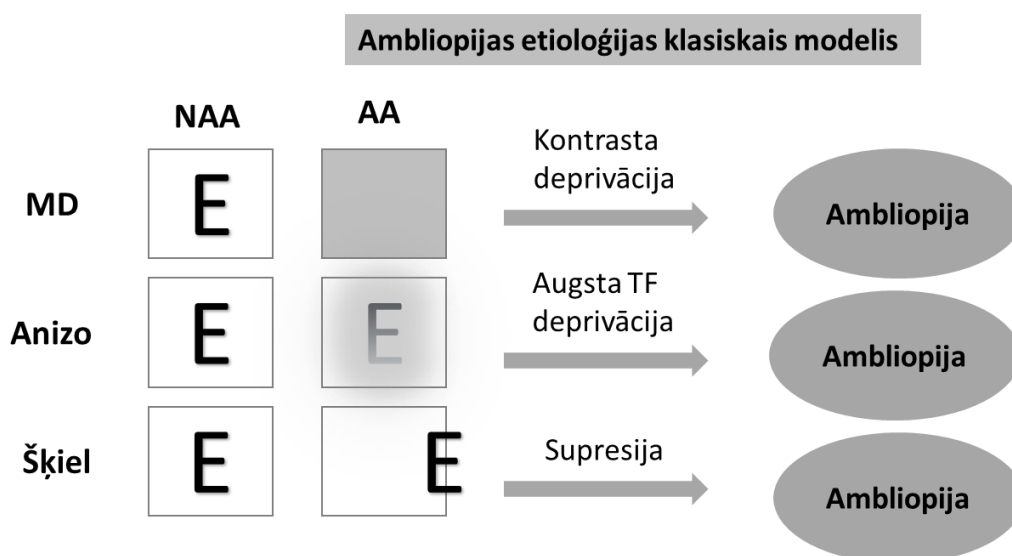
Ambliopiju iedala arī pēc tās galvenajiem cēloņiem/riska faktoriem – šķielēšana, anizotropija, deprivācija (*Holmes & Clarke*, 2006; *Li et al.*, 2011; *Stanković*, 2011). *Holmes & Clarke* (2006) apraksta ambliopijas riska faktoros nedaudz detalizētāk (skat. 1.2. tab.).

1.2. tabula.

Ambliopijas riska faktori (*Holmes & Clarke*, 2006).

Ambliopijas cēloņi	Īpašības	Vienpusējs/Divpusējs efekts
<i>Šķielēšana</i>	Katrai acij nav vienāda attēla uz fovejas	Vienpusējs
<i>Anizotropija</i>	Viens fovejas attēls ir vairāk izplūdis nekā otrs	Vienpusējs
<i>Deprivācija</i>	Attēla fiziskais traucējums (ptoze, katarakta vai divpusēja attēla izplūšana nekoriģētas refrakcijas dēļ)	Vienpusējs/Divpusējs

Barrett et al. (2004) arī izdala trīs galvenos ambliopijas riska faktorus – šķielēšanu, anizotropiju un formas deprivāciju. Bērnā izveidojoties vienas acs deprivācijai, piemēram, kataraktas gadījumā, mainoties kontrasta uztverei, vēlāk var izveidoties ambliopija. Anizotropijas ambliopijai raksturīga kontrastjutības samazināšanās augstu un vidēji lielu telpisko frekvenču gadījumā, kas arī var radīt ambliopiju. Šķielēšanas gadījumā bērniem var izveidoties monokulāra vai alternējoša supresija. Ja dominējošās acs attēls dominē pār šķielējošās acs attēlu, novirzītās acs attēls tiek pastāvīgi nomākts. Līdz ar to monokulāra supresija noved pie ambliopijas attīstības. Toties alternējošas supresijas (pārmaiņus tiek nomākts vienas un otras acs attēls) gadījumā ambliopijas neizveidosies (skat. 1.2. att.).



1.2.attēls. Ambliopijas etioloģijas klasiskais modelis, kur ambliopijas cēloņi ir šķielēšana (šķiel), anizotropija (anizo) un monokulārā deprivācija (MD), izmantojot mehānismu, kas ietver kontrasta deprivāciju, augstu telpisko frekvenču (TF) deprivāciju un attiecīgi hronisku supresiju.

NAA – neambliopā acs; AA – ambliopā acs (*Barrett et al.*, 2004).

Adhikari & Shrestha (2013) savā pētījumā diagnosticē anizotropijas ambliopiju, izotropijas ambliopiju, jauktu (anizotropija kopā ar šķielēšanu) un šķielēšanas ambliopiju. Bērni ar deprivācijas ambliopiju tika izslēgti un nepiedalījās pētījumā, pamatojoties uz to, ka pētnieki nevarēja iegūt detalizētus pacientu datus, līdz ar to ārstēšanas protokols atšķīrās no citiem ambliopijas veidiem. Tajā pašā gadā *Shrestha & Adhikari* (2013) citā pētījumā izdala anizotropijas, izotropijas, meridionālo, šķielēšanas, deprivācijas un apgriezto ambliopijas veidus.

Maggi (1959) atšķirīgi grupēja ambliopijas veidus:

- ♦ šķielēšanas ambliopija ar normālu tīklenes korespondenci;
- ♦ augstas pakāpes šķielēšanas ambliopija ar anormālu tīklenes korespondenci;

- ♦ vidējas pakāpes šķielēšanas ambliopija ar anormālu tīklenes korespondenci;
- ♦ šķielēšanas ambliopija ar jauktu tīklenes korespondenci;
- ♦ anizotropijas ambliopija bez šķielēšanas ar normālu tīklenes korespondenci;
- ♦ ambliopija bez redzamas šķielēšanas, saistīta ar manifēstās acu novirzes spontānu samazināšanos;
- ♦ bilaterālā jeb divpusējā ambliopija.

Avetisovs (1963) (citēts pēc *Gončarova un citi*, 2006) piedāvāja klasificēt ambliopiju pēc etioloģijas un patoģenēzes principiem un izcēla piecus ambliopijas veidus: refraktīvā, disbinokulārā, anizotropijas, obskurācijas, histēriskā ambliopija. Kā arī *Avetisovs* piedāvāja pievienot vēl divus ambliopijas veidus – ambliopiju kopā ar nistagmu un jauktu ambliopiju.

Izpētot literatūrā pieejamo informāciju, redzams, ka vairāku autoru vidū ambliopijas klasifikācija atšķiras. Maģistra darba ietvaros tika izmantota *Avetisova* (1986) ambliopijas klasifikācija pēc redzes asuma ambliopajā acī, kuru joprojām izmanto arī Latvijā.

1.3.1. Refraktīvā ambliopija

No visiem ambliopijas veidiem refraktīvā ambliopija ir visizplatītākā. Refraktīvā ambliopija bieži novērojama astigmātisma, iedzimtas miopijas un augstas hipermetropijas pakāpes gadījumā (skat. 1.3. tab.).

1.3. tabula.

Izometropijas ambliopija dažādu refrakcijas anomāliju gadījumā (*Rouse et al.*, 2004).

Izometropija	Dioptrijas, D
Astigmātisms	>2,50 D
Hipermetropija	>5,00 D
Miopija	>8,00 D

Hubel (1982) ar saviem eksperimentiem pierādīja, ka agrīnā dzīves posmā ilgstoša skaidra attēla neesamība uz tīklenes noved pie dziļiem un nepārtrauktiem kortikālo un subkortikālo centru funkciju traucējumiem bez jebkādam anomālijām acu darbībā (*Grzybowski & Pietrzak*, 2014).

Visos astigmātisma un augstas sfēriskas ametropijas gadījumos fiksētais objekts uz tīklenes veidojas kā izfokusēts un neskaidrs attēls, kas ierobežo normālu redzi un kavē centrālās redzes attīstību (*Bradfield*, 2013). Literatūras avotos refrakcijas ambliopiju sauc arī par izometrisko ambliopiju (*Shrestha & Adhikari*, 2013). *Adhikari & Shrestha* (2013) izometropijas ambliopijas refrakcijas anomālijas izdala pēc zemas, vidējas un augstas pakāpes. Zema pakāpe – miopija un hipermetropija ir līdz 2,00 dioptrijām, un astigmātisms ir 1,00 dioptrijs. Vidēja

pakāpe – miopija un hipermetropija ir lielāka par 2,00 un līdz 5,00 dioptrijām, astigmātisms lielāks par 1,00 dioptriju līdz 3,00 dioptrijām. Augsta pakāpe – miopija un hipermetropija lielāka par 5,00 dioptrijām, bet astigmātisms lielāks par 3,00 dioptrijām.

Visiem bērniem pirmajā dzīves gadā obligāti ir jāiziet redzes pārbaude pie oftalmologa, veicot acu zīlītes paplašināšanu, un izmantojot retinoskopiju vai oftalmoskopiju. Refraktīvās ambliopijas novēršana ir jāveic agrīnā vecumā, pārbaudot refrakcijas anomālijas un nepieciešamības gadījumā koriģējot tās.

1.3.2. Šķielēšanas ambliopija

Otrs biežākais ambliopijas cēlonis ir šķielēšana. Bieži vien ambliopija ir šķielēšanas sekas, taču ambliopija var būt arī kā šķielēšanas iemesls. Tas notiek, ja vienas acs redzes asums ir tik zems (parasti zem 0,4 (decimālās vienībās)), ka nav iespējama attēla saplūdināšana. Ambliopija šķielēšanas gadījumā parasti attīstās tikai vienā acī, bet var dažādā mērā ietekmēt arī abas acis (*Stanković, 2011*).

Šķielēšanas ambliopiju mēdz saukt arī par disbinokulāro ambliopiju. Terminu “disbinokulārā” ambliopija ieviesis Avetisovs 1963. gadā (citēts pēc *Gončarova un citi, 2006*). Pats nosaukums jau norāda uz binokulāro funkciju traucējumiem. Attīstoties binokulārās redzes traucējumiem, disbinokulārā ambliopija kļūst par galveno šķērsli tās atvēršanai. Taču ne katra šķielēšanas ambliopija ir disbinokulāra. Ja šķielēšana parādās samazināta redzes asuma dēļ (nav binokulārās redzes traucējuma sekas, bet tās cēlonis), tad ambliopija ir nevis disbinokulāra, bet anizotropijas vai obskurācijas.

Ārstēšana tiek panākta ar problēmas risināšanu – iegūt vienādu acu stāvokli ar ķirurģiskās iejaukšanās palīdzību. Toties tas nenozīmē, ka ambliopija pēc šķielēšanas labošanas operācijas pazudīs un redzes asums sāks celties. Šķielēšanas ambliopijas gadījumā bieži nav izteiktas refrakcijas anomālijas, kā arī nav izteiktu izmaiņu optiskajās vidēs (*Noorden & Campos, 2002*).

Fraine (2007) uzskata, ka šķielēšanas ambliopijas sākums un smaguma pakāpe ir atkarīga no šķielēšanas veida un vecuma, kad bērns sāka šķielēt. Jaundzimušiem zīdaiņiem acis sākumā nestrādā kopā. Normālam, veselam bērnam attīstās fūziju spējas un stereoredze, kad abas acis sadarbojas kopā (binokulāri). Stereoredzes attīstīšanai, kad saplūst nedaudz atšķirīgi attēli, ko redz katra acs, ir būtiska binokulārā konkurence. Kad šos divus attēlus cilvēks vairs nespēj saplūdināt kopā, viņš izjūt diplopiju jeb dubultošanos un, lai izvairītos no šīs neērtības, vienas acs attēls tiek supresēts jeb nomākts. Šķielēšanas ambliopijas attīstības pamatā ir šķielējošās acs centrālās redzes funkcionāla nomākšana, kura ir augstākajos garozas redzes centros (*Noorden & Campos, 2002*).

Sireteanu & Fronius (1981) apgalvo, ka šķielēšanas ambliopija parādās bērniem ar ezotropiju daudz biežāk nekā bērniem ar eksotropiju. Vēsturiski ilgstoša neironu nomākšana, ar ko saskaras bērni vienpusējas ezotropijas gadījumā, tiek uzskatīta par ambliopijas cēloni, bet ambliopija nemēdz būt alternējošas šķielēšanas gadījumā, jo šādā gadījumā neeksistē ilgstoša vienpusēja supresija. Eksotropijas (īpaši intermitējošas jeb periodiskas) gadījumā ambliopija izveidojas samērā reti un šķielēšana parasti nav ambliopijas iemesls (citēts pēc *Barret et al.*, 2004).

1.3.3. Anizotropijas ambliopija

Anizotropijas ambliopija rodas, ja starp abām acīm ir atšķirīga refrakcijas kļūda, kas rezultātā var novest pie tā, ka viena objekta divi attēli uz abu acu tīklenēm ir atšķirīga lieluma, formas (var izveidoties anizeikonija). Ja anizotropija ir optiski izkorigēta, rezultātā iegūtā anizeikonija var būt vēl viens ambliopijas izraisošais faktors, jo dažāda izmēra tīklenes attēli var radīt fūzijas darbības traucējumus (*Phillips*, 1959).

Klīniski būtiska anizeikonija ir virs 2 % un sākotnēji tā parādās cilvēkiem ar anizotropiju (piemēram, cilvēks redz mazāku attēlu ar aci, kurai priekšā ir lielāks mīnuss) vai antimetropiju (viena acs ir miopiska, otra – hipermetropiska). Anizeikoniju novēro arī pacienti ar slīpo astigmātismu vai astigmātismu, kur stiprumi atšķirās dažādos meridiānos, ar citām iegūtām optiskām atšķirībām starp abām acīm, piemēram, afākijas gadījumā vai pacientiem pēc refraktīvās ķirurģijas (*De Witt*, 2007). Bieži vien attēls ir nefokusēts, līdz ar to ilgstošs izplūdums izraisa redzes sistēmas patoloģisku attīstību – noved pie ambliopijas (*Shrestha & Adhikari*, 2013). Ambliopija var attīstīties vienpusējas vai divpusējas refrakcijas kļūdas dēļ (*Bradfield*, 2013; *Shrestha & Adhikari*, 2013).

Rouse et al. (2004) izvirzīja savus anizotropijas ambliopijas refrakcijas kļūdas kritērijus, kurus arī izmanto daudzos zinātniskos rakstos (skat. 1.4. tab.).

1.4. tabula.

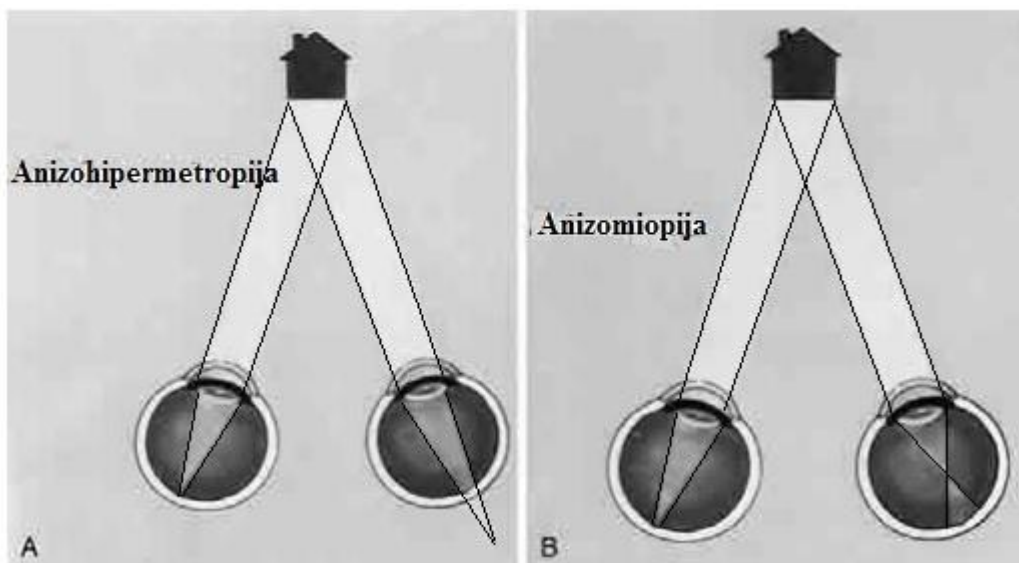
Anizotropijas ambliopijas refrakcijas anomālijas (*Rouse et al.*, 2004).

Anizotropija	Dioptrijas, D
Astigmātisms	>1,50 D
Hipermetropija	>1,00 D
Miopija	>3,00 D

Shrestha & Adhikari (2013) apgalvo, ka relatīvi zemas pakāpes hipermetropija vai astigmātisms (1,00 – 2,00 dioptrijas) var izraisīt zemas pakāpes ambliopiju. Miopiskā

anizotropija mazāka par 3,00 dioptrijām parasti neizraisa ambliopiju, bet vienaspusēja augstas pakāpes miopija ($\geq 6,00$ dioptrijām) var izraisīt ambliopiju un bieži vien noved pie smagām sekām. Jo lielāka anizotropija, jo smagāka ambliopijas norise.

Anizotropija var būt arī šķielēšanas iemesls (27 % gadījumos) (Attebo *et al.*, 1998). Līdzīgi kā šķielēšanas gadījumā, anizotropijas ambliopijas gadījumā foveja aktīvi tiek kavēta. Kavēšanas mērķis ir novērst sensoro interferenci, ko veido fokusētā un nefokusētā attēla pārklāšana (anormāla binokulārā mijiedarbība) (skat. 1.3. att.) (Noorden & Campos, 2002).



1.3. attēls. Ienākošās gaismas projicēšanās piemērs, (A) – anizohipermetropija, (B) – anizomiopija, rezultātā tīklenes attēls vairāk ametropajā acī nebūs safokusēts uz tīklenes (Noorden & Campos, 2002).

Bērniem ar anizotropijas ambliopiju bieži redzes asums uzlabojas tikai pastāvīgi lietojot pareizu brīļu korekciju (gan hipermetropijas, gan miopijas, gan astigmātisma gadījumā). Mazākiem bērniem, kuri vēl nekomunicē, korekciju ir jāizraksta neatkarīgi no brīļu iespējamās radītās anizeikonijas, jo bērns viegli spēj panest pat 5,0 dioptriju lielu atšķirību starp abu acu refrakcijām. Pēc tam ir nepieciešamas biežas atkārtotas vizītes, lai piemeklētu korekcijas lielumu, kas nodrošina labākās binokulārās funkcijas. Jo īpaši bērniem, kuri jau spēj labi komunicēt un ir iespējams novērtēt redzes asumu un citas redzes funkcijas. Šiem bērniem izraksta anizotropijas korekciju, kas nodrošina vislabākās binokulārās funkcijas un stereoredzi. Tas stimulēs abu acu neirālās un arī binokulārās šūnas redzes garozā. Ja tomēr pēc divu mēnešu optiskās korekcijas valkāšanas nav novērota redzes asuma uzlabošanās, pacientam ir jānozīmē oklūzijas, bet bieži vien acu ārsts nosaka oklūzijas uzreiz kopā ar izrakstīto brīļu korekciju, lai sagaidāmais rezultāts būtu sasniegts daudz ātrāk. Taču šādā gadījumā ir jāseko

līdzīgi binokulārajai redzei un tās attīstībai, nepieciešamības gadījumā samazinot oklūziju režīmu, ja binokularitāte sāk izjukt (Švede, lekciju kurss "Binokulārā redze").

1.3.4. Obskurācijas jeb deprivācijas ambliopija

Deprivācijas ambliopija ir reti sastopams veids. Lai gan šāda veida ambliopija ir mazāk nekā 3 % gadījumā, tā ir saistīta ar smagu redzes zudumu un var skart abas acis (Noorden & Campos, 2002). Deprivācijas ambliopijas galvenie iemesli ir iedzimta katarakta, ptoze jeb plakstiņa noslīdējums, radzenes apduļķošanās vai citi necaurlaidīgi traucējumi, kas parādās redzes attīstības periodā (Attebo et al., 1998). Piemēram, Rouse et al. (2004) papildus pie obskurācijas ambliopijas iemesliem piemin traumatisku kataraktu, agrīnu blefāroptozu, hifēmu (asinis acs priekšējā kamerā), asinsizplūdumi stiklveida ķermenī, kā arī piemin nekontrolētas oklūziju vai penalizācijas terapijas.

Stanković (2011) uzskata, ka deprivācijas ambliopija rodas, kad fizisks traucējums gar redzes līniju kavē labi nofokusēta un augsta kontrasta attēla veidošanos uz tīklenes. Šāda veida ambliopija prasa ātru un rūpīgu ārstēšanas terapiju. Neārstēts vienpusējs redzes attīstības traucējums, piemēram, katarakta vai ptoze, kas parādījies pirmajos trīs mēnešos, būtiski ietekmē redzes asuma attīstību. Ar neārstētu divpusēju traucējumu ir līdzīgs efekts, ja tas ir parādījies pirmajos sešos mēnešos. Deprivācijas ambliopijas smaguma pakāpe būs atkarīga no traucējuma parādīšanās laika un ilguma. Laicīga ārstēšanas neuzsākšana sola smagākas pakāpes ambliopijas.

1.3.5. Bilaterālā jeb divpusējā ambliopija

Attebo et al. (1998) definē bilaterālo ambliopiju, ja vislabāk koriģētais redzes asums abās acīs ir 0,6 (decimālās vienībās) vai mazāks. Bradfield (2013) apgalvo, ka bilaterālā ambliopija var rasties pacientiem ar augstas pakāpes refrakcijas kļūdu abās acīs. Huang et al. (2008) arī apliecina, ka galvenais bilaterālās ambliopijas cēlonis ir refrakcijas kļūda. Savā pētījumā viņi klasificēja refrakcijas kļūdas: astigmātismu $> 2,00$ dioptrijām, miopiju $> 4,00$ dioptrijām un hipermetropiju $> 3,00$ dioptrijām un vislabākais koriģētais redzes asums abās acīs bija $\leq 0,5$ (decimālās vienībās).

Bilaterālās ambliopijas terapija ir maksimāli precīza un pilna refrakcijas korekcijas izrakstīšana un attiecīgi brillu valkāšana. Ar to būs pietiekami, lai sasniegtu augstu redzes asumu. Papildus brillu valkāšanai var nozīmēt oklūzijas. Tomēr oklūzijas terapija bilaterālās ambliopijas gadījumā ir pretrunīga. Ļoti diskutabls jautājums, cik jālīmē viena un otra acs, vai līmēt tikai vienu aci, vai pārmaiņu oklūzijas būs efektīvas, un kā pārmaiņu oklūzijas ietekmēs binokulāro redzi un stereoredzi un to, cik stipri tās bojās fūziju mehānismu.

1.3.6. Histēriskā ambliopija

Histēriskā ambliopija ir termins, ko lieto, aprakstot sindromu, kad redzes asums samazinās kopā ar redzes lauku, bez jebkādiem organiskiem bojājumiem (*Behrman*, 1969). Histēriskā ambliopija ir viena no sarežģītākajām saslimšanām, kas izpaužas histērijas gadījumā. Ir pierādīts, ka organiski neiroloģiski simptomi histērijas laikā nav novērojami. Liela etioloģiska loma histēriskās reakcijas attīstībā pieder psiholoģiskai traumai, pārdzīvojumiem. Traucējumi no redzes puses var izpausties kā ambliopija (neliels redzes asuma samazinājums) vai pilnīgs redzes zudums, kā arī tiek traucēta krāsu redze, samazinās redzes lauks, var būt blefarospazma, akomodācijas traucējumi, viltus ptoze, anizeikorija (*Gončarova un citi*, 2006).

Streff 1961. gadā definēja savu novērojumu kā “bez simulācijas sindroms” (“*nonmalingering syndrome*”), attiecinot to uz histērisko ambliopiju. 1961. gadā *Streff* iepazīstināja “Austrumu jūras piekrastes redzes apmācības un teorētiskās optometrijas” (“*Eastern Seaboard Conference on Visual Training and Theoretical Optometry*”) konferences dalībniekus ar savu novērojumu. Kad runāja par ambliopiju, *Streff* izteicās, ka lielākai pētīto gadījumu daļai nepievērš uzmanību fiziskiem un emocionāliem traucējumiem. Viņš novēroja, ka skolas vecuma bērniem skrīninga laikā bija samazināts redzes asums tuvumā, bērniem bija netipiski tuvs lasīšanas attālums, kā arī bija novērojami akomodācijas traucējumi un samazinātas fūziju spējas. Šiem pacientiem tika izrakstītas neliela stipruma plus (0,25 – 0,75 dioptrijas) (monofokālas vai bifokālas) brilles. Ar laiku pacientiem normalizējās tuvuma darba attālums un samazinājās astenopiskās sūdzības (*Erickson et al.*, 1994). Vēlāk “bez simulācijas sindroms” tika definēts par “Strefa sindromu” (“*Streff syndrome*”). *Gilman* 1979.–1981. gados diferencēja “Strefa sindromu” no histēriskās ambliopijas uz etioloģiskā pamata (skat. 1.5. tab.).

1.5. tabula.

Histēriskās ambliopijas un “Strefa sindroma” (“*Streff syndrome*”) salīdzinājums (citēt pēc *Erickson et al.*, 1994).

Raksturīgā pazīme	Histēriskā ambliopija	“Strefa sindroms”
Dzimums (attiecība)	Sievietes (2:1)	Sievietes (2:1)
Vecums	8-14 gadi	6-12 gadi
Iesaistītā acs	Bilaterāli	Bilaterāli
Akomodācija	Iespējamās spazmas	Akomodācijas atpalikšana
Redzes lauks	Ierobežots	Ierobežots
Acu veselība	Normāla	Normāla
Simptomi	Migļaina/neskaidra redze	Grūtības skolā
Stereoredze	Samazināta	Samazināta
Krāsu redze	Normāla atbilde	Neuzticama atbilde
Mobilitāte	Normāla	Iespējama neveiklība
Attieksme	Atstumtība	Draudzīga

Gilman (1981) apgalvoja, ka histēriskai ambliopijai primāri piemīt psiholoģiska etioloģija, bet “Strefa sindroms” ir primāri autonomās nervu sistēmas traucējums, kas veidojas kā akomodācijas atbilde uz tuvu darba attālumu, līdz ar to ir dažādas atbildes uz redzes traucējumiem (citēts pēc *Erickson et al.*, 1994).

1.3.7. Organiskā ambliopija

Organiskā ambliopija saistīta ar centrālo tīklenes daļu un uz šī pamata tiek veidotas dažādas ārstēšanas metodes, kas domātas ekscentriskās fiksācijas un ambliopijas ārstēšanai (*Wadds*, 1968). Organiskā ambliopija asociējas ar tādām patoloģijām kā redzes nerva hipoplāziju vai makulas kolobomu.

Bērnu, ar organiskiem acu bojājumiem, aprūpe ir grūta un sarežģīta. Organisko bojājumu klātbūtne kopā ar ambliopiju rada komplikācijas kā sarežģīta un precīza diagnostika un papildus samazināts redzes asums (*Asadi & Ghasemi-Falavarjani*, 2008). Jāatceras, ka pacientiem ar organiskām diagnozēm ir iespējama ambliopijas sastāvdaļa, kuru kaut nedaudz ir iespējams ārstēt (*Wilson et al.*, 2009).

1.4. Ambliopijas terapija

Pasaulē ir pieņemts, ka ambliopija ir jādiagnosticē un jāārstē agrīnā bērnu vecumā, lai novērstu redzes traucējumu – redzes asuma samazināšanos. Agrīnā laicīgi uzsāktā ambliopijas terapija dod lielākas iespējas atjaunot redzes asumu “slinkajā” acī līdz 1,0 (decimālās vienībās) (Khalaj *et al.*, 2011).

Cik bieži pacients ar ambliopiju zaudē redzi viņa veselajā acī? Zinātnieki Tommila un Tarkkanen (1981) pētīja informāciju par ambliopo pacientu īpatsvaru Somijā laika posmā no 1958. gada līdz 1978. gadam, kuri dzīves laikā zaudēja redzi veselajā acī (trauma – nelaimīgs gadījums darbā, sports, spēles trauma, trieciens pa aci (vardarbība), slimība – audzējs, uveīts, asinsvadu oklūzija, glaukoma, tīklenes atslāņošanās u.c.). Vairāk nekā 50 % gadījumā akluma cēlonis bija trauma. Pacientiem ar ambliopiju risks kļūt par neredzīgiem ir lielāks nekā pacientiem bez ambliopijas. Šī problēma joprojām ir aktuāla un liek aizdomāties par bērnu ambliopijas ārstēšanas nepieciešamību.

Lai gan tiek plaši uzskatīts, ka ambliopiju nav iespējams veiksmīgi izārstēt pēc aptuveni 6-8 gadu vecuma sasniegšanas (Lewis & Maurer, 2005; Chia *et al.*, 2010; Khalaj *et al.*, 2011), daži autori piemin 9-10 gadu vecumu (Scott & Dickey, 1988; Flynn *et al.*, 1998), turklāt neseno pētījumi ar dzīvniekiem ir pierādījuši, ka redzes garozas plasticitāti var atjaunot vai uzlabot arī vēlākā dzīves periodā (Zörner & Schwab, 2010). Būtiski, ka jaunākie pētījumi ne tikai liek aizdomāties par tradicionālās oklūziju ārstēšanas pārskatīšanu, bet piedāvā arī citas alternatīvas ambliopijas ārstēšanas iespējas, kas dod iespēju uzlabot redzes asumu gan agrīna vecuma bērniem, gan pusaudžiem, gan pieaugušajiem (Baroncelli *et al.*, 2011; Sengpiel, 2014).

1.4.1. Refrakcijas korekcija

Pirms jebkuras ambliopijas terapijas uzsākšanas, ambliopijai acij ir nepieciešama precīza refrakcijas korekcija (Shrestha & Adhikari, 2013). Refrakcijas korekcijas izrakstīšanu veic pēc visiem ametropijas korekcijas likumiem (obligāti izmantojot cikloplēģijas datus, jo maziem bērniem gandrīz nav iespējams veikt subjektīvās korekcijas piemeklēšanu). Tiek izrakstīta pilna, maksimāli precīza refrakcijas korekcija, lai nodrošinātu skaidru attēlu uz tīklenes, it īpaši anizometropijas vai astigmātisma gadījumā (Ibironke *et al.*, 2011), kad var nodrošināt ievērojamu redzes asuma celšanos un dažreiz pilnu redzes asuma atjaunošanos ambliopijā acī (atkarībā no ambliopijas veida) (*Pediatric Eye Disease Investigator Group*, 2006b; 2007; Shrestha & Adhikari, 2013). Arī šķielēšanas gadījumā (pie akomodatīvās ezotropijas) izraksta maksimālo korekciju, lai nodrošinātu veiksmīgu ambliopijas ārstēšanu (Steele *et al.*, 2006) (citēts pēc Shrestha & Adhikari, 2013).

Bērniem ar ambliopiju izrakstīto korekciju jālieto pastāvīgi. Bērniem bieži jānāk uz atkārtotām redzes pārbaudēm, lai varetu sekot līdz redzes asuma uzlabojumiem. Ja tomēr tikai brillu korekcijas valkāšana nepalīdz uzlabot redzes asumu “slinkajā” acī, var mēģināt apvienot refrakcijas korekciju kopā ar labāk redzošās acs oklūzijām, līdz ar to panākot labāku rezultātu ātrāk un efektīvāk (*Pediatric Eye Disease Investigator Group, 2006a; Cotter, 2007*).

1.4.2. Oklūzijas

Ambliopijas terapijas metode nav mainījies jau vairāk kā 290 gadus. Veselās acs izslēgšana no redzes procesiem – tiešā oklūzija – veca, aprakstītākā un izplatītākā ambliopijas ārstēšanas metode (*Sherman, 1995*). Tā tiek uzskatīta par pasīvo metodi, kas stimulē redzi vājākajā (ambliopajā) acī un palīdz smadzeņu daļai, kas atbild par ambliopās acs redzes funkcijām, pilnīgāk attīstīties (*Shrestha & Adhikari, 2013*). Labāk redzošo aci var aizklāt ar pārseju (maziem bērniem), plāksteri, specializēto oklūderi (skat. 1.4. att.), kas stiprinās pie brillu rāmja vai brillu lēcas.



1.4. attēls. Oklūderu veidi (A) maziem bērniem un (B) pieaugušajiem².

Vecums, kurā jāsāk ambliopijas terapija ir tieši saistīta ar terapijas efektivitāti – jo agrāks ir bērna ārstēšanas uzsākšanas laiks, jo ātrāka ir atbilde uz terapiju. Kad bērni sasniedz vecumu

² <http://patchpals.com/>

no 6 līdz 7 gadiem, redze uzlabojas lēni un bieži vien oklūdera/plākstera nēsāšana kļūst par nopietnu problēmu (Noorden & Campos, 2002).

Jau 1722. gadā *Saint Yves* ir aprakstījis dominējošās acs aizlīmēšanu, lai nodarbinātu šķielējošo aci. Toties *Buffon* 1723. gadā rekomendēja veikt dominējošās acs oklūzijas, lai izlabotu acu stāvokli šķielēšanas gadījumā (citēts pēc *Fells*, 1990). Mūsdienās uzskata savādāk, ka oklūzijas neuzlabo acu stāvokli šķielēšanas gadījumā. Oklūziju galvenais uzdevums ir pārveidot monokulāro šķielēšanu alternējošajā šķielēšanā un līdz ar to nodrošinot abu acu piedalīšanos redzes procesos (*Avetisovs*, 1968) (citēts pēc *Gončarova un citi*, 2006).

Oklūzijas veidus var izdalīt (*Gončarova un citi*, 2006):

- ♦ daļēja tiešā (ar pārtraukumiem) jeb saudzējošā oklūzija – varbūt dažas stundas dienā (pat nedēļā);
- ♦ pilnā tiešā jeb agresīvā oklūzija – no rīta līdz vakaram;
- ♦ uzturošā oklūzija – labu rezultātu nostiprināšana un uzlabošana;
- ♦ netiešā oklūzija – ambliopās acs fiksācijas izmaiņšanai (ekscentriskas fiksācijas un anormālas tīkļu korespondences gadījumā).

Cleary (2000) savā darbā pētīja bērnus ar šķielēšanas ambliopiju 5-6 gadu vecumā viena gada laikā. Viena grupa veica oklūzijas kopā ar briļļu korekciju, otra grupa – lietoja tikai briļļu korekciju. Bērniem vajadzēja nākt uz atkārtotu vizīti ik pēc trīs mēnešiem. Rezultāti parādīja, ka redzes asums ambliopajā acī uzlabojās abās grupās, tomēr bērni, kas papildus korekcijas valkāšanai veica oklūzijas, uzrādīja labākus rezultātus. *Pediatric Eye Disease Investigator Group* (2013) interesēja bērni vecumā no 3 līdz 7 gadiem, kas lietoja refrakcijas korekciju un veica oklūzijas un kam apstājās redzes asuma uzlabošanās. Kopā eksperimentā piedalījās 169 bērni, kuriem vajadzēja veikt divu stundu oklūzijas. Eksperimenta laikā oklūziju laiks tika mainīts, līdz ar to izveidojās divas grupas – tie, kas veica oklūzijas divas stundas dienā un tie, kas aizlīmēja aci ciet sešas stundas dienā. Pārbaudot redzes asumu pēc 10 nedēļām, redzes asuma uzlabošanās vairāk bija grupai, kas veica sešu stundu oklūzijas, salīdzinot ar divu stundu oklūzijām. Balstoties uz šiem rezultātiem, zinātnieki piedāvā bērniem ar atlieku ambliopiju veikt oklūzijas sešas stundas dienā, nevis divas, labāku rezultātu sasniegšanai.

Jaunākie pētījumi parāda, ka arī pieaugušiem cilvēkiem ir iespējams uzlabot redzes asumu “slinkajā” acī (*Pediatric Eye Disease Investigator Group*, 2005; *Astle et al.*, 2011; *Levi*, 2012; *Khan*, 2015). *Khan* (2015) savā pētījumā skatījās, vai 61 dalībniekam ar anizotropijas ambliopiju vecumā no 12 līdz 30 gadiem ir iespējams uzlabot redzes asumu ambliopajā acī. Dalībnieku galvenais uzdevums bija veikt oklūzijas 2-4 stundas dienā un pēc iespējas vairāk noslogot ambliopo aci, veicot tuvuma darbus. Šis pētījums skaidri parāda, ka dalībniekiem ar

anizotropijas ambliopiju vecumā no 12 līdz 30 gadiem nav kritiskā ārstēšanas perioda. Pat 2-4 stundu veselās acs oklūzijas dienā kopā ar tuvuma slodzi spēj uzlabot redzes asumu ambliopajā acī. Tomēr autori piebilst, ka konsultācijas un pacientu līdzestība, atbildība ir svarīga ārstēšanas komponente. *Pediatric Eye Disease Investigator Group* (2005) pētīja terapijas efektivitāti pacientiem vecumā no 7 līdz 17 gadiem. Viņi pierādīja, ka ambliopiju var veiksmīgi ārstēt pacientiem, kas ir jaunāki par 17 gadiem. Savā darbā, kurā kopā piedalījās 507 pacienti ar vidējas un augstas pakāpes ambliopiju, aptuveni ¼ daļai redzes asuma uzlabošanās bija sasniegta tikai ar refrakcijas korekcijas palīdzību. Papildus veicot 2-6 stundu oklūzijas, dalībnieki sasniedza labākus rezultātus.

Irfan et al. (2013) savā pētījumā vēlējās uzzināt, cik liels redzes uzlabojums ir iespējams pacientiem ar augstas pakāpes ambliopiju, izmantojot agresīvo oklūziju, un kā pacientu vecums ietekmē rezultātus. Eksperimentā kopā piedalījās 115 dalībnieki ar viļņpusējo augstas pakāpes ambliopiju, kas tika sadalīti trīs grupās: 3-7 gadi, 8-12 gadi un 13-35 gadi. Pacientiem mēneša laikā tika izrakstīta refrakcijas korekcija, kam vēlāk sekoja līdzī pilna laika oklūzijas kopā ar 3-4 stundu tuvuma darbiem. Ārstēšanu turpināja līdz brīdim, kamēr pacientu redzes asums uzlabojās līdz 1,0 (decimālās vienībās), vēlāk terapija tika samazināta un beigu beigās pārtraukta. Pacienti tika novēroti vēl 18 mēnešus pēc eksperimenta pārtraukšanas. Rezultāti parādīja, ka grupai 3-7 gadi bija 100 % redzes asuma uzlabojums, grupai 8-12 gadi – 93 % un grupai 13-35 gadi - 97 %. Tas liecina par to, ka smadzeņu un redzes sistēmai ir ievērojama neirālā plasticitāte arī pieaugušo vecumā.

Jāatceras, ka ir arī negatīvā terapijas puse – pasīvā ārstēšana (oklūzijas) bērnam izraisa negatīvu psihosociālo ietekmi. *Dixon-Woods et al.* (2006) savā darbā pētīja vecāku un bērnu, kas veica oklūzijas, līdzestību. Visi vecāki atzinās, ka sajuta grūtības un dilemmu terapijas sākuma stadijā, kad bērnu vajadzēja pieradināt un piespiest aizlīmēt veselo aci ciet uz dažām stundām dienā. Bērnu vecāki bija ļoti jutīgi un neuzticīgi pret ārstēšanas terapiju, ko noteica redzes speciālists, bieži jauca un piemirsa izstāstīto informāciju kabinetā vai ignorēja ārstnieciskās personas autoritāti. Bija vecāki, kas apgalvoja, ka pātrauks ambliopijas ārstēšanu, ja nebūs rezultātu, kā arī, ja bērns cietīs sociālajā un izglītības jomā, bet bija arī vecāki, kas mēģināja palīdzēt saviem bērniem tikt galā ar grūtībām, veicot oklūzijas. Viņi, piemēram, izdomāja speciālas atlīdzības balvas, veidoja kalendārus, kur pielīmēja bērna oklūderus (plāksterus), mainot oklūderu veidus, mēģināja motivēt un paskaidrot bērnam terapijas nozīmīgumu utt. Neatkarīgi no vecāku darbības un vēlēšanās palīdzēt saviem bērniem, viņi vēlējās aizstāvēt savu uzvedību kā “labā vecāka” uzvedību.

Bērns ar aizlīmētu aci veselo bērnu vidū ir nesaprotams un svešs. Bērnam tā ir psiholoģiska trauma (*Press, 2002*). Gončarova ar kolēģiem iesaka skolas vecuma bērniem veikt

tiešo oklūziju (ambliopija tikai ar pareizu fiksāciju) mājas apstākļos kosmētiskā izskata dēļ. Lielākai bērnu daļai nepatīk veikt oklūzijas, it īpaši ambliopijas augstas pakāpes gadījumā, kad labāk redzošā acs tiek aizklāta un bērnam liek darboties ar, piemēram, redzes asumu 0,05-0,1 (decimālās vienībās). Tāpat regulāra plākstera noraušana un aizlīmēšana kairina bērna sejas ādu un līdz ar to veido alerģisku kairinājumu un diskomfortu.

1.4.3. Penalizācija

Penalizācija (tulkojot no franču valodas “*penalite*” – sods) ir apzināta redzes asuma pasliktināšana labāk redzošajā acī, kas tiek panākta ar hiperkorekcijas izrakstīšanu, ar medikamentu palīdzību vai to kombināciju. Penalizācija kā ambliopijas ārstēšanas metode tika pielietota jau 60. gados (*Gončarova un citi*, 2006). Agrāk penalizācijas metodi veica bērniem, kuri nelīmēja vai negribēja lietot oklūderus/uzlīmes, vai kuriem bija radušās problēmas ar oklūzijām (*Shrestha & Adhikari*, 2013).

Ar penalizācijas palīdzību ir iespējams sasniegt sekojošos mērķus:

- ♦ šķielējoša ambliopā acs iesaistās aktīvajā darbībā, kas nodrošina “slinkās” acs redzes asuma ceļšanos;
- ♦ vadošā (sodītā) acs arī periodiski piedalās redzes procesos, kas pie ilgstošās terapijas metodes izmantošanas izlēdz varbūtību samazināties redzes asumam veselā acī;
- ♦ pozitīvās (plus) korekcijas palielināšana vadošās acs priekšā, kas rezultātā samazina prasības akomodēt-konverģēt, kas palīdz samazināt un novērst šķielēšanu;
- ♦ penalizācijas laikā samazinās varbūtība izveidoties tīklenes anormālajai korespondencei, gadījumos, kad tā jau ir izveidojusies – anomālās funkciju saites samazinās, pazūd.

Kopā izdala sešus penalizācijas veidus: tuvuma un tāluma penalizāciju, pilnu (totālu), vieglu, selektīvu un alternējošu (*Gončarova un citi*, 2006).

Tuvuma penalizācijas mērķis ir padarīt ambliopo aci tuvumā par fiksējošo, bet nešķielējošo aci – tālumā par fiksējošo. Vadošajā acī tiek pilināts vienu reizi 2-3 dienās atropīns, bet šķielējošās acs priekšā uzliek 2,00 dioptriju hiperkorekciju. Tuvuma penalizācija tiek nozīmēta uz 4-6 mēnešiem. Ja neizdodas sasniegt vēlamos mērķus, tad jāmēģina atkal veikt tiešās oklūzijas veselai acij.

Tāluma penalizācija mērķis ir padarīt šķielējošo aci par fiksējošo tālumā, bet dominanto nešķielējošo aci – tuvumā. Labāk redzošajā acī tiek pilināts ik pēc dienas 0,1 % atropīns un tiek izrakstīta 3,00 dioptriju hiperkorekcija, lai mākslīgi padarītu vadošo aci par miopisku, pasliktinot tās redzi tālumā. Šķielējošai acij tiek izrakstīta maksimāli pilna korekcija.

Pilnā jeb totālā penalizācija tiek izmantota bērniem gadījumos, kad tiešās oklūzijas veikšana nav iespējama. Bērniem tiek nozīmēta atropinizācija un veselās acs nepilnā korekcija un ambliopās acs pilnā korekcija. Rezultātā vadošās acs redzes asums samazinās un bērns ir spiests gan tālumā, gan tuvumā izmantot ambliopo aci.

Vieglā penalizācija ir līdzīga tāluma penalizācijai, bet nav pielietots atropīns. Hiperkorekcijas lielums vadošai acij tiek nozīmēts tāds, lai redzes asums brillēs būtu zemāks par šķielējošās acs koriģēto redzes asumu. Šajos apstākļos šķielējošā acs aktīvāk pieslēdzas binokulārai darbībai un paātrinās binokulārās redzes veidošana. Bērniem ar miopisku refrakciju un diverģējošo šķielēšanu nav ieteicama visu veidu penalizācijas ārstēšanas metodes.

Selektīvā penalizācija tiek sasniegta ar vadošās acs pilnās korekcijas izrakstīšanu un atropinizāciju, kā arī bifokālās korekcijas izrakstīšanu šķielējošai acij. Stikla augšējā daļa atbilst izrakstītai un atbilstošai korekcijai, bet apakšējā daļa – stiprāka par 2,00 dioptrijām. Šī metode paredzēta gadījumos, kad tālumā šķielēšanas nav, bet tā parādās, fiksējot uz tuvuma objektiem. Šī metode praksē tiek ļoti reti izmantota, jo parasti tiek izrakstīta bifokālā korekcija abām acīm.

Alternējošā penalizācija tiek izmantota alternējošās šķielēšanas gadījumā. Šī metode tiek pielietota neliela alternējošās šķielēšanas leņķa gadījumā, kad ir aizdomas par tīklenes anormālas korespondences izveidošanos un ir cerība uz abu acu simetriska stāvokļa atjaunošanos bez operācijas iejaukšanās.

Tejedor & Ogallar (2008) salīdzināja savā starpā penalizācijas metodes efektivitāti vidējas ambliopijas pakāpes ārstēšanā, izmantojot farmakoloģisko (atropīna pielietošana) un optisko (pozitīvās brillu lēcas) penalizāciju. Kopā piedalījās 70 bērni 2-10 gadu vecumā. Statistiski būtiskāku rezultātu uzlabojumu redzes asumā uzrādīja dalībnieki, kas bija veikuši farmakoloģisko penalizāciju. Autori secināja, ka atropīna izmantošana ir efektīvāka par pozitīvo brillu izrakstīšanu kā penalizācijas metode.

Foley-Nolan et al. (1997) savā darbā salīdzināja oklūzijas un penalizācijas metožu efektivitāti ambliopijas ārstēšanā. Eksperimentā kopā piedalījās 36 bērni (vid. vecums 5,6 gadi) ar anizotropijas un šķielēšanas ambliopiju. Dalībnieki tika sadalīti divās grupās – tie, kas veica oklūzijas un grupa, kas izmantoja atropīnu (penalizācijas metode). Abu grupu dalībnieki uzrādīja statistiski būtiskus rezultātus redzes asuma uzlabošanā, tomēr otrās grupas dalībnieki uzrādīja labākus rezultātus, kā arī dalībnieku līdzestība bija daudz labāka, nekā pacientiem, kas veica oklūzijas. Autori piemin, ka atropīna izmantošana ambliopijas ārstēšanā ir izdevīgāka un

lētāka, nekā oklūziju metode, kad vecākiem jātēre līdzekļi acu plāksteriem (oklūderiem). Toties *Pediatric Eye Disease Investigator Group* (2003) rezultāti sanāca pretēji. Savā pētījumā viņi salīdzināja, vai oklūziju un atropinizācijas metožu efektivitāte ir saistīta ar pacientu vecumu, ambliopijas cēloni vai ambliopijas pakāpi, kā arī ar noteiktu sākuma līmēšanas stundu skaitu. Eksperimentā piedalījās 419 bērni, kas ir jaunāki par septiņiem gadiem, un ar ambliopijas pakāpi no 0,5 līdz 0,1 (decimālās vienībās). Sešu mēnešu laikā pacientiem vajadzēja veikt oklūzijas vai atropinizāciju. Redzes asuma uzlabojums bija statistiski būtisks pacientiem, kas veica oklūzijas, salīdzinot ar atropinizācijas dalībnieku grupu. Metodes efektivitāte nebija saistīta ar pacienta vecumu un ambliopijas cēloni.

1.4.4. Specializētās datorspēles

Video un datorspēles kļuvas populāras kopš 1970. – 1980. gadiem. Videospēlēm ir pieaugusi popularitātē, pateicoties to izklaides faktoram, kā arī interesantam un piesaistošam dizainam. Balstoties uz videospēļu popularitāti, ir izdomāti veidi, kā tās izmantot produktīvos nolūkos, piemēram, video un datorspēļu izmantošana veselības aprūpes jomā (*Xu et al.*, 2015). Vairāki klīniskie pētījumi ir parādījuši ieguvumus no videospēļu izmantošanas, lai ārstētu ambliopiju (*Waddingham et al.*, 2006; *Herbison et al.*, 2012; *Knox et al.*, 2012; *Spiegel et al.*, 2013; *Li et al.*, 2013; *Hess et al.*, 2014; *Kelly et al.*, 2016).

Mūsdienu tehnoloģijas dod iespējas attīstīt un pilnveidot tradicionālās metodiskās pieejas ambliopijas ārstēšanā. Ar pievilcīgās grafikas palīdzību, dažādām redzes stimulu un uzdevumu īpašībām, redzes stimuliem jāpiespiež bojātās/traucētās funkcijas piedalīties redzes procesos. Stimulus ir paredzēts, lai iesaistītu darba procesā kopā ne tikai redzes, bet arī motorās un sensorās sistēmas. Datorgrafika dod milzīgu iespēju izveidot dažādas ārstnieciskas programmas, kuras nodrošina automātisku procesa kontroli un precīzu rezultātu reģistrēšanu. Izveidotās jaunās datorprogrammas dod iespēju paaugstināt redzes asumu ambliopajā acī, samazina un novērš šķielēšanas leņķi, attīsta fūziju spējas un binokulārās funkcijas, ieskaitot stereoredzi. Visās datorprogrammās ārstēšanas forma ir paredzēta spēles formā ar pacientu aktīvo piedalīšanos procesā, kas krietni paaugstina pacienta ieinteresētību, motivāciju un līdz ar to samazina ārstēšanas laiku (*Gončarova un citi*, 2006).

Pēdējos gados pētījumos ar vien vairāk izmanto binokulārās ambliopijas ārstēšanas metodes (*Hess et al.*, 2014; *Kelly et al.*, 2016; *Bossi et al.*, 2017; *Žiak et al.*, 2017), kuru mērķis ir novērst supresiju un uzlabot binokulārās redzes funkcijas. Cilvēkiem ar ambliopiju var būt strukturāli neskarta, bet funkcionāli supresēta binokulārā redzes sistēma. Ambliopijas binokulārā terapija balstās uz uzdevumiem, kas prasa binokulāro stimulu kombināciju, kuri tiek dihoptiski (kad stimul X ir parādīts labajai acij, bet kreisajai acij tiek rādīts stimul Y) parādīti,

rādīt stimulus ar augstu kontrastu “slinkajai” acij un zemu kontrastu – labāk redzošai acij. Līdz ar to abas acis tiek stimulētas vienlaicīgi (Guo et al., 2016).

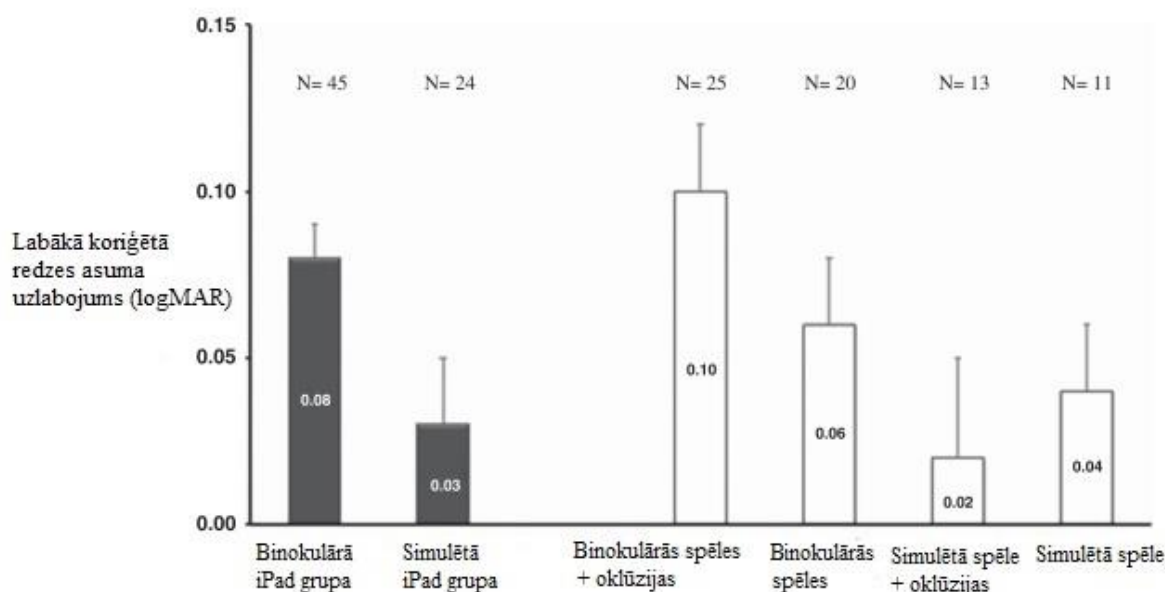
Visbiežāk izmantotā dihoptiskā spēle ir Tetris® (skat. 1.6. tab.), ar zema kontrasta krītošiem blokiem un ar augsta kontrasta – stacionāriem blokiem, kurus jāsaliek kopā, lai izveidotu nepārtrauktas bloku rindas. Spēles laikā tiek izmantotas anaglifā brilles, lai sadalītu stimulus starp abām acīm.

1.6.tabula.

Dažādu klīnisko pētījumu apkopojums par specializēto datorspēļu pielietojumu ambliopijas ārstēšanā (Knox et al., 2012; Li et al., 2013; Spiegel et al, 2013; Hess et al., 2014; Birch et al., 2015).

Autors	Spēle	Dalībnieku skaits	Vecums, gadi	Laiks, st	Rezultāts
<i>Knox et al.</i> (2012)	Tetris®, kas rādīts caur, uz galvas piesūrinātām, video brillēm (binokulārā ārstēšana)	14	5-14	Kopā 5 st	6 dalībniekiem uzlabojās redzes asums par 0,1 (logMAR vienībās), 3 dalībniekiem uzlabojās stereoasums
<i>Li et al.</i> (2013)	Tetris®, kas rādīts caur, uz galvas piesūrinātām, video brillēm (gan binokulārā, gan monokulārā)	18	21-31	Kopā 10 st	Redzes asuma un stereoredzes uzlabojums (binokulāra> monokulārā terapija)
<i>Spiegel et al.</i> (2013)	Tetris® uz skārienjūtīgās iPad ierīces	16	18-31	Kopā 11 st	Redzes asuma uzlabojums par 3 rindām. 12 dalībniekiem uzlabojās stereoredze
<i>Hess et al.</i> (2014)	Tetris® uz skārienjūtīgās iPad ierīces	14	13-50	Kopā 10-30 st	Redzes asuma uzlabojums par 1,1 rindiņu un 13 dalībniekiem uzlabojās stereoredze
<i>Birch et al.</i> (2015)	Tetris® uz iPad ierīces	50	3-7	Kopā 16 st	Redzes asuma uzlabojums, stereoredze - nē

Li et al. (2014) savā pētījumā gribēja uzzināt ambliopijas binokulārās terapijas efektivitāti, ja datorspēles ir spēlētas mājas apstākļos. Eksperimentā piedalījās bērni vecumā no 4 līdz 12 gadiem, ar šķielēšanas, anizotropijas un jaukta tipa ambliopiju. Obligāts nosacījums – bērniem ar šķielēšanas ambliopiju vajadzēja būt veiktai šķielēšanas labošanas operācijai un šķielēšanas leņķim vajadzēja būt mazākam par piecām prizmatiskām dioptrijām. Eksperimenta laikā 25 bērniem vajadzēja spēlēt simulēto (“sham”) spēli un pēc tam 50 dalībniekiem vajadzēja spēlēt binokulāro iPad spēli, izmantojot sarkani-zaļās brilles/filtrus. Spēle tika izveidota, lai viena acs redzētu augsta kontrasta attēlu (ambliopā acs) un otra – zema kontrasta attēlu (labāk redzošā acs). Dalībniekiem tika piedāvātas četru veidu spēles – “Tetris”, “Baloni”, “Pongs” un “Labirints”. Pētnieki Li et al. (2014) pierādīja, ka ārstēšana ar binokulārās iPad spēles palīdzību ātri uzlabo redzes asumu, un redzes asums bija stabils vismaz 3 mēnešus pēc ārstēšanas pārtraukšanas (skat. 1.5. att.).

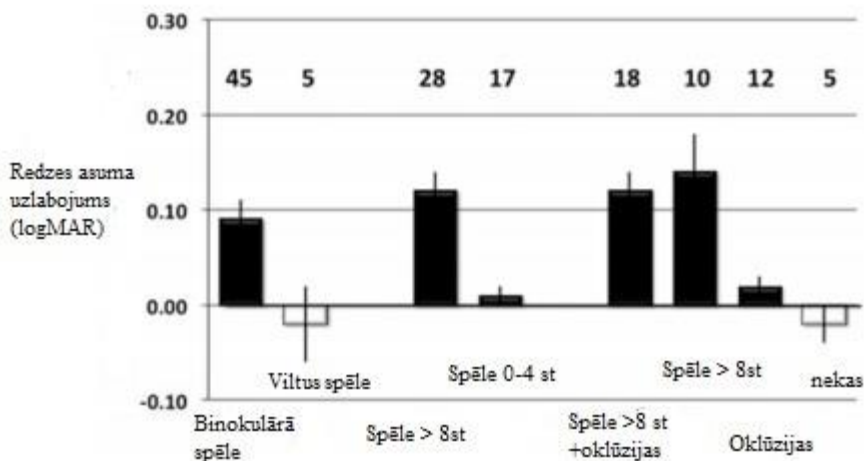


1.5. attēls. Redzes asuma izmaiņas ambliopajā acī ar labāko korekciju, četru nedēļu laikā spēlējot spēli. No kreisās puses: redzes asuma izmaiņas ar labāko korekciju bērniem, kas spēlēja binokulāro iPad spēli, un bērnu grupai, kas spēlēja simulēto iPad spēli. No labās puses: gan no pirmās, gan no otrās bērnu grupām tika atlasīti bērni, kas papildus spēlei veica oklūzijas paredzētajā laikā (Li et al., 2014).

Var redzēt, ka statistiski būtiskas redzes asuma izmaiņas bija bērnu grupai, kas spēlēja binokulāro iPad spēli – tiem bērniem, kas spēlēja binokulāro spēli un papildus veica oklūzijas, kā arī bērniem, kas tikai spēlēja binokulāro spēli. Statistiski būtiskas atšķirības starp redzes asuma uzlabojumiem otrai grupai nebija, kas spēlēja simulēto iPad spēli un kas veica oklūzijas kopā ar simulētās spēles spēlēšanu. Statistiski nozīmīgāks (lielāks) redzes asuma uzlabojums

bija grupai, kas spēlēja binokulāro spēli un veica oklūzijas, salīdzinot ar otro grupu, kas spēlēja simulēto spēli un veica oklūzijas, kā arī statistiski būtisks redzes asuma uzlabojums bija grupai, kas tikai spēlēja binokulāro iPad spēli salīdzinot ar otro grupu, kas spēlēja tikai simulēto spēli. Vidējais stereosums abās grupās nav izmainījies, izņemot 5 dalībniekiem, kas spēlēja binokulāro spēli, kam stereosums ir uzlabojies.

Birch et al. (2015) gribēja atkārtot eksperimentu un apskatīties, vai tiešām iPad spēles var uzlabot redzes asumu pirms skolas vecuma bērniem ar ambliopiju. Kā arī iepriekšējā pētījumā dalībniekiem vajadzēja izmantot sarkani-zaļas brilles/filtrus. Kopā piedalījās 50 bērni vecumā no 3 līdz 7 gadiem. Bērniem vajadzēja spēlēt binokulāro spēli, kā arī dažiem vajadzēja veikt papildus oklūzijas. Dalībnieki varēja izvēlēties spēles: “Tetris”, “Baloni”, “Pongs” un “Labirints”. Eksperiments pierādīja, ka dihoptiskā binokulārā spēle bija efektīvāka ārstēšanā nekā viltus spēle (skat. 1.6. att.).



1.6.attēls. Redzes asuma izmaiņas četrus nedēļu laikā bērniem ambliopijā acī ar labāko korekciju, kas spēlēja binokulāro un simulēto iPad spēli, kas veica oklūzijas un kas nedarīja neko (*Birch et al., 2015*).

Var redzēt, ka simulētā iPad spēle statistiski būtiski neuzlaboja redzes asumu, toties ir statistiski būtisks redzes asuma uzlabojums, spēlējot binokulāro iPad spēli, kā arī statistiski būtiskus redzes uzlabojumus uzrādīja bērni, kas spēlēja vairāk par 8 stundām nedēļā, nekā bērni, kas spēlēja 0-4 stundas. Kā arī autori pieminēja, ka nebija statistiski būtiskas izmaiņas stereoredzes uzlabošanā.

Kelly et al. (2016) pētīja binokulārās iPad spēles efektivitāti ambliopijas ārstēšanā bērniem 5-10 gadu vecumā un salīdzināja binokulāro ārstēšanu ar oklūziju metodi. Pētījumā kopā piedalījās 28 dalībnieki, kuri randomizētā kārtībā tika sadalīti divās grupās, kas veica

oklūzijas un kas spēlēja binokulāro iPad spēli. Dalībniekiem, kas spēlēja datorspēli, tika palūgts spēlēt spēli mājas apstākļos vienu stundu dienā piecas reizes nedēļā divu nedēļu laikā (kopā 10 stundas). Spēles laikā vajadzēja izmantot anaglifā brilles (sarkan-zaļās brilles/filtrus), lai sadalītu stimulus starp abām acīm. Zema kontrasta elementus redzēja neambliopā acs, bet augsta kontrasta stimulus – ambliopā acs. Dalībniekiem, kas veica oklūzijas, vajadzēja katru dienu līmēt labāk redzošo aci divas stundas divu nedēļu laikā (kopā 28 stundas). Pēc divu nedēļu terapijas, abās grupās statistiski būtiski uzlabojās redzes asums ambliopajā acī, taču dalībniekiem, kas spēlēja binokulāro iPad spēli redzes asuma izmaiņas bija lielākas. Abām dalībnieku grupām statistiski būtiskas izmaiņas stereoasumā nebija. Binokulārā iPad spēle ir efektīva ambliopijas ārstēšanas metode. *Kelly et al.* (2016) apgalvo, ka specializētā datorspēle ir efektīvākā ambliopijas ārstēšanas metode, kura ilga divas nedēļas, salīdzinot ar oklūziju terapiju. Binokulārā spēle, kas līdzsvaro kontrastu, palīdzot pārvarēt supresiju, ir perspektīva papildus iespēja ambliopijas ārstēšanā.

Jaunās ārstēšanas metodes ir tieši vērstas pret supresijas iedarbību uz redzes garozu, lai uzlaboto gan binokulārās, gan monokulārās redzes funkcijas. Sensori-motorā mijiedarbība, kamēr pacients intensīvi ir padziļināts spēles procesā, var ierobežot smadzeņu darbību, kas ļauj smadzenēm pielāgoties, un nodrošina pamatu smadzeņu funkcionālai plasticitātei. Videospēles ambliopijas ārstēšanā ir efektīvas, jo stimulē redzes asuma atjaunošanās un citas redzes funkcijas, piemēram, stereoredzi (*Hess & Thompson, 2015*), lai gan starp stereoasuma un redzes asuma uzlabošanās nav ciešas korelācijas. Tas nav negaidīts, jo stereoasuma samazināšanās ambliopijas gadījumā nav saistīta tikai ar redzes asuma izmaiņām (*Hess et al., 2014*).

2. EKSPERIMENTĀLĀ DAĻA

2.1. Eksperimenta dalībnieki

Eksperimenta dalībnieku galvenie atlases kritēriji:

- ♦ vismaz divu optotipu rindiņu atšķirība labāk koriģētajā redzes asumā starp abām acīm;
- ♦ dalībnieku vecums no 7 līdz 18 gadiem;
- ♦ binokulārās redzes esamība;
- ♦ vispārēji un neiroloģiski veseli bērni.

Redzes asuma pārbaude:

- ♦ labākais koriģētais redzes asums;
- ♦ ciparu optotipi;
- ♦ monokulāra redzes pārbaude;
- ♦ tālumā un tuvumā;
- ♦ redzes asuma pārbaude ar atsevišķiem optotipiem tika izslēgta, lai izvairītos no pūļa efekta ietekmes.

Stereoredzes pārbaude:

- ♦ TNO tests tuvumā, izmantojot sarkan-zaļās brilles;
- ♦ Polarizētais tāluma (Ostenberga) tests, izmantojot polarizētās brilles;
- ♦ dalībniekiem, kam TNO tests bija negatīvs, stereoredze tuvumā tika pārbaudīta ar satikšanās testu, bet rezultāti netika atspoguļoti analizē.

Supresijas pārbaude:

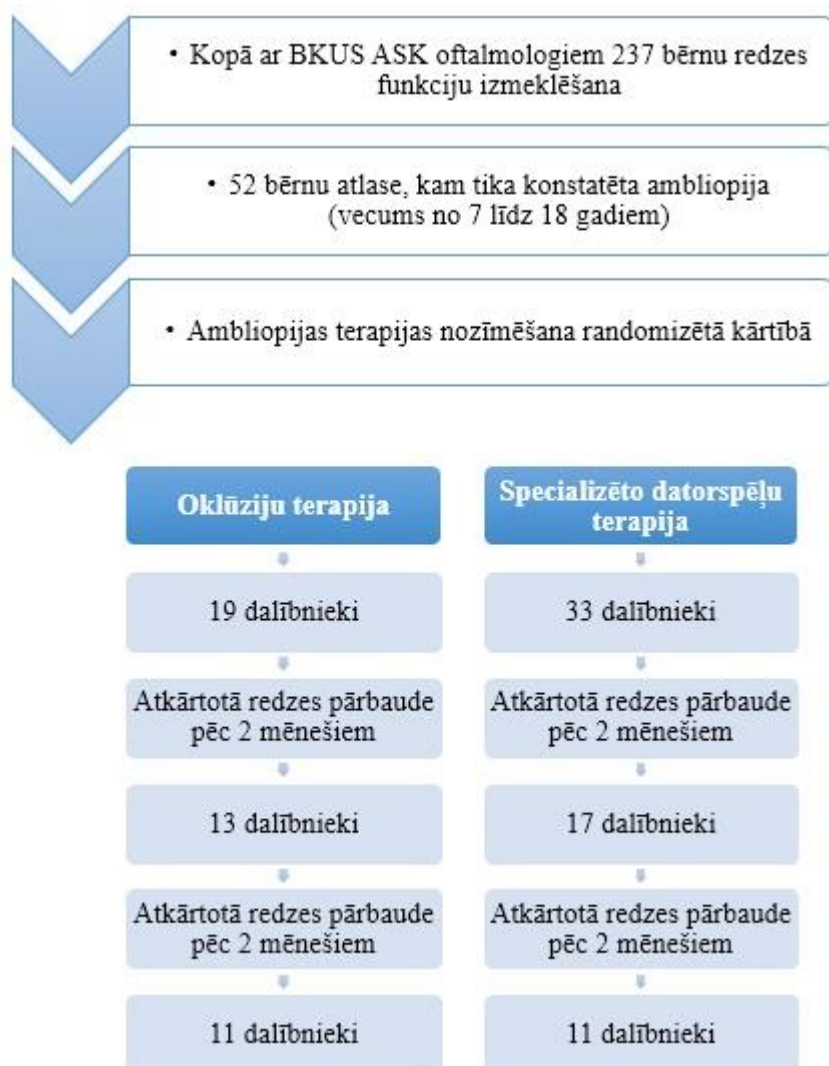
- ♦ Bagolini tests (tuvums, tālums), izmantojot speciālās Bagolini brilles.

Šķielēšanas diagnostika:

- ♦ šķielēšanas leņķis tuvumā 0 grādi (Hiršberga tests);
- ♦ aizklāšanas tests vienpusējais un alternējošais (tuvums, tālums);
- ♦ prizmu aizklāšanas tests, ja bija nepieciešams izmērīt forijas vai tropijas lielumu.

Sadarbībā ar Bērnu klīniskās universitātes slimnīcas (“turpmāk – BKUS”) acu slimību klīnikas oftalmologiem tika izmeklēti 237 dalībnieki ar ambliopiju laika posmā no 2017. gada februāra līdz 2018. gada maijam. Pētījumā kopā piedalījās 52 dalībnieki (vecums no 7 līdz 18 gadiem) (skat. 2.1. att.), kuriem tika diagnosticēta ambliopija. Dažādu iemeslu dēļ tikai 23 no 52 dalībniekiem izdevās paveikt eksperimentu līdz galam. Pārējie dalībnieki, kas nebija

atnākuši uz atkārtoto redzes pārbaudi, izlaida savu vizītes datumu, kas paši pārtrauca vai pamainīja ambliopijas terapiju, nespēja piedalīties eksperimentā līdz galam.



2.1. attēls. Dalībnieku atlases diagramma.

Eksperimenta dalībnieki tika sadalīti trīs grupās:

- ♦ dalībnieku grupa, kas veica oklūzijas (O) – 11 bērni (O₁-O₁₁), kuru vidējais vecums bija 8 ± 1 gadi (no 7 līdz 10 gadiem) (skat. 1. pielikumu.). Bērniem oklūzijas un to režīmu nozīmēja BKUS acu slimību klīnikas oftalmologi. Vidējais ambliopās acs līnēšanas laiks bija 5 ± 2 stundas. Oklūziju laikā dalībniekiem vajadzēja veikt mājas darbus, zīmēt, lasīt utt.
- ♦ dalībnieku grupa, kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai (S) – 11 bērni (S₁-S₁₁), kuru vidējais vecums bija 10 ± 3 gadi (no 7 līdz 15 gadiem) (skat. 2. pielikumu.). Galvenie kritēriji – binokulārās redzes esamība tuvumā,

šķielēšanas leņķis 0 grādi. Vidējais specializētās datorspēles izmantošanas, ambliopijas ārstēšanā, laiks bija 36 ± 16 minūtes dienā.

- ♦ kontroles grupa (K) – 2 bērni (K_1 - K_2), kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, kuru vecums bija 10 un 7 gadi (skat. 3. pielikumu.). Galvenie kritēriji – vienāds (atbilstošs normai) redzes asums abās acīs. Vidējais specializētās datorspēles izmantošanas laiks ambliopijas ārstēšanā bija 25 ± 5 minūtes dienā.

Visi dalībnieki bez acu traumām un/vai slimībām, medikamentu izmantošanas anamnēzē, vispārēji veseli, izņemot vienu (S_1) grupas dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, kam anamnēzē ir konstatēta iedzimta acs lēcas daļēja apduļķošanās perifērijā. Divi dalībnieki no grupas, kas spēlēja specializēto datorspēli (S_5 un S_6), līdz 7 gadu vecumam veica oklūzijas, bet paši pārtrauca, jo nebija redzes asuma uzlabojuma ambliopajā acī. Visu dalībnieku, kam tika konstatēta ambliopija, vecākiem tika izskaidrots, kas ir ambliopija jeb “slinkā” acs, ka ārstēšana ir iespējama arī pēc septiņu gadu vecuma un kāpēc ir jāveic ambliopijas terapija.

Pētījums tika veikts atbilstoši Helsinku deklarācijai. Visi dalībnieki parakstīja rakstisku piekrišanu dalībai pētījumā. Pētījums tika saskaņots ar Latvijas Universitātes Eksperimentālās un klīniskās medicīnas institūta Zinātniskās izpētes ētikas komisiju.

Dalībnieku grupai, kas veica oklūzijas, BKUS acu slimību klīnikas oftalmologi nozīmēja oklūzijas režīmu, atkarībā no ambliopijas smaguma pakāpes, kā arī tika izrakstīta refrakcijas korekcija, ņemot vērā cikloplēģijas rezultātus. Tika izstāstīts par oklūderu veidiem/iespējām, nozīmēta atkārtotas redzes pārbaudes pēc diviem mēnešiem un četriem mēnešiem.

Dalībnieku grupas, kas spēlēja specializēto datorspēli, optometrista kabinetā izmēģināja spēlēt Tetris® spēli ar specializētām filtru (sarkani-zilām) brillēm, kuras tika dotas līdz pētījuma dalībniekiem uz mājām. Spēles instrukcija tika nosūtīta dalībnieku vecākiem uz e-pastu (skat. 4. pielikumu).

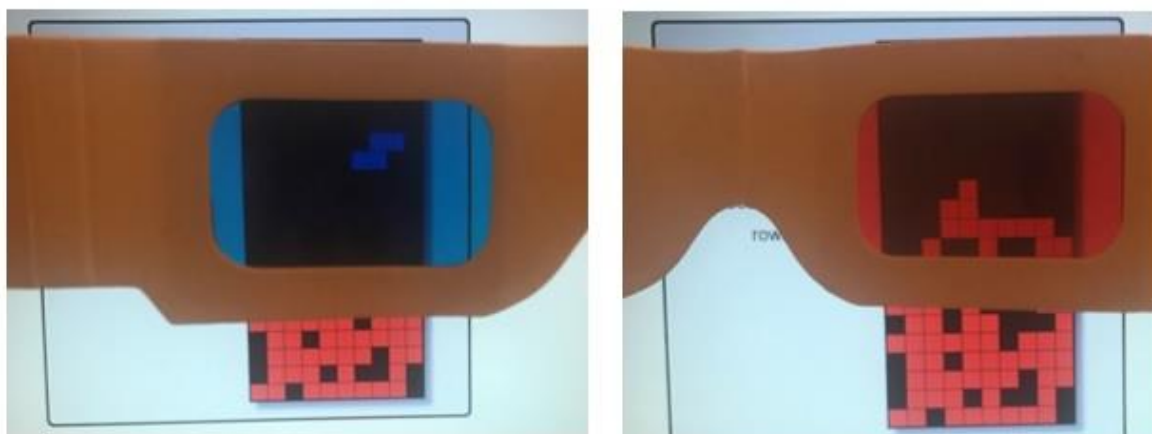
Salīdzinot abas dalībnieku grupas (dalībnieku grupu, kas veica oklūzijas, un dalībnieku grupu, kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai) gan pēc vecuma (abpusējā p-vērtība: $p = 0,25$), gan pēc redzes asuma ambliopajā acī un ambliopijas smaguma pakāpes (abpusējā p-vērtība: $p = 0,94$), statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas (Manna-Vitneja (*Mann-Whitney*) neparametriskais tests).

2.2. Metode

Kā specializētā datorspēle ambliopijas ārstēšana tika izmantota spēle Tetris®. Veiksmīgi specializētās datorspēles lietošanai bija nepieciešamas sarkan-zilās brilles, kuras tika iedotas visiem dalībniekiem līdz uz mājām uzreiz pēc redzes pārbaudes.

Tetris® spēles laikā sarkani-zilās brilles atdala atsevišķus spēles elementus – katrai acij tiek parādīts savs stimuls. Labāk redzošā acs redz stimulu ar zemu kontrastu, bet ambliopā jeb “slinkā” acs redz stimulu ar augstu kontrastu (skat. 2.2. att.). Spēli var veiksmīgi spēlēt tikai tad, ja informācija no abām acīm tiek apvienota, sapludināta.

Pirms katras Tetris® spēlēšanas pacientiem savam datora monitoram bija jāveic kalibrēšana – jāpielāgo spilgtums, kontrasts, krāsas sarkani-zilājām brillēm. Šie parametri jāmaina tā, lai bērns caur zilo filtru redzētu tikai zilos spēles elementus, bet caur sarkano – tikai sarkanos elementus. Viens no vecāku papildus uzdevumiem spēles laikā bija kontrolēt bērnus, lai abas acis piedalītos ārstēšanas procesā, lai neieslēgtos supresija, jāutājot un pārbaudot, vai tiešām, piemēram, caur zilo filtru ir redzami tikai zilie spēles elementi.



2.2. attēls. Tetris® spēles elementu atdalīšana ar sarkan-zilo filtru palīdzību. Piemēram, ambliopā acs ir labā acs. Spēles elementus, kurus labāk redzošā acs (kreisā acs) redz zema kontrasta apstākļos, proti, zilus krītošus blokus, bet ambliopā acs (labā acs) – redz augsta kontrasta sarkanus pamata blokus.

Tetris® spēle daudzos variantos ir pielāgota gandrīz visām datoru operētājsistēmām, datorspēļu konsolēm. Spēles princips ir pārvietot un rotēt uz leju krītošas figūras, kas sastāv no 4 vienādiem kvadrātiem, lai tās aizpildītu veselas rindas. Aizpildot vienu veselu rindu – tā pazūd.

2.3. Rezultātu analīze

Sakarā ar to, ka katrā grupā pētījuma dalībnieku skaits bija neliels (11), tas ir uzskatāms par salīdzinoši mazu. Tāpēc eksperimenta rezultātu analīzei tika izmantoti neparametriskie testi, kas salīdzina mediānas, nevis vidējās vērtības:

- ♦ Vilkoksona rangu zīmju (*Wilcoxon Signed Rank Test*) tests divu atkarīgo izlašu salīdzināšanai tika izmantots, lai salīdzinātu vienas dalībnieku grupas ietvaros, kas veica oklūzijas, un attiecīgi dalībnieku grupas ietvaros, kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, ambliopās acs redzes asuma izmaiņas pirms terapijas uzsākšanas un rezultātus pēc četru mēnešu terapijas. Tests tika pielietots arī, lai salīdzinātu dalībnieku ar anizotropijas ambliopiju stereoasuma izmaiņas tuvumā pirms terapijas uzsākšanas un pēc četru mēnešu terapijas.
- ♦ Manna-Vitnija (*Mann-Whitney U Test*) tests divu neatkarīgo izlašu salīdzināšanai. Tests tika izmantots, lai salīdzinātu oklūziju un specializēto datorspēļu metožu efektivitāti. Tests tika izmantots arī, lai salīdzinātu abas eksperimenta dalībnieku grupas gan pēc vecuma, gan pēc redzes asuma.
- ♦ Vienkāršais Fišera tests (*Easy Fisher Exact Test*), lai izpētītu saistību starp abiem mainīgajiem lielumiem – stereoredzes izmaiņas tālumā, izmantojot Ostemberga testu, gan dalībnieku grupai, kas veica oklūzijas, gan dalībnieku grupai, kas spēlēja specializēto datorspēli, pirms ambliopijas terapijas uzsākšanas un pēc četru mēnešu terapijas.

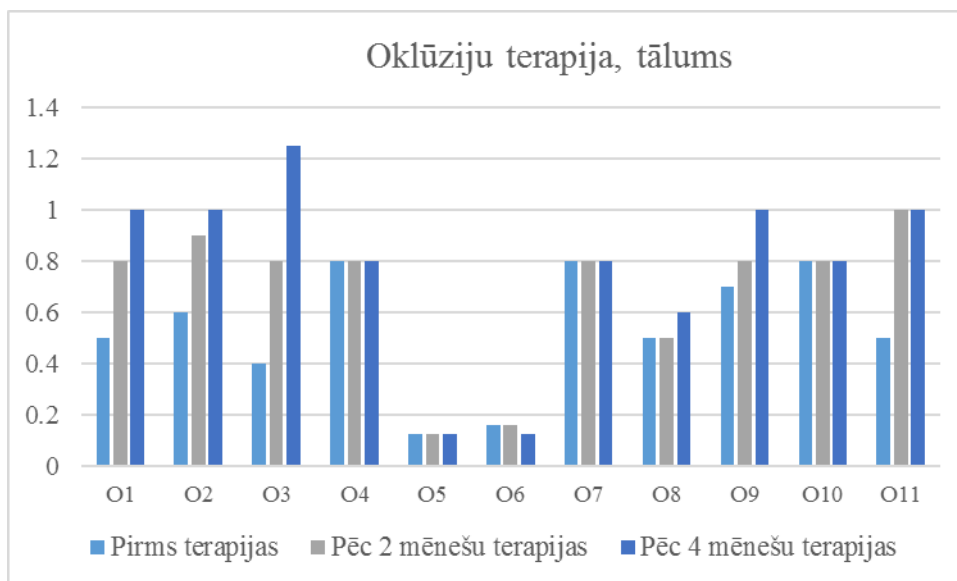
Eksperimenta dati tika apkopoti izmantojot *Microsoft Excel 2016* un www.socscistatistics.com programmas.

2.4. Rezultāti

Viens no darba uzdevumiem bija novērtēt redzes funkcijas pirms un pēc oklūziju terapijas bērniem ar ambliopiju gan tālumā, gan tuvumā un novērtēt redzes funkcijas pirms un pēc specializēto datorspēļu pielietošanas bērniem ar ambliopiju gan tālumā, gan tuvumā.

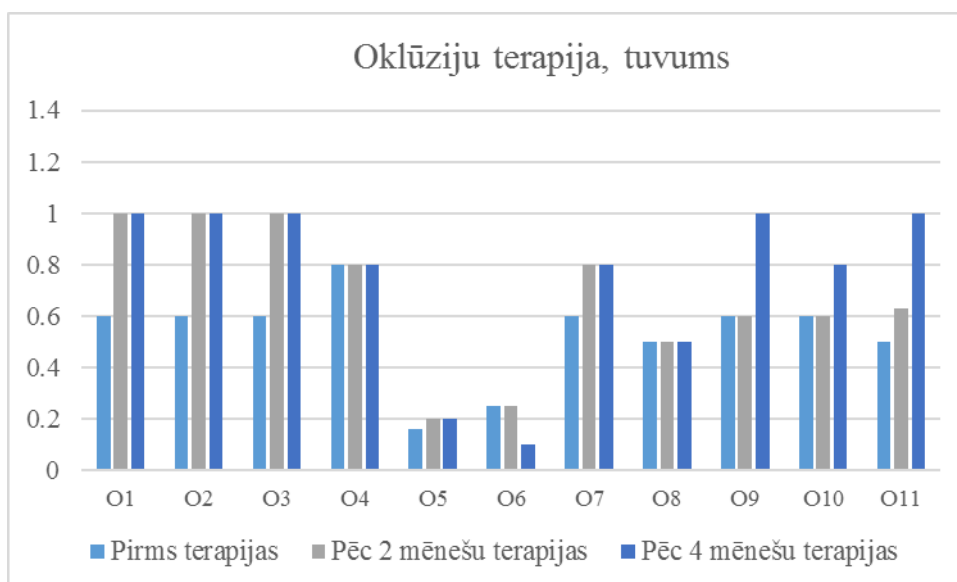
Analizējot pētījuma dalībnieku, kas veica oklūzijas, labākā koriģētā redzes asuma izmaiņas tālumā (skat. 2.3. att.) pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un pēc četru mēnešu terapijas, redzams, ka 4 dalībniekiem (O_1, O_2, O_3 un O_9) katrā redzes pārbaudē uzlabojās redzes asums, 1 dalībniekam (O_8) redzes asums sāka celties tikai pēc četriem terapijas mēnešiem un 1 dalībniekam (O_{11}) redzes asums uzlabojās pēc divu mēnešu terapijas un bija stabils atkārtotajā redzes pārbaudē. Nemainījās redzes asums 4 dalībniekiem (O_4, O_5, O_7 un O_{10}) un 1 dalībniekam

(O₆) redzes asums nav mainījies otrajā redzes pārbaudē, toties tas samazinājās trešajā vizītē (saskrāpētu brillu lēcu dēļ).



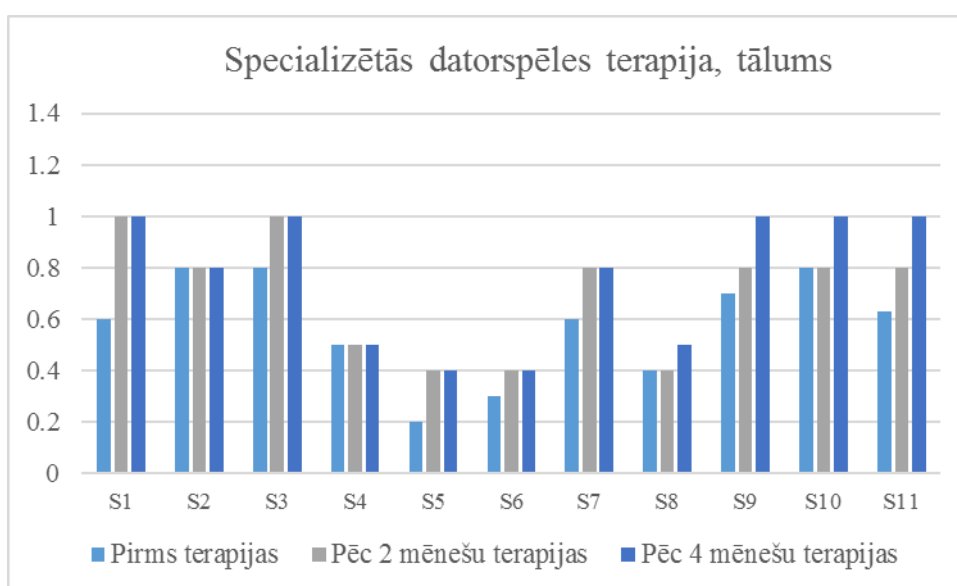
2.3. attēls. Pētījuma dalībnieku, kas veica oklūzijas, labākā koriģētā redzes asuma (decimālās vienībās) izmaiņas tūlumā pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un pēc četrus mēnešu terapijas.

Analizējot pētījuma dalībnieku, kas veica oklūzijas, labākā koriģētā redzes asuma izmaiņas tuvumā (skat. 2.4. att.) pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un pēc četrus mēnešu terapijas, redzams, ka 1 dalībniekam (O₁₁) katrā redzes pārbaudē uzlabojās redzes asums, 2 dalībniekiem (O₉ un O₁₀) redzes asums sāka celties tikai pēc četriem terapijas mēnešiem un 5 dalībniekiem (O₁, O₂, O₃, O₅ un O₇) redzes asums uzlabojās uzreiz pēc divu mēnešu terapijas un bija stabils atkārtotajā redzes pārbaudē. Nemainījās redzes asums 2 dalībniekiem (O₄ un O₈). Kā bija minēts, 1 dalībniekam (O₆) redzes asums nav mainījies otrajā redzes pārbaudē, toties tas samazinājās trešajā vizītē (saskrāpētu brillu lēcu dēļ).



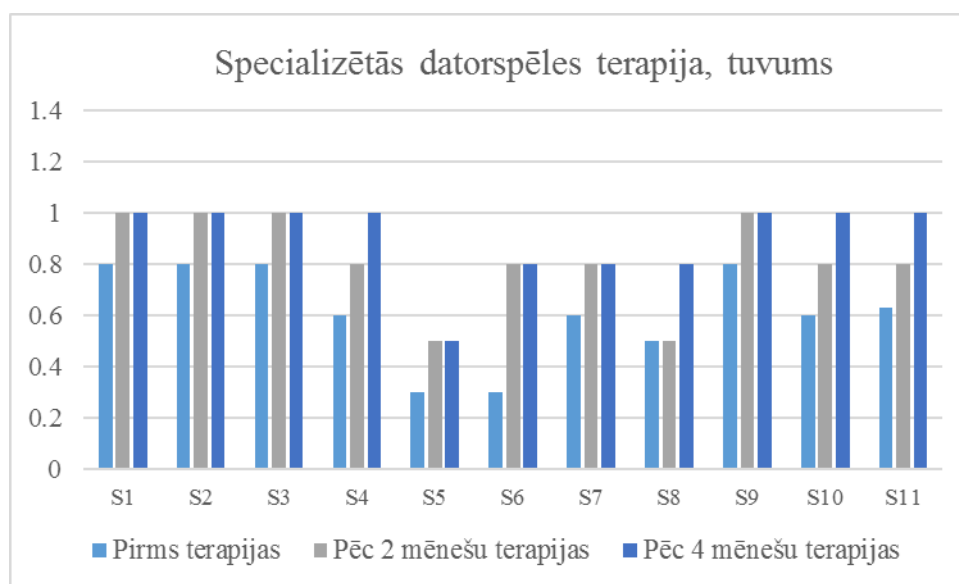
2.4. attēls. Pētījuma dalībnieku, kas veica oklūzijas, labākā koriģētā redzes asuma (decimālās vienībās) izmaiņas tuvumā pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un četrus mēnešu terapijas.

Analizējot pētījuma dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli, labākā koriģētā redzes asuma izmaiņas tūlumā (skat. 2.5. att.) pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un pēc četrus mēnešu terapijas, redzams, ka 2 dalībniekiem (S₉ un S₁₁) katrā redzes pārbaudē uzlabojās redzes asums, 2 dalībniekiem (S₈ un S₁₀) redzes asums sāka celties tikai pēc četriem terapijas mēnešiem un 5 dalībniekiem (S₁, S₃, S₅, S₆ un S₇) redzes asums uzlabojās uzreiz pēc divu mēnešu terapijas un bija stabils atkārtotajā redzes pārbaudē. Nemainījās redzes asums 2 dalībniekiem (S₂ un S₄).



2.5. attēls. Pētījuma dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli, labākā koriģētā redzes asuma (decimālās vienībās) izmaiņas tūlumā pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un četrus mēnešu terapijas.

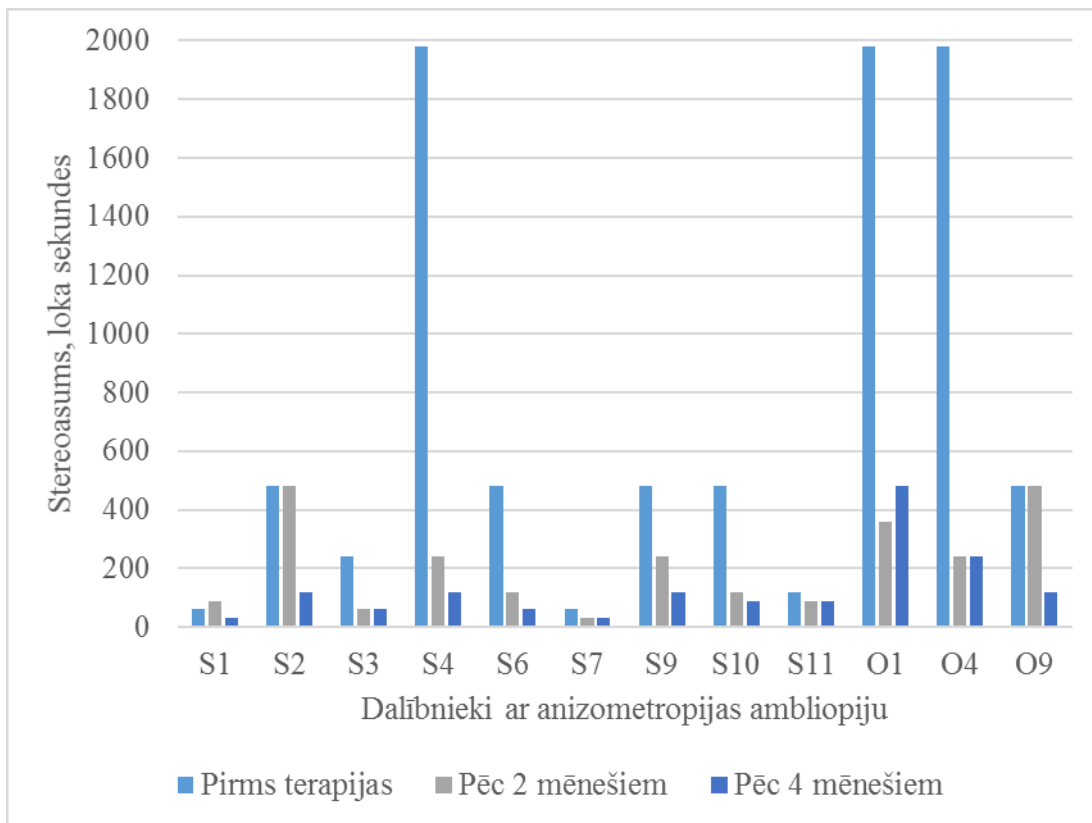
Analizējot pētījuma dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli, labākā koriģētā redzes asuma izmaiņas tuvumā (skat. 2.6. att.) pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un pēc četrus mēnešu terapijas, redzams, ka 3 dalībniekiem (S₄, S₁₀ un S₁₁) katrā redzes pārbaudē uzlabojās redzes asums, 1 dalībniekam (S₈) redzes asums sāka celties tikai pēc četriem terapijas mēnešiem un 7 dalībniekiem (S₁, S₂, S₃, S₅, S₆, S₇ un S₉) redzes asums uzlabojās uzreiz pēc divu mēnešu terapijas un bija stabils atkārtotajā redzes pārbaudē.



2.6. attēls. Pētījuma dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli, labākā koriģētā redzes asuma (decimālās vienībās) izmaiņas tuvumā pirms terapijas uzsākšanas, pēc divu un četrus mēnešu terapijas.

Vilkoksona rangu zīmju (*Wilcoxon Signed Rank Test*) tests parādīja, ka specializētās datorspēles pielietošana ambliopijas terapijā ir efektīvs un ātrs ārstēšanas veids pacientiem arī pēc septiņu gadu vecuma. Visiem dalībniekiem, kas spēlēja specializēto datorspēli, novēroja statistiski nozīmīgu redzes asuma uzlabošanos ambliopijā acī pēc četrus mēnešu terapijas (vienpusējā p-vērtība: $p < 0,05$). Visiem dalībniekiem, kas veica oklūzijas, arī novēroja statistiski nozīmīgu redzes asuma uzlabošanos ambliopijā acī pēc četrus mēnešu terapijas (vienpusējā p-vērtība: $p < 0,05$).

Tāpat abu grupu dalībniekiem ar anizotropijas ambliopiju statistiski nozīmīgi uzlabojās stereoasums tuvumā pēc 4 mēnešu terapijas (vienpusējā p-vērtība: $p < 0,05$) (skat. 2.7. att.). Toties stereoasums tālumā pēc 4 mēnešu terapijas uzlabojās 7 dalībniekiem (S₃, S₆, S₈, S₉, S₁₀, O₁ un O₉) un saglabājās tikai tiem dalībniekiem, kuriem tas jau pirms terapijas bija novērots. Līdz ar to nenovēroja statistiski nozīmīgu atšķirību stereoredzes esamībai tālumā pēc 4 mēnešu terapijas (vienpusējā p-vērtība: $p > 0,05$).



2.7. att. Stereoredzes novērtēšanas rezultāti dalībniekiem ar anizometropijas ambliopiju, izmantojot TNO testu pirms, 2 mēnešus pēc un 4 mēnešus pēc ambliopijas terapijas.

Manna-Vitnija (*Mann-Whitney U Test*) tests parādīja, ka abas metodes (oklūzijas un specializētā datorspēle) ir efektīvas ambliopijas ārstēšanā. Nav novērota statistiski nozīmīga atšķirība, salīdzinot redzes asuma izmaiņas tālumā (abpusējā p-vērtība: $p = 0,84$) un tuvumā (abpusējā p-vērtība: $p = 0,34$) abām dalībnieku grupām.

2.4. Diskusija

Maģistra darba rezultāti parāda, ka gan dalībnieku grupai, kas spēlēja specializēto datorspēli, gan tiem, kas veica oklūzijas, uzlabojās redzes asums gan tuvumā, gan tālumā, kā arī 12 dalībniekiem uzlabojās stereoredze. Eksperimentā iegūtie dati sakrīt ar citu autoru datiem – dalībniekiem, kas spēlēja specializēto datorspēli, uzlabojās redzes asums ambliopajā acī (*Knox et al., 2012; Li et al., 2013; Spiegiel et al., 2013; Hess et al., 2014; Žiak et al., 2017*), kā arī uzlabojās stereoasums (*Knox et al., 2012; Li et al., 2013; Spiegiel et al., 2013; Hess et al., 2014; Žiak et al., 2017*). Toties *Birch et al. (2015)* un *Kelly et al. (2016)* pētījumā uzlabojās redzes asums ambliopajā acī, bet stereoasums nemainījās.

Birch et al. (2015) savā eksperimentā pētīja pašus jaunākos dalībniekus (skat. 1.6. tab.). Stereoasums dalībniekiem varēja neizmainīties, jo bija izvēlēti neveiksmīgi stereoredzes testi –

izklaidēto punktu stereotesti, kuri bija pielīdzināti pieaugušajiem cilvēkiem, līdz ar to rezultāts nebija pozitīvs. Paši autori apgalvo, ka mijiedarbība starp redzes asumu un stereoredzi ir sarežģīta. Tikai vienas stereoredzes esamība neraksturo binokulāro redzi. Stereoredzes izmaiņas trūkumu nevar uztvert kā pretrunu binokulārajai terapijai.

Kelly et al. (2016) savā eksperimentā pētīja jauno binokulāro iPad spēli – “*DigRush*”, kur augsta kontrasta sarkanie elementi (meteori un kalnrači) bija redzami ar ambliopu aci, bet zema kontrasta zilie elementi (zelts un grozs) bija redzami ar veselo aci. Spēlē vairāk piesaistīja dalībniekus ar savu dizainu, jauniem piedzīvojumiem un uzdevumiem. Būtisks supresijas uzlabojums, dalībniekiem pēc ambliopijas ārstēšanas (gan spēles, gan oklūzijām), korelē ar zemu redzes asumu ambliopajā acī un supresijas dziļumu. Stereoredze varēja neuzlaboties, jo *Kelly et al.* (2016) pētīja pavisam jaunu ambliopijas ārstēšanas datorspēli. Iespējams nebija pareizi sadalīts kontrasts starp abām acīm, līdz ar to abas acīm nespēja konkurēt savā starpā, sapludināt kopbildi. Kā arī dalībniekiem varēja ieslēgties supresija, līdz ar to spēles spēlēšana bija neiespējama. Paši autori apgalvo, ka datorspēļu pielietojums ambliopijas ārstēšanā joprojām ir jauninājums un nav atbilžu uz daudziem jautājumiem. Jāpievērš vairāk uzmanība datorspēles izveidošanai (dažādu elementu izstrāde, kontrasta līmeņa korekcija utt.).

Hess et al. (2014) uzsver, ka dihoptiskā redzes uztvere paredzēta, lai stiprinātu binokulārās funkcijas, samazinot supresiju, uzlabojot stereoredzi un redzes asumu gan bērniem, gan pieaugušajiem ar ambliopiju. Kā mēs redzējam, ne visos pētījumos eksperimenta dalībniekiem uzlabojas stereoredze. Iespējams atšķirība var būt saistīta ar dažādu stereoredzes testu izmantošanu pētījumos. Visi stereoredzes testi ir dažādi (gan pēc sarežģītības, gan pēc uzbūves), līdz ar to vienā gadījumā dalībniekam var uzlaboties stereosums, bet otrā gadījumā – nē. Spēcīga supresija asociējas ar pacientiem, kam ir zems monokulārs redzes asums un stereoasums (*Hess & Thompson, 2015*). Taču līdz šim nav 100 % atbildes un pierādījumu, kā strādā specializētās datorspēles ambliopijas ārstēšanā un kā šīs spēles ietekmē cilvēka kopredzi.

Pētījumā piedalījās divi kontroles grupas bērni, kuriem nebija novērotas nekādas redzes problēmas. Viņi tika iesaistīti pētījumā, lai novērtētu, vai arī bērniem bez redzes funkciju traucējumiem, iespējams veikt kādus redzes uzlabojumus, spēlējot specializēto datorspēli. Abiem bērniem sarkanais filtrs bija labās acs priekšā. Diemžēl viens kontroles grupas bērns (K_2) nespēja piedalīties eksperimentā līdz galam. Viņam grūtības radīja klaviatūras taustiņu lietošana, kurus bija grūti saskatīt caur sarkan-zilajām brillēm, kā arī motivācijas trūkums. Kontroles grupas bērnam (K_1), kas pabeidza eksperimentu līdz galam, redzes funkcijas neizmainījās pēc četrus mēnešu terapijas. Kontroles grupas dalībnieks (K_1) atzinās, ka bija grūti sevi motivēt spēlēt katru dienu spēli, jo nebija sūdzību par redzes funkcijām.

Oklūziju terapija ir ambliopijas ārstēšanas “zelta metode” jau vairāk kā 290 gadus. Analizējot dalībnieku sajūtas un atziņas par ambliopijas ārstēšanu pēc katras vizītes, var izdalīt terapijas plusus un mīnus. Oklūziju terapijas plusi ir ātra metode, ar kuras palīdzību ir iespējams iegūt labu redzes asumu maziem bērniem, toties oklūzijas var jaukt binokulāro redzi. Terapijas galvenie mīnusi ir psiholoģiska trauma, ar kuru saskarās dalībnieks (O₇), kad aizgāja uz skolu pirmajā klasē ar aizlīmētu aci. Skolas draugi nesaprata klasesbiedra dīvaino izskatu un terapijas lomu. Tāpēc bērns atteicās veikt oklūzijas un veica tās tikai vakaros, kad mājās bija tēvs, kas kontrolēja ārstēšanas procesu. Dalībnieki (O₄, O₈ un O₁₀) atzinās, ka oklūzijas veica reti, brīvdienās bieži vispār nelīmēja labāk redzošo aci, jo vecāki nepiespieda un nekontrolēja terapijas procesu. Dalībnieki (O₂, O₅ un O₆) arī neveica oklūzijas katru dienu, toties kārtīgi līmēja tad, kad viens no vecākiem bija mājās. Iespējams dalībniekiem (O₅ un O₆) nebija vēlmes veikt oklūzijas zema redzes asuma dēļ ambliopijā acī, kaut gan paši dalībnieki vizītes laikā neatzinās par šo problēmu. Dalībnieki (O₁, O₃ un O₉) veica oklūzijas katru dienu. Vecāki kārtīgi sekoja un pārbaudīja, lai bērns mājās līmē labāk redzošo aci, veicot mājas darbus, zīmējot vai lasot, katru dienu, arī brīvdienās. Terapijas procesam atbildīgi piegāja arī dalībnieks (O₁₁) un viņa vecāki, bet terapijas pozitīvai gaitai traucēja ādas kairinājums, kura izraisīja acu plāksteri. Dalībniekiem (O₉ un O₁₀) pirms oklūziju terapijas bija piedāvāts izmēģināt spēlēt specializēto datorspēli, jo redzes asums ambliopijā acī bija salīdzinoši labs un bija bailes par binokulārās redzes izjaukšanu. Diemžēl dalībniekiem spēles laikā ambliopās acs attēls vienmēr bija supresēts, līdz ar to specializētās binokulārās datorspēles spēlēšana bija neiespējama.

Specializētās datorspēles galvenais plus ir, ka tā ir ātra (tikai 20-25 minūtes dienā) un interesanta ambliopijas ārstēšanas metode, kā arī tā atjauno un normalizē binokulārās funkcijas. Galvenie terapijas mīnusi ir slikta uzmanības un pacietības noturēšana spēlēt katru dienu vienu un to pašu. Kā kontrindikācija šīs terapija izmantošanai ir pastāvīga šķielēšana. Spēle tomēr var izraisīt atkarību. Mazākiem bērniem grūti veikt acu-roku koordināciju – skatīties vienlaicīgi uz datora monitoru un uz klaviatūru. Kā arī bērniem (S₉ un S₁₀), kas vēl labi nepārzina datoru, grūti pašiem bez vecāku palīdzības atrast un ieslēgt spēli uz datora. Dalībnieks (S₈) arī sastapās ar grūtībām ieslēgt spēli uz datora patstāvīgi, kā arī daudzas reizes nespēja spēli ilgās ceļošanas dēļ, kur nebija iespējas atrast datoru. Daži dalībnieki (S₁, S₅, S₆ un S₁₁), kas izlaida terapijas dienu/as, atzinās, ka nākamajā dienā spēlēja divas reizes vairāk. Dalībnieki (S₅) un (S₆) bija ļoti motivēti spēlēt specializēto datorspēli. Gribēja uzlabot redzes asumu ambliopijā acī, jo bērniībā ar oklūziju palīdzību redzes asums nebija uzlabojies. Daudzi dalībnieki izlaida terapiju mājas darbu vai sporta nodarbību dēļ (S₂, S₃, S₄), it īpaši dalībnieks (S₇), kas pēdējās 2-3 nedēļas nespēja spēlēt specializēto datorspēli vispār. Visi dalībnieki atzinās, ka terapijas beigās jau bija grūti noturēt motivāciju un pacietību spēlēt spēli garlaicības dēļ.

Dalībniekiem (S_4 , S_6 un S_8) nav ticami dati tuvumā pēc četru mēnešu terapijas. Iespējams nebija ievērots konstants lasīšanas attālums vai nebija precīzi atrasta tāluma korekcija. Turpmākajos darbos lietderīgi atlasīt dalībniekus ar ambliopiju bez šķielēšanas šķielēšanas (ja nav iespējama binokulārā redze), lai pilnvērtīgi salīdzinātu abu metožu efektivitāti un to iedarbību uz redzes sistēmu, piemēram, redzes asumu un stereoasumu.

Tā kā abās dalībnieku grupās novēroja līdzīgu redzes asuma uzlabošanos, var apgalvot, ka specializēto datorspēļu pielietojums ambliopijas ārstēšana ir tikpat efektīvs ambliopijas ārstēšanas rīks kā ambliopijas “zelta ārstēšanas metode” – oklūzijas – dalībniekiem vecuma grupā 7-18 gadi. To var ieteikt jebkura vecuma pacientiem, kas vēlas uzlabot redzes asumu ambliopā acī (arī pēc 7 gadu vecuma). Vienīgais nosacījums šīs spēles pielietošanai būtu binokulārās redzes esamība. Lai arī ambliopijas binokulārā ārstēšana ar specializētajām datorspēlēm un videospēlēm joprojām ir jauninājums medicīnas vidē, gan maģistra darba rezultāti, gan citu autoru pētījumi parāda, ka to aizvien vairāk jāpielieto ambliopijas ārstēšanā, lai padarītu ārstēšanu efektīvāku, modernāku un interesantāku pacientiem.

SECINĀJUMI

1. Specializētās datorspēles pielietošana ir efektīvs ambliopijas ārstēšanas rīks pacientiem, kuriem ir ambliopija un binokulārā redze, arī pēc 7 gadu vecuma. Visiem dalībniekiem, kas spēlēja specializēto datorspēli, novēroja statistiski nozīmīgu redzes asuma uzlabošanu ambliopajā acī pēc 4 mēnešu terapijas ($p < 0,05$).
2. Visiem dalībniekiem, kas veica oklūzijas, novēroja statistiski nozīmīgu redzes asuma uzlabošanu ambliopajā acī pēc 4 mēnešu terapijas ($p < 0,05$).
3. Abu grupu dalībniekiem ar anizotropijas ambliopiju statistiski nozīmīgi uzlabojās stereoasums tuvumā pēc 4 mēnešu terapijas ($p < 0,05$), toties nav statistiski nozīmīgi mainījusies stereoredze tālumā pēc 4 mēnešu terapijas ($p > 0,05$).
4. Specializēto datorspēļu pielietojums ambliopijas ārstēšanā ir alternatīvs ambliopijas terapijas veids oklūzijām, kad ir iespējama binokulārā redze. Nenovēro statistiski nozīmīgas redzes asumu uzlabojumu pakāpes atšķirības abās grupās (oklūzijas un specializētā datorspēle) ($p > 0,05$).

NOBEIGUMS

Maģistra darbā tika apskatīta interesanta un aktuāla tēma, kā ambliopijas terapija ietekmētu pacientus vecumā no 7 līdz 18 gadiem, kad redzes sistēmas plasticitāte ir vēl augstāka nekā pieaugušajiem, bet krietni samazināta, salīdzinot ar pirmsskolas vecuma bērnu redzes sistēmas plasticitāti. Rezultāti pierādīja, ka skolas vecuma bērniem ir iespējams uzlabot redzes asumu ambliopajā acī arī pēc septiņiem gadiem, izmantojot ne tikai standarta oklūziju terapijas metodi, bet arī spēlējot specializētās datorspēles, kas veicina redzes asuma uzlabošanu “slinkajā” acī.

Mans ieteikums nākamajos līdzīgos darbos izmēģināt pašiem izveidot savu specializēto binokulāro datorspēli, izveidojot interesantāku spēles sižetu. Ieteiktu iesaistīt spēles izveidošanā speciālistus, kas ir spēcīgi programmēšanā, kas pārziņ programmēšanas kodus un specializētās programmas. Piemēram, izveidot spēli, kuru varēs spēlēt uz skārienjutīgā mobīlā telefona vai planšetdatora.

Būtu interesanti izveidot papildus sarkan-zilajiem filtriem, kas izmaina kontrastu spēles elementiem, funkciju, ar kuras palīdzību manuāli varēs mainīt kontrastu ambliopai acij. Daudzos pētījumos dalībniekiem pakāpeniski maina ambliopās acs stimulu kontrastu, līdz ar to motivējot pacientus biežāk spēlēt. Kā tikko pacients izjūt, ka spēles gaita noris viegli, ir jāmaina iestatījumi un jāpalielina ambliopās acs filtra kontrastu (*Li et al.*, 2014; *Guo et al.*, 2016; *Kelly et al.*, 2016). Ja tomēr nebūs iespējas izveidot funkciju mainīt manuāli, spēles iestatījumos, kontrastu ambliopai un labāk redzošai acīm, tad būtu vērtīgi izmantot sarkan-zilās brilles/filtrus, kur zilais filtrs būs maksimāli tumšs, lai nelaistu cauri sarkanās krāsas elementus. Dotajā eksperimentā tika izmantots zilās krāsas filtrs, kas vairāk līdzīgs ciāna krāsai.

Lielāks pētījuma dalībnieku skaits dotu precīzākus rezultātus. Mazā dalībnieku grupā var būt indivīds, kura dati uz kopējā fona var ietekmēt turpmākos rezultātus. Interesanti un lietderīgi salīdzināt, kas ir efektīvāks ambliopijas ārstēšanas veids, dažādās ambliopijas smaguma pakāpes gadījumā.

PATEICĪBAS

Autore vēlas izteikt pateicību maģistra darba vadītājai docentei Aigai Švedei par padomiem, atbalstu, par veltīto laiku un enerģiju darba tapšanās procesā. Kā arī pateikt paldies par iedvesmu un motivāciju ne tikai maģistra darba tapšanas laikā, bet arī manās turpmākajā optometrijas un dzīves darbībās.

Liels paldies Bērnu klīniskās universitātes slimnīcas acu klīnikas vadītājai Dr. Sandrai Valeiņai un visiem acu slimību klīnikas oftalmologiem, kas palīdzēja darba tapšanā, kā arī paldies brīvprātīgajiem eksperimenta dalībniekiem un viņu vecākiem par palīdzību un man atvēlēto laiku, paldies par sapratni un interesi darba procesā.

Paldies Ruslanam Dorošenko un Aijai Caicai par morālo atbalstu.

Paldies Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas pasniedzējiem par sniegtajām zināšanām visa mācību procesa laikā.

IZMANTOTĀ LITERĀTŪRA

- Adhikari, S., & Shrestha, U. (2013). Types of amblyopia and treatment outcome in Nepalese children. *Guoji Yanke Zazhi (International Eye Science)*, 13(1), 14-17.
- Asadi, R., & Ghasemi-Falavarjani, K. (2008). Results of amblyopia therapy in unilateral organic ocular abnormalities. *Iranian Journal of Ophthalmology*, 20(3), 24-27.
- Astle, A.T., McGraw, P.V., & Webb, B.S. (2011a). Can human amblyopia be treated in adulthood? *Strabismus*, 19(3), 99-109.
- Astle, A.T., McGraw, P.V., Webb, B.S. (2011b). Recovery of stereo acuity in adults with amblyopia. *BMJ Case Reports*, 1-4. Pieejams: <https://doi:10.1136/bcr.07.2010.3143>
- Attarzadeh, A., Hoseinirad, A., Farvardin, M., Talebnejad, M-R., & Alipour, A. (2009). Reliability of fixation preference for detecting amblyopia in strabismic patients. *Journal of Ophthalmic & Vision Research*, 4(3), 160-163.
- Attebo, K., Mitchell, P., Cumming, R., Smith, W., Jolly, N., & Sparkes, R. (1998). Prevalence and causes of amblyopia in an adult population. *Ophthalmology*, 105(1), 154-159.
- Baroncelli, L., Maffei, L., & Sale, A. (2011). New perspectives in amblyopia therapy on adults: a critical role for the excitatory/inhibitory balance. *Frontiers in Cellular Neuroscience*, 5, 1-6. Pieejams: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fncel.2011.00025/full>
- Barrett, B.T., Bradley, A., & McGraw, P.V. (2004). Understanding the neural basis of amblyopia. *Neuroscientist*, 10(2), 106-117.
- Behrman, J. (1969). The visual evoked response in hysterical amblyopia. *British Journal of Ophthalmology*, 53(12), 839-845.
- Bhandari, G., Byanju, R., & Kandel, R.P. (2015). Prevalence and profile of amblyopia in children at Bharatpur Eye Hospital. *Annals of Pediatrics & Child Health*, 3(8), 1085:1-6.
- Birch, E.E., Li, S.L., Jost, R.M., Morale, S.E., De la Cruz, A., Stager, D., Dao, L., & Stager, D.R. (2015). Binocular iPad treatment for amblyopia in preschool children. *Journal of AAPOS*, 19(1), 6-11.
- Bossi, M., Taylor, V.K., Anderson, E.J., Bex, P.J., Greenwood, J.A., Dahlmann-Noor, A., & Dakin, S.C. (2017). Binocular therapy for childhood amblyopia improves vision without breaking interocular suppression. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 58(7), 3031-3043.
- Bradfield, Y.S. (2013). Identification and treatment of amblyopia. *American Family Physician*, 87(5), 348-352.
- Chia, A., Diranj, M., Chan, Y-H., Gazzard, G., Au Eong, K-G., Selvaraj, P., Ling, Y., Quah, B-L., Young, T.L., Mitchell, P., Varma, R., Wong, T-Y., & Saw, S-M. (2010). Prevalence

- of amblyopia and strabismus in young Singaporean Chinese children. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 51(7), 3411-3417.
- Cleary, M. (2000). Efficacy of occlusion for strabismic amblyopia: can an optimal duration be identified? *British Journal of Ophthalmology*, 84(6), 572-578.
- Cotter, S.A., Edwards, A.R., Arnold, R.W., Astle, W.F., Barnhardt, C.N., Beck, R.W., Donahue, S.P., Everett, D.F., Holmes, J.M., Kraker, R.T., Melia, B.M., Repka, M.X., Wallace, D.K., Weise, K.K., & Pediatric Eye Disease Investigator Group. (2007). Treatment of strabismic amblyopia with refractive correction. *American Journal of Ophthalmology*, 143, 1060-1063.
- Daw, N.W. (1998). Critical periods and amblyopia. *Archives of Ophthalmology*, 116(4), 502-505.
- De Witt, G.C. (2007). Retinally-induced aniseikonia. *Binocular Vision & Strabismus Quarterly*, 22(2), 96-101.
- Dixon-Woods, M., Awan, M., & Gottlob, I. (2006). Why is compliance with occlusion therapy for amblyopia so hard? A qualitative study. *Archives of Disease in Childhood*, 91(6), 491-494.
- Družina, L. (2004). Korekcijas darbs bērnu ārstā bērniem ar redzes traucējumiem. Maskava (Дружина, Л.А. (2004) Коррекционная работа в детском саду для детей с нарушением зрения. Москва).
- Duke-Elder, S., & Wybar, K.C. (1973). In: Duke-Elder S, ed. *System of Ophthalmology*. London: Henry Kimpton.
- Erdem, E., Çinar, G.Y., Somer, D., Demir, N., Burcu, A., & Örnek, F. (2011). Eye patching as a treatment for amblyopia in children age 10-16 years. *Japanese Journal of Ophthalmology*, 55(4), 389-395.
- Erickson, G.B., Griffin, J.R., & Kurihara, J.I. (1994). Streff syndrome: A literature review. *Journal of Optometric Vision Development*, 25(2), 64-69.
- Fells, P. (1990). Amblyopia – an historical perspective. *Eye*, 4, 775-786.
- Flynn, J.T., Schiffman, J., Feuer, W., & Corona, A. (1998). The therapy of amblyopia: an analysis of the results of amblyopia therapy utilizing the pooled data of published studies. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, 96, 431-453.
- Foley-Nolan, A., McCann, A., & O'Keefe, M. (1997). Atropine penalisation versus occlusion as the primary treatment for amblyopia. *British Journal of Ophthalmology*, 81(1), 54-57.
- Foss, A.J., Gregson, R.M., MacKeith, D., Herbison, N., Ash, I.M., Cobb, S.V., Eastgate, R.M., Hepburn, T., Vivian, A., Moore, D., Haworth, S.M., & On behalf of the I-BiT Steering group. (2013). Evaluation and development of a novel binocular treatment (I-BiT™)

- system using video clips and interactive games to improve vision in children with amblyopia ('lazy eye'): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, 14, 145.
Pieejams: <https://trialsjournal.biomedcentral.com/articles/10.1186/1745-6215-14-145>
- Fraine, L. (2007). Strabismic amblyopia: when to treat the amblyopia, when to operate. *American Orthoptic Journal*, 57, 30-34.
- Gončarova, S.A., Pantelejevs, G.V., & Tirlovaja, E.I. (2006). Ambliopija. Luganska (Гончарова, С.А., Пантелеев, Г.В., Тырловая, Е.И. (2006) Амблиопия. Луганск).
- Grönlund, M.A., Andersson, S., Aring, E., Hård, A.L., & Hellström, A. (2006). Ophthalmological findings in a sample of Swedish children aged 4-15 years. *Acta Ophthalmologica Scandinavica*, 84(2), 169-176.
- Grzybowski, A., & Pietrzak, K. (2014). David Hubel (1926-2013): the man who developed our understanding of vision. *Neurological Science*, 35(6), 919-921.
- Guo, C.X., Babu, R.J., Black, J.M., Bobier, W.R., Lam, C.S., Dai, S., Gao, T.Y, Hess, R.F., Jenkins, M., Jianq, Y., Kowal, L., Parag, V., South, J., Staffieri, S.E., Walker, N., Wadham, A., Thompson, B., & BRAVO study team (2016). Binocular treatment of amblyopia using videogames (BRAVO): study protocol for a randomised controlled trial. *Trials*, 17(1), 504. Pieejams: <https://trialsjournal.biomedcentral.com/track/pdf/%2010.1186/s13063-016-1635-3>
- Hendler, K., Mehravaran, S., Lu, X., Brown, S.I., Mondino, B.J., & Coleman, A.L. (2016) Refractive Errors and Amblyopia in the UCLA Preschool Vision Program; First Year Results. *American Journal of Ophthalmology*, 172, 80-86.
- Hess, R.F., Babu, R.J., Clavagnier, S., Black, J., Bobier, W., & Thompson, B. (2014). The iPod binocular home-based treatment for amblyopia in adults: Efficacy and compliance. *Clinical & Experimental Optometry*, 97(5), 389-398.
- Hess, R.F., Thompson, B., & Baker, D.H. (2014). Binocular vision in amblyopia: structure, suppression and plasticity. *Ophthalmic Physiological Optics*, 34, 146-162.
- Hess, R.F., & Thompson, B. (2015). Amblyopia and the binocular approach to its therapy. *Vision Research*, 114, 4-16.
- Holmes, J.M., & Clarke, M.P. (2006). Amblyopia. *Lancet*, 367(9519), 1343-1351.
- Huang, H.M., Kuo, H.K., Fang, P.C., Lin, H.F., Lin, P.W. & Lin, S.A. (2008). The effect of CAM vision stimulator for bilateral amblyopia of different etiologies. *Chang Gung Medical Journal*, 31(6), 592-598.
- Hubel, D.H. (1982). Evolution of ideas on the primary visual cortex, 1955-1978: A biased historical account. *Bioscience Report* 2, 435-469.

- Ibironke, J.O., Friedman, D.S., Repka, M.X., Katz, J., Giordano, L., Hawse, P. & Tielsch, J.M. (2011). Child development and refractive errors in preschool children. *Optometry and Vision Science*, 88(2), 181-187.
- Irfan, S., Adil, N. & Iqbal, H. (2013). Determining the efficacy of full-time occlusion therapy in severe amblyopia at different ages. *F1000Research*, 2, 149. Pieejams: <https://f1000research.com/articles/2-149/v1>
- Jeon, S.T., Maurer, D., & Lewis, T.L. (2012). The effect of video game training on the vision of adults with bilateral deprivation amblyopia. *Seeing and Perceiving*, 25(5), 493-520.
- Kelly, K.R., Jost, R.M., Dao, L., Beauchamp, C.L., Leffler, J.N., & Birch, E.E. (2016). Binocular iPad game vs patching for treatment of amblyopia in children. *JAMA Ophthalmology*, 134(12), 1402-1408.
- Khalaj, M., Zeidi, I.M., Gasemi, M.R., & Keshtkar, A. (2011). The effect of amblyopia on educational activities of students aged 9-15. *Journal of Biomedical Science and Engineering*, 4, 516-521.
- Khan, T. (2015). Is there a critical period for amblyopia therapy? Results of a study on older anisometropic amblyopes. *Journal of Clinical Diagnostic Research*, 9(8), NC01-4. Pieejams: <https://doi:10.7860/JCDR/2015/13277.6288>
- Kiorpes, L., & Movshon, J.A. (1996). Amblyopia: a developmental disorder of the central visual pathways. *Cold Spring Harbor Symposia Quantitative Biology*, 61, 39-48.
- Kiorpes, L., Kiper, D.C., O'Keefe, L.P., Cavanaugh, J.R., & Movshon, J.A. (1998). Neuronal correlates of amblyopia in the visual cortex of macaque monkeys with experimental strabismus and anisometropia. *The Journal of Neuroscience*, 18(16), 6411-6424.
- LeVay, S., Wiesel, T.N., & Hubel, D.H. (1980). The development of ocular dominance columns in normal and visually deprived monkey. *Journal of Comparative Neurology*, 191(1), 1-51.
- Levi, D.M. (2012). Prentice award lecture 2011: removing the brakes on plasticity in the amblyopic brain. *Optometry and Vision Science*, 89(6), 827-838.
- Lewis, T.L., & Maurer, D. (2005). Multiple sensitive periods in human visual development: evidence from visually deprived children. *Developmental Psychobiology*, 46(3), 163-183.
- Li, J., Thompson, B., Lam, C.S.Y., Deng, D., Cban, L.Y.L., Maebara, G., Woo, G.C., Yu, M., & Hess, R.F. (2011). The role of suppression in amblyopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 52(7), 4169-4176.
- Li, S.L, Jost, R.M, Morale, S.E., Stager, D.R., Dao, L., Stager, D., & Birch, E.E. (2014). A binocular iPad treatment for amblyopic children. *Eye*, 28(10), 1246-1253.

- Loudon, S.E., & Simonsz, H.J. (2005). The history of the treatment of amblyopia. *Strabismus*, 13(2), 93–106.
- Maggi, C. (1959). Classification of amblyopia. *British Journal of Ophthalmology*, 43, 345-360.
- Mazarei, M., Fard, M.A., Merat, H., & Roohipoor, R. (2013). Associations of refractive amblyopia in a population of Iranian children. *Journal of Optometry*, 6(3), 167–172.
- Noorden, G.K.von, & Campos, E. (2002). Binocular vision and ocular motility. 6th ed. St. Louis: Mosby.
- Parks, M.M. (1989). Treatment of the sensorial adaptations and amblyopia. In: Duane TD, editor. *Clinical ophthalmology*. 1. Vol. 11. Hagerstown, MD: Harper and Row, 1–14.
- Pediatric Eye Disease Investigator Group (2003). A comparison of atropine and patching treatments for moderate amblyopia by patient age, cause of amblyopia, depth of amblyopia, and other factors. *Ophthalmology*, 110(8), 1632-1638.
- Pediatric Eye Disease Investigator Group (2005). Randomized trial of treatment of amblyopia in children aged 7 to 17 years. *Archives of Ophthalmology*, 123(4), 437-447.
- Pediatric Eye Disease Investigator Group (2006a). A randomized trial to evaluate two hours of daily patching for amblyopia in children. *Ophthalmology*, 113(6), 904-912.
- Pediatric Eye Disease Investigator Group (2006b). Treatment of anisometropic amblyopia in children with refractive correction. *Ophthalmology*, 113(6), 895-903.
- Pediatric Eye Disease Investigator Group (2007). Treatment of bilateral refractive amblyopia in children three to less than ten years of age. *American Journal of Ophthalmology*, 144(4), 487-496.
- Pediatric Eye Disease Investigator Group (2013). A randomized trial of increasing patching for amblyopia. *Ophthalmology*, 120(11), 2270-2277.
- Phillips, C.I. (1959). Strabismus, anisometropia, and amblyopia. *British Journal of Ophthalmology*, 43, 449-460.
- Press, L.J. (2002). The interface between ophthalmology and optometric vision therapy. *Journal of Behavioral Optometry*, 13, 37-42.
- Rahi, J.S., Cumberland, P.M., & Peckham, C.S. (2006). Does amblyopia affect educational, health, and social outcomes? Findings from 1958 British birth cohort. *BMJ*, 332(7545), 820-825.
- Robaei, D., Kifley, A., Gole, G.A., & Mitchell, P. (2006a). The impact of modest prematurity on visual function at age 6 years: findings from a population-based study. *Archives of Ophthalmology*, 124(6), 871-877.

- Robaei, D., Rose, K., Ojaimi, E., Kifley, A., Huynh, S., & Mitchell, P. (2006b). Causes and associations of amblyopia in a population-based sample of 6-year old Australian children. *Archives of Ophthalmology*, 124, 878–884.
- Rosman, M., Wong, T.Y., Koh, C.L.K., & Tan, D.T.H. (2005). Prevalence and causes of amblyopia in a population-based study of young adult man in Singapore. *American Journal of Ophthalmology*, 140(3), 551-552.
- Rouse, M.W., Cooper, J.S., Cotter, S.A., Press, L.J., & Tannen, B.M. (2004). Care of the patient with amblyopia. *American Optometric Association*. Pieejams: <https://www.aoa.org/documents/optometrists/CPG-4.pdf>
- Sapkota, Y.D., Adhikari, B.N., Pokharel, G.P., Poudyal, B.K., & Ellwein, L.B. (2008). The prevalence of visual impairment in school children of upper-middle socioeconomic status in Kathmandu. *Ophthalmic Epidemiology*, 15, 17–23.
- Scott, W.E., & Dickey, C.F. (1988). Stability of visual acuity in amblyopic patients after visual maturity. *Graefe's Archive of Clinical and Experimental Ophthalmology*, 226, 154-157. Pieejams: <https://doi:10.1007/BF02173306>
- Sengpiel, F. (2014). Plasticity of the visual cortex and treatment of amblyopia. *Current Biology*, 24(18), R936-R940. Pieejams: <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2014.05.063>
- Sherman, A (1995). Treatment of amblyopia without full refractive correction or occlusion. *Journal of Behavioral Optometry*, 6, 15–17.
- Shrestha, G.S., Sujakhu, D., & Joshi, P. (2011). Refractive error among school children in Jhapa, Nepal. *Journal of Optometry*, 4(2), 49-55.
- Shrestha, U.D., & Adhikari, S. (2013). Amblyopia and amblyopia treatment study. *Nepal Journal of Medical Sciences*, 2(1), 66-72.
- Simmers, A.J., Gray, L.S., & Spowart, K. (1997). Screening for amblyopia: a comparison of pediatric letter tests. *British Journal of Ophthalmology*, 81, 465-469.
- Smith, E.L., Harwerth, R.S., & Crawford, M.L.J (1985). Spatial contrast sensitivity deficits in monkeys produced by optically induced anisometropia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 26(3), 330–342.
- Spiegel, D.P., Li, J., Hess, R.F., Byblow, W.D., Deng, D., Yu, M., & Thompson, B. (2013). Transcranial direct current stimulation enhances recovery of stereopsis in adults with amblyopia. *Neurotherapeutics*, 10(4), 831–839.
- Stanković, B. (2011). Clinical aspects of different types of amblyopia. *Vojnosanitetski Pregled*, 68(8), 696-698.

- Sushil, O., Meenu, B., Vaibhav, J., Reena, S., Brijesh, S., & Singh, S. (2016). Pattern of refractive error in pediatric patients coming to rural tertiary care hospital of Central India. *Indian Journal of Clinical and Experimental Ophthalmology*, 2(1), 72-75.
- Tarczy-Hornoch, K., Varma, R., Cotter, S.A., McKean-Cowdin, R., Lin, J.H., Borchert, M.S., Torres, M., Wen, G., Azen, S.P., Tielsch, J.M., Friedman, D.S., Repka, M.X., Katz, J., Ibranke, J. & Giordano, L. (2011). Risk factors for decreased visual acuity in preschool children: the Multi-ethnic Pediatric Eye Disease and Baltimore Pediatric Eye Disease Studies. *Ophthalmology*, 118(11), 2262-2273.
- Tejedor, J., & Ogallar, C. (2008). Comparative efficacy of penalization methods in moderate to mild amblyopia. *American Journal of Ophthalmology*, 145(3), 562–569.
- Tommila, V., & Tarkkanen, A. (1981). Incidence of loss of vision in the healthy eye in amblyopia. *British Journal of Ophthalmology*, 65, 575-577.
- Vedamurthy, I., Nahum, M., Huang, S.J., Zheng, F., Bayliss, J., Bavelier, D., & Levi, D.M. (2016). A dichoptic custom-made action video game as a treatment for adult amblyopia. *Vision Research*, 114, 173-187.
- Xu, C.S., Chen, J.S. & Adelman, R.A. (2015). Video game use in the treatment of amblyopia: weighing the risks of addiction. *Yale Journal of Biology and Medicine*, 88, 309-317.
- Wadds, E.M. (1968). Visual rehabilitation in cases of severe organic amblyopia. *The Australian Journal of Optometry*, 1968, 306-310.
- Wilson, M.E., Trivedi, R.H., & Saunders, R.A. (2009) Pediatric Ophthalmology: current thought and a practical guide, 33-46. Berlin.
- Webber, A.I., Wood, J.M., Gole, G.A., & Brown, B. (2008). Effect of amblyopia on self esteem in children. *Optometry and Vision Science*, 85(11), 1074-1081.
- Wiesel, T.N., & Hubel, D.H. (1963). Single-cell responses in striate cortex of kittens deprived of vision in one eye. *Journal of Neurophysiology*, 26, 1003-1017.
- Wong, A.M. (2012). New concepts concerning the neural mechanisms of amblyopia and their clinical implications. *Canadian Journal of Ophthalmology*, 47, 399-409.
- Zörner, B., & Schwab, M.E. (2010). Anti-Nogo on the go: from animal models to a clinical trial. *Annals of the New York Academy of Science, Supplement 1*, E22-E34. Pieejams: <https://doi:10.1111/j.1749-6632.2010.05566.x>
- Žiak, P., Holm, A., Halička, J., Mojžiš, P., & Piñero, D.P. (2017). Amblyopia treatment of adults with dichoptic training using the virtual reality oculus rift head mounted display: preliminary results. *BMC Ophthalmology*. 17, 105:1-8.

1. PIELIKUMS

Dalībnieku, kas veica oklūzijas, pamata dati pirms terapijas uzsākšanas.

Dalībnieks	Vecums, gadi	Ambliopija		Acs	Optiskā korekcija, dioptrijās	LKRA, decimālās vienībās	
		Veids	Smaguma pakāpe			Tālumā	Tuvumā
O ₁ (V)	7	A	Zema	L	+0,50/+2,00x90°	0,5	0,63
				K	Planum	1,0	1,0
O ₂ (V)	7	Š	Zema	L	Plan/+0,25x90°	0,63	0,63
				K	Planum	1,0	1,0
O ₃ (V)	8	A + Š	Zema	L	+0,75	1,0	1,0
				K	+5,00	0,4	0,63
O ₄ (V)	8	A + Š	Zema	L	+5,00	0,8	0,8
				K	+2,00/+0,75x80°	1,25	1,0
O ₅ (S)	8	A	Augsta	L	+6,00	0,125	0,16
				K	+3,50	1,0	1,0
O ₆ (V)	8	A	Augsta	L	+8,00	0,16	0,25
				K	+4,00	1,25	1,0
O ₇ (V)	7	Š	Zema	L	Plan/+1,25x0°	0,8	0,63
				K	Plan/+0,50x0°	1,0	1,0
O ₈ (V)	9	A + Š	Zema	L	Plan/+3,00x90°	0,5	0,5
				K	Plan/+2,00x100°	0,8	0,8
O ₉ (V)	8	A	Zema	L	Planum	1,0	1,0
				K	+2,50	0,7	0,63
O ₁₀ (S)	10	A + Š	Zema	L	Plan/+2,00x100°	0,9	1,0
				K	Plan/+3,50x100°	0,8	0,63
O ₁₁ (S)	7	Š	Zema	L	+3,50/+1,00x100°	0,5	0,5
				K	+3,00/+0,50x110°	1,0	0,8

Dalībnieku grupas (O), kas veica oklūzijas, sākuma izmeklējumi, kur dzimums – V (vīrietis), S (sieviete), ambliopijas veids – A (anizotropijas ambliopija), Š (šķielēšanas ambliopija), A + Š (šķielēšana kopā ar anizotropiju), smaguma pakāpe (pēc *Avetisovs(1986)* (*citēts pēc Družina, 2004*) – zema pakāpe (0,4-0,8), vidēja pakāpe (0,2-0,3), augsta pakāpe (0,05-0,1), acs – L (labā acs), K (kreisā acs), LKRA – labākais koriģētais redzes asums (tālumā un tuvumā, izmantojot ciparu optotipus) decimālajās vienībās.

2. PIELIKUMS

Dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, pamata dati pirms terapijas uzsākšanas.

Dalībnieks	Vecums, gadi	Ambliopija		Acs	Optiskā korekcija, dioptrijās	LKRA, decimālās vienībās	
		Veids	Smaguma pakāpe			Tālumā	Tuvumā
S ₁ (V)	15	A + O	Zema	L	+0,50	1,25	1,0
				K	+1,75/+0,50x170°	0,63	0,8
S ₂ (S)	7	A	Zema	L	+1,25	0,8	0,8
				K	Plan/+0,75x85°	1,0	1,0
S ₃ (V)	12	A	Zema	L	+0,50	1,25	1,0
				K	+2,50	0,8	0,8
S ₄ (V)	9	A	Zema	L	+0,50	1,25	1,0
				K	+2,25/+0,50x20°	0,5	0,63
S ₅ (V)	12	A + Š	Vidēja	L	+4,50/+1,25x80°	1,0	0,8
				K	+2,00/+2,00x100°	0,2	0,32
S ₆ (V)	13	A	Vidēja	L	+0,50	1,0	0,8
				K	+4,50	0,32	0,32
S ₇ (V)	7	A	Zema	L	Plan/-2,00x10°	0,63	0,63
				K	Planum	1,0	1,0
S ₈ (S)	8	A	Zema	L	Planum	1,0	1,0
				K	+4,50	0,4	0,5
S ₉ (V)	7	A	Zema	L	Plan/+1,50x90°	1,0	1,0
				K	Plan/+2,50x90°	0,7	0,8
S ₁₀ (S)	7	A	Zema	L	+0,50	1,0	1,0
				K	+1,00/+2,00x120°	0,8	0,63
S ₁₁ (S)	10	A	Zema	L	+1,50	1,0	1,0
				K	+2,50/+0,50x90°	0,63	0,63

Dalībnieku grupas (S), kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, sākuma izmeklējumi, kur dzimums – V (vīrietis), S (sieviete), ambliopijas veids – A (anizotropijas ambliopija), Š (šķielēšanas ambliopija), A + Š (šķielēšana kopā ar anizotropiju), A + O (obskurācijas ambliopija kopā ar anizotropiju), smaguma pakāpe (pēc *Avetisovs (1986) (citēts pēc Družina, 2004)* – zema pakāpe (0,4-0,8), vidēja pakāpe (0,2-0,3), augsta pakāpe (0,05-0,1), acs – L (labā acs), K (kreisā acs), LKRA – labākais koriģētais redzes asums (tālumā un tuvumā, izmantojot ciparu optotipus) decimālajās vienībās.

3. PIELIKUMS

Kontroles grupas dalībnieku, kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, pamata dati pirms specializētās datorspēles spēlēšanas.

Dalībnieks	Vecums, gadi	Ambliopija		Acs	Optiskā korekcija, dioptrijās	LKRA, decimālās vienībās	
		Veids	Smaguma pakāpe			Tālumā	Tuvumā
K ₁ (S)	10	-	-	L	Planum	1,5	1,0
				K	Planum	1,5	1,0
K ₂ (S)	7	-	-	L	Planum	1,0	1,0
				K	Plan/+0,50x90°	1,0	1,0

Kontroles grupas dalībnieku (K), kas spēlēja specializēto datorspēli ambliopijas ārstēšanai, sākuma izmeklējumi, kur dzimums – S (sieviete), acs – L (labā acs), K (kreisā acs), LKRA – labākais koriģētais redzes asums (tālumā un tuvumā, izmantojot ciparu optotipus) decimālajās vienībās.

4. PIELIKUMS

Specializētās datorspēles instrukcija, kas tika nosūtīta dalībnieku vecākiem uz e-pastu:

- ♦ Tetris® spēli jāspēlē 20-25 minūtes dienā;
- ♦ Jāspēlē ar sarkani-zilām brillēm/filtriem, kas tika iedotas līdzīgi uz mājām, kuras jāliet virsū optiskām brillēm, ja tādas ir;
- ♦ Sarkano filtru jāliet ambliopās jeb “slinkās” acs priekšā;
- ♦ Tetris® spēli var lejuplādēt <http://livingwithdiplopia.blogspot.com/2013/08/lazy-eye-anti-suppression-tetris.html>, izvēloties melnu fona krāsu;
- ♦ Savā datorā jāatrod lejuplādēto failu (*javascript-tetris-master.zip*) un jāatvēr spēle;
- ♦ Spēles darba attālums ir 50-60 cm no datora ekrāna;
- ♦ Lai uzsāktu spēlēt spēli, uz savas datora tastatūras jānospiež *Space bar* poga;
- ♦ Kritošās spēles figūras var rotēt ar *Page Up* pogas palīdzību, lai paātrinātu figūras krišanu uz leju ir jānospiež *Page Down* poga;
- ♦ Figūras var bīdīt ar *Home* un *End* pogu palīdzību (pa labi vai pa kreisi);
- ♦ Pirms katras spēles uzsākšanas ir jāpamaina datora iestatījumus (krāsas/kontrastu) pēc subjektīvām sajūtām, ja ir nepieciešams, lai caur specializētajiem filtriem labāk redzošā acs redz tikai zilos spēles elementus (caur zilo filtru) un ambliopā acs tikai sarkanos spēles elementus (caur sarkano filtru).

Maģistra darbs “Specializēto datorspēļu pielietojums ambliopijas ārstēšanā” izstrādāts LU Dabaszinātņu akadēmiskajā centrā.

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

Autore: Kristīne Kalniča
Stud.apl.Nr. kk16105

Rekomendēju/nerekomendēju darbu aizstāvēšanai
Vadītājs: docente, Dr.fiz. Aiga Švede

Recenzents: lektore, Dr.fiz. Ieva Timrote

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

Darbs aizstāvēts Valsts pārbaudījuma komisijas sēdē
_____. protokola Nr. _____

Komisijas sekretārs: docents, Dr.fiz. Pēteris Cīkmačs