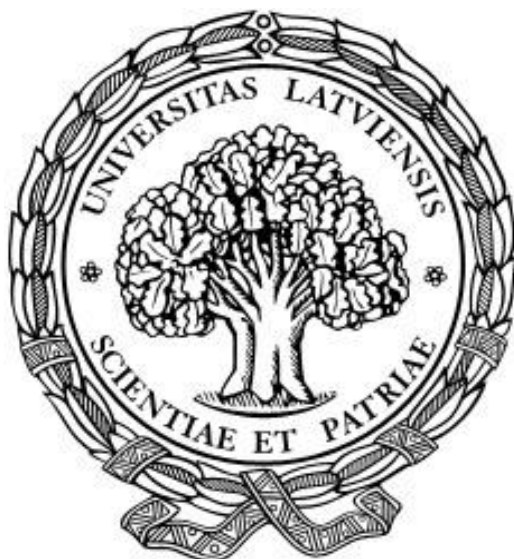


LATVIJAS UNIVERSITĀTES
75. ZINĀTNISKĀ KONFERENCE



CILVĒKA FIZIOLOĢIJAS UN
UZTVERES SEKCIJAS

REFERĀTU TĒZES

Rīgā, Jelgavas ielā 1,
2017. gada 17. un 19. februārī

Latvijas Universitātes 75. zinātniskā konference
ATOMFIZIKA, OPTISKĀS TEHNOLOĢIJAS UN MEDICĪNISKĀ FIZIKA
Cilvēka fizioloģijas un uztveres sekcija

Vadītāji *doc. G. Ikaunieks*
prof. G. Krūmiņa

2017. gada 17. februārī, plkst. 09⁰⁰

LU Dabaszinātņu akadēmiskajā centrā, 702. auditorijā (Aeris)
Jelgavas ielā 1.

- 09:00 – 09:30 **Prof. emeritus I. Lācis**
Filantropija un mecenātisms Latvijas Universitātes vēsturē
- 09:30 – 09:50 **G. Krūmiņa, J. Šķilters, V. Liakhovetskii, A. Aleksejeva**
Spoguļfigūru uztvere mentālās rotācijas uzdevumā
- 09:50 – 10:10 **Z. Marcinkevičs, U. Rubīns, T. Karaja, K. Volčeka**
Augstas izšķirtspējas attēlveides fotopletizmogrāfijas izmantošanas iespējas ādas mikrocirkulācijas pētīšanā
- 10:10 – 10:30 **A. Caica, Z. Marcinkevičs**
m.vastus lateralis un tam pieguļošo audu apjoma izmaiņas statistiskās ceļa ekstensijas laikā
- 10:30 – 10:50 **I. Laicāne, J. Šķilters, V. Liakhovetskii, I. Jurčinska, G. Krūmiņa**
Uztveres grupēšana redzes lauka perifērijā
- 10:50 – 11:10 **I. Jurčinska, I. Laicāne, J. Šķilters, V. Liakhovetskii, G. Krūmiņa**
Fiksācijas acu kustības grupēšanas uzdevumos redzes lauka perifērijā
- 11:10 – 11:30 **T. Pladere, G. Krūmiņa**
Grupēšanas pēc līdzības īpatnības vizuālās meklēšanas uzdevumos
- 11:30 – 12:00 **Pārtraukums**
- 12:00 – 12:40 **Posteru sesija**
- 12:40 – 13:00 **V. Karitāns, E. Nitišs**
Iestrādes acs aberāciju mērīšanai, izmantojot kodēto difrakcijas struktūru metodi
- 13:00 – 13:20 **S. Pore, G. Krūmiņa**
Divdimensionāla stimula slīpuma uztvere
- 13:20 – 13:40 **S. Matulēviča, J. Šķilters, G. Krūmiņa**
Attāluma ietekme uz neuzmanības akluma uzdevumu
- 13:40– 14:00 **E. Treija, A. Švede**
Acs zīlītes diametra novērtēšana videookulogrāfijas iekārtas kalibrēšanas laikā
- 14:00– 14:20 **V. Štokmane, A. Petrova**
Apmiglojuma adaptācija dažāda veida optotipu gadījumā
- 14:20– 14:40 **A. Matīse, G. Ikaunieks**
Lāzera spekla refraktometra izmantošana akomodācijas mērījumiem

Posteri

- P1 A. Batare, A. Švede**
Papildus infrasarkanā apgaismojuma ietekme uz acs zīlītes izmēra novērtējumu
- P2 I. Gičevska, A. Švede**
Vergēnces atbildes izmaiņas ilgstošas tuvuma slodzes ietekmē
- P3 I. Ivanāne, S. Fomins**
Reakcijas laika izmaiņas krēslas apstākļos
- P4 A. Maslobojeva, K. Panke**
Vadošās acs stabilitāte un binokulārā konkurence
- P5 A. Pastare, M. Ozoliņš**
Šapiro-Meilstrupa ilūzija krāsainu stimulu gadījumā
- P6 S. Šmite, S. Fomins**
Redzes noslodzes ietekme uz akomodācijas dinamikas parametriem
- P7 A. Valaine, S. Fomins**
Pupilometrijas parametru izmaiņas metamēros apgaismojuma avotos
- P8 E. Vavžika, S. Līduma**
Redzes asuma, refrakcijas, radzenes biezuma izmaiņas dažādās keratokonusa stadijās pēc kroslinkinga operācijas
- P9 E. Vēvere, J. Šķilters, V. Liakhovetskii, G. Krūmiņa**
Izoluminantu stimulu ietekme uz atbildes sniegšanas laiku vizuāli telpiskajā uztverē
- P10 E. Zariņa, R. Trukša**
Kvantitatīvo kļūdu skaitīšanas metožu salīdzinājums krāsu sakārtošanas testos

LU Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas un LOOA kopīgā klīniski praktiskā konference

2017. gada 19. februārī, plkst. 11⁰⁰

LU Dabaszinātņu akadēmiskajā centrā, 223. auditorijā

Jelgavas ielā 1.

1. Jauna stereoredzes testa izstrāde krustotās un nekrustotās disparitātes traucējumu novērtēšanai

G. Krūmiņa, A. Gulbe, C. Adami, V. Liakhovetskii (20 min)

2. Kustības uztveres izmaiņu atkarība no stimula fiksācijas

B. Marcinkeviča, E. Kassaliete (20 min)

3. Acs aksiālā garuma izmaiņas 24 mēnešu periodā tuvredzīgiem bērniem 6 līdz 12 gadu vecumā, lietojot ortokeratoloģijas kontaktlēcas

J. Baltraitis, E. Kassaliete (20 min)

4. Radzenes liekuma izmaiņas pēc ortokeratoloģijas terapijas

L. Kozuliņa, G. Krūmiņa (20 min)

5. Keratokonusa virsotnes atrašanās vietas ietekme uz redzes asumu un kontrastredzi

S. Lūduma, G. Krūmiņa (20 min)

6. Presbiopijas radītās acs akomodācijas un biometrijas rādījumu izmaiņas

K. Panke, M. Zeidaks, A. Švede (20 min)

Pārtraukums

7. Presbiopijas terapijas iespējas izmantojot redzes treniņus

D. Pikuļina, K. Panke, A. Švede (20 min)

8. Brillu tehnoloģiju nozīme redzes korekcijā

K. Detkova (45 min)

9. Bērns optometrista kabinetā

K. Beļikova (30 min)

SPOGUĻFIGŪRU UZTVERE MENTĀLĀS ROTĀCIJAS UZDEVUMĀ

Gunta Krūmiņa¹, Jurgis Šķilters², Vsevolod Liakhovetckii³ un Agnese Aleksejeva¹

¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

²Latvijas Universitāte, Kognitīvo zinātņu un semantikas centrs, Rīga, Latvija

³Krievijas Zinātņu akadēmija, Pavlova fizioloģiskais institūts, Sanktpēterburga, Krievija

Ievads

Ikdienā aizejot uz veikalu, cenšamies atcerēties un priekšstatīt, kas iztrūkst, piemēram, ledusskapī un kas būtu jānopērk. Pirms dodamies ceļojumā, prātā mēģinām salikt mantas automašīnas bagāžas nodalījumā. Aplūkojot kartes, cenšamies tajās orientēties iztēlojoties vidi, kuru mēs jau zinām, un mēģinām tajā atrast ielas, mājas. Skolēniem mentālā rotācijas spējas ir nepieciešamas telpiskās ģeometrijas apgūšanā, kad jāiztēlojas savā prātā telpiskās figūras veidols un jāveic aprēķini. Mentālā priekšstatīšana (*mental imagery*) un elementu mentālā rotācija (*mental rotation*) prātā ir ļoti svarīga gandrīz visu profesiju pārstāvjiem.

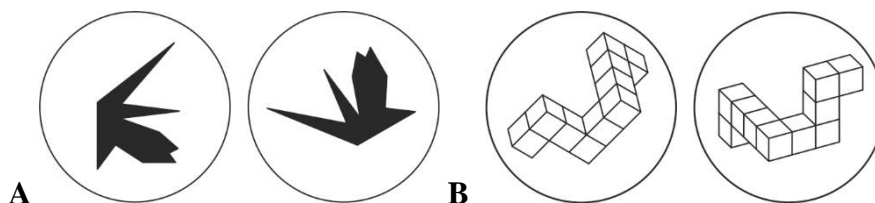
Cilvēkam piemīt telpiskās spējas, kas palīdz viņam vizualizēt un telpiski priekšstatīt lietas un telpiski orientēties. Telpiskā vizualizācija savukārt ir cieši saistīta ar mentālo rotāciju un transformāciju (Sorby, 1999). Ja divdimensiju plaknē (uz papīra vai datora ekrāna) tiek atveidots telpisks objekts, tad gandrīz vienalga kurā leņķī tas tiktu atveidots, cilvēks to lielākoties spēs atpazīt. Šo spēju dēvē par mentālo priekšstatīšanu, kura – lielākā vai mazākā mērā – piemīt ikvienam cilvēkam. Tā ir spēja mentāli radīt, saglabāt un grozīt reāli esošu objektu, saglabājot tā nemainīgu fizikālo (ārpus vērotāja esošo) identitāti. Lai gan objektiem ir dažādas īpašības (piemēram, krāsa, tekstūra, forma), mentāli rotējot visnozīmīgākā ir objekta forma, savukārt pārējās īpašības ir mazāk būtiskas.

Mentālai rotācijai ir sekojoši līmeņi (Johnson, 1990): (1) objekta mentālā izveidošana, (2) objekta mentālā rotēšana līdz var izdarīt salīdzinājumu, (3) salīdzināšana, (4) secinājuma izdarīšana, vai objekts ir tāds pats vai nav, (5) sava sprieduma paziņošana.

Mūsu pētījuma mērķis ir novērtēt izmainītās instrukcijas ietekmi uz mentālās rotācijas uzdevumu rezultātiem. Lai sasniegtu mērķi, tika izvirzīti sekojoši uzdevumi: (1) pārbaudīt pētnieku (Shepard & Metzler, 1971; Cooper, 1975) atklāto paradigmu par trīsdimensionālo un divdimensionālo objektu mentālo rotāciju; (2) novērtēt spoguļfigūru mentālā rotācijas uzdevuma ietekmi uz atbildes sniegšanas laiku un precizitāti.

Metode

Mentālās rotācijas novērtēšanai izmantojām speciāli izveidotu testu uz datora ekrāna, kas sastāvēja no 480 figūru pāriem, no kuriem 240 bija divdimensionāli un 240 bija trīsdimensionāli figūru pāri. Ap figūru apkārt esošai aplis (skat.1.att.) uz 15 collu ekrāna bija 8,5 cm liels (~9,8°). Figūras izmēri bija robežās ~4,3⁰-8⁰ dažādās asīs. Līdz ar to šīs figūras bija pietiekami lielas, lai pētījuma dalībnieks tās varētu saskatīt 60-70 cm attālumā.



1.att. (A) Testa divdimensionālās figūras – vienādas, tikai sagrozītas, (B) testa trīsdimensionālās figūras – spoguļattēlā un sagrozītas.

Uz ekrāna parādoties figūru pārim, pētījuma dalībniekam bija jānovērtē vai abas figūras ir vienādas (tikai tās varēja būt pagrieztas dažādos leņķos pulksteņa rādītāja virzienos) vai tās ir kā spoguļattēls viena otrai un arī pagrieztas dažādos leņķos pulksteņrādītāja virzienā. Kad dalībnieks

sniedza atbildi, tad pēc 1,5 sekundes parādījās nākamais figūru pāris. Figūras savā starpā tika rotētas četros leņķos – 0°, 60°, 120° un 180°. 1.attēlā redzams vienādu divdimensionālo un spoguļattēla trīsdimensionālo figūru piemērs. Pavisam uzdevumā tika izmantotas četru veida divdimensionālās un četru veidu trīsdimensionālās figūras. Divdimensionālās figūras ir aizgūtas no pētījuma (Cooper, 1975), izvēloties daudzstūrus pēc to sarežģītības un atšķirības – katram nākamam daudzstūrim ir par 4 stūriem vairāk. Trīsdimensionālās figūras aizgūtas no Šeparda un Mecleres pētījuma (Shepard & Metzler, 1971) un izveidotas speciālā trīsdimensiju grafikā un pārzīmētas divdimensionālā zīmējumā.

Atbildes sniegšanai atvēlētais laiks nebija ierobežots. Dalībnieki varēja izvēlēties savu atbildes sniegšanas laiku, jo tika vērtēta arī atbildes precizitāte. Kopējais testa izpildes laiks variēja sākot ar 15 minūtēm līdz 50 minūtēm. Katram pētījuma dalībniekam pirms testa sākuma tika parādīta instrukcija, lai iepazīstinātu ar paveicamo uzdevumu. Tika konstatēts, ka iepriekš no dalībniekiem neviens nav veicis šāda veida uzdevumu.

Pētījuma dalībnieki

Mentālās rotācijas uzdevumu vienu reizi veica 89 cilvēki, no tiem 75 sievietes un 14 vīrieši. Vidējais vecums bija 23 gadi (no 18 līdz 38 gadiem). Divas reizes testu veica 46 dalībnieki, lai novērtētu atkārtota efekta. Redzes funkcijas papildus netika pārbaudītas. Taču ikvienam dalībniekam bija pietiekoši labs redzes asums, lai veiktu mentālās rotācijas uzdevumu.

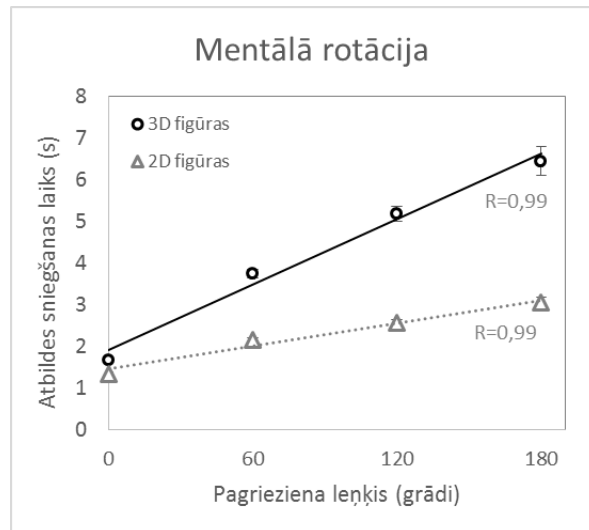
Rezultāti

Pētījumā salīdzinājām mentālā rotācijas uzdevuma atbildes sniegšanas laikus starp sievietēm un vīriešiem. Lai gan vairākos pētījumos minēts, ka vajadzētu būt atšķirībām, mūsu pētījuma dati neparāda atšķirību. No dzimumu sadalījuma viedokļa, mūsu pētījumā skaita ziņā dominē sievietes, taču apskatot vidējos atbildes sniegšanas laikus neparādās būtiska atšķirība starp dzimumiem. Līdz ar to turpmāk dati netiek dalīti pēc dzimuma un aplūkoti vienkopus vērtējot citu faktoru ietekmi uz mentālās rotācijas datiem. Datu apstrādei izmantots ANOVA tests, t-tests un visos datu grafikos attēlots 95% ticamības intervāls.

Aplūkojot divdimensionālo figūru rotācijas laikus (skat.2.att.), mūsu pētījuma dalībnieki tos rotēja vismaz 2,5 reizes ilgāk nekā 1975.gada pētījumā (Cooper, 1975). Arī trīsdimensionālās figūras mūsu pētījuma dalībnieki rotēja 1,5 reizes ilgāk kā 1971.gada pētījumā (Shepard & Metzler, 1971). Kā iespējamo iegūto atšķirību varētu skaidrot ar treniņu ietekmi, jo Kūperes pētījumā visi dalībnieki iepriekš tika trenēti, savukārt Šeparda un Mecleres pētījumā dalībnieki veica uzdevumu vairākas reizes pēc kārtas un kopumā 8-10 stundas. Līdz ar to šos datus varēja ietekmēt mācīšanās efekts.

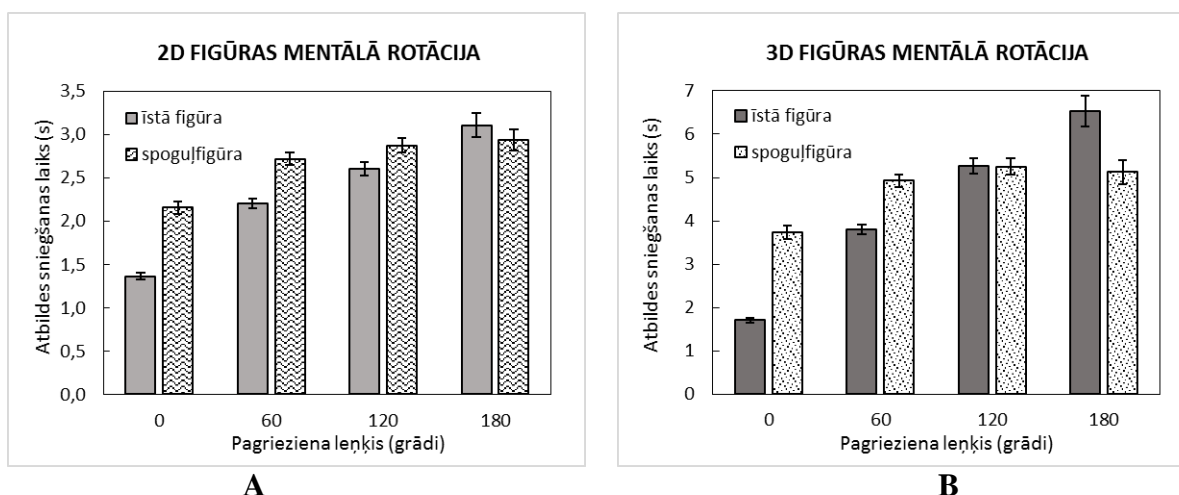
Pētījumā novērtējām arī atbildes sniegšanas laikus spoguļattēla figūrām. Dati parāda, ka novērtējot līdzīgos attēlus gan divdimensionāliem attēliem, gan trīsdimensionāliem attēliem šī sakarība ir lineāra, taču divdimensionālo un trīsdimensionālo spoguļfigūru atpazīšanā lineārā sakarība vairs nav novērojama (skat.3 A un B att.).

Atbildes sniegšanas laiki par spoguļfigūrām pie 60, 120 un 180 grādu attēlu leņķa pagrieziena neatšķiras. Statistiski būtiski atšķiras tikai atbildes sniegšanas laiks pie 0 grādiem salīdzinot ar pārējiem pagrieziena leņķiem. Par spoguļfigūru rotāciju iepriekšējie pētījumi ir pretrunīgi. Kūperes pētījumā (Cooper, 1975) parāda lineāru sakarību, tieši tādu pašu kā ar īstajām figūrām. Savukārt jaunākā pētījumā (Gardony et al., 2014) atspoguļoti līdzīgi rezultāti kā mūsu pētījumā, proti, pie



2.att. Divdimensionālo un trīsdimensionālo figūru atpazīšanas laiks. Novērtējumā apstrādātas tikai pareizi sniegtās atbildes par īstajiem attēlu

lielajiem pagrieziena leņķiem nav vairs nav novērojama statistiski būtiska atšķirība atbildes sniegšanas laikos.



3.att. (A) Divdimensionālo figūru atpazīšanas laiki. Datu apstrādē izmantotas tikai pareizi sniegtās atbildes par figūrām, kuras bija līdzīgas vai spoguļfigūras. Lineārās sakarības korelācijas koeficients īstajām figūrām ir 0,99. (B) Trīsdimensionālo figūru atpazīšanas laiki. Datu apstrādē izmantotas tikai pareizi sniegtās atbildes par figūrām, kuras bija līdzīgas vai spoguļfigūras. Lineārās sakarības korelācijas koeficients īstajām figūrām ir 0,99.

Pētījumos autori pārsvarā izmanto divu veida mentālās rotācijas testus. Viena veida mentālās rotācijas uzdevumos tiek vērtēts atbildes sniegšanas laiks (piemēram, *Shepard & Metzler, 1971; Cooper, 1975*), bet netiek vērtētas kļūdas. Otra veida mentālās rotācijas uzdevumos dalībniekiem no četrām figūrām jānosaka atbilstošā figūra references figūrai (piemēram, *Vanderberg & Kuse, 1978; Peters et al., 1995*). Otrā veida testos skaita pareizi sniegtās atbildes, taču netiek vērtēts atbildes sniegšanas laiks.

Pārsvarā visi pētījumi analizē pieļauto kļūdu daudzumu līdzīgajām figūrām. Līdz ar to nav iespējams salīdzināt ar citu autoru pētījumiem, cik kļūdas tiek pieļautas, noliedzot pareizos attēlus ar spoguļfigūrām. Mūsu pētījumā dati parāda, ja kļūdu skaits pieaug palielinoties attēlu pagrieziena leņķim līdzīgajām figūrām, tad kļūdu skaits ir diezgan līdzīgs pie visiem pagrieziena leņķiem spoguļfigūrām.

Secinājumi

Kopumā vērtējot iegūtos rezultātu vairākkārtīgi atkārtojot, var secināt, ka spoguļfigūru uztvere un atbildes sniegšana mentālās rotācijas uzdevumos notiek savādāk nekā standarta testos. Visvieglāk cilvēkam ir sniegt atbildi, ja ir precīzi abas figūras kā spoguļattēls viena otrai, līdz ar to arī ir izskaidrojams, kādēļ nav lineāras atkarības laikam no pagrieziena leņķa.

Literatūra

- Cooper, L.A. (1975). Mental rotation of random two-dimensional shapes. *Cognitive psychology*, 7, 20-43.
- Gardony, A.L., Taylor, H.A., & Brunye, T.T. (2014). What does physical rotation reveal about mental rotation? *Psychological Science*, 25(2), 605-612.
- Johnson, A.M. (1990). Speed of mental rotation as a function of problem solving strategies. *Perceptual and Motor Skills*, 71, 803-806.
- Peters, M., Laeng, B., Latham, K., Jackson, M., Zaiyouna, R., & Richardson, C. (1995). A redrawn Vanderberg and Kuse mental rotations test: different versions and factors that affect performance. *Brain and Cognition*, 28, 39-58.
- Shepard, R.N., & Metzler, J. (1971). Mental rotation of tree-dimensional objects. *Science*, 171, 701-703.
- Sorby, S.A. (1999). Developing 3-D spatial skills. *Engineering Design Graphics Journal*, 63(2), 21-32.
- Vandenberg, S.G., & Kuse, A.R. (1978). Mental rotation, a group test of three-dimensional spatial visualization. *Perceptual and Motor Skills*, 47(2), 599-604.)

AUGSTAS IZŠKIRTSPĒJAS ATTĒLVEIDES FOTOPLETIZMOGRĀFIJAS IZMANTOŠANAS IESPĒJAS ĀDAS MIKROCIRKULĀCIJAS PĒTĪŠANĀ

Z.Marcinkevičs¹, U.Rubīns², T.Karaja¹, K.Volčeka¹

Latvijas Universitāte, Bioloģijas fakultāte, Dzīvnieka un cilvēka fizioloģijas katedra, Rīga, Latvija¹
Latvijas Universitāte, Atomfizikas un spektroskopijas institūts, Rīga, Latvija²

Ievads

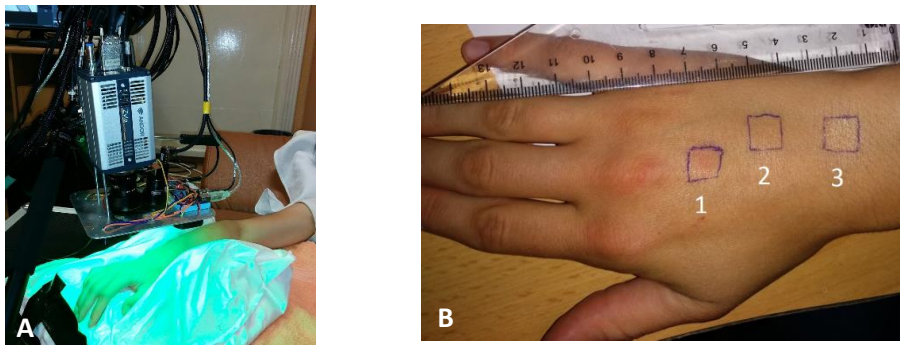
Āda ir unikāls orgāns ar sarežģītu struktūru un lokālu neuro-imuno-endokrīno sistēmu, spēj atspoguļot situāciju organismā reaģējot uz dažādām saslimšanām (aknu slimības, vairogdziedzera slimības, diabēts, gremošanas sistēmas slimības, u.c.) jau to agrīnā attīstības stadijā, kad pārējās saslimšanas pazīmes vēl nav izteiktas. Ņemot vērā ādas līdzdalību daudzās organisma norisēs, kā arī tās pieejamību dažādām neinvazīvām optiskām metodēm, pēdējā laikā pētniekiem ir radusies pastiprināta interese bez-kontakta diagnostisko metožu izstrādes jomā, ar mērķi novērtēt ādas strukturālo un funkcionālo stāvokli.

Pietiekami informatīvs un relatīvi viegli nosakāms parametrs ir ādas mikrocirkulācijas gultnes perfūzija, ko tradicionāli nosaka ar lāzera Doplera attēlveides metodi (LDI), vai lāzera speklu kontrast attēlveidi (LASCA). Šo metožu trūkums ir perfūzijas noteikšana, vienīgi noteiktā dziļumā esošos asinsvados, kas ņemot vērā, ādas daudzslāņaino asinsvadu tīklojumu nav pietiekami informatīvi. Mūsu grupas iepriekšējos pētījumos tika demonstrētas bi-spektrālās attēlveides fotopletizmoģrāfijas iespējas, reģistrējot perfūziju ādas divos atšķirīgos dziļumos esošiem asinsvadu pinumiem.

Turpinot attīstīt aizsākto ideju, šī pētījuma mērķis bija noskaidrot kameras parametru ietekmi uz mikrocirkulācijas perfūzijas signāla kvalitāti, reģistrējot to, no atšķirīgos dziļumos esošiem asinsvadu pinumiem.

Metode

Lai noskaidrotu kameras ietekmi uz perfūzijas signālu matainajā ādā, vienlaicīgi tika veikts ieraksts ar zinātnisko ultra-zemo trokšņu kameru (Andor Zyla 4.2, cooled sCMOS, ADC 16-bits) un kompakto industriālo kameru (Ximea xiQ, CMOSIS, ADC 8-bits), skat. 1.att.A.



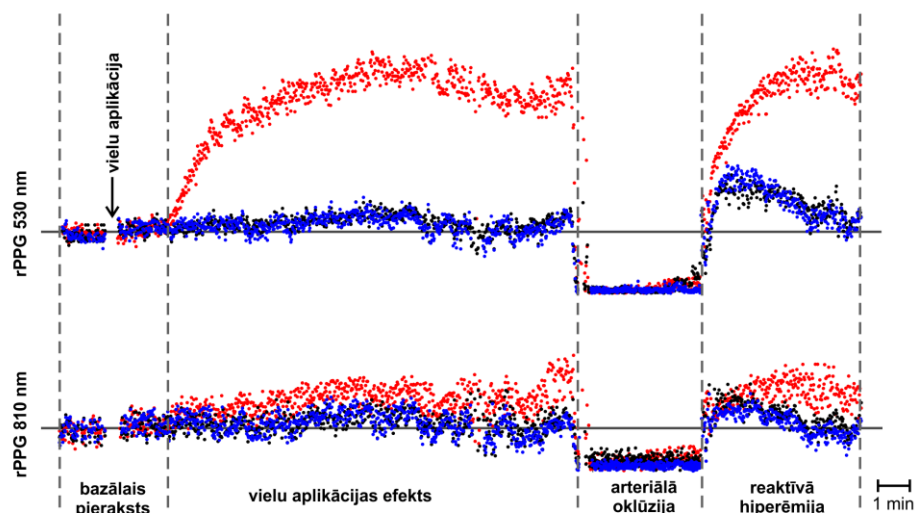
1. att. Pētījuma gaitā izvietotā aparatūra (A) un vielu aplikācijas vietas uz ādas (B); 1-niacīns, 2-olīveļļa kā kontrole, 3- mentola eļļa.

Ieraksta laikā (50 fps) āda tika secīgi apgaismota ar diviem atšķirīgiem gaismas avotiem (530nm un 810nm), sasinchronizējot tos ar kadru ierakstu (secīgi zaļie un infrasarkanie kadri).

Pētījumā piedalījās 7 jaunas un veselas izmeklējamās personas (3 vīr., 4 siev.), pirms pētījuma personas iepazīnās ar protokola gaitu un brīvprātīgi piekrita dalībai. Protokols ilga 25 minūtes: 1 minūtes bazālais pieraksts, tam sekoja 15 min. triju vielu aplikācija- niacīna ziede (1), olīveļļa-kontrolei (2) un mentola eļļa (3), katra viela savā ādas apvidū (1.att.B). Pēc tam tika veikta arteriālā oklūzijas (4 min ilgums), kam sekoja 5 min. reaktīvās hiperēmijas pieraksts. No iegūtā signāla tika izdalīta PPG maiņkomponente (AC) un līdzkomponente (DC) un izrēķināts perfūzijas indekss ($P = rPPGAC / rPPGDC$). Dati tika apstrādāti izmantojot īpašu Matlab vidē izstrādātu programnodrošinājumu (U.Rubīns).

Rezultāti

Pēc vielu aplikācijas uz ādas tika novērotas tipiskās reakcijas, līdzīgi, kā mūsu iepriekšējā pētījumā (skat.2.att.). Salīdzinot abu kameru signālus, tika konstatēts, ka ultra-zemo trokšņu kameras signālam ir lielāka amplitūda nekā kompaktajai kamerai, gan zaļajā (1.68 ± 0.59 reizes), gan infrasarkanajā kanālā (1.78 ± 0.66 reizes). Taču vielu iedarbības laikā, salīdzinot reālos perfūziju signālus no $1\text{cm} \times 1\text{cm}$ ādas reģiona, būtiskas atšķirības netika novērotas. Šī fenomena skaidrojums ir signāla iegūšana vidējojot pikselus no relatīvi liela ādas apgabala, kā arī AC signāla digitālā filtrēšana.



2. att. Nematainās ādas perfūzijas izmaiņas fizioloģisko provokāciju laikā visos trijos ādas apgabalos; ar sarkaniem punktiem apzīmēts niacīns, melniem punktiem-olīveļļa, ziliem punktiem-mentola eļļa.

Secinājumi

Iegūtie rezultāti apliecina kvalitatīva ādas perfūzijas signāla iegūšanu fotopletizmogrāfijas sistēmā izmantojot industriālo 8 bitu kameru. Savukārt, ultra-zemo trokšņu 16 bitu kameras izmantošana būtiski neuzlaboja ādas perfūzijas signāla kvalitāti.

Pateicības

Pētījums tapis ar LU projekta Nr. _AAP2016/B047 finansiālo atbalstu.

Literatūra

- Verkruyssen, W., Svaasand, L. O., & Nelson, J. S. (2008). Remote plethysmographic imaging using ambient light. *Opt. Express* 16(26), 21, 434–21, 445.
- Kumar, M., Veeraraghavan, A., & Sabharwal, A. (2015). DistancePPG: Robust non-contact vital signs monitoring using a camera. *Biomed. Opt. Express*, vol. 6, no. 5, p. 1565.
- Rubins, U., Upmalis, V., Rubenis, O., Jakovels, D., & Spigulis, J. (2011). Real-Time Photoplethysmography Imaging System. *Proc IFMBE*, vol. 34, pp. 183–186.
- Spigulis, J. (2012). Biophotonic technologies for non-invasive assessment of skin condition and blood microcirculation. *Latv. J. Phys. Tech. Sci.* 49(5), 63.
- Rubins, U., Miscuks, A., Rubenis, O., Erts, R., & Grabovskis, A. (2010). The analysis of blood flow changes under local anesthetic input using non-contact technique. *Proc. 3rd Int. Conf. on BioMedical Engineering and Informatics, BMEI 2010*, vol. 2, pp.601-604.
- Rubins, U., Spigulis, J., & Miscuks, A. (2013). Application of colour magnification technique for revealing skin microcirculation changes under regional anaesthetic input. *Proc. SPIE 9032*, pp. 1-5.
- Marcinkevics, Z., Rubins, U., Zaharans, J., Miscuks, A., Urtane, E., & Ozolina-Moll, L. (2016). Imaging photoplethysmography for clinical assessment of cutaneous microcirculation at two different depths. *J. Biomed. Opt.* 21(3), 35, 005.

***m. VASTUS LATERALIS* UN TAM PIEGUĻOŠO AUDU APJOMA IZMAIŅAS STATISKĀS CEĻA EKSTENSIJAS LAIKĀ**

Anastasija Caica un Zbignevs Marcinkevičs

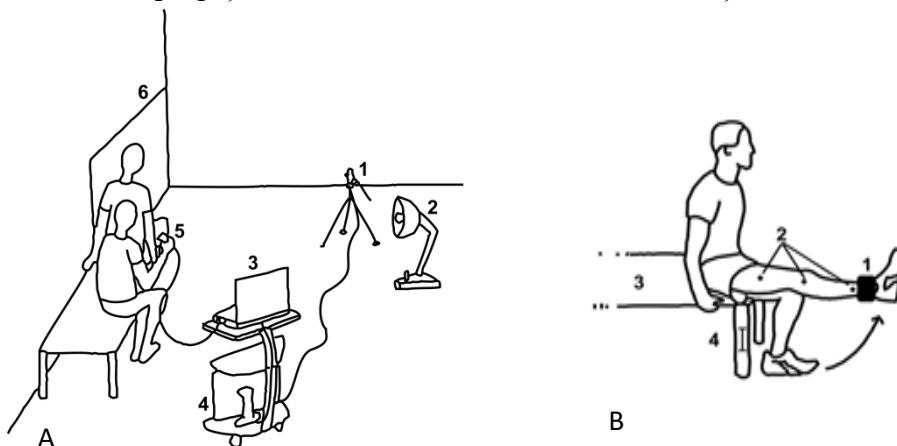
Latvijas Universitāte, Bioloģijas fakultāte, Dzīvnieka un cilvēka fizioloģijas katedra, Rīga, Latvija

Ievads

Muskuļu asins apgāde ir viens no faktoriem, kas slodzes laikā var ietekmēt muskuļa darba spējas. Tāpēc mūsdienās, gan sporta un slodžu fizioloģijas, gan asinsrites fizioloģijas pētījumos ar vien biežāk rodas nepieciešamība pēc muskuļu asinsapgādes neinvazīvas noteikšanas *in vivo* dažādās slodzēs. Pēdējā laikā sevišķi lielu atzinumu skeleta muskuļu perfūzijas tiešajā noteikšanā ir guvušas optiskās kontaktmetodes, tādas, kā piemēram fotopletizmogrāfija (saīsināti – PPG, angļiski – PhotoPlethymoGraphy), laika izšķirtspējas spektroskopija (saīsināti – TRS, angļiski – Time Result Spectroscopy) un difūzā korelācijas spektroskopija (saīsināti – DCS, angļiski – Diffuse Coleration Spectroscopy). Lai gan metodes ir perspektīvas, to galvenais ierobežojums ir audu kompresijas artefakti. Līdz ar to pētījuma mērķis bija novērtēt *m. vastus lateralis* un tam pieguļošo audu apjoma izmaiņas (deformāciju) statiskās ceļa ekstensijas laikā.

Metode

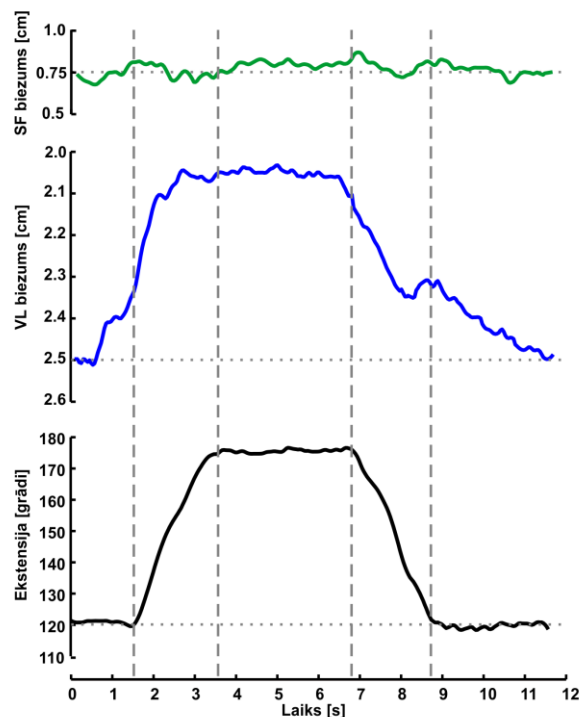
Lai novērtētu muskuļa un tam pieguļošo audu apjoma izmaiņas tika veikta statiskās ceļa ekstensijas tests (15% un 55% no MVC), kura laikā ar ultrasonogrāfu B-režīmā noteica *m.vastus lateralis* un tam pieguļošo zemādas taukaudu biezuma izmaiņas.



1. att. *m.vastus lateralis* un tam pieguļošo audu elastīgās deformācijas novērtējums statiskās slodzes laikā; A-mērījuma iekārtojums (1- kamera, 2- led gaismas avots, 3- ultrasonogrāfs, 4- dators, 5- sonogrāfa zonde, 6- fona ekrāns); B-statiskā ekstensija (1- apsmagojums, 2 – marķieri, 3 – kušete, 4 – kalibrācijas atzīme).

Rezultāti

Zemādas taukaudu slāņa biezuma izmaiņas slodzē bija ļoti niecīgas un samērojamas ar mērījuma kļūdu, kas šajā gadījumā tika eksperimentāli noteikta (<0.1 cm), tāpēc var uzskatīt, ka gan miera, gan ekstensijas laikā zemādas tauku slānis saglabājas nemainīgs. Savukārt, slodzes sākuma tika novērotas straujas muskuļa biezuma izmaiņas (25% no miera; $p < 0.001$), kas visu ekstensijas laiku saglabājās nemainīgas (skat.2.att.).



2. att. *m.vastus lateralis* un tam pieguļošo zemādas taukaudu slāņa kompresija atkarībā no ekstensijas leņķa (SF-taukaudu slāņa biežums, VL-*m.vastus lateralis* biežums).

Secinājumi

Iegūtie rezultāti apliecina statiskās slodzes modeļa, izmantojamību optiskos mērījumos, jo slodzes laikā ne muskulis, ne tam pieguļošie taukaudi praktiski nedeformējas.

Literatūra

- Häkkinen, K. (2010). Panoramic ultrasonography is a valid method to measure changes in skeletal muscle cross-sectional area. *European Journal of Applied Physiology*, 108(2), 273–279.
- Alhemi, H., Li, Z., & Deen, M. J. (2013). Time-resolved near-infrared spectroscopic imaging systems. In 2013 Saudi International Electronics, Communications and Photonics Conference (pp. 1–6). Fira: IEEE.
- Becker, I., Baxter, G. D., & Woodley, S. J. (2010). The vastus lateralis muscle: An anatomical investigation. *Clinical Anatomy*, 23(5), 575–585.
- Delaney, S., Worsley, P., Warner, M., Taylor, M., & Stokes, M. (2010). Assessing contractile ability of the quadriceps muscle using ultrasound imaging. *Muscle and Nerve*, 42(4), 530–538.

UZTVERES GRUPĒŠANA REDZES LAUKA PERIFĒRIJĀ

Ilze Laicāne¹, Jurgis Šķilters², Vsevolod Liakhovetckii³, Inga Jurčinska¹ un Gunta Krūmiņa¹
¹Latvijas Universitātes, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija

²Latvijas Universitāte, Datorikas fakultāte, Uztveres un kognitīvo sistēmu laboratorija, Rīga,
Latvija

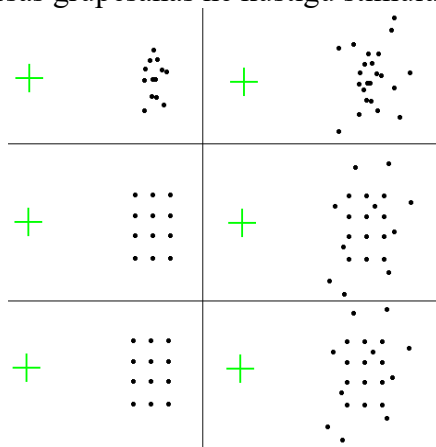
³Krievijas zinātņu akadēmijas Pavlova fizioloģijas institūts, Sanktpēterburga, Krievija

Nav veidojies vienots viedoklis par to, vai redzes lauka centrālā daļa ir specializēta bioloģiskās kustības uztverei un vai pietiekams stimulu palielinājums spēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā (Ikeda et al., 2005; Gurnsey et al., 2010). Izmantojot dažādu stimulu uzbūvi (ar un bez vizuālā trokšņa) zinātniskajā literatūrā gūtie rezultāti ir pretrunīgi. Tāpēc šī pētījuma **mērķis** ir novērtēt bioloģiskās kustības uztveri redzes lauka centrālajā daļā un perifērijā, kā arī analizēt iegūtos rezultātus, pamatojoties uz zināmo informāciju par vizuālās informācijas grupēšanas un uztveres procesu norisi.

Lai izvērtētu bioloģiskās kustības un citu vizuālās informācijas grupēšanas stimulu uztveri centrālajā redzes laukā un perifērijā, tika pētījums tika iedalīts divās daļās un izveidoti divu veidu uzdevumi. **Pirmais uzdevums** bija izvērtēt, vai pie pietiekama stimula palielinājuma, iespējams izlīdzināt bioloģiskās kustības uztveres sniegumu centrālajā redzes laukā un perifērijā. Dalībnieku uzdevums bija noteikt, vai demonstrētais stimuls ir bioloģiskā kustība vai kustības jauktā versija. Objekts tika demonstrēts centrālajā laukā un redzes lauka tuvajā perifērijā (līdz 15 grādiem ekscentriski). Gūtie rezultāti norādīja, ka, izmantojot pietiekamu stimula palielinājumu, perifērajā redzes laukā iespējams iegūt tikpat labus rezultātus kā centrālajā redzes laukā. Tas ļāva secināt, ka centrālais redzes lauks nav specializēts bioloģiskās kustības uztverei.

Tā kā zinātniskajā literatūrā atrodami pētījumi (Ikeda et al., 2005) apgalvo, ka stimula palielinājums nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā, demonstrē stimulus vizuālā troksnī, šī pētījuma **otrais uzdevums** bija izvērtēt minimālo troksni veidojošo punktu skaitu, kas ļauj uztvert bioloģisko kustību. Lai izvērtētu iespējami pasliktinātā rezultāta saistību ar stimulu grupēšanu, stimula-fona segregāciju vai kustības uztveri, tad dalībniekiem tika demonstrēti stimuli gan ar vienkāršu grupēšanas uzdevumu, gan vienkāršu kustību (skat.1.att.). Uzdevuma instrukcijas bija līdzīgas: noteikt, vai demonstrētais stimuls ir sagraupēti elementi vai to jauktā versija.

Rezultāti apstiprināja, ka stimulu palielinājums nespēj kompensēt bioloģiskās kustības uztveres pasliktinājumu redzes lauka perifērijā. Turklāt stimulu palielinājums nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu ne vienkāršas grupēšanas ne kustīgu stimulu uztverē.



1.att. Otrā uzdevuma stimuli. Dalībniekiem bija uzdevums noteikt, vai perifērijā demonstrētais stimuls ir bioloģiskā kustība (punktu līnijas, vienkārša kustība) vai šo stimulu jauktās versijas.

Iegūtie rezultāti sniedz ieskatu bioloģiskās kustības uztveres procesos gan centrālajā, gan perifērajā redzes laukā. Atšķirības gūtajos rezultātos, apskatot bioloģiskās kustības uztveri perifērajā redzes laukā, liecina par dažādiem procesiem, kas nosaka stimula uztveri trokšņa un bez-trokšņa apstākļos. Objekta izšķiršanu no fona (bioloģiskā kustība, uztveres grupēšana, vienkārša kustība) ir saistīta ar tiešo uzmanību un to nosaka *top-down* informācijas apstrādes procesi (Poort *et al.*, 2012; Vecera & O'Reilly, 1998). Savukārt, stimulu uztvere gadījumos, kad objekts netiek demonstrēts vizuālajā troksnī, iespējams saistīta ar *bottom-up* informācijas apstrādes procesiem, kas ir robusts un ātrs primārās vizuālās informācijas apstrādes process (līdzīgi kā nejauši detektējot kustību perifērijā un neveicot smalku objekta detaļu analīzi). Tāpēc pētījuma autori tiecas piekrist Thornton & Rensik (2002) pieņēmumam, ka kustības uztvere (tai skaitā bioloģiskās kustības uztvere) var noritēt divos atšķirīgos ceļos: pasīvi un aktīvi. Pasīvā apstrāde apzīmē strauju informācijas uztveri un to pamatīpašību analīzi, savukārt, aktīvo apstrādes procesu norisē būtiska ir tiešās uzmanības pievēršana.

Viens no objektīviem uzmanības procesu apskates rīkiem ir fiksācijas acu kustību analīze. Egbert & Kliegl (2002) demonstrēja, ka fiksācijas laikā novērojamas mikrosakāžu daudzuma izmaiņas, kā arī mikrosakāžu virziens ir vairāk vērsts tieši stimula virzienā. Turpmāko pētījumu mērķis ir izvērtēt, vai novērotās mikrosakāžu izmaiņas ir raksturīgas arī bioloģiskās kustības uztveres uzdevumos, kā arī vai mikrosakāžu īpašības ir saistītas ar dalībnieku sniegumu.

Literatūra

- Egbert, R., & Kliegl, R., (2002). Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research*, 43, 1035-1045
- Gurnsey, R., Roddy, G., & Troje, N.F. (2010). Limits of peripheral direction discrimination of point-light walkers. *Journal of Vision*, 10(2), 1-17
- Ikeda H., Blake R., & Watanabe K. (2005). Eccentric perception of biological motion is unscalably poor. *Vision Research*, 45(15), 1935-1943
- Poort, J., Raudies, F., Wannig, A., Lamme, V.A., Neumann, H., & Roelfsema, P.R. (2012). The role of attention in figure-ground segregation in areas V1 and V4 of the visual cortex. *Neuron*, 75(1), 143–156
- Thornton, I.M., & Rensik, R.A., (2002). Active versus passive processing of biological motion. *Perception*, 31, 837-853
- Vecera, S.P., & O'Reilly, R.C., (1998). Figure-ground organization and object recognition processes: an interactive account. *Journal of Experimental Psychology*. 24(2), 441-462.

FIKSĀCIJAS ACU KUSTĪBAS GRUPĒŠANAS UZDEVUMOS REDZES LAUKA PERIFĒRIJĀ

Inga Jurčinska¹, Ilze Laicāne¹, Jurgis Šķilters², Vsevolod Liakhovetckii³ un Gunta Krūmiņa¹

¹ *Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija*

² *Uztveres un kognitīvo sistēmu laboratorija, Datorikas fakultāte, Latvijas Universitāte, Rīga, Latvija*

³ *Krievijas Zinātņu akadēmija, Pavlova fizioloģijas institūts, Sanktpēterburga, Krievija*

Ievads

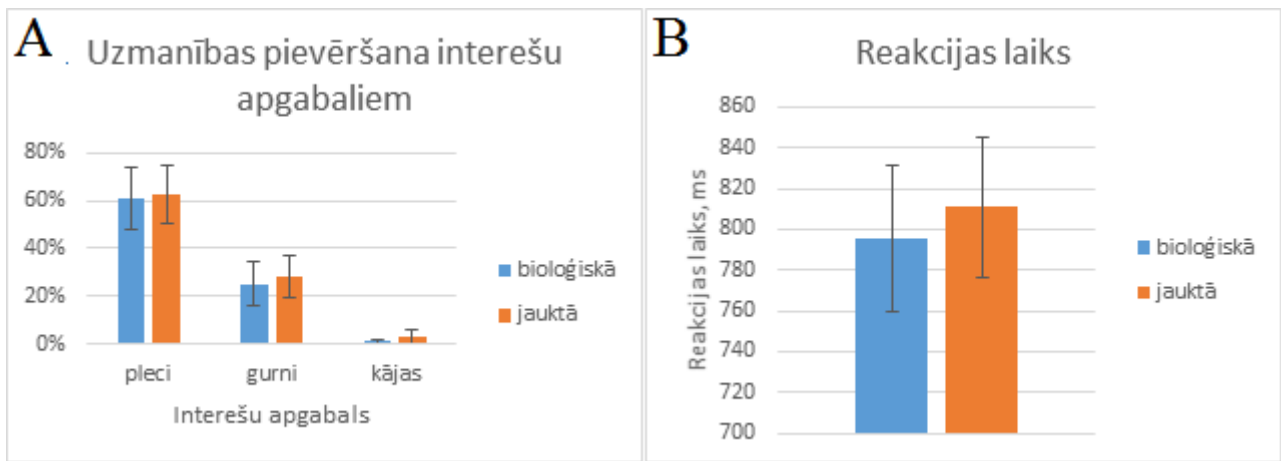
Uztveres grupēšana ir redzes sistēmas īpatnība, kas cilvēkam ļauj dabiski uztvert objektus un tā elementus kā sakārtotus un organizētus pēc vairākiem faktoriem (Wagemans et al., 2012). 1923. gadā *Max Wertheimer* aprakstīja šādus uztveres grupēšanas faktorus: pēc novietojuma, pēc līdzības, pēc krāsas, pēc izmēra utt. Pie grupēšanas uztveres pieder arī bioloģiskā kustība, kas ir spēja ātri un uzticami iegūt informāciju no ierobežota daudzuma gaismas avotu punktiem (Laxmi et al., 2006). *Johansson* (1973) bija pirmais, kurš radīja animētu radību kustību, pievienojot gaismu atstarojošus elementus pie cilvēka galvenajām locītavām, demonstrējot, ka ir pietiekami ar 12 punktiem, lai rastos vienots priekšstats par dzīva cilvēka darbību. Pētnieka izveidotais eksperiments ar gaismas punktu avotu novietojumiem uz galvenajām locītavām sniedza ieskatu katra individuāla punkta lomā, veidojot vienotas kustības globālo uztveri (Laxmi et al., 2006). Lai gan pēdējos gadus bioloģiskā kustība tiek pētīta ļoti daudz tieši centrālajā redzē, kur redzes funkcijas nodrošina labu kustības izšķiršanu, mazāk informācijas ir par perifēro redzi, t.i., vai bioloģiskās kustības uztvere centrālajā laukā ir salīdzināma ar perifērās redzes uztveri.

Metodika

Pilotpētījumā piedalījās 4 dalībnieki, kuri veica uzdevumu 65 cm attālumā no datora ekrāna. Dalībniekiem tika demonstrēti bioloģiskās un jauktas kustības stimuli (12 punktu kustība) redzes lauka centrā. Stimuli tika demonstrēti uz datora *Dell P2213* ar izšķirtspēju 1680x1050px. Stimuli bija melni punkti uz balta fona un aizņēma 5° grādus no redzes lauka. Stimuli tika sadalīti trīs iedomātos interešu apgabalos, balstoties uz *Bardi et al.* (2015) pētījumu: plecu un kāju rajonā (90x200px), un gurnu rajonā (40x200px). Acu kustības tika veiktas ar acu kustību pieraksta iekārtu SMI iView X™ RED System. Acu kustību iekārta darbojas kā videookulogrāfs, kas acu kustības uztver, izmantojot infrasarkanās gaismas avotu, kas atrodas zem datora ekrāna. Acu kustību iekārta ieraksta acs zīlīšu un radzenes refleksa novietojumu, tādējādi ar 120 Hz frekvenci nosakot acu kustības x un y koordinātēs uz datora ekrāna.

Rezultāti

Datu apstrāde tika veikta no katra dalībnieka 50 stimulu rezultātiem (25 bioloģiskās un 25 jauktās kustības). Eksperimentā tika analizēts fiksāciju daudzums, kas veikts uz 3 izvēlētajiem interešu apgabaliem: pleciem, gurniem un kājām. 1. attēlā (A) redzams dalībnieku fiksāciju daudzums uz interešu apgabaliem. Redzams, ka dalībnieku uzmanības pievēršana gan bioloģiskās, gan jauktās kustības stimulu gadījumos ir līdzīga: plecu rajonā - 61%±13% bioloģiskajā kustībā un 63%±12% jauktajā kustībā, gurnu rajonā - 25%±9% bioloģiskajā kustībā un 28%±9% jauktajā kustībā. <10% uzmanības abu stimulu gadījumos neiekļāvās interešu apgabalos. 1. attēlā (B) ir redzams reakcijas laiks visiem eksperimenta dalībniekiem. Rezultātu precizitāte bija augsta (<1% stimula noteikšana nepareizi), un dalībnieku rezultāti norāda uz tendenci atpazīt bioloģisko stimulu (796ms±36ms) ātrāk kā jaukto kustību (811ms±35ms).



1. attēls. Fiksāciju daudzums uz interešu apgabaliem (A) un reakcijas laiks bioloģiskā un jauktā stimula gadījumos (B).

Literatūra

- Bardi, L., Di Giorgio, E., Lunghi, M., Troje, N. F., Simion, F. (2015). Walking directions triggers visuo-spatial orienting in 6-month-old infants and adults: An eye tracking study. *Cognition* 141, 112-120.
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and a model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2); 201-211.
- Laxmi, V., Damper, R. I. and Carter, J. N. (2006). Human and machine perception of biological motion. *Cognitive Systems Research*, 7(4), 339-356.
- Wagemans, J., Elder J. H., Kubovy, J., Palmer., S., Peterson, M. A. & Singh, M. (2012). A century of gestalt psychology in visual perception: I. Perceptual grouping and figure-ground organisation. *Psychological Bulletin*, 138(6), 1172-1217.

GRUPĒŠANAS PĒC LĪDZĪBAS ĪPATNĪBAS VIZUĀLĀS MEKLĒŠANAS UZDEVUMOS

Tatjana Pladere un Gunta Krūmiņa

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

Redzes uztveres procesā objekti tiek grupēti pēc Geštalta principiem. Vizuālās informācijas grupēšana var notikt pēc sekojošām pazīmēm: grupēšana pēc līdzības (piem., krāsas, formas), attāluma, apvienojuma u.c. (Palmer, 1999). Grupēšana ir samērā automatisks redzes informācijas apstrādes process, ko galvenokārt nosaka vizuālo stimulu fizikālās īpašības. Tomēr, augstākie smadzeņu procesi, tādi kā selektīva uzmanība un koncentrēšanās spējas, var salīdzinoši ietekmēt to (Bundesen, 1990).

Mēs turpinām pētīt mijiedarbību starp zemākiem vizuāliem procesiem un selektīvo uzmanību, lai precīzi raksturotu grupēšanas pēc līdzības mehānismu, elementu meklēšanas laikā dažādos apstākļos (Pladere et al., 2016). Pētījumā tika izmantoti datorizēti grupēšanas un meklēšanas uzdevumi, kuros dalībniekiem bija jāatzīmē vienādi vērsti, blakusesošie elementi. Uzdevumos bija dažāda veida vizuālā informācija – elementi atšķirās pēc figūras orientācijas un / vai pēc krāsas. Prezentācijā tiks apskatīta vairāku parametru ietekme uz grupēšanu vizuālās meklēšanas uzdevumos.

Literatūra

- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97(4), 523-547.
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: photons to phenomenology*. Cambridge, MIT Press.
- Pladere, T., Bete, D., Skilters, J., Krumina, G. (2016). Visual grouping under isoluminant condition: impact of mental fatigue. *Proceedings of SPIE*, 9971, 997133, 1-6.

IESTRĀDES ACS ABERĀCIJU MĒRĪŠANAI, IZMANTOJOT KODĒTO DIFRAKCIJAS STRUKTŪRU METODI

Varis Karitāns^{1,2} un Edgars Nitišs²

¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

²Latvijas Universitātes Cietvielu Fizikas institūts, Rīga, Latvija

Ievads

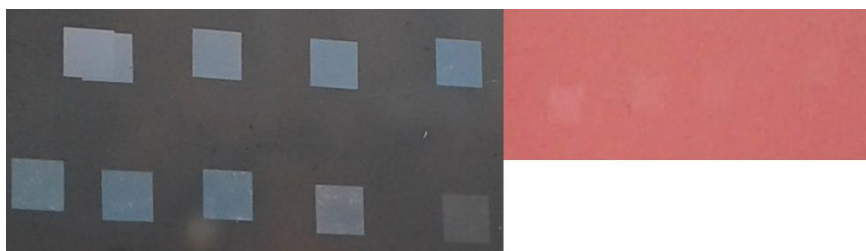
Pastāv dažādas acs aberāciju mērīšanas metodes (Šaka-Hartmana aberometrija (Ginis, Plainis & Pallikaris, 2004), staru gaitas aberometrija (Pallikaris, Panagopoulou & Molebny, 2000), virsmas plazmonu rezonanse (Vohnsen & Valente, 2015), piramīdu sensori (Akondi, Castillo & Vohnsen, 2013) u. c.). Visbiežāk acs aberāciju mērīšanai tiek izmantota Šaka-Hartmana aberometrija. Šaka-Hartmana aberometrijas princips ir acs viļņu frontes sadalīšana sīkākos elementos, izmantojot mikrolēcu matricu. Novērtējot katra viļņu frontes elementa lokālo slīpumu virs tam atbilstošās mikrolēcas, iespējams rekonstruēt kopējo viļņu frontes formu. Pēdējos gados plaši tiek pētītas skaitliskas metodes objektu fāzes mērīšanai. Viena no šādām metodēm ir tā saucamā kodēto difrakcijas struktūru metode, ko iespējams izmantot acs aberāciju mērīšanai. Kodēto difrakcijas struktūru metodes pamatā objekta fāze tiek aprēķināta, izmantojot gaismas intensitātes mērījumus (Candès, Li & Soltanolkotabi, 2013).

Metodes realizācija

Metodes realizācija iedalāma trīs galvenajos posmos – fāzes objekta izstrādē, masku izgatavošanā un fāzes aprēķināšanā. Tālāk īsi aprakstīts katrs no šiem posmiem.

Fāzes objektus ērti izveidot, izmantojot graduālos fotorezistus. Graduālajiem fotorezistiem iespējams izveidot vienmērīgi mainīgu 3D virsmu, izmantojot litogrāfijas metodes. LU CFI tirtelpās pieejama tiešā ieraksta litogrāfijas iekārta μ PG 101 (Heidelberg Instruments). Šajā iekārtā paraugi tiek skenēti UV starojumā ($\lambda = 375$ nm). Izmantojot šo iekārtu, iespējams vai nu tiešā veidā izgaismot graduālos fotorezistus, vai arī izgatavot graduālās maskas, kas pēc tam tiek novietotas uz fotorezista slāņa un izgaismotas ar parastu UV gaismas avotu. Šobrīd tiek pārbaudīts, cik labi iespējams graduālas struktūras izveidot pozitīvajā fotorezistā AZ 1350 H, skenējot šī fotorezista slāni tiešā ieraksta litogrāfijas iekārtā. Ir izveidotas arī graduālās maskas Sn/In dubultslānī. Sn/In dubultslānis tiek uzputināts uz stikla (biezumu attiecība 1:20). Šī dubultslāņa caurlaidība tiek mainīta, tiešā ieraksta litogrāfijas iekārtā safokusējot UV starojumu šajā dubultslānī. Optiskā blīvuma (OD) izmaiņas ir no 0,2 līdz 0,4.

Fāzes objektam priekšā novietojamās binārās maskas tiek izgatavotas hroma slānī. Uz hroma slāņa tiek uzklāts pozitīvais fotorezists AZ 1518, kas tiek izgaismots, izmantojot tiešā ieraksta litogrāfijas iekārtu. Binārās maskas ģenerētas atbilstoši gadījuma principam. Viena pikseļa izmērs ir 10 μ m, maskas lielums ir 5 mm x 5 mm. Aiz binārās maskas novietota savācējlēca, kas sekundārajā fokālajā punktā veido kodēto difrakcijas struktūru. Pašlaik izgatavotas trīs binārās maskas, kas ir minimālais pietiekamais skaits.



1.att. Pa kreisi – alvas/indija (Sn/In) dubultslānī izveidotas pelēktoņa maskas. Pa labi – pozitīvajā fotorezistā AZ 1350 H izveidots reljefs.

Pēdējais posms ir objekta fāzes aprēķināšana, kurā tiek izmantots matemātikas lauks, kuru sauc par konvekso optimizāciju. Šīs metodes izmantošanai ir brīvi pieejams MATLAB vidē rakstīts kods (CVX Research, Inc., 2013). Šī koda efektivitāte ir pierādīta simulāciju veidā, bet nepieciešams praktisks pierādījums tā efektivitātei. Pētījuma mērķis ir pierādīt šīs metodes praktisko efektivitāti.

Secinājumi

Izmantojot tiešā ieraksta litogrāfiju, iespējams realizēt katru atsevišķo posmu kodēto difrakcijas struktūru metodes pārbaudei. Izmantojot kodēto difrakcijas struktūru metodi, iespējams veidot jauna veida viļņu frontes sensorus, kas būtu izmantojami adaptīvas optikas sistēmās. Kodēto difrakcijas struktūru metodi plānots izmantot arī stiklveida ķermeņa apduļķojumu fāzes mērīšanai.

Literatūra

- Akondi, V., Castillo, S., & Vohnsen, B. (2013). Digital pyramid wavefront sensor with tunable modulation. *Optics Express*, 21(15), 18261-18272.
- Candès, E. J., Li, X., & Soltanolkotabi, M. (2013). Phase retrieval from coded diffraction patterns. *Applied and Computational Harmonic Analysis*, 39(2), 277-299.
- CVX Research, Inc. (2013). *TFOCS: Templates for First-Order Conic Solvers*. Pieejams: <http://www.cvxr.com/tfocs/>
- Ginis, H. S., Plainis, S., & Pallikaris, A. (2004). Variability of wavefront aberration measurements in small pupil sizes using a clinical Shack-Hartmann aberrometer. *BMC Ophthalmology*, 4(1), 1-8.
- Pallikaris, I. G., Panagopoulou, S. I., & Molebny, V. V. (2000). Evaluation of TRACEY technology for total eye refraction mapping. Reproducibility tests. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41(4), S301.
- Vohnsen, B., & Valente, D. (2015). Surface-plasmon-based wavefront sensing. *Optica*, 2(12), 1024-1027.

DIVDIMENSIONĀLA STIMULA SLĪPUMA UZTVERE

Signija Pore un Gunta Krūmiņa

Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija

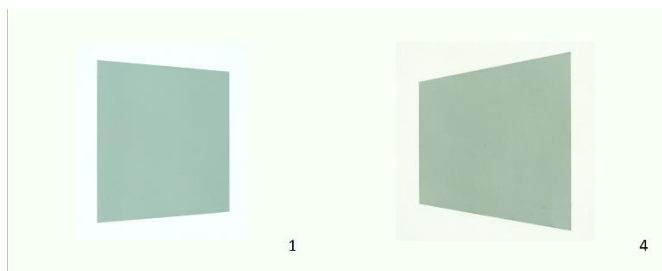
Ievads

Slīpums ir leņķis starp interesējošo virsmu, kura ir rotēta vertikālā asī no normāla virsmas stāvokļa 0° (Stevens, 1983). Uztverot informāciju no slīpuma (dziļuma), kas nav stereoskopisks, tiek izmantotas citas pazīmes, kas liecina par slīpumu, piemēram, tekstūra, kontrasts, perspektīva u.c. Garākā mala tiek pieņemta par tuvāk esošu un īsākā par tālāk esošu līniju, kā arī tās ir vertikāli novietotas un paralēlas viena otrai. Garākā mala tiek vizuāli izstiepta, radot palielinājumu uz tīklenes, liekot uzskatīt, ka tā ir tuvāk esošā mala. Palielinājums rada disparitāti. Slīpuma lielums tiek noteikts iedomājoties, ka šī figūra tiek apskatīta no augšas. Atkarībā no tā, izšķir pozitīvu slīpumu un negatīvu slīpumu.

Izmantojot trapeci, kas ir attēlota uz ekrāna, tā automātiski tiek uztverta kā perspektīvā novietots taisnstūris, to ietekmē lineārā perspektīva, dalībnieka pozīcija pret stimulu un, protams, to ietekmē arī pats slīpums, kā tiek pagriezts taisnstūris. Konverģentās līnijas rada priekšstatu par paralēlismu un horizontu, kā rezultātā tas tiek pieņemts, ka redzamā trapece ir slīpumā novietots taisnstūris (Erkelens, 2013). Mūsu pētījuma **mērķis** ir izpētīt, vai dažādu profesiju pārstāvji atšķirīgi novērtē divdimensionāla stimula slīpumu un novērtēt katras grupas kļūdas lielumu.

Metode

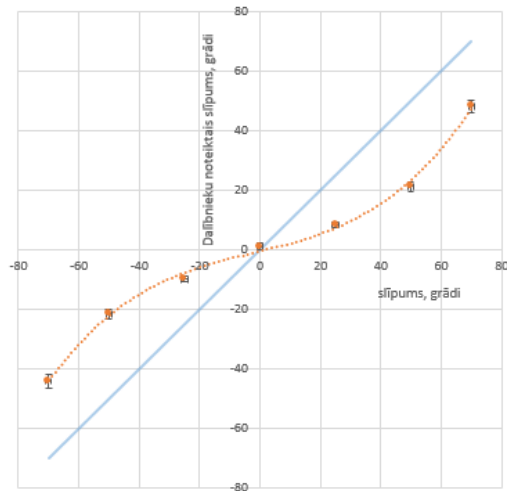
Pētījumā piedalījās 50 dalībnieki Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas 1.kursa bakalaura un 1.,2. kursa maģistra studenti. Stimuls frontālajā plaknē bija taisnstūris bez tekstūras, homogēns. Kopumā tika rādīti 28 attēli ar dažāda slīpuma stimuliem. Slīpumi bija -70° , -50° , -20° , 0° , 20° , 50° , 70° grādi. Balts fons bez stimula bija izvēlēts kā pauze starp diviem stimuliem. Stimuls tika rādīts 5 sekundes, un pauze starp stimuliem bija 5 sekundes.



1.att. Pētījuma stimulu piemēri

Rezultāti

Pirmie iegūtie rezultāti parāda, ka slīpuma lielums tiek novērtēts mazāks. Vienādi tiek novērtēti pozitīvie, gan negatīvie slīpumi. Analizējot iegūtos datus, statistiski nozīmīga atšķirība starp Optometrijas studentiem 1. kursa bakalauriem un 1.,2.kursa maģistriem netiek pierādīta. Skaidrojot iegūtos rezultātus, jāmin, ka visi dalībnieki ir ar izpratni par leņķiem. Maģistriem leņķi jāpielieto redzes korekcijā, bakalaura studenti ir ar zināšanām no skolas, tāpēc rezultāti starp šīm grupām neatšķiras. Visprecīzāk no visiem stimuliem tiek novērtēts 0 grādos. Palielinoties slīpumam pieaug precizitāte.



2.att. Dalībnieku novērtētie vidējie stimulu slīpumu lielumi grādos

Literatūra

- Erkelens, C. (2013). Virtual slant explains perceived slant, distortion, and motion in pictorial scenes. *Perception* 42, 253-270
- Stevens, K.A. (1983). Slant-tilt: the visual encoding of surface orientation. *Biological Cybernetics* 46, 183-95

ATTĀLUMA IETEKME UZ NEUZMANĪBAS AKLUMA UZDEVUMU

Sabīne Matulēviča¹, Jurgis Šķilters² un Gunta Krūmiņa¹

¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

²Latvijas Universitāte, Kognitīvo zinātņu un semantikas centrs, Rīga, Latvija

Kas ir neuzmanības aklums?

Ar neuzmanības akluma fenomenu ikdienā cilvēkiem nākas saskarties nepārtraukti, piemēram, vadot auto, iekļūstot ceļa satiksmes negadījumā (nepamanot citu mašīnu, cilvēku, sarkano signālu u.c.), meklējot brīvu sēdvietu pārpildītā auditorijā, nepamanot kļūdas TV pārraidēs, skatoties burvju mākslinieku trikus u.c. Intuitīvi cilvēki uzskata, ka kamēr vien acis ir atvērtas, viņi redz pilnīgi visu, kas atrodas viņu redzes laukā, tomēr realitātē ir citādi, un, patiesībā, uzmanība ir tā, kas spēlē galveno lomu redzes uztverē. Šo nespēju pamanīt pilnībā redzamu un negaidītu objektu skaidro neuzmanības akluma fenomens.

Neuzmanības akluma pētījumu aizsākumi

Terminu “neuzmanības aklums” ieviesa psihologi *Arien Mack & Irvin Rock*, kuri savos plašajos vizuālās uztveres un uzmanības pētījumos ievēroja šo fenomenu un vēlāk to aprakstīja tāda paša nosaukuma grāmatā. Pētījumu beigās viņi izvirzīja hipotēzi, ka apzināta uztvere nav iespējama bez uzmanības (*Mack & Rock*, 1998). Lai arī iepriekš minētie autori ieviesa neuzmanības akluma terminu, pētījumi šajā jomā notika jau agrāk, piemēram, *Neisser & Becklen* (1975), izmantojot speciālus testus, pierādīja selektīvās uzmanības fenomenu, proti, kad cilvēks koncentrējas vienlaikus uz diviem uzdevumiem, viņš var nepamanīt izmaiņas vienā no tiem.

Neuzmanības akluma simulācijai pētījumos izmanto dažādas metodes, piemēram, nekustīgs primārais uzdevums un nekustīgs negaidītais objekts (*Mack & Rock*, 1998), kustīgs primārais uzdevums ar kustīgu negaidītu objektu (*Most et al.*, 2000), kā arī kompleksas kustīgas scēnas, kas imitē reālo dzīvi (*Simons & Chabris*, 1999).

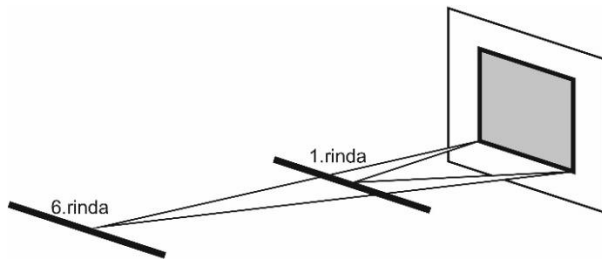
Aktualitāte

Līdz šim veiktajos pētījumos neuzmanības akluma jomā nav nonākts pie konkrētiem secinājumiem, kas tieši ir visi tie faktori, kas liek mums pamanīt vai nepamanīt negaidīto objektu un kas ietekmē mūsu uzmanību.

Ir izpētīts, ka negaidītā stimula līdzība primārajam stimulam var ietekmēt neuzmanības aklumu, proti, jo līdzīgāki stimuli, jo mazāk izpaužas neuzmanības aklums, un negaidītais objekts tiek biežāk pamanīts (*Simons & Chabris*, 1999; *Graham & Burke*, 2011). Tāpat *Graham & Burke* (2011) ar sava pētījuma rezultātiem parādīja tendenci, ka vecāka gada gājuma cilvēkiem neuzmanības aklums izpaužas vairāk, nekā jauniem cilvēkiem. Tomēr nav zināmi pētījumi par cilvēka attāluma līdz negaidītajam objektam un līdz ar to objekta leņķiskā izmēra ietekmi un neuzmanības akluma esamību. Tā kā cilvēkiem vieglāk ir pamanīt lielākus objektus, mūsu darbā izvirzām hipotēzi, ka, jo lielāks būs subjekta attālums līdz negaidītajam objektam un attiecīgi mazāks objekta leņķiskais izmērs, jo izteiktāks būs neuzmanības aklums. Darba mērķis ir noteikt attāluma un līdz ar to negaidītā objekta leņķiskā izmēra ietekmi uz neuzmanības akluma esamību.

Metode

Pētījumā līdz šim piedalījušies 194 dalībnieki (139 sievietes, 55 vīrieši) vecumā no 13-60 gadiem. Līdz 30 gadu vecumam 94% dalībnieku. Dalībnieki sēdēja dažādās solu rindās (skat.1.att), kas ļāva iegūt atšķirīgus attālumus un objekta leņķiskos izmērus uz tīklenes. Attiecīgi katram attālumam tika aprēķināti video un negaidītā objekta leņķiskie izmēri grādos (skat.2.att.). Tika izmantoti 2 kompleksu kustīgu scēnu uzdevumi video formātā. Viens no uzdevumiem bija plaši izmantotais “neredzamais gorilla” (video: *Simons & Chabris*, 1999), otrs – “apēstās konfektes” (video: *Frischer et al.*, 2011). Video tika rādīts uz projekcijas ekrāna. Sākumā dalībnieki tika iepazīstināti ar uzdevuma instrukciju un pēc video noskatīšanās tika mutiski uzdoti jautājumi, uz kuriem dalībnieki atbildes sniedza speciāli izveidotā anketā ar “jā”, “nē”, vai ierakstot skaitli.



1.att. Dalībnieku sēdvietu izkārtojums testa laikā

Augstums (grādi)	Bumbas izmērs (grādi)	Pērtiņa garums (grādi)	Kaķa lielums (grādi)	Kaķa atrašanās attālums (grādi)
18,0	1,5	11,4	6,3	17,1
13,5	1,1	8,5	4,7	12,8
11,5	0,9	7,2	4,0	10,9
8,5	0,7	5,3	2,9	8,1
6,5	0,5	4,0	2,2	6,2
4,5	0,4	2,8	1,6	4,3

2.att. Video materiāla leņķiskie lielumi

Rezultāti

No visiem pētījuma dalībniekiem tikai 2 (jeb 1%) atbildēja pareizi uz visiem jautājumiem abos uzdevumos, kā arī pareizi saskaitīja balto spēlētāju bumbas piespēles “neredzamā gorillas” uzdevumā un meitenes apēstās konfektes otrā uzdevumā. 1.uzdevumā neuzmanības aklums novērojams 46% dalībnieku, no kuriem 21% pareizi saskaitīja bumbas piespēles. No pārējiem dalībniekiem, kuri redzēja negaidīto objektu, 32% pareizi saskaitīja bumbas piespēles. 2.uzdevumā neuzmanības aklums bija novērojams tikai 6% cilvēku, kā arī 2.uzdevumā 8% dalībnieku saskaitīja konfektes pareizi. Sakarība starp objekta leņķisko izmēru un neuzmanības aklumu netika iegūta, proti, neatkarīgi no attāluma līdz ekrānam un objekta leņķiskā izmēra, dalībnieku skaits (%), kam izpaudās neuzmanības aklums, bija līdzīgs (skat.3.att.).

Secinājumi

Sakarība starp neuzmanības akluma esamību un objekta leņķisko izmēru nepierādās. Dalībnieki ar neuzmanības aklumu neveic primāro uzdevumu precīzāk par dalībniekiem, kuri negaidīto objektu pamana. Neuzmanības aklums izteiktāk izpaucas 1. uzdevumā (“neredzamais gorilla”), salīdzinot ar 2.uzdevumu (“apēstās konfektes”).

Literatūra

- Graham, E., Burke, D. (2011). Aging increases inattention blindness to the gorilla in our midst. *Psychology and Aging*, 26, 162-166.
- Mack, A., & Rock, I. (1998). Inattention blindness. Cambridge, MA: MIT Press, 1-31.
- Most, S.B., Simons, D.J., Scholl, B.J., & Chabris, C.F. (2000). Sustained inattention blindness: The role of location in the detection of unexpected dynamic events. *Psyche*, 6(14)
- Neisser, U., & Becklen, R. (1975). Selective looking: attending to visually specified events. *Cognitive Psychology*, 7, 480-494.
- Simons, D.J., & Chabris, C.F. (1999). Gorillas in our midst: sustained inattention blindness for dynamic events. *Perception*, 28, 1059-1074.

Izmantotie video materiāli

- Frischer, G., Zeilon, R., Mattsson, L., & Parkbring, S. (2011). Selective attention test. (lejupielādēts no youtube.com 2014.gada 6.martā: <http://www.youtube.com/watch?v=dbjPnXaacAU>)
- Simons, D.J., & Chabris, C.F. (1999). Selective attention test. (lejupielādēts no youtube.com 2014.gada 6.martā: <http://www.youtube.com/watch?v=vJG698U2Mvo>)

ACS ZĪLĪTES DIAMETRA NOVĒRTĒŠANA VIDEOOKULOGRĀFIJAS IEKĀRTAS KALIBRĒŠANAS LAIKĀ

Elīna Treija un Aiga Švede

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

Ievads

Video balstītas metodes nosaka skata virziena pozīciju, balstoties uz acs zīlītes ģeometriskā centra novietojumu. Neatkarīgi no iekārtas veida, rodas jautājums, kā tiek apstādāti kameras uztvertie attēli, kas nosaka skata virziena pozīciju. Lai noteiktu saikni starp kameras uztvertajiem attēliem un fiksācijas punktiem, tiek veikta kalibrēšanas procedūra. Izvietojot uz ekrāna vairākus punktus un lūdzot dalībnieku pārmaiņus fiksēt uz katru no tiem, kamera reģistrē konkrēto acs pozīciju un piemēro tam punkta koordinātes. Acs pozīcija tiek izvērtēta, nosakot video attēlā acs zīlītes izmēru un, piemērojot atbilstošus matemātiskos aprēķinus, atrodot zīlītes centra koordinātes.

Acs zīlītes izmērs, kādu to reģistrē video iekārta, var mainīties dažādos skata virzienos. Taču pat ja acs ir nekustīga, acs zīlītes izmērs var mainīties fizioloģisku iemeslu dēļ. Daudzi no pētījumiem ir pierādījuši, ka apgaismojums tieši ietekmē acs zīlītes izmaiņas (Drawes et.al., 2014). Pētot dažādas fiksācijas atšķirības, kalibrēšanas procedūru var veikt monokulāros vai binokulāros apstākļos (Švede et.al., 2015). Vienas acs aizklāšana var samazināt tīklenes apgaismojumu un radīt acs zīlītes izmēra izmaiņas. Jaunākie pētījumi liecina, ka binokulāros apstākļos acs zīlītes izmērs ir mazāks, jo, iesaistoties akomodācijai un konverģencei, notiek acs zīlītes sašaurināšanās, aplūkojot fiksācijas mērķi, kas atrodas tuvumā (Jaschinski, 2016). Mainīgais acs zīlītes izmērs, var ietekmēt skata virziena pozīciju, ko uztver video kamera. Wyatt (2010) skaidro, ka tas var būtiski ietekmēt skata virziena pozīciju un mērījuma precizitāti. Novirzes lielums var būt pat līdz vairākiem grādiem un izmaiņas acs zīlītes diametrā par 0,1 vai 0,2 mm, atbilst 1 vai 2 grādu skata pozīcijas fiksācijas noteikšanai.

Pētījuma mērķis ir novērtēt acs zīlītes izmaiņas monokulāros un binokulāros apstākļos kalibrēšanas laikā, un novērtēt tās ietekmi uz skata pozīcijas noteikšanu.

Metode

Acs zīlītes diametra izmaiņas tika pierakstītas ar *iViewX Hi-Speed* binokulārās acu kustību reģistrēšanas iekārtu (500 Hz, precizitāte $0.25^\circ - 0.5^\circ$, SMI, Vācija). Lai iegūtu pēc iespējas stabilāku fiksāciju, eksperimentam tika izmantoti 2 dažādi stimuli – statiski (nemainīgi) un dinamiski krusti, kas konkrētā laika intervālā samazinās līdz noteiktam lielumam.

Rezultāti

Pēc pirmajiem rezultātiem var spriest, ka acs zīlītes izmērs atšķiras monokulāros un binokulāros apstākļos. Veicot kalibrēšanu monokulāri, acs zīlītes izmērs ir lielāks, nekā skatoties binokulāri, kas sakrīt ar Jaschinski (2016) pētījuma rezultātiem. Pētījuma turpinājumā tiks izvērtēts dažādu aizklājēju ietekme uz zīlītes izmēra izmaiņām kalibrēšanas laikā.

Literatūra

- Drawes, J., Zhu, W., Hu, Y., & Hu, X. (2014). Smaller is better: Drift in gaze measurements due to pupil dynamics. *PLoS ONE*, 9(10): e111197.
- Janchinski, W. (2016). Pupil size affects measures of eye position in video eye tracking: implications for recording vergence accuracy. *Journal of Eye Movement Research*, 9(4), 1-14.
- Svede, A., Treija, E., Jaschinski, W., & Krumina, G. (2015). Monocular versus binocular calibrations in evaluating fixation disparity with a video-based eye-tracker. *Perception*, 44(8-9), 1110–1128.
- Wyatt, J. H. (2010). The human pupil and the use of video-based eyetrackers. *Vision Research*, 50, 1982-1992.

APMIGLOJUMA ADAPTĀCIJA DAŽĀDA VEIDA OPTOTIPU GADĪJUMĀ

Vita Štokmane un Anete Petrova

Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija

Ievads

Apmiglojums ir svarīgs uztvertā attēla kvalitātes aspekts un īpašība, kurai vizuālā sistēma iespēju robežās cenšas pielāgoties. Šajā darbā izvēlētais apmiglojuma līmenis ir $-2,00$ D, kas atbilst zemam miopijas līmenim (Joseph et al., 2016; Williams et al., 2015; Dayan et al., 2005).

Darba aktualitāte saistīta ar vēlmi noskaidrot, vai un cik nozīmīgas ir redzes asuma mērījumu atšķirības, izvēloties atšķirīgus optotipu veidus, kā arī pārliecināšanās, vai miopiskas acs redzes asums tiešām uzlabojas, nelietojot korekciju. Jāpiebilst, ka ir maz publicētu pētījumu par adaptēšanos apmiglojumam, kuros būtu izmantota tieši $-2,00$ D stipra apmiglojošā lēca.

Darba mērķis

Noskaidrot, vai, pārbaudot indivīdu apmiglojuma apstākļos ar dažādiem optotipu veidiem, iegūtie redzes asuma rezultāti būs vienādi.

Darba uzdevumi

- 1) noskaidrot redzes asuma atšķirības bez korekcijas, ar korekciju, tūlī pēc apmiglojošās lēcas pievienošanas, pēc adaptācijas laika beigām;
- 2) pārliecināties par apmiglojuma adaptācijas ietekmi uz redzes asuma rezultātiem;
- 3) pārbaudīt vai un kādas ir mērījumu atšķirības apmiglojuma stāvoklī, veicot redzes asuma noteikšanu ar atšķirīgiem optotipu veidiem;
- 4) salīdzināt redzes asuma mērījumu rezultātus apmiglojuma apstākļos starp miopo un emetrolo dalībnieku grupu.

Metode

Prognozējamais eksperimenta dalībnieku skaits ir 8 studenti vecumā no 21 līdz 23 gadiem, no kuriem puse ir miopi, otra puse – emetropi eksperimenta dalībnieki. Visu dalībnieku labākais koriģētais redzes asums tūlī ir vismaz $0,00$ logMAR vienības. Eksperiments norisinās LU Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas refrakcijas laboratorijā.

Pirms eksperimenta katram no dalībniekiem tiek noteikts nekoriģētais redzes asums ar subjektīvo redzes pārbaudes metodi, kā arī tēmējošā un sensorā vadošā acs (ar $+1,50$ D lēcu). Turpmākie mērījumi tiek veikti tikai ar sensoro vadošo aci.

Optotipu demonstrēšanai izmantots *Freiburg Visual Acuity and Contrast Test (FrACT)* (Bach, 2006; Bach, 1996). Portatīvā datora ekrāns iepriekš atbilstoši nokalibrēts, lai izolētie optotipi (Landolta C un Snellena E) būtu redzami atbilstošajā redzes leņķī. Iespējami tuvu dalībnieka acij novietota 4 mm melna diafragma, lai novērstu zīlītes lieluma izmaiņu ietekmi uz fokusa dziļumu. Redzes asums noteikts ar piespiedu izvēles trepjveida metodes palīdzību. Pirms mērījumu sākšanas dalībnieks vismaz vienu reizi binokulāros apstākļos izpilda datorizēto FrACT testu treniņa nolūkos.

Eksperimenta gaitā apmiglojuma radīšanai tiek izmantota $+2,00$ DS lēca. Mērījumi tiek veikti bez korekcijas, ar korekciju, tūlī pēc apmiglojuma radīšanas un pēc adaptācijas laika beigām, kas ilgst 30 min. Apmiglojuma adaptācijas laikā tiek demonstrēta īsfilma ar lielām detaļām, lai nodrošinātu skata fiksāciju tūlī.

Eksperimenta norise sadalīta tā, ka ikvienam no dalībniekiem vienā dienā veikti mērījumi ar vienu no optotipu veidiem, bet citā dienā – ar otru.

Rezultāti

Paredzams, ka pēc adaptācijas iegūtais redzes asums būs labāks, nekā tūlī pēc apmiglojošās lēcas pievienošanas, turklāt redzes asums vienam dalībniekam, noteikts ar abiem optotipu veidiem, būs labāks ar Snellena E.

Literatūra

- Bach, M. (1996). The Freiburg Visual Acuity Test-automatic measurement of visual acuity. *Optometry & Vision Science*, 73(1), 49-53.
- Bach, M. (2006). The Freiburg Visual Acuity Test-variability unchanged by post-hoc re-analysis. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245(7), 965-971.
- Dayan, Y. B., Levin, A., Morad, Y., Grotto, I., Ben-David, R., Goldberg, A. & Benyamini, O. G. (2005). The changing prevalence of myopia in young adults: a 13-year series of population-based prevalence surveys. *Investigative ophthalmology & visual science*, 46(8), 2760-2765.
- Joseph, D. S., Thampi, B., Joosadima, A., & Mohan, A. (2016). A study on association between intraocular pressure and myopia. *International Journal of Research in Medical Sciences*, 4(6), 2202-2205.
- Williams, K. M., Verhoeven, V. J., Cumberland, P., Bertelsen, G., Wolfram, C., Buitendijk, G. H. & Höhn, R. (2015). Prevalence of refractive error in Europe: the European eye epidemiology (E3) Consortium. *European journal of epidemiology*, 30(4), 305-315.

LĀZERA SPEKLA REFRAKTOMETRA IZMANTOŠANA AKOMODĀCIJAS MĒRĪJUMIEM

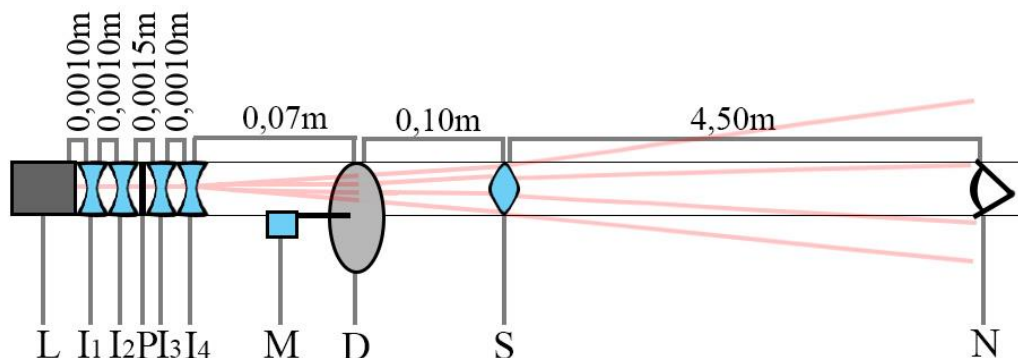
Alīna Matīse un Gatis Ikaunieks
Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte,
Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

Optometrista praksē un klīniskos pētījumos tiek lietotas vairākas subjektīvas metodes akomodācijas funkciju novērtēšanai. Viena no metodēm ir lāzera spekla refraktometrs. Šī metode dod iespēju mērit vairākus akomodācijas parametrus: akomodācijas atbildes lielumu, akomodācijas atpalikšanu un toniskās akomodācijas lielumu.

Mūsu pētījumā spekla refraktometrs tiek izmantots toniskās akomodācijas (TA) lieluma izmeklēšanai. Toniskās akomodācijas lielums ietekmē akomodatīvo atbildi, ko izjūt cilvēki, saistīti ar palielinātu redzes slodzi: augstskolas studijām, rokdarbiem, rakstniecību u.c. Saistība starp optiskās korekcijas veidu un toniskās akomodācijas lielumu varētu būt aktuāla arī optometristiem, kuriem informācija par toniskās akomodācijas izmaiņām varētu būt noderīga, izrakstot brīļļu vai kontaktlēcu korekciju. Darba mērķis ir noskaidrot optiskās korekcijas veida ietekmi uz tuvuma redzes slodzi.

Toniskās akomodācijas lielums pētījumā tiek novērtēts, izmantojot lāzera speklu. Spekls ir nejauša interferences aina, kura rodas, kad koherenti stari, atstarojoties vai izejot cauri difūzai struktūrai, interferē nejaušā, bet stabilā fāžu starpībā. Spekls izskatās kā dažāda izmēra gaiši punktiņi uz tumša fona (*Fankhauser, 2003; Ульянов, 1999; Короленко, 1997*).

Spekļa iegūšanai tika veidota sistēma (skat. 1.att.), līdzīga iekārtai, kura bija izmantota Smirnovas, I. (2011) toniskās akomodācijas pētījumos.



1.att. Lāzera spekla veidojošās iekārtas shēma. L – lāzeris, I₁ un I₂ – izkliedētājlēcas, katra ar optisko stiprumu – 18,00D, P – polarizators, I₃ un I₄ – izkliedētājlēcas, katra ar optisko stiprumu -20,00D, M – motors, D – difuzors, S – savacējlēca ar optisko stiprumu +4,75D, N – novērotāja acs. Ar sarkanām līnijām shematiski parādītā lāzera stara gaita un izkliede.

Lāzeris kalpo kā koherenta starojuma avots. Negatīvu lēcu sistēma – izkliedē lāzera gaismas starus, palielinot apgaismotās virsmas laukumu. Polarizators samazina gaismas intensitāti. Diskveida difuzors ar homogēni matētu virsmu – maina koherentu staru fāžu starpību, pavājinot vai pastiprinot attiecīgo staru intensitāti, kas, nonākot līdz cilvēka tīklenei, veido spekla struktūru. Diskam rotējot tiek panākta spekla struktūras elementu kustība; elektromotors – griež diskveida difuzoru. Pozitīva +4,75D stipra lēca padara speklu vieglāk saskatāmu.

Mērījumi tika veikti tumsas apstākļos, monokulāri vadošai acij. Refrakcijas noteikšanai tika izmantots probes rāmis ar probes lēcām. Dalībnieks atrodas 4,40m attālumā no +4,75D svacējlēcas.

Spekļa attēla asumu uz tīklenes neietekmē ametropijas lielums. Cilvēks ar dzidrām optiskām vidēm speklu vienmēr redzēs skaidri (*Fankhauser, 2003*). Pētījumā tiek izmantota kustīga spekla struktūra. Tās elementu (punktiņu) kustības virziens ir atkarīgs no acs optiskās refrakcijas stipruma (*Rosenfield et al., 1993*):

- emetrops nav spējīgs dot pārliecinošu atbildi par spekla elementu kustības virzienu, viņš var definēt to kā ātras, haotiskās punktiņu svārstības;
- miops redz spekla elementu pretkustību difuzora kustības virzienam. Ja difuzora kustības virziens ir pretējs pulksteņa radītāja kustības virzienam, dalībnieks ar miopiju paziņos, ka spekla kustība sakrīt ar pulksteņa radītāja kustības virzienu;
- hipermetrops redz spekla elementu līdzkustību.

Tiek uzskatīts, ka TA rezultāti, iegūti ar lāzera optometra palīdzību, ir līdzīgi TA rezultātiem nomērītiem ar infrasarkanu optometru (*Bullimore, Gilmartin & Hogan, 1986*). Mērījumu precizitāte ir $\pm 0,25D$ no neitralizācijas punkta. Pēc pirmajiem rezultātiem var spriest, ka toniskās akomodācijas lieluma novērtēšanai, telpā jāpanāk pēc iespējas lielāka tumsa, un difuzora kustībai jābūt ļoti lēnai (pāris apgriezieni minūtē), citādi acs tiek fokusēta iekārtas $+4,75$ savācējlēcas attālumā un rezultāti uzrāda acs ametropijas lielumu, nevis toniskās akomodācijas stiprumu. Metode ļauj novērtēt refrakcijas izmaiņas pēc redzes slodzes: jo ilgāk redze tiek noslogota, jo miopiskāka paliek refrakcija. Ir sagaidāms, ka, novēršot metodes trūkumus, rezultāti uzrādīs lielāku toniskās akomodācijas lielumu ar konatklēcu nekā brillu korekciju.

Literatūra

- Bullimore, M. A., Gilmartin, B., & Hogan, R. E. (1986). Objective and subjective measurement of tonic accommodation. *Laser*, 9(1), 2.
- Fankhauser, F. (2003). *Lasers in Ophthalmology: basic, diagnostic, and surgical aspects: a review*. Kugler Publications.
- Rosenfield, M., Ciuffreda, K. J., Hung, G. K., & Gilmartin, B. (1993). Tonic accommodation: a review I. Basic aspects. *Ophthalmic and Physiological Optics*, 13(3), 266-283.
- Smirnova, I. (2011). *Tuvuma darba īsas pauzes ietekme uz tonisko akomodāciju*. (Bakalaura darbs). Latvijas Universitāte
- Короленко, П. В. (1997). Оптика когерентного излучения. Москва: Изд-во Московского университета.
- Ульянов, С. С. (1999). Что такое спеклы. *Соросовский образовательный журнал*, (5), 112-116.

PAPILDUS INFRASARKANĀ APGAISMOJUMA IETEKME UZ ACS ZĪLĪTES IZMĒRA NOVĒRTĒJUMU

Aiga Batare un Aiga Švede
*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte,
Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija*

Ievads

Mūsdienās cilvēkiem aizvien vairāk ir aktuāla darbošanās tuvumā. Tieši tāpēc salīdzinoši biežāk sāk parādīties sūdzības par akomodācijas un vergēnces sistēmu katru atsevišķi un sekām, kas rodas gadījumā, kad tās savā starpā nestrādā saskaņoti. Būtiskas izmaiņas var parādīties saskaņotā akomodācijas un vergēnces sistēmas darbībā, pasliktinoties tās dinamiskajiem un statistiskajiem parametriem. Klīnikā ar standarta metodēm ir iespējams novērtēt katras nosauktās sistēmas darbošanās spēju atsevišķi. Tomēr pilnīgai izvērtēšanai nepieciešams laiks, kā arī, iespējams, specializētas iekārtas, kuras pilnīgi spētu novērtēt tuvuma funkciju darbošanās spēju. Kopumā, darbojoties tuvumā, cilvēka redzes sistēmai jānodrošina sabalansēts darbs starp akomodācijas un vergēnces sistēmu, kā arī jāspēj to līdzsvarot ar acs zīlītes atbildi. Ideālā novērtēšanas gadījumā, būtu jāizmanto iekārta, kura vienlaikus spētu novērtēt trīs minētos parametrus, kas tiek dēvēta par tuvuma triādi. Darba mērķis ir noskaidrot vai gadījumā, kad vienotā sistēmā ir saslēgtas akomodācijas un vergēnces sistēmas novērtēšanas iekārtas, vai tās netraucē viena otras datiem.

Metode

Pētījumā, datu pierakstam tiek pielietota acu kustību novērtēšanas iekārta iViewX Hi-Speed, kas reģistrē vergēnces sistēmas darbību ar uz video balstītas metodes palīdzību. Šī iekārta tiek darbināta vienlaikus ar LU FMF Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā izveidotu un uz ekscentriskās fotorefrācijas principu balstītu akomodācijas darbības novērtēšanas iekārtu. Abas sistēmas mērīšanai pielieto infrasarkanā (IS) gaismu. Abu iekārtu sadarbošanās novērtēšana tiks veikta, pielietojot mākslīgo aci kā stabilu cilvēka acs modeļa līdzinieku ar nemainīgu zīlītes izmēru eksperimenta veikšanas laikā.

Rezultāti

Kopumā, tika veikts salīdzinājums starp acs zīlītes diametra izmēra izmaiņām vertikālā/horizontālā virzienā, kā arī acs zīlītes centra koordinātām vertikālā/horizontālā virzienā atkarībā no tā, vai tiek izmantota papildus IS gaisma. Pagaidām, līdz šim iegūtie un apstrādātie dati ir attēloti grafiski, veicot salīdzinājumu starp stāvokli, kad nav un kad ir ieslēgta papildus IS gaisma, kas nāk no fotorefraktora. 1.tabulā ir attēloti zīlītes diametra mērījumi izteikti iekārtas video pikseļos.

1.tabula

Iegūtie rezultāti zīlītes diametram vertikālā un horizontālā virzienā bez un ar papildus IS gaismas pielietojumu pieciem 3 s mērījumiem.

Nr.p.k.	Horizontālais zīlītes diametrs (video pikseļos)					Vertikālais zīlītes diametrs (video pikseļos)				
	BEZ		AR		starpība	BEZ		AR		starpība
	vidēji	SE	vidēji	SE		vidēji	SE	vidēji	SE	
1	49,00	-	48,95	0,0057	0,052	46,00	-	45,04	0,0051	0,96
2	49,00	-	49,00	0,0009	0,001	46,00	-	45,01	0,0023	0,99
3	49,00	-	49,00	0,0009	0,001	46,00	-	45,00	0,0015	1,00
4	49,00	-	49,00	-	-	46,00	-	45,00	0,0007	1,00
5	49,00	-	49,00	-	-	46,00	-	45,00	0,0007	1,00

Attēlotajos rezultātos redzams, ka gan horizontālā, gan vertikālā diametra gadījumā ir vērojamas izmaiņas, tomēr tās ir lielākas vertikālā virzienā, kad bez papildus IS gaismas zīlīte tiek novērtēta kā lielāka pat ar 1 video pikseļa starpību.

2. tabula

Iegūtie rezultāti zīlītes centra koordinātām, kuras ir izteiktas video pikseļos pieciem 3 s mērījumiem.

Nr.p.k.	Horizontālās zīlītes centra koordinātas (video pikseļos)					Vertikālās zīlītes centra koordinātas (video pikseļos)				
	BEZ		AR		starpība	BEZ		AR		starpība
	vidēji	SE	vidēji	SE		vidēji	SE	vidēji	SE	
1	131,33	0,0004	130,95	0,00084	0,38	66,33	0,00031	66,70	0,00036	- 0,37
2	131,33	0,0005	130,97	0,00035	0,37	66,33	0,00043	66,69	0,00026	- 0,36
3	131,33	0,0004	130,97	0,00060	0,35	66,34	0,00034	66,69	0,00028	- 0,35
4	131,34	0,0006	130,98	0,00042	0,36	66,32	0,00039	66,68	0,00032	- 0,36
5	131,32	0,0004	130,99	0,00066	0,34	66,34	0,00033	66,68	0,00037	- 0,35

2.tabulā ir attēlotas zīlītes centra koordinātas, kuras ir izteiktas iekārtas video pikseļos. Attēlotajos rezultātos redzams, ka horizontālo koordinātu gadījumā, bez papildus IS gaismas pielietojuma vērtības ir lielākas un samazinās, kad IS gaisma tiek pielietota. Savukārt vertikālo koordinātu gadījumā, pēc IS gaismas ieslēgšanas vērtības palielinās.

Secinājumi

Balstoties uz esošajiem datiem, kas tikuši iegūti eksperimenta veikšanas gaitā, var redzēt, ka ir novērojamas datu izmaiņas. Lai spriestu par to, cik nozīmīgas tās ir, būtu jāveic ilgstošs datu pieraksts vairākas reizes, lai novērtētu izmaiņas, kas rodas ilgstošā informācijas iegūšanas posmā. Tomēr tikai šobrīd apstrādātie un šeit atainotie dati liecina, ka izmaiņas varētu būt būtiskas, jo parādās pat 1 video pikseļa atšķirība un tā ir tikai 3 s datu ilga pieraksta laikā. Iespējams, vienlaicīga vergences un akomodācijas atbildes mērīšana ar izvēlēto metodi nebūs iespējama, jo ierīces viena otru ietekmē pietiekami, lai uzskatītu, ka mērījumus iegūt vienlaikus nav iespējams. Izmaiņas ir novērojamas gan zīlītes diametra, gan zīlītes centra koordinātās, kas traucētu personas skata pozīcijas novērtēšanu.

VERĢENCES ATBILDES IZMAIŅAS ILGSTOŠAS TUVUMA SLODZES IETEKMĒ

Ilga Gičevska un Aiga Švede
*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte,
Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija*

Tuvuma slodzes ietekmē, ko rada ilgstošs darbs tuvumā, lasīšana, darbs ar datoru un telefonu, tiek būtiski ietekmēta gan vispārējā redzes sistēmas darbība, gan acu kustības, gan verģences sistēma. Lasīšanas procesā verģences sistēma ir pirmā, kurai rodas sūdzības pie lielas slodzes. Jo vairāk tiek palielināta slodze tuvumā, jo lielāks būs nogurums un izteiktākas būs sūdzības, piemēram, acu sāpes, diskomforta sajūta, neskaidra redze, miglošanās, galvassāpes un acu asarošana.

Lasīšanas process ir vienota sakāžu un verģences sistēmas kopēja darbība (*Zee et al.*, 1992). Ja salīdzina verģences un sakāžu acu kustību ātrumu, tad verģences ātrums ir lēnāks nekā sakāžu acu kustības ātrums (*Bahill & Stark*, 1979). Verģences un sakādiskās acu kustības ir samērā līdzīgas pēc smadzeņu funkcionālās darbības. Nozīmīgu atšķirību starp verģences un sakāžu acu kustībām ir novērojama frontālajā redzes zonā un vidussmadzenēs, kur lielāka sakāžu funkcionālā darbība tiek novērota frontālajā smadzeņu daivā un lielāka verģences funkcionālā darbība tiek novērota vidussmadzenēs. Savukārt citās smadzeņu zonās netika novērotas atšķirības verģences un sakāžu funkcionālajā darbībā (*Alkan, Biswall & Alvarez*, 2011).

Semmlow et al. (2008) nonāca pie secinājuma, ka lielākajai daļai dalībnieku, kuri piedalījās pētījumā, verģences sastāvā ir vismaz viena vai vairākas sakādes. Vairumā gadījumu sakādes tika novērotas pie diverģentām acu kustībām. *Yuan & Semmlow* (2000) pierādīja, ka verģences sistēmu ir iespējams nogurdināt, tiek novērots maksimālā ātruma samazinājums par 20%, ja tiek veiktas vismaz 100 atkārtotas 4 grādu soļu lielas verģences kustības.

Turpmākajos pētījuma ietvaros tiks salīdzinātas verģences atbildes izmaiņas pēc 30 minūšu ilga mazu sakāžu uzdevuma un pēc 30 minūšu ilga lielu sakāžu uzdevuma, kā arī tiks analizētas galvas smadzeņu viļņu darbības izmaiņas pie liela un maza sakāžu uzdevuma ar elektroencefalogrāfijas metodi.

Literatūra

- Alkan Y. Biswal B.B., Alvarez T.L. (2011) Differentiation between Vergence and Saccadic Functional Activity within the Human Frontal Eye Fields and Midbrain Revealed through fMRI Volume 6, Issue 11
- Bahill, A., & Stark, L. (1979). The trajectories of saccadic eye movements. *Scientific American*, 240, 108-117.
- Semmlow J. L., Chen Y. F., Pedrono C. and Alvarez T. (2008). Saccadic behavior during the response to pure disparity vergence stimuli: I. General properties, *J. Eye Movement Research*, 1: 1-11
- Yuan, W., & Semmlow, J. (2000). The influence of repetitive eye movements on vergence performance. *Vision Research*, 40, 3089–3098.
- Zee, D. S., Fitzgibbon, E. J., & Optican, L. M. (1992). Saccade–vergence interactions in humans. *Journal of Neurophysiology*, 68, 1624–1641.

REAKCIJAS LAIKA IZMAIŅAS KRĒSLAS APSTĀKĻOS

Iveta Ivanāne un Sergejs Fomins

Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

Reakcijas laiks

Reakcijas laiks ir periods no signāla uztveršanas līdz atbildes kustībai. Šī perioda ilgumu ietekmē dažādi faktori: fizioloģiskie, psiholoģiskie, personības, organiskie un patoloģiskie (Kraukle, 1974). Tāpēc tas ir labs kritērijs vērtējot cilvēka veselību. Kā noskaidrots, tad izmantojot atbildi uz impulsu ir iespējams noteikt traucējumus redzes sistēmā un smadzeņu darbībā, ar ko nākotnē varētu diagnosticēt tādas saslimšanas kā Pārkinsona slimība un citas (Medina & Díaz, 2016). Redzes reakcijas laiks ir no 0,15 līdz 0,22 sekundes (Kraukle, 1974).

Krēslas apstākļi

Par mezopiskiem apstākļiem var runāt, kad gaismas spilgtums ir no 0,001 līdz 3 cd/m² (Lin, Chen, & Chen, 2006). Krēslas iedarbība uz cilvēka redzi, kad tie vada automašīnu ir svarīgi novērtēt, jo mūsdienu sabiedrībā pārvietošanās ar tām ir ļoti izplatīta. Mezopiskus apstākļus nodrošina ne tikai daba, bet arī ceļa apgaismojums nakts laikā. Pasaulē ir noteikti vidējie ieteicamie standarti, kādam jābūt ceļu apgaismojumam. Eiropā, tas ir starp 0,3-2 cd/m² (de Normalisation & Normung, 2003), bet ASV starp 0,3-1,2 cd/m². Bet gaismas daudzums uz brauktuves ir atkarīgs arī no ceļmalas esošajiem objektiem, laikapstākļiem un gadalaika (Viikari, et al., 2008).

Tumsas adaptācija

Pielāgoties skotopiskiem apstākļiem, tāpat kā fotopiskiem palīdz fotoreceptori. Tumsas adaptācijas gadījumā lielāka loma ir nūjiņām nekā vālītēm, jo aptuveni 10 minūtēs pēc tumsas apstākļu iestāšanās vālītes sasniedz savu gaismas intensitātes sliekšņa vērtību. Pēc tam aptuveni 12. minūtē notiek nūjiņu un vālīšu pāreja, kad nūjiņas kļūst jūtīgākas uz stimulu nekā vālītes (Schwartz, 2004). Citos avotos min arī ātrāku pārejas iestāšanos, aptuveni 4-8 minūtes (Wolfe & Ali, 2015). Savukārt, aptuveni 35. minūtē nūjiņas sasniedz savu sliekšņa intensitātes vērtību. (1.4. attēls) Laika sprīdi no vālīšu līdz nūjiņu sliekšņa intensitātes vērtībām sauc par fotohromatisko intervālu (Schwartz, 2004). Adaptācija mezopiskiem apstākļiem iespējama intervālā no 5 līdz 20 minūtēm, taču par labāko adaptācijas laiku tiek uzskatītas 15 minūtes, jo tad tiek sagaidīti labāki un stabilākie rezultāti (Hiraoka; et al., 2015).

Eksperiments

Mūsdienās spēja ātri reaģēt dažādos apstākļos ir ļoti svarīga, lai iekļautos esošajā dzīves ritmā. Diemžēl cilvēka spēja sniegt atbildi uz stimulu ir atkarīga no vairākiem faktoriem un viens no tiem ir apgaismojuma maiņa, tas ir diennakts tumšā laika iestāšanās. Piemēram, autovadītājiem nakts laikā tas noved pie negadījumu skaita palielināšanās, kas saistīti ar gājējiem. Tāpēc pētījumā tiek noteiktas reakcijas laika izmaiņas dienas gaismas un krēslas apstākļos, lai noteiktu cik lielas ir izmaiņas un tiek noteikts redzes asums abos apgaismojuma apstākļos, lai noskaidrotu vai abu parametru izmaiņas nav atkarīgas viena no otras.

Literatūra

de Normalisation, C. E., & Normung, E. K. (2003). European standard Norme Européenne Européische norm. . *Recherches*, 14689, 1. [tiešsaistē] – [atsauce 24.12.2016]. Pieejams internetā: <http://www.gnel.ir/files/EN81-1E.pdf>

Hiraoka, T., Hoshi, S., Okamoto, Y., Okamoto, F., & Oshika, T. (2015). Mesopic Functional Visual Acuity in Normal Subjects. *PloS one*, 10(7), e0134505.

Kraukle, I. (1974). *Reakcijas laiks*. Rīga: Pētera Stučkas LVU Redakcijas un izdevniecības daļa.

Lin, Y., Chen, D., & Chen, W. (2006). The significance of mesopic visual performance and its use in developing a mesopic photometry system. *Building and Environment*, 117–125.

- Medina , J. M., & Díaz, J. A. (2016). Extreme reaction times determine fluctuation scaling in human color vision. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 125-132.
- Schwartz, S. H. (2004). *Visual Preception a clinical orientation*. New York: McGraw-Hill Medical Publishing Division.
- Viikari, M., Ekrias, A., Eloholma, M., & Halonen, L. (2008). Modeling spectral sensitivity at low light levels based on mesopic visual performance. *Clinical ophthalmology (Auckland, NZ)*, 2(1), 173.
- Wolfe, U., & Ali, N. (2015). Dark Adaptation and Purkinje Shift: A Laboratory Exercise in Perceptual Neuroscience. *Journal of Undergrad Neurosci Education*, 13(2): A59–A63.

VADOŠĀS ACS STABILITĀTE UN BINOKULĀRĀ KONKURENCE

Anna Maslobojeva un Karola Panke

Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

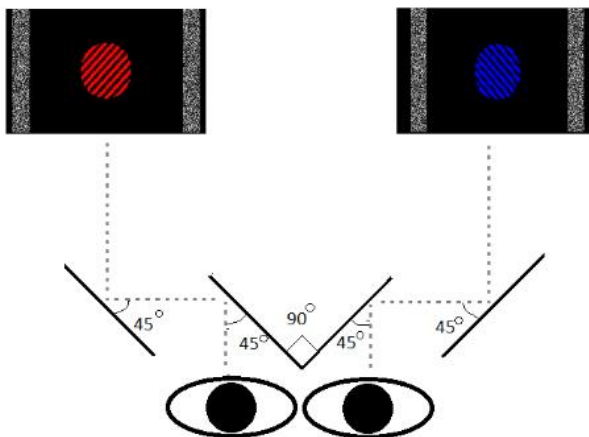
Ievads

Binokulāra konkurence ir uztveres fenomens, kas rodas tad, kad uz katras acs tīklenes nonāk krasi atšķirīgi attēli un redzes sistēma nespej tos apvienot, tādēļ daļēji vai pilnībā tiek supresēts viens no attēliem (Hubel 1990). Faktori, kas ietekmē šo uztveres maiņu ir aktuālas tēmas gan redzes zinātnē, gan kognitīvajos un uztveres pētījumos. Binokulārā konkurence tiek pētīta no dažādiem aspektiem, piemēram, konkurences ātrums ir atkarīgs no novietojuma uz tīklenes (Kalisvaart 2011), stimula intensitātes (Ooi & He 1999), izmēra (Wolf & Hochstein 2011), no diviem stimuliem dominēs spilgtākais (Tomoya et al. 2004), kustīgākais (Wade et al. 1984), tas kuram ir pievērsta lielāka uzmanība (Paffen et al. 2006).

Pētījuma mērķis: noskaidrot kā binokulārās konkurences attēlu maiņu ietekmē vadošā acs un tās stabilitāte.

Metode

Lai novērotu binokulāro konkurenci nepieciešams atdalīt abu acu attēlus un to var veikt ar dažādu metožu palīdzību, piemēram, sarkanzilām brillēm, prizmu brillēm vai spoguļa stereoskopu. Mūsu pētījumā tika izveidota spoguļu stereoskopa sistēma (skat. 1.att)



1.att Spoguļu stereoskopa sistēma

Pirmajā eksperimenta daļā tiks novērtēta dalībnieka vadošās acs tālumā ar “hole in card” testu, tuvumā ar spoguļa metodi un vadošās acs stabilitāte izmantojot trīs apmiglojošās lēcas +1.0D, +2.0D, +3.0D. Eksperimenta otrajā daļā ar spoguļa stereoskopu katrai acij tiks prezentēts atšķirīgs stimuls (skat. 2.att) un tiks mērīts binokulārās konkurences intervālu laiks, kurā tiek uztverts vadošās acs, nevadošās acs un abu acu miksēts attēls.



2.att. Eksperimentā izmantotais stimuls. Labā acs redz apli ar sarkanām līnijām novietotām 45 grādos. Kreisā acs redz apli ar zilām līnijām novietotām 135 grādos. Gar malām esošās pelēkās līnijas ir abu acu kopīgais attēls fūzijas noturēšanai.

Binokulārās konkurences intervāli tiks mērīti 40 cm attālumā pa 1,5 minūšu periodiem pie 2 stimula izmēriem. Katram stimula izmēram mērījums tiks atkārtots 7 reizes.

Hipotēze: Binokulārās konkurences laikā vidējais vadošās acs attēla uztveres laiks ir ilgāks tiem dalībniekiem, kam ir stabilākā vadošā acs.

Litertūra

- Hubel, D. (1990). *Глаз,мозг,зрение*.Pieejams: <http://www.twirpx.com/file/195726/>
- Kalisvaart, J.P., Rampersad, S.M., & Gossens (2011). Binocular Onset Rivalry at the Time of Saccades and Stimulus Jumps. *PLoS ONE*, 6(6), 1-12.
- Ooi, T.L., & He, Z.J. (1999). Binocular rivalry and visual awareness: the role of attention. *Sage journals*, 26, 551-574.
- Paffen, C.L.E., Alais, D., & Verstraten, A.J. (2006). Attention speeds binocular rivalry. *Psychological science*, 17, 752-756. Pieejams: <http://www.biomedsearch.com/nih/Attention-speeds-binocular-rivalry/16984290.html>
- Tomoya, H., Mukino, K., Hozato, H., Niida, T., Shoji, N., & Shimizu, K. (2004). Effect of Dominant and Nondominant Eyes in Binocular Rivalry. *Optometry in Vision Science*, 81(5), 377-383.
- Wade, N.J., De Weert, C.M.M. & Swanston, M.T. (1984). Binocular rivalry with moving patterns. *Perception & Psychophysics*, 35(2), 111-122.
- Wolf M and Hochstein S (2011). High-level binocular rivalry effects. *Frontier in Human Neuroscience*. 5 (article 129), 1-9.

ŠAPIRO-MEILSTRUPA ILŪZIJA KRĀSAINU STIMULU GADĪJUMĀ

A. Pastare¹ un M. Ozoliņš^{1,2}

¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

²Latvijas Universitātes Cietvielu fizikas institūts, Rīga, Latvija

Divas pētnieku grupas praktiski vienlaicīgi ir ziņojušas par interesantu iluzoru redzes uztveres fenomenu – dominanci redzes uztverē globālai kustības uztverei pretstatā telpā lokalizētai iekšējai kustības uztverei (Shapiro et al., 2008; Meilstrup & Shadlen, 2008).

Eksperimentāli pārsteidzoši tiek demonstrēts, kā, stimuliem veicot kustības redzes perifērijā, novērotāja smadzenes dod savu slēdzienu par uztvertās kustības virzienu (pretēji pulksteņa rādītāja virzienam pretstatā pulksteņa rādītāja virzienam) atkarībā no tā, cik dziļā perifērijā stimuli aktivizē redzes uztveres laukus.

Abas pētnieku grupas tālākajā darbībā sniedz detalizētāku problēmas analīzi (Shapiro et al., 2011; Meilstrup, 2014), bet savos pētījumos tās neietvēra stimulu krāsas variācijas iespaidu uz redzes uztveri, kas var būt atšķirīgs dažādos redzes perifērijas dziļuma līmeņos.

Jāpiezīmē, ka līdzšinējā eksperimentālo datu interpretācija balstīta uz uztveramo stimula parametru maiņas koordinātēs - spožums un kontrasts analīzi, neņemot vērā dažādo redzes uztveres ceļu (atbildīgo par spektrālo gaismas garo vai īso viļņu garumu uztveri) ieguldījumu dažādā redzes perifērijas dziļumā. Mūsu darba mērķis ir analizēt doto uztveres fenomenu, mērķtiecīgi variējot šo dažādo uztveres ceļu ieguldījumu, vai, vienkāršojot valodu, mainot perifēriālo stimulu krāsas. Demonstrācijās tika izmantoti stimuli ar dažādām modificētām krāsu un spožuma + kontrasta komponentēm.



1.att. Stimuli pirms mums (pa kreisi), un mūsu gadījumā (pa labi, daži no piemēriem).

Stimula kustībā piedalās, pirmkārt, seši apaļi atvērumi fona ekrānā. Tie rotē ap vienotu centru pretēji pulksteņrādītāja virzienam. Šī kustība tiek kategorizēta kā globālā (“global motion”, Shapiro et al., 2011). Otrkārt, tāpat ap vienoto centru šoreiz pulksteņrādītāja virzienā rotē sinusoidāls režģis, ko novērotājs var saredzēt caur atvērumiem. Šī kustība tiek raksturota kā iekšējā (“internal motion”). Kopīgo rotācijas centru smadzenes “fiksē”, kaut gan stimula kustības eksperimenta iesākumā tur nenotiek. Citētie autori izmantoja pelēkas gradācijas stimulus un savos pētījumos mainīja novērošanas ekscentricitāti. Šādos apstākļos tika novērota globālās (atvērumu pārvietošanās virzienā) kustības dominance aplūkojot stimulu ar “centrālo” redzi (Att.1, pa kreisi). Novirzot skatiena virzienu sānis un aizvien vairāk iesaistot perifēriālo redzi, sāk dominēt iekšējā kustības uztvere.

Mēs savu pētījumu balstām uz stimula variēšanu vairākās parametru izmaiņu plaknēs. Pirmkārt, iesaistot ekrāna ar atvērumiem un iekšējās kustības krāsu un kontrastu, pētot redzes uztveres dominanci pie dažādām redzes skata virziena ekscentricitātēm.

Otrkārt, aplūkojot stimulu centrāli un parametrus mainot pa sekojošām ortogonālām koordinātēm. Sākumā mainot iekšējās kustības komponentes kontrastu no minimālā (pārvietojas tikai atvērumi ekrānā) uz maksimālo – tādā, virzienā no globālās kustības uztveres maksimuma. Turpinājumā no šāda ekstrēma starppunkta – mainot ekrāna caurspīdīgumu no minimālā uz maksimālo, un iekšējās kustības uztveres dominanci šādi nepārtraukti palielinot. Kurā parametru maiņas zarā atrodas sliekšnis redzes uztveres maiņai no globālās uz iekšējās kustības uztveres dominanci, tas būtu atkarīgs no stimula un ekrāna krāsu kombinācijas.

Mainot skata virziena ekscentricitāti, eksperimentāli pie stimula krāsu izmaiņām tiek novērots sekojošais: pie visām stimulu krāsu un iekšējās kustības režģa kontrasta kombinācijām, un sākotnējās stimula novērošanas nulles ekscentricitātes dominē globālā kustības uztvere. Šīs uztveres dominance, nemainot ekrāna caurlaidību – uzturot to minimālu, var pārslēgties (vai arī ne) uz iekšējās kustības uztveres dominanci pie kādas novērošanas sliekšņa ekscentricitātes, kura ir atkarīga no stimula krāsu spektra, režģa kontrasta, spožuma izvēles un no novērošanas nosacījumiem – izolūmiunants stimuls; stimula krāsu spožumi atbilst to proporcionālam sadalījumam baltās gaismas spektrā; utt. Izolūmiunantu stimulu gadījumos, ja gan ekrānam, gan režģim izvēlēts tikai displeja zilais starojuma kanāls, uztveres pārslēgšanās nenotiek. Neitrālam režģim pārslēgšanos nenovēro arī pie zema stimulu spožuma līmeņa. Tālākā izpēte, palielinot ekrāna caurspīdību un stimulējot iekšējās kustības uztveres dominanci, sekos eksperimentālā darba turpinājumā.

Literatūra

- Meilstrup P. B. & Shadlen M. N. (2008). Integration of local and global visual motion revealed by localization judgments. *Abstr. Meet. of Soc. for Neuroscience 2008*, No. 460.11 .
- Meilstrup P. B. (2014). *Motion accumulates while movement disappears: spatial interactions in visual motion*. (PhD Dissertation). Univ. of Washington, Seattle.
- Shapiro A.G., Knight E.J., & Lu Z-L. (2008). Feature blur in peripheral vision. *Abstr. Meet. of Soc. for Neuroscience 2008*, No. 811.3 .
- Shapiro A. , Lu Z-L., Huang C-B., Knight E., & Ennis R. (2011). A first- and second-order motion energy analysis of peripheral motion illusions leads to further evidence of “Feature blur” in peripheral vision. *PLoS ONE*, 6(4), e18719.

REDZES NOSLODZES IETEKME UZ AKOMODĀCIJAS DINAMIKAS PARAMETRIEM

Sellija Šmite un Sergejs Fomins

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

Mūsdienās cilvēki daudz laika pavada pie tuvuma darbiem, kas zināmā mērā ir liels pārbaudījums mūsu redzes sistēmai un akomodācijai. Ilgi koncentrējot savu skatienu uz nekustīgu objektu, piem., datoru, mobilo telefonu, televizora ekrānu u.c., kā arī vērojot objektu pie nepietiekams apgaismojuma vai pārāk spilgta gaismas, var rasties acu nogurums. Acu noguruma pazīmes nav novērojamas pēc pamošanās no rīta, tas pakāpeniski rodas dienas gaitā, veicot darbus, kas prasa redzes piepūli, it īpaši strādājot ar datoru. Lai arī redzes asums tuvumā daudziem ir pietiekams, tomēr, veicot tuvuma darbus, patīkamāk ir pietuvināt lasāmo tekstu tuvāk degungalam, kas dažreiz koncentrēšanās iespaidā notiek automātiski. Vizuālais nogurums jeb astenopija ir visbiežāk sastopamais simptoms cilvēkam ar binokulārās redzes disfunkciju, akomodācijas un konverģences nepietiekamību. Simptomātiski izpaužas kā izplūdumi, diplopija, lasīšanas laikā tiek izlaistas rindas, galvassāpes, reiboņi u.c. (*Ukai, K., & Howarth, P. A., 2008*)

Akomodācijas sistēma, kura reprezentē vienu no tuvuma triādes komponentēm, kas ir tikusi plaši pētīta, lai novērtētu tā ietekmi uz tuvuma darba saistību ar vizuālo nogurumu. Pētījumi rāda, ka pazeminoties akomodācijas amplitūdai t.i. akomodācijas nepietiekamībai ir viens no galvenajiem cēloņiem pie redzes vizuālā diskomforta un ir saistīts ar tuvuma redzes simptomiem jauniešiem un bērniem. Tomēr ir būtiski atšķirt akomodācijas nepietiekamību no akomodācijas noguruma. Akomodācijas nepietiekamība ir definēta kā samazināta akomodācijas amplitūda. Akomodācijas nogurumam progresīvi palielinoties, pieaug arī akomodācijas atpalikšana jeb tuvuma punkta lejupslīde, kas izpaužas kā tuvumā esošu objektu ilgstoša apskate (*Seidemann, A., & Schaeffel, F., 2003*).

Lai noteiktu akomodācijas izmaiņas dienas laikā (no rītā un vakarā pie noguruma), savā darbā izmantošu ekscentriskā fotorefrakcijas metodi. Fotorefrakcijas ir metode kur tiek izmantota infrasarkanā gaisma, kas nāk no četrām diodēm un tai atstarojoties no acs tīklenes tiek uzņemts videoattēls un mērīts refrakcijas stāvoklis dažādos meridiānos. Metode ir ātra, objektīva, neinvazīva metode acs refraktīvo kļūdu un akomodācijas atbildes noteikšanai, izmantojot no tīklenes atstarotās gaismas apstrādi attēla vai gaismas intensitātes veidā. Diodes attiecībā pret CCD kameru ir novietotas ekscentriski. Uzņemtajā videoattēlā tiek attēlots nonākušais gaismas daudzums acī caur acs zīlīti. Veicot fotorefrakcijas mērījumus, pēc slīpuma virziena un grādu novirzes var noteikt vai acs ir tuvredzīga (miopa), tālredzīga (hipermetropa) un emetropa. Ar iekārtu iegūst akomodācijas atbildi, bet lai datus varētu apstrādāt ir nepieciešama kalibrācija (*Seidemann, A., & Schaeffel, F., 2003*). Pētījumu veicu, jo pašai ir interese par to kā redzes nogurums ietekmē akomodāciju. Literatūrā minētais nogurums tika izraisīts ar diviem uzdevumiem, kur viens uzdevums bija pieskaņots dabīgiem apstākļiem un kur akomodācijas atbildē netika radītas ievērojamas izmaiņas. Bet otrs uzdevums bija, kur tika stimulēta akomodācijas ar pēc iespējas nedabīgākiem apstākļiem, piem., filmām, kas tiek radītas ar 3D efektu un kur tika novērotas akomodācijas izmaiņas (*Thiagarajan, P., & Ciuffreda, K. J., 2013*). Un akomodācijas atbilde tika fiksēta pirms un pēc uzdevuma izpildes nevis uzdevuma laikā. Savā darbā kā stimulu izmantošu melnu krustu uz balta fona divos attālumos no pacienta. Sagaidu, kad akomodācijas atbilde vakarā pie noguruma būs novērojamas izmaiņas. Akomodācijas atbilde tiks fiksēta stimulu radīšanas laikā.

Literatūra

- Ukai, K., & Howarth, P. A. (2008). Visual fatigue caused by viewing stereoscopic motion images: Background, theories, and observations. *Displays*, 29(2), 106-116.
- Seidemann, A., & Schaeffel, F. (2003). An evaluation of the lag of accommodation using photorefraction. *Vision Research*, 43(4), 419-430.
- Thiagarajan, P., & Ciuffreda, K. J. (2013). Visual fatigue and accommodative dynamics in asymptomatic individuals. *Optometry & Vision Science*, 90(1), 57-65.

PUPILOMETRIJAS PARAMETRU IZMAIŅAS METAMĒROS APGAISMOJUMA AVOTOS

Anna Valaine un Sergejs Fomins

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

Acs zīlītes reakcijas

Zīlītes diametrs svārstās no 3mm līdz 4mm normālos apstākļos, ko nosaka zīlītes adaptēšanās spēja apkārtējam apgaismojumam. Zīlītes diametrs ir atkarīgs no dažādiem faktoriem kā, piemēram, no cilvēka emocionālā stāvokļa, organisma iekšējā stāvokļa, cilvēka veselības, ikdienas paradumiem un gaismas daudzuma, kas nonāk acī. (Purviņa, 2016)

Ganglionārās šūnas

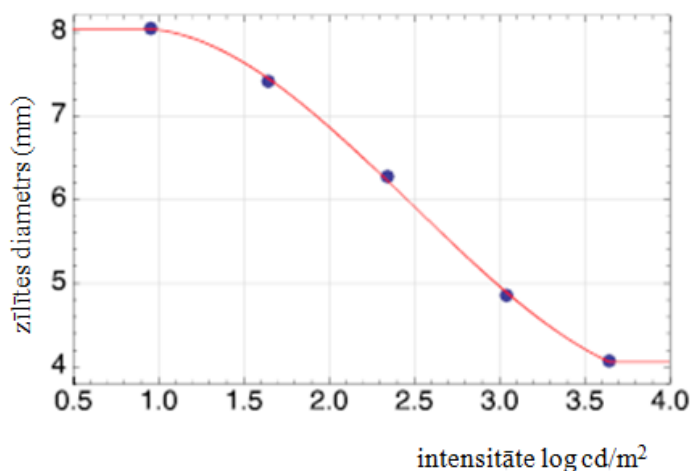
Gaismas uztvere, bez attēla, sākotnēji nenonāk uz nūjiņām un vāļītēm, bet gan uz melanopsīna fotopigmenta saturošām šūnām. (Nissen et al., 2011) Šīs melanopsīnu saturošās šūnas tika atklātas nesenos pētījumos un tiek uzskatītas par trešo fotoreceptoru veidu, kas darbojas fotopiskos apstākļos. (Spitschan et al., 2014) Melanopsīnu saturošās ganglionārās šūnas nodrošina gaismas adaptāciju, tās pielāgo jutīgumu atkarībā no saņemtā gaismas daudzuma. (Wong et al., 2015)

Mākslīgais apgaismojums

Vairākos pētījumos ir atklāts, ka gaisma pārsvarā rada acu audu bojājumus. Zilā gaisma 430nm – 500nm nodara kaitējumu tīklenei. LED gaisma mūsdienās ir sastopama datoru monitoru ekrānos, TV ekrānos, ekonomiskajās spuldzēs un cita veida apgaismojumos. Šāds apgaismojums nav piemērots, lai ilgstoši uzturētos telpā, un nav pareizi to klasificēt par normāliem apstākļiem. Pētījumos norādīts, ka zilā gaisma rada kaitējumu tīklenes fotoreceptoriem un, uzturoties šādā apgaismojumā, tīklenes šūnas var iet bojā. Taču nav pierādījumu fotoreceptoru bojāejai ar makulas deģenerāciju (AMD), bet ir daudz sakrītību un netiešu pierādījumu par iespējamo saistību. (Peng et al., 2012; Roehlecke et al., 2011)

Pupilometrija

Pupilometrija ir neinvazīva objektīva metode, kas ļauj novērtēt pacienta acs zīlītes diametru. Metodes pielietošana ir aizsākusies vairāk kā pirms 50 gadiem, kad zinātnieks Hess&Polts to izgudroja. (Laeng et al., 2012) Lielākā daļa empīrisko datu liecina, ka zīlītes diametrs mainās emocionālas slodzes rezultātā. (Lemercier et al., 2014)



1. att. Zīlītes diametrs atkarībā no apgaismojuma intensitātes. Jo lielāka intensitāte, jo vairāk acs zīlīte sašaurinās. (Watson & Yellott, 2012)

Zilās gaismas ietekme uz redzes sistēmu

Veselas acs priekšējās struktūras aizsargā tīkleni no kaitīgajiem UV stariem. Tīkles fotooksicītāte galvenokārt ir saistīta ar fotoķīmisku bojājumu, ko izraisa ilgtermiņa iedarbība uz redzamo gaismu, īpaši zilo gaismu. Zilās gaismas ietekme uz redzi var būt faktors tīkles slimībām, piemēram, ar vecumu saistītai makulas deģenerācijai. Nūjiņas, vāļītes un *RPE* šūnas cilvēka tīklenē ir atbildīgas par fotonu absorbciju un vizuālo transdukciju, tās ir bagātas ar fotopigmentiem un tādēļ saņem daudz fotoķīmiskus bojājumus. No otras puses, zilā gaisma ir nozīmīga krāsu uztverei. Nesen veikts pētījums pierādīja, ka zilajai gaismai ir liela loma ne – vizuālu funkciju nodrošināšanai, piemēram, diennakts ritmam un zilītes gaismas refleksam. (Boulton et al., 2013)

Eksperimenta būtība

Zinātnieku vidū ir izveidojušās pamatīgas bažas par to, ka zilā gaisma cilvēka redzi negatīvi ietekmē. Darba ietvaros centīšos pievērst sabiedrības uzmanību šiem faktoriem, jo lielākā daļa cilvēku par to ikdienā nedomā.

Lai novērotu zilās gaismas ietekmi uz redzes sistēmu, ir nepieciešams veikt pētījumus. Izmantoju LED stimulu ar krāsu temperatūru 2700K. Eksperimenta dalībniekam tika lūgts fiksēt skatienu uz priekšu. Ar kameru tika fiksētas zilītes izmaiņas tumsā, pēc tam atkarībā no stimula intensitātes.

Literatūra

- Boulton, M. E., Brainard, G. C., Jones, W., Karpecki, P., Melton, R., Thomas, R., Sliney, D.H., & Shechtman, D. L. (2013). Blue Light Hazard: New Knowledge, New Approaches to Maintaining Ocular Health.
- Laeng, B., Sirois, S., & Gredeback, G. B. (2012). Pupillometry: A Window ro the Preconscious? *Perspectives on Psychological Science*, 7(1), 18 – 27
- Lemercier, A., Guillot, G., Courcoux, P., Garrel, C., Baccino, T., & Schlich, P. (2014). Pupillometry of taste: Methodological guide – from acquisition to data processing – and toolbox for MATLAB. *The Quantitative Methods for Psychology*, 10(2), 179 – 199
- Nissen, C., Sander, B., & Lund – Andersen, H. (2012). The effect of pupil size on stimulation of the melanopsin containing retinal ganglion cells, as evaluated by monochromatic pupillometry. *Frontiers in Neurology*. 2(92)
- Purviņa, S. (2016). *Acs anatomija un fizioloģija:materiāli*. Latvijas Universitātes Fizikas un matemātikas fakultāte.
- Peng, M. L., Tsai, C. Y., & Chien, C. L. (2012). The influence of Low – powered Family LED Lighting on Eyes in Mice Experimental Model, *Life Science Journal*, 9(1), 447 – 482.
- Roehlecke, C., Schumann, U., & Ader, M. (2011). Influence of blue light on photoreceptors in a live retinal explant system, *Molecular Vision*, 17, 876 – 884.
- Spitschan, M., Jain, S., Brainard, D. H., & Aguirre, G. K. (2014). Opponent melanopsin and S – cone signals in the human pupillary light response. *PNAS*, 111(43), p.15568-15572
- Watson, A. B., & Yellott, J. Y. (2012). A unified formula for light-adapted pupil size. *Journal of Vision*, 12(10), 1 – 16
- Wong, K. Y., Dunn, F. A., & Berson, D. M. (2015). Photoreceptor adaptation in intrinsically photosensitive retinal ganglion cells. *Neuron*, 48

REDZES ASUMA, REFRAKCIJAS, RADZENES BIEZUMA IZMAIŅAS DAŽĀDĀS KERATKONUSA STADIJĀS PĒC KROSSLINKINGA OPERĀCIJAS

Eva Vavžika, Sanita Līduma un Gunta Krūmiņa

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

Ievads

Keratokonuss ir deģeneratīva radzenes saslimšana, kurai radzenes struktūras izmaiņu dēļ, radzene kļūst plānāka un veido konusa formu (*Stein & Stein, 2011*). Uzlabojoties diagnostikas metodēm, mūsdienās aizvien biežāk tiek diagnosticēts keratokonuss, pēc literatūras datiem tā sastopamība ir 1 no 2000 gadījumiem. Keratokonuss nav izārstējams, bet ir iespējams apturēt tā progresēšanu. Pēdējo gadu laikā radzenes kolagēna krosslinkinga operācija ar riboflavīnu un ultravioleto A gaismu, ir lielākais atklājums keratokonusa attīstības apstādīšanā. Šis ārstēšanas veids tiek ieteikts pacientiem ar progresējošu keratokonusu, un, ja savlaicīgi tiek sākta ārstēšana, tas var dramatiski ietekmēt keratokonusa attīstības rezultātus, it īpaši gados jauniem pacientiem (*Khattak, Nakhli & Cheema, 2015*). Kopš 1990. gadiem par radzenes krosslinkingu tiek runāts kā par jaunu iespēju apstādīnāt progresējošu keratokonusu vai otrreizēju radzenes ektāziju, ar mērķi novērst progresējošu redzes zudumu, kas saistās ar patoloģijas attīstību, un, lai aizkavētu vai izvairītos no radzenes transplantācijas (*Mastropasque, 2015*). Jankova un viņa kolēģu pētījums pierādīja, ka keratokonusa progresēšana pēc operācijas apstājās visiem pacientiem, kuriem vēl sešus mēnešus pirms operācijas, keratokonuss progresēja. Kmax samazinājās par vairāk kā 2 dioptrijām (no 53.02 ± 8.42 D līdz 50.88 ± 6.05 D), sfēriskais ekvivalents samazinājās no -3.27 ± 4.08 D līdz -2.68 ± 3.02 D, tikmēr refraktīvais astigmātisms samazinājās par <0.5 D (no -2.29 ± 1.77 D līdz -1.86 ± 0.92 D). Pēc ārstēšanas neviens no pacientiem nezaudēja nevienu redzes asumu rindu no labāk koriģētā redzes asuma ar brillēm (BSCVA), 12 saglabāja BSCVA, vienam pacientam uzlabojās redzes asums par vienu redzes asuma rindu, pieciem pacientiem uzlabojās redzes asums par divām rindām no BSCVA un viens pacients ieguva redzes asuma uzlabošanu par trijām rindām vairāk no BSCVA (*Jankov et al, 2010*). 2008. gadā Raiskups – Volfs ar kolēģiem aprakstīja, pašlaik lielāko pētījumu, kas ietver 241 aci, un pētījumam tika sekots līdz 6 gadiem pēc krosslinkinga operācijas. Šis pētījums pierādīja jau iepriekš atklātos mērījumus par statistiski ievērojamiem uzlabojumiem astigmātisma gadījumā, labāk koriģētajā redzes asumā un keratometrijas mērījumu vērtībās 12 mēnešus pēc operācijas veikšanas. Radzene kļuva plānāka 54% acu ar vidējām keratometriskajām izmaiņām sākot no -1.91 D (*Alhayek & Lu, 2015*).

Darba mērķis: izanalizēt krosslinkinga rezultātus dažādās keratokonusa stadijās.

Izvirzītā hipotēze: pacientiem ar mazāku keratokonusa pakāpi būs novērojams lielāks uzlabojums pēc krosslinkinga operācijas nekā pacientiem ar lielāku pakāpi.

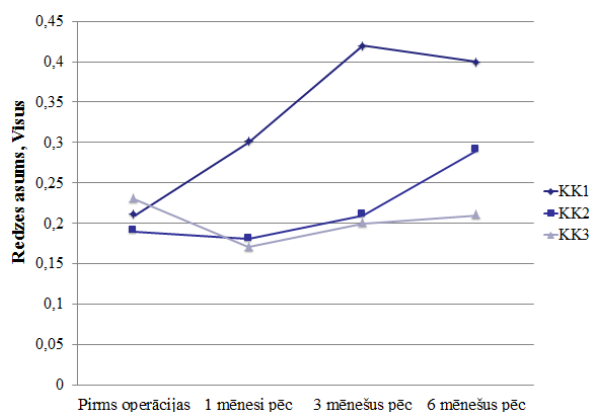
Metode

Pētījuma veikšanai tika izmantoti dati no “Dr. Lūkina acu klīnikas” krosslinkinga pacientu datu bāzes. Darbā piedalījās 17 pacienti, tika analizētas 22 pacientu acis ar I, II un III stadijas keratokonusu. Pacienti bija vecuma posmā no 18 līdz 35 gadiem gan sievietes, gan vīrieši. Pētījumā piedalījās pacienti, kuriem pēc krosslinkinga operācijas ir pagājuši vismaz 6 mēneši. Pētījumā tika izslēgti pacienti ar nedzidrām optiskajām vidēm. Pētījuma dalībniekiem tiks analizēti sekojoši izmeklējumi: labākā iespējamā subjektīvā refrakcijas korekcija (noteikta ar proves lēcu palīdzību); nekoriģētā un labākā iespējamā koriģētā redzes asuma izmaiņas pacientam pirms krosslinkinga operācijas un 1, 3 un 6 mēnešus pēc operācijas, lai redzētu redzes asuma izmaiņu dinamiku katrā no keratokonusa pakāpēm; radzenes pahimetrija plānākajā radzenes vietā (noteikta ar ALLEGRO Oculyzer topogrāfu), lai novērtētu tās izmaiņas pēc krosslinkinga operācijas pirmo 6 mēnešu laikā. Pacientu dati tiks analizēti atsevišķi katrā keratokonusa stadijā. Tiks apskatītas izmaiņas nekoriģētajam redzes asumam, refrakcijas izmaiņām (sfēriskās, cilindriskās komponentes un

sfēriskā ekvivalenta izmaiņas) pēc krosslinkinga operācijas un pahimetrijas izmaiņas I, II un III keratokonusa stadijā, lai varētu novērtēt dzīšanas gaitu un efektivitāti katrā stadijā.

Rezultāti

Sākotnējie pētījuma dati parāda, ka krosslinkinga operācija ir efektīvāka pie I pakāpes keratokonusa. II pakāpes keratokonusa pacientu redzes asums, salīdzinot ar pirms operācijas redzes asuma datiem, sāk uzlaboties ap trešo mēnesi pēc operācijas veikšanas, turklāt redzes asuma uzlabojums ir mazāks kā I pakāpes keratokonusa pacientiem. Taču pacientiem ar III pakāpes keratokonusa sasilšanu redzes asuma uzlabojums nav manāms pirmos trīs mēnešus pēc operācijas un tas netiek novērots arī sešus mēnešus pēc operācijas veikšanas.



1.att. Redzes asuma izmaiņas pēc krosslinkinga operācijas.

Secinājumi

Pacientiem ar keratokonusa sasilšanu svarīga ir savlaicīga keratokonusa diagnostika un pēc iespējas ātrā krosslinkinga operācijas veikšana, ko apstiprina sākotnējie pētījuma rezultāti, proti, pacientiem ar I keratokonusa pakāpi pirmo sešu mēnešu laikā pēc krosslinkinga operācijas iespējams ne tikai apturēt tā progresēšanu, bet arī būtiski uzlabot pēcoperācijas redzes asumu.

Literatūra

- Alhayek, A. & Lu, Pei – Rong. (2015). Corneal collagen crosslinking in keratoconus and other eye disease. *Int J Ophthalmol*, 8(2), 407-418.
- Jankov, MR 2nd., Hafezi, F., Beko, M., Ignjatovic, Z., Djurovic, B., Markovic, V. & Schor, P. (2008). Cross-linking for the treatment of keratoconus: preliminary results. *Arq Bras Ophthalmol*, 71(6), 813-8.
- Khattak, A., Nakhli, F. & Cheema, H. (2015). Corneal collagen crosslinking for progressive keratoconus in Saudi Arabia: One-year controlled clinical trial analysis. *Saudi Journal of Ophthalmology*, 29, 249-254.
- Mastropasque, L. (2015). Collagen cross-linking: when and how? A review of the state of the art of the technique and new perspectives. *Eye and Vision*, 2(19).
- Stein, R. & Stein, R. (2011). Corneal Collagen Crosslinking: A Major Breakthrough in the Management of Keratoconus, Pellucid Marginal Degeneration, and Ectasia after LASIK. *Ophthalmology Rounds*, 9(1).

IZOLUMINANTU STIMULU IETEKME UZ ATBILDES SNIEGŠANAS LAIKU VIZUĀLI TELPISKAJĀ UZTVERĒ

Elīna Vēvere¹, Jurgis Šķilters², Vsevolod Liakhovetckii³ un Gunta Krūmiņa¹

¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

²Latvijas Universitāte, Kognitīvo zinātņu un semantikas centrs, Rīga, Latvija

³Krievijas Zinātņu akadēmija, Pavlova fizioloģijas institūts, Sanktpēterburga, Krievija

Ievads

Apgalvojuma – attēla salīdzināšana tiek pielietota daudzos kognitīvos uzdevumos, kur nepieciešama koncepcijas veidošana, problēmu risināšana un vizuālā attēla veidošana. Lai raksturotu objekta atrašanās vietu telpā, visbiežāk izmanto lietvārdu, atskaites punktu un prievārdu (Landau & Jackendoff, 1993). Lai redzes uzmanību novērstu uz atskaites objektu (fiksācijas objektu), izmanto konkrētu prievārdu palīdzību. Visbiežāk telpiskajā valodā izmanto prievārdus “virs” un “zem” (Coventry et al., 2010). Tāpat ir atšķirīga nozīme objektam, kas atbild uz jautājumu “kas?” un objektam, kas atbild uz jautājumu “kur?”. Tiem savstarpēji mijiedarbojoties mainās telpiskās valodas izpratne (Landau & Jackendoff, 1993).

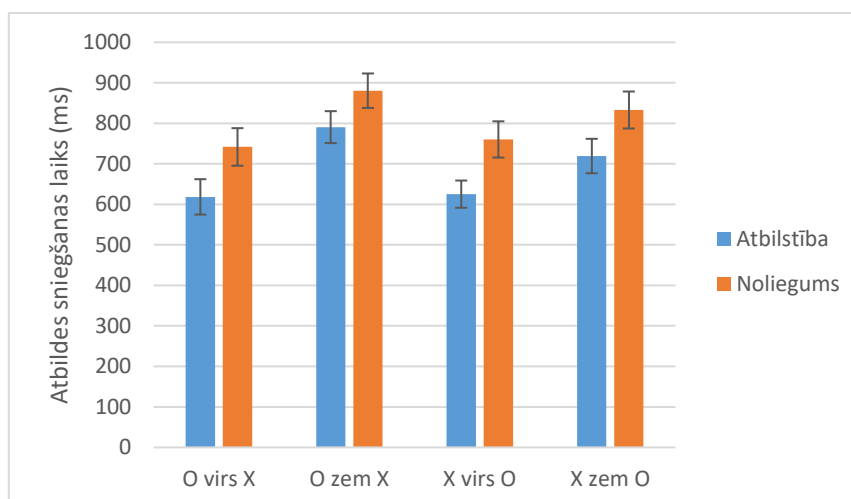
Pētījuma mērķis bija novērtēt, kā izoluminanti stimuli ietekmē atbildes sniegšanas laiku un vizuāli telpisko uztveri.

Metode

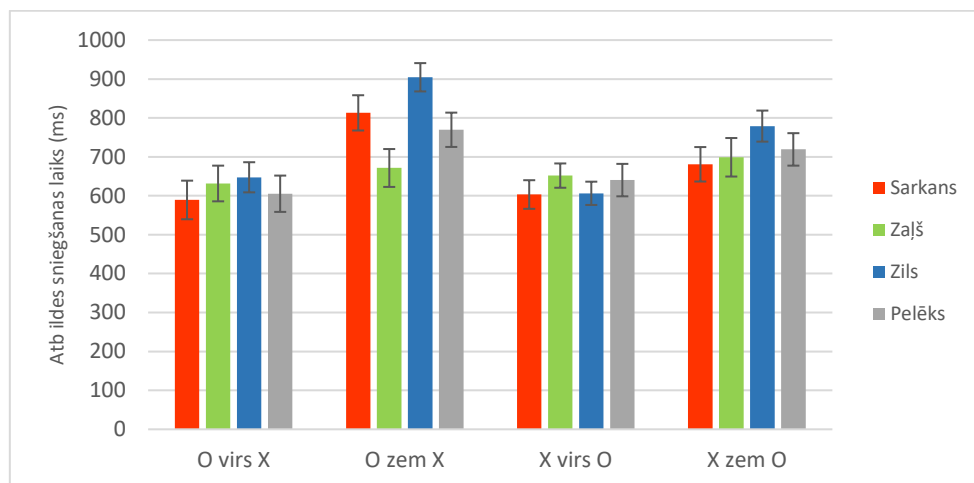
Eksperimenta pamatā tika izmantota pētnieka V.Liakhovetckii izstrādātā datorprogramma, ar kuras palīdzību tika novērtēta katra pētījuma dalībnieka atbildes sniegšanas laiks. Eksperiments veidots, balstoties uz Logan & Sadler (1996) izstrādāto pētījumu. Tests sastāv no diviem objektiem – X un O un 4 apgalvojumiem – X virs O, O virs X, X zem O, O zem X. Katra objekta lielums ir 34 px, kas leņķiskajās vienībās atbilst 0,81⁰. Eksperiments sastāv no 384 randomizētiem stimulu pāriem. Elementi X un O attēloti 12 dažādās pozīcijās. Testa sākumā tiek parādīts 500 ms ilgs fiksācijas krusts, tad seko apgalvojums, kas parādās 1 sekundi, atkal 500 ms ilgs fiksācijas krusts, pēc kuras uz 200 ms parādās divi viens virs otra izvietoti izoluminanti elementi X un O. Pētījuma dalībnieku uzdevums bija sniegt pēc iespējas īsākā laikā atbildi, vai apgalvojums atbilst redzētam attēlam.

Rezultāti

Pirmie rezultāti parāda, ka apgalvojuma un objekta izvietojuma sakritības gadījumā pētījuma dalībnieks sniedz ātrāku atbildi (skat.1.att.). Izvērtējot prievārdu ietekmi uz atbildes sniegšanas laiku, ir novērojams, ka prievārda “virs” gadījumā laiks ir ātrāks nekā prievārdam “zem”. Novērtējot krāsu ietekmi uz atbildes sniegšanas laiku, apgalvojuma “O zem X” gadījumā ilgāks laiks novērojams zilajai krāsai, taču visātrākais – zaļajai krāsai (skat.2.att.).



1.att. Apgalvojuma ietekme uz atbildes sniegšanas laiku



2.att. Izoluminantu stimulu ietekme uz atbildes sniegšanas laiku

Literatūra

- Coventry, K.R., Lynott, D., Cangelosi, A., Monrouxe, L., Joyce, D. & Richardson, D.C. (2010). Spatial language, visual attention, and perceptual simulation. *Brain & Language*, 112(3), 202-213.
- Landau, B. & Jackendoff, R. (1993). „What” and „where” in spatial language and spatial cognition. *Behavioral and Brain Sciences*, 16(2), 217-265.
- Logan, G.D. & Sadler, D.D. (1996). A computational analysis of the apprehension of spatial relations. In Bloom, P., Garrett, M.F., Nadel, L. & Peterson, M.A. (Eds.) *Language and Space*, Cambridge, MIT Press, 521-524.

KVANTITATĪVO KĻŪDU SKAITĪŠANAS METOŽU SALĪDZINĀJUMS KRĀSU SAKĀRTOŠANOS TESTOS

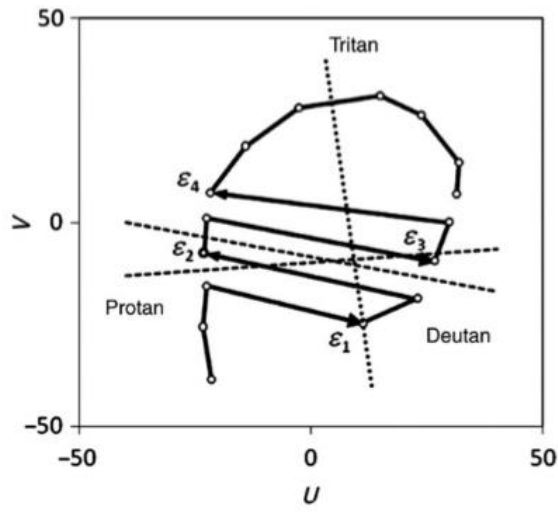
Evija Zariņa un Renārs Trukša

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

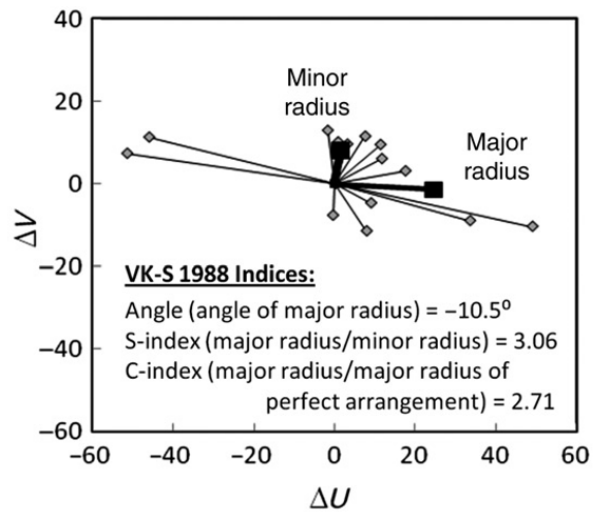
Normālas krāsu redzes gadījumā tīklenē atrodas trīs vāļišu fotoreceptori, kuru spektrālās jutības maksimumi ir pie 420 nm, 530 nm, 560 nm redzamās gaismas spektra daļā (*Goldstein* 2007). Ja cilvēkam ir izmainīta šo vāļišu fotoreceptoru maksimumi vai arī iztrūkst viens, divi vai trīs fotoreceptori, tad tiek diagnosticēts krāsu redzes defekts. Krāsu redzes testi pēc to īpašībām iedalās divās grupās: gaismu atstarojošie, piemēram, HRR pseidoizohromatiskās krāsu plates, D15 krāsu sakārtošanas testi, un gaismu izstarojošie, piemēram *HMC Oculus* anomaloskops. Jau minētie HRR pseidoizohromatiskās krāsu plates un D15 izvērtē hromatisko jutību, jo ir jānovērtē testa krāsu stimulu atšķirības. Savukārt anomaloskopa testā tiek izvērtēts fotopigmentu daudzums redzamās gaismas vidējo un garo viļņu garuma spektrā, kā arī vai fotoreceptoru pigmentu absorbcijas spektri atbilst normai. Lielākoties testi tiek veikti binokulāri, jo ikdienas dzīvē izmantojam binokulāro redzi. Tikai atsevišķās profesijās tiek pielietota monokulāra redze, piemēram, dažādās laboratorijās, astronomijā, militārā sfērā.

Krāsu redzes defekta esamība un klasificēšana tiks veikta ar piesātināto un nepiesātināto D15 krāsu sakārtošanas testu, HRR pseidoizohromatisko krāsu platēm, *HMC Oculus* anomaloskopu. Dalībniekiem tiks noskaidrots, vai krāsu redze atšķiras abās acīs, veicot HRR pseidoizohromatisko krāsu plašu testu binokulāri un monokulāri, *HMC Oculus* anomaloskopu monokulāri. Iegūtie rezultāti tiks salīdzināti ar piesātināto un nepiesātināto D15 krāsu sakārtošanas testu rezultātiem.

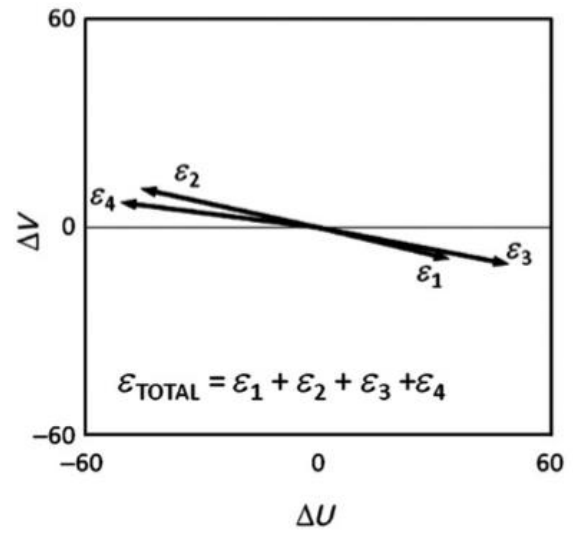
D15 krāsu sakārtošanas testu rezultāti tiks analizēti pēc divām metodēm: pēc *Vingrys* un *King-Smith* (1988) izveidotās inerces momentu metodes, kā arī pēc *Foutch et al.* (2011) izveidotās kļūdu skaitīšanas metodes. Sākotnēji CIELUV krāsu telpā tiks atlikta dalībnieka D15 testu stimulu izpildījums (skatīt 1.A. attēlu), kas ļauj diagnosticēt krāsu redzes defekta veidu. Detalizētāk rezultātus analizē inerces momentu metode (skatīt 1.B. attēlu), kurā tiek noteikti trīs parametri: konfūzijas leņķis, S-indekss, C-indekss. Šī metode var tikt izmantota arī pie pareizas krāsu sakārtošanas testa izpildes. *Foutch et al.* (2011) izveidotā analizējošā metode (skatīt 1.C. attēlu) raksturo tikai pieļautās kļūdas krāsu sakārtošanas testos, kurā tiek noteikti trīs parametri: leņķis, kas nosaka krāsu redzes defekta veidu, selektivitāte, krāsu redzes defekta izteiktība. Abas krāsu sakārtošanas testu rezultātu analizējošās metodes ir kvantitatīvās kļūdu skaitīšanas metodes.



A



B



C

1.att. D15 krāsu sakārtošanas testa analizēšanas metožu salīdzinājums noteiktā deutan krāsu redzes defekta gadījumā. A attēlā tiek atlikta pacienta krāsu sakārtošanas testa stimulu izpildījuma secība. B attēlā ir Vingrys un King-Smith inerces momenta metode. C attēlā ir Foutch et al. izveidotā kļūdu analizējošā metode (Foutch et al. 2011).

Literatūra

Foutch, B. K., Stringham, J. M. & Lakshminarayanan, V. (2011). A new quantitative technique for grading Farnsworth D-15 color panel tests. *Journal of modern Optics*, 1-9.
 Goldstein, E. B. (8.ed.) (2007). Sensation and Perception. USA: Wadsworth (pp. 44-67).
 Vingrys, A.J. & King-Smith, P.E. (1988). A Quantitative Scoring Technique For Panel Tests of Color Vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 29(1), 50-61

JAUNA STEREOREDZES TESTA IZSTRĀDE KRUSTOTĀS UN NEKRUSTOTĀS DISPARITĀTES TRAUČĒJUMU NOVĒRTĒŠANAI

Gunta Krūmiņa¹, Annija Gulbe¹, Carlo Adami², Vsevolod Liakhovetckii³

¹*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija*

²*Ottica Adami Ferdinando, Verona, Itālija*

³*Krievijas Zinātņu akadēmija, Pavlova fizioloģiskais institūts, Sanktpēterburga, Krievija*

Aktualitāte

Optometrista praksē stereoredzi novērtē pielietojot dažādus stereotestus, piemēram, TNO, Lange testu, Titmus testu, projektoru testus. Pēc būtības tos var iedalīt divās lielās grupās – testi, kas paredzēti globālās stereoredzes novērtēšanai, un testi, kas paredzēti lokālās stereoredzes novērtēšanai. Stereoredzes pamatā ir binokulārā disparitāte, kas ir objekta attēla nobīde uz vienas tīklenes attiecībā pret attēlu uz otras tīklenes. Šī nobīde rodas tāpēc, ka abas acis ir laterāli atdalītas un redz pasauli no diviem nedaudz atšķirīgiem skata punktiem. Binokulārā disparitāte ir visa vajadzīgā informācija smadzenēm, lai noteiktu attēla fona un elementa dziļumu. Testos šo nobīdi rada mākslīgi, pielietojot attēlu nobīdi, atdalot attēlus ar filtriem, laikā vai ar spoguļu palīdzību. Stereoredzes mērījumi ir svarīgi dažādu binokulārās redzes anomāliju skrīningā un diagnostikā, un pēdējos gados arī ir informatīva dažādu nopietnu saslimšanu gadījumos (piemēram, autisma, disleksijas, multoplārās sklerozes u.c. slimību gadījumos).

Stereoredzes raksturlielums ir *stereoasums (binokulārā disparitāte)*, kas nosaka relatīvās stereoskopiskās paralakses leņķi, kuru cilvēks vēl var saskatīt un atšķirt. Stereoskopiskās paralakses lielums ir atkarīgs no cilvēka starpzīlīšu attāluma, no objekta lokalizācijas, no stimula parametriem, kuri tiek izmantoti testa izveidošanā. Stereoredzes raksturlielums ir stereoasums, stereoleņķis vai stereosliksnis, kuru mērvienība ir loka sekundes. Stereoasums 400 loka sekundes un vairāk ir novērojams perifērās binokularitātes gadījumā, 80-200 loka sekundes raksturo binokularitāti, kas veidojas makulas rajonā, stereoasums mazāks kā 60 loka sekundes ir iegūstams tikai ar foveolas binokularitāti (*Simons 1993*).

Redzes anatomiskie un fizioloģiskie pētījumi ir pierādījuši trīs paralēlos informācijas plūsmas ceļus *laterāli genikulārajā ķermenī (LGĶ)* un primārajā redzes garozā. *Magno šūnu* ceļš ir paredzēts kustību un pagaidu informācijas uztverei, kā arī šeit varētu norisināties rupjās, lokālās stereoredzes veidošanās, *parvo starpšūnu* ceļš ir augsto frekvenču un statiskās informācijas pārraidei, kā arī iesaistās smalkās, globālās stereoredzes veidošanā, un *parvo šūnu* ceļš ir hromatiskās un zemo frekvenču informācijas pārraidei, un stereoredzes procesam, kas novērtē attēlu lieluma atšķirības starp acīm (*Livingstone & Hubel 1987; Tyler 1990*).

Vispirms smadzenes abos retinālajos attēlos nosaka lielas attēla sakritības, kuru veic *lokālā stereoredze*. Lokālā stereoredze darbojas arī tādos gadījumos, ja telpiskais objekts ir uztverams arī monokulāri. Lokālā stereoredze eksistē, lai redzes sistēma atšķirtu divus horizontāli nobīdītus stereostimulus. Šis process ir pietiekams kontūras stereoredzei. Pēc lokālās stereoredzes smadzenēs abi retinālie attēli tiek salīdzināti daudz plašākā apgabalā.

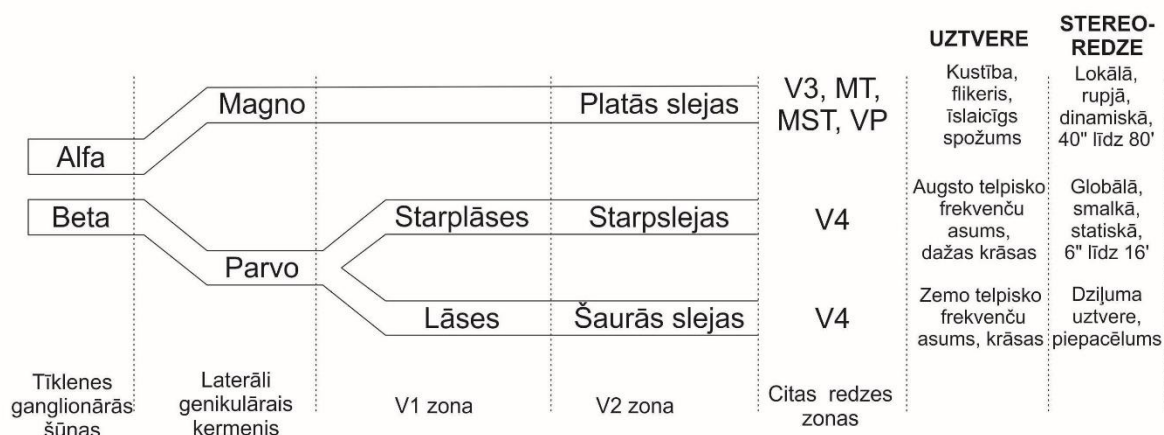
Globālā stereoredze ir nepieciešama iekļedēto stereogrammu ieraudzīšanai, kad nav monokulāri nosacījumi telpiska attēla ieraudzīšanai. Šajā gadījumā ir nepieciešama informācija no abu acu tīklenes attēliem, kuri tiek smadzenēs sapludināti un tikai tad veidojas stereosajūta. Tās darbība noris foveolas līmenī un galvenokārt tiek analizēti objekti, kas atrodas uz empīriskā horoptera vai ļoti tuvu tam.

Tyler (1990) apgalvo, ka lokālajā stereoredzē piedalās gan rupjās, gan smalkās stereoredzes komponentes, bet globālajā stereoredzē piedalās tikai smalkās stereoredzes komponente. Klīniskie stereoredzes novērtēšanas testi balstās uz globālo stereoredzi, iekļaujot gan smalko, gan rupjo stereoredzi, tādēļ tie ir daudz jutīgāki pret noteiktām binokulārām anomālijām nekā testi, kas balstās tikai uz lokālo stereoredzi.

Pavisam var izdalīt četru veidu neironus, kas reaģē uz diviem (krustotās un nekrustotās) disparitātes veidiem (Poggio & Poggio 1984, Poggio et al. 1988, Cumming & De Angelis 2001): (1) uzbudinoši noskaņotie (*tuned excitatored neurons* – TEN) neironi, (2) kavējoši noskaņotie (*tuned inhibitored neurons* – TIN) neironi, (3) tuvu noskaņotie (*tuned near neurons* – TNN) un tālu noskaņotie (*tuned far neurons* – TFN) neironi, (4) tuvie (*near neurons* – NN) neironi un tālie (*far neurons* – FN) neironi.

Šis šūnu iedalījums grupās var izskaidrot stereonomālijas. Individīdiem, kas neuztver stimulus ar lielu nekrustoto disparitāti ($>0.5^\circ$), domājams, nav tālo neironu. Tiem, kas neuztver lielas krustotās disparitātes, nav tuvu neironu, bet viņiem ir normāla smalkā stereopse fiksācijas attālumā (Cumming & De Angelis 2001).

Redzes ceļi smadzenēs iedalās magnocelulārajā un parvocelulārajā apakšsistēmā. Bija doma, ka informācija par stereoredzi tiek vadīta tikai pa magnocelulāro sistēmu (Livingstone & Hubel 1987). Tomēr ir daži fakti, kas to apstrīd: piemēram, lai uztvertu izkliedēto punktu stereogrammas, ir nepieciešama augsta telpiskā izšķiršana, ko regulē parvocelulārā sistēma. Parvocelulārā sistēma ir atbildīga par krāsu uztveri, tā var atbalstīt stereoskopiskas kustības uztveri krāsainiem stimuliem, stereopsi var iegūt, ja ir krāsu korespondence, bet nav spožuma korespondences. Bojājumi parvocelulārajā sistēmā apgrūtina stereogrammu uztveri, kurām ir smalks raksts, bet neietekmē stereogrammas ar rupju struktūru. Šie novērojumi liecina, ka krāsu informācijai ir tikpat svarīga loma stereoredzē kā spožumam un eksistē būtiska pārklāšanās starp abām sistēmām uzturot stereoredzi. Fizioloģiskie novērojumi tomēr parāda, ka tikai magnocelulārā sistēma ir iesaistīta stereopse procesos, jo disparitātes jutīgās šūnas pārsvarā ir atrodamas tikai šīs sistēmas struktūrās. Līdz šim laikam atšifrētais redzes ceļš ir parādīts 1.zīmējumā, kurā var redzēt, ka stereoredzes veidošanā piedalās gan parvo, gan magno šūnas un to tālāk veidotie informācijas plūsmas ceļi.



1.att. Redzes receptoru uztvertās informācijas plūsmas ceļi sākot no tiklenes šūnām līdz pat redzes garozas specifiskajām zonām (aizgūts no Hart, W.M. (Ed.) (1992). "Adler's physiology of the eye").

Metode

Stereotestam ir četras versijas – globālās stereoredzes novērtēšanas tests ar ierobežotu un neierobežotu skatīšanās laiku, lokālās stereoredzes novērtēšanas tests ar ierobežotu un neierobežotu skatīšanās laiku. Testam ir iespējams mainīt sākuma nobīdi, lai cilvēks varētu testu redzēt. Globālās stereoredzes testam ir iespējams mainīt punktu blīvumu, punktu lielumu. Lokālās stereoredzes testam ir iespējams mainīt elementa kontūras biežumu un elementa lielumu. Ja sākotnējā iecere bija izveidot testus pēc iespējas līdzīgākus, lai atšķirtos tikai ar vienu pazīmi, tad diemžēl lokālās stereoredzes testam nav iespējams izveidot raibu fonu kā tas būtu izkliedēto punktu testā. Šis raibais fons neļauj noslēpt vienas acs attēlu. Testam ir trīs atbildes versijas – elements (aplis) atrodas pirms ekrāna, aiz ekrāna un nav manāma figūra jeb nav novērojama stereogramma. Testam ar ierobežoto rādīšanas laiku kā sākuma laiks tiek izvēlēts 210 milisekundes. Tā kā rādīšanas laiku arī ir iespējams variēt, tad testu varēs izmantot arī turpmākiem pētījumiem, lai noskaidrotu stereoredzes sliksni pie dažādiem stereogrammu rādīšanas laikiem.

Testa izmēģinājuma versijā tika testēts uz studentiem, kuriem ir iepriekš veikta redzes pārbaude un ir zināmi redzes funkciju izmeklējumi. Pēc gala versijas izstrādes, tests tiks testēts reālos optometrista prakses apstākļos dažādu redzes refraktīvo defektu gadījumos, dažāda vecuma pacientiem.

Secinājums

Sākotnējie rezultāti parāda, ka ar testu var novērtēt krustotās un nekrustotās disparitātes sliekšņus ar ierobežotu un neierobežotu rādīšanas laiku. Taču skatoties pēc literatūras, jāapzinās, ka pie neierobežota rādīšanas ilguma cilvēkam ar stereoanomāliju var tikt novērtēta stereoredze, bet tā nebūs kā attiecīgās disparitātes raksturlielums. Drīzāk tā raksturo, vai cilvēks ir adaptējies un spēj ar vienu disparitātes veidu kompensēt neesošo stereodisparitāti.

Izmantotā literatūra

- Simons, K., Ed. (1993). *Early visual development, normal and abnormal*, Oxford University Press, 197-284.
- Livingstone, M.S., & Hubel, D.H. (1987). Psychophysical evidence for separate channels for the perception of form, colour, movement, and depth, *Journal of Neuroscience*, 7(11), 3416-3468.
- Tyler, C.W. (1990). A stereoscopic view of visual processing streams, *Vision Research*, 30(11), 1877-1895.
- Poggio, G.F., Gonzalez, F., & Krause, F. (1988). Stereoscopic mechanisms in monkey visual cortex: binocular correlation and disparity selectivity, *Journal of Neuroscience*, 8(12), 4531-4550.
- Poggio, G.F., & Poggio, T. (1984). The analysis of stereopsis, *Annual Review of Neuroscience*, 7, 379-412.
- Cumming, B.G., & De Angelis, G.C. (2001). The physiology of stereopsis, *Annual Review of Neuroscience*, 24, 203-238.

KUSTĪBAS UZTVERES IZMAIŅU ATKARĪBA NO STIMULA FIKSĀCIJAS

Beāta Marcinkeviča, Evita Kassaliete un Renārs Trukša
Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

Ievads

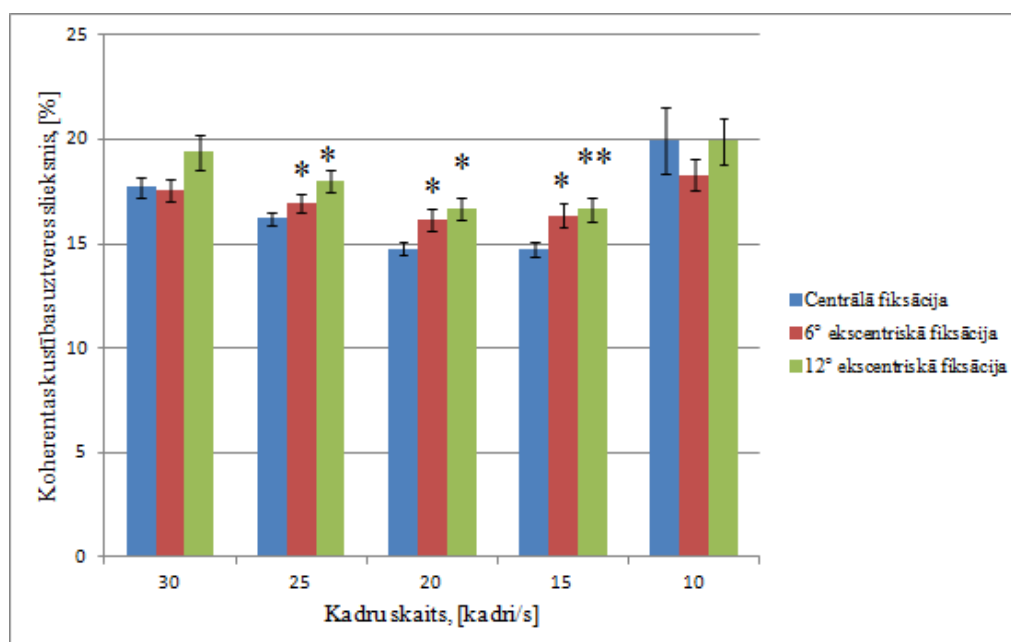
Kustības uztvere, tajā skaitā koherentas kustības uztvere, ir sarežģīts un nozīmīgs redzes sistēmas process (Arena, Hutchinson & Shimozaki, 2012). Tas palīdz atšķirt statisku objektu no dinamiska (Claassen et al., 2016), noteikt kustīga objekta atrašanās vietu, pārvietošanas trajektoriju un ātrumu (Bogfjellmo, Bex & Falkenberg, 2013). Apkārt esošo kustīgo objektu atpazīšana un iegūtas informācijas apstrāde palīdz noteikt mūsu pašu kustību attiecībā pret pārējiem objektiem, orientēties un droši pārvietoties telpā (Arena, Hutchinson & Shimozaki, 2012). Tā kā lielu daļu no vizuālās informācijas mēs uztveram ar tiklenes perifēriju, ir svarīgi izprast kustības uztveres īpatnības, stimulam atrodoties redzes lauka centrā un perifērijā.

Metode

Koherentas kustības novērtēšanai izmantoja izkliedēto punktu testu, kurš sastāvēja no 160 melniem punktiem uz baltā fona. Katra punkta izmērs atbilda 7' (loka minūtēm). Punkti tika prezentēti 12°x12° lielajā cirkulārajā laukā. Darba attālums sastādīja 50 cm. Punkti kustējās ar ātrumu 2°/s un tika reprezentēti 400 ms. Kustības uztveri novērtēja, fiksējot skatu laukuma centrā, kā arī 6° un 12° ekscentriski. Uzdevumu veica, novērojot stimulu ar vadošu aci. Papildus novērtēja kustības jutību, mainot kadru skaitu vienā stimula rādīšanas reizē (10, 15, 20, 25 un 30 kadri/s), bet saglabājot kustības ātrumu nemainīgu (2°/s). Koherentas kustības sliekšņu novērtēšanai izmantoja adaptīvo trepjveida psihofizikālo metodi.

Rezultāti

Iegūtie rezultāti rāda, ka koherentas kustības uztveres sliekšņu vērtības ir zemākas pie stimula centrālās fiksācijas. Būtiski augstākas vērtības ($p < 0,05$ un $p < 0,01$) ieguva pie stimula 6° un 12° ekscentriskās fiksācijas, aplūkojot stimulus ar 15, 20 un 25 kadriem/s. Palielinoties stimula ekscentriskai fiksācijai, ir novērojama tendence pieaugt sliekšņu vērtībām, tomēr statistiski dati neatšķiras.



1.att. Koherentas kustības uztveres sliekšņu vērtības pie stimula centrālās un ekscentriskās fiksācijas, mainoties kadru skaitam stimulā.

Mainot kadru skaitu vienā stimula rādīšanas reizē, augstāku kustības jutību iegūst pie 15 un 20 kadriem/s gan pie centrālas, gan pie ekscentriskas stimula fiksācijas.

Secinājumi

Tīklenes centrā un perifērijā kustības uztvere nav vienāda. Palielinoties tīklenes perifērijai, kustības jutība samazinās, t.i., pieaug koherentas kustības uztveres sliekšņu vērtības. Kā arī, novērojot stimulus ar vienādu kustības ātrumu, iegūtās sliekšņu vērtības atšķiras. Rezultāti pierāda Meier & Giaschi (2014) hipotēzi, ka kustības uztveri ietekmē ne tikai stimula kustības ātrums, bet arī ātrumu veidojošie parametri. Mainot kadru skaitu un attiecīgi punktu telpisko nobīdi un laika intervālu starp kadriem, būtiski mainās koherentas kustības uztveres sliekšņu vērtības. Augstāku kustības jutību var iegūt, rādot stimulu ar 15 vai 20 kadriem/s.

Literatūra

- Arena, A., Hutchinson, C. V., & Shimozaki, S. S. (2012). The effects of age on the spatial and temporal integration of global motion. *Vision Research*, 58, 27-32.
- Bogfjellmo, L.-G., Bex, P. J., & Falkenberg, H. K. (2013). Reduction in direction discrimination with age and slow speed is due to both increased internal noise and reduced sampling efficiency. *Visual Psychophysics and Physiological Optics*, 54(8), 5204-5210.
- Claassen, J., Bardins, S., Spiegel, R., Strupp, M., & Kalla, R. (2016). Gravity matters: Motion perceptions modified by direction and body position. *Brain and Cognition*, 106, 72-77.
- Meier, K., & Giaschi, D. (2014). The maturation of global motion perception depends on the spatial and temporal offsets of the stimulus. *Vision Research*, 95, 61-67.

ACS AKSIĀLĀ GARUMA IZMAIŅAS 24 MĒNEŠU PERIODĀ TUVREDZĪGIEM BĒRNIEM 6 LĪDZ 12 GADU VECUMĀ, LIETOJOT ORTOKERATOĻIJAIS KONTAKTLĒCAS

Jānis Baltraitis^{1,2}, Laura Kozuliņa², Viktorija Vlasenko², Dace Ērenbote², Raimonds Rogulis²,
Diāna Abduļina², Ivars Lācis¹, Evita Kassaliete¹ un A. Solomatins³

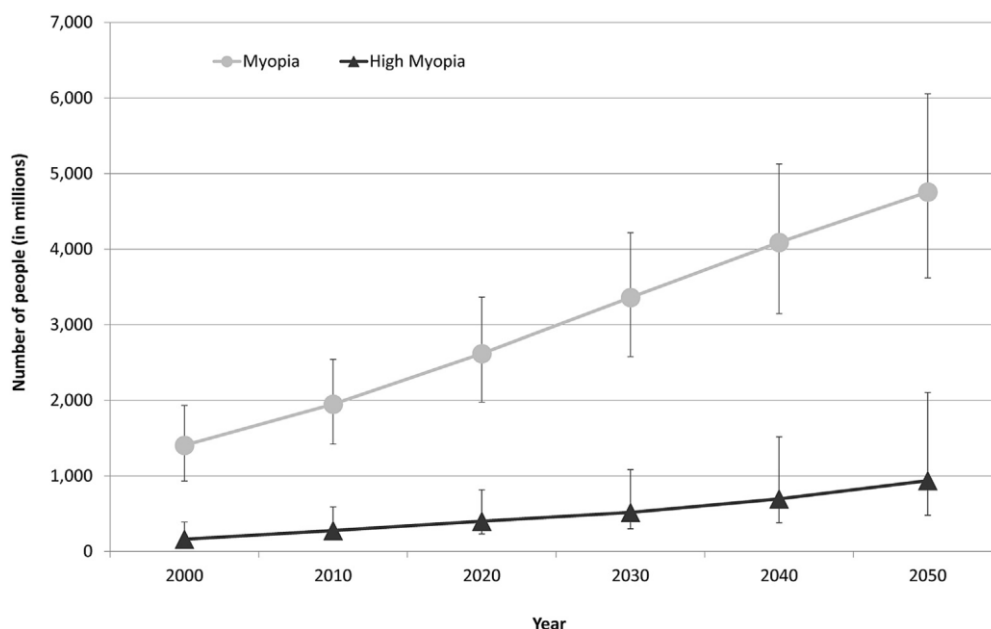
¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija

²Gallus Optika, Rīga, Latvija

³Dr.Solomatina acu rehabilitācijas un redzes korekcijas centrs, Rīga, Latvija

Miopijas izplatība

Miopija ir izplatīts ametropijas veids, kura izplatībai un apmēram ir tendence pieaugt. 2016. gadā ir publicēta Austrālijas pētnieka Braiena Holdena darba grupas atskaite, kas apkopo 145 pētījumus iekļaujot 2,1 miljonu dalībnieku. Kā pētījumā prognozē *Holden et al.* (2016), tad 2000.gadā pasaulē bija 22,9% cilvēku ar miopiju (tanī skaitā 2,7% ar augstas pakāpes miopiju) un līdz 2050.gadam miopijas izplatība varētu pieaugt līdz 49,8% (9,8% ar augstas pakāpes miopiju).



1. att. Miopijas izplatība 2000-2050 gads, *Holden et al.* (2016)

Miopijas ierobežošanas stratēģijas

Huang et al. (2016) ir veikuši plašu pētījumu salīdzināšanu un secina, ka mūsdienās ir pieejamas vairākas metodes, kas būtiski samazina miopijas pieaugumu salīdzinot ar mono fokālu briļļu lietošanu vai placebo efektu. Par visefektīvākajām miopiju ierobežojošām stratēģijām var uzskatīt farmakoloģisku līdzekļu lietošanu, t.i. tādas muskarīna antagonistus kā atropīns un pirenzepīns.

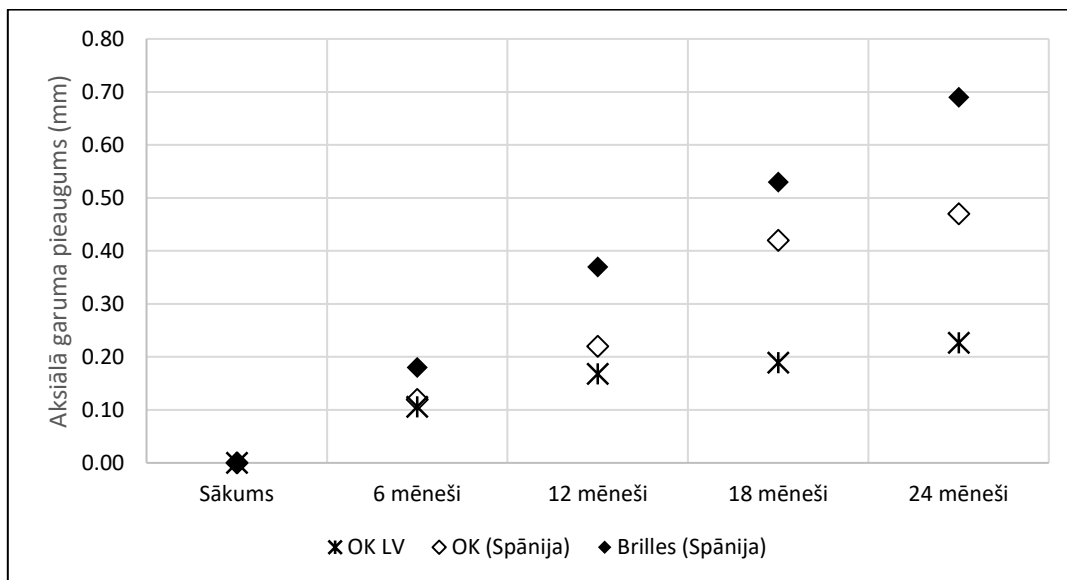
Atsevišķi autori izdala efektīvākās metodes refrakcijas kontekstā un tās ir medikamentu (atropīns, pirenzepīns) lietošana un progresīva additīva briļļu lēcas. Bet acs aksiālā garuma kontekstā – atropīns, ortokeratoloģija, perifēriālo defokusu ietekmējošas kontaktlēcas, pirenzepīns un progresīva additīva briļļu lēcas. Vismazāko efektu nodrošina speciāla dizaina briļļu lēcas.

Smith III (2013) savā pārskata publikācijā ir uzskatāmi atainojis dažādu līdz šim zināmo optisko metožu efektivitāti miopijas kontrolē. Arī šajā pētījumā autors secina, ka ortokeratoloģija ir visefektīvākā optiskā korekcijas metode. Pētījumos, kur tiek veikti eksperimenti ar dzīvniekiem, tiek iegūti pierādījumi, ka ar optiskām manipulācijām var tikt ietekmēts acs aksiālā garuma augšanas ātrums. Būtisks secinājums ir arī tas, ka ietekmējot optisko defokusu tīklenes tuvējā

perifērijā un perifērijā, var radīt anatomiskas pārmaiņas tās centrālajā daļā, t.i. radīt acs mugurējās kameras pieaugumu. Šis ir būtisks pretnostatījums gadiem ilgai hipotēzei, ka galvenais miopijas pieguma stimulētājs ir akomodācijas mehānisms.

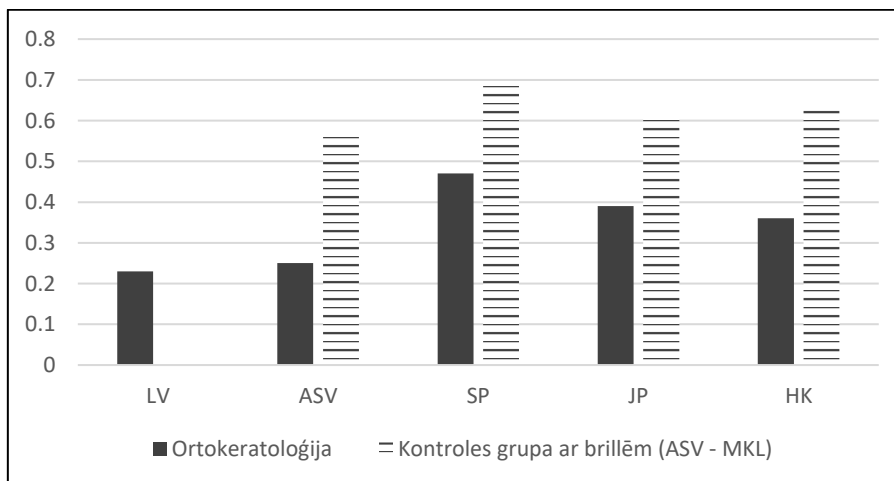
Veiktais pētījums

Lai gūtu priekšstatu par acs aksiālā garuma izmaiņām, 2014.gadā tika uzsākts šis pētījums, iekļaujot tajā bērnus līdz 12 gadu vecumam, kuri miopijas korekcijai izvēlējušies ortokeratoloģijas kontaktlēcas. Ik pa 6 mēnešiem tika veikti acs aksiālā garuma mērījumi un dati salīdzināti ar plašāko Eiropā veikto pētījumu (Santodomingo-Rubido et al., 2012).



2.att. Vidējās acs aksiālā garuma izmaiņas

Salīdzinot rezultātus 24 mēnešu periodā (Attēls Nr.3), var redzēt, ka aksiālā garuma vidējā pieguma vērtība ir salīdzināma ar citu autoru



3.att. Vidējās acs aksiālā garuma izmaiņas 24 mēnešu periodā. LV – šis pētījums, ASV - Walline, Jones & Sinnott, (2009), SP - Santodomingo-Rubido et al., (2012), JP – Kakita, Hiraoka, & Oshika, (2011), HK - Cho & Cheung (2012)

Literatūra

- Cho, P. & Cheung, S.W., (2012). Retardation of Myopia in Orthokeratology (ROMIO) Study: A 2-Year randomized Clinical Trial, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 53, (11).
- Holden, B.A, Fricke, T.R., Wilson, D.A., Jong, M., Naidoo, K.S., Sankaridurg, P., Wong, T.Y., Naduvilath, T.J. & Resnikoff, S. (2016). Global Prevalence of Myopia and High Myopia and

- Temporal Trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology, American Academy of Ophthalmology* 123 (5), 1036–1042.
- Huang, J., Wen, D., Wang, Q., McAlinden, C., Flitcroft, I., Chen, H., Saw, S.M., Chen, H., Bao, F., Zhao, Y., Hu, L., Li, X., Gao, R., Lu, W., Du, Y., Jinag, Z., Yu, A., Lian, H., Jiang, Q., Yu, Y. & Qu, J. (2016). Efficacy Comparison of Interventions for Myopia Control in Children: A Network Meta-analysis. *Ophthalmology, American Academy of Ophthalmology*, 123 (4), 697–708.
- Kakita, T., Hiraoka, T. & Oshika T. (2011). Influence of overnight orthokeratology on axial elongation in childhood myopia. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 52, 2170–2174.
- Santodomingo-Rubido, J., Villa-Collar, C., Gilmartin, B. & Gutierrez-Ortega, R., (2012). Myopia Control with Orthokeratology Contact Lenses in Spain: Refractive and Biometric Changes, *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, Vol. 53, No. 8, 5060-5065.
- Smith III, E.L., (2013). Optical treatment strategies to slow myopia progression: Effects of the visual extent of the optical treatment zone. *Experimental Eye Research* 114: 77–88.
- Walline, J.J., Jones, L.A. & Sinnott, L.T., (2009). Corneal reshaping and myopia progression. *British Journal of Ophthalmology*, 93, 1181–1185.

RADZENES LIEKUMA RĀDIUSA IZMAIŅAS PĒC ORTOKERATOĻĪJAS TERAPIJAS

Laura Kozuliņa¹ un Gunta Krūmiņa²

¹*Gallus Optika, Rīga, Latvija*

²*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

Ievads

Refrakcijas koriģēšana ar ortokeratoloģijas metodi ir ilglaicīgs korekcijas veids. Pasaulē ortokeratoloģijas izmantošana aizsākās 1962. gadā (Bennett & Weissman 2005; Campbell, 2013), bet Latvijā šī metode ir salīdzinoši jauna (aptuveni 10 gadi). Līdz ar to Latvijā ir salīdzinoši neliels pētījumu skaits ortokeratoloģijas jomā (Legzdiņa, 2009; Baltraitis, 2015). Izvērtējot ortokeratoloģijas metodes efektivitāti, kā galvenos parametrus pētījumu rezultātu salīdzināšanai izmanto redzes asuma noteikšanu un laika intervālu no terapijas uzsākšanas līdz brīdim, kad ortokeratoloģijas efekts kļūst stabils (Owens et al., 2004). Tiek analizēti arī radzenes katra slāņa un kopējā biezuma rādījumi (Alberto & Garello, 2013; Wang et al., 2003). Visu minēto parametru izmaiņas galvenokārt vērtē pacientiem, kas lēcas lieto īslaicīgā laika posmā: pārsvarā dažu stundu griezumā, vai ilgākais – 1 mēnesi (Sorbara et al., 2005). Pēc tam tiek noteikts, kā izmainās radzenes parametri laikā kopš kontaktlēcas izņemšanas. Pētījumos demonstrē, ka radzene sākotnējā stadijā atgriežas vienas nedēļas laikā pēc ortokeratoloģijas lēcu lietošanas pārtraukšanas (Soni et al., 2004). Taču nav daudz pētījumu, kuros tiktu analizēti radzenes parametri, kad uz radzenes virsmu ir bijusi ilglaicīga ortokeratoloģijas lēcu iedarbība. Lai nostabilizētos ortokeratoloģijas darbības efekts, ir nepieciešamas 7-14 dienas (Owens et al., 2004; Sankaridurg et al., 2011; Santodomingo-Rubido et al., 2012; Sorbara et al., 2005; Swarbrick et al., 1998). Līdz ar to mūsu pētījumā tiek analizēti tikai tādi terapijas pacienti, kas ortokeratoloģijas lēcas lietojuši vismaz 2 mēnešus (līdz 8 gados), un kuriem ortokeratoloģijas efekts kļuvis stabils. Pētījumā izvirzījām **mērķi** – noskaidrot, vai ilglaicīga ortokeratoloģijas terapijas lietošana ietekmē radzenes spēju atgriezties savā iepriekšējā stāvoklī. Pētījumā tika izvirzīta hipotēze: ilglaicīgajiem ortokeratoloģijas pacientiem nepietiek ar vienas nedēļas pauzi no terapijas, lai radzenes liekuma rādiuss atgrieztos sākotnējā vērtībā.

Metode

Pētījums sadalīts divās daļās – radzenes liekuma rādiusa analīze un radzenes astigmātisma analīze. Kopā tiek analizētas 260 radzenes topogrāfijas, kas iegūtas no 77 acīm. Visas acis tiek iedalītas divās vecuma grupās: 26 bērnu acis (vecums no 8 līdz 16 gadi) un 51 pieaugušo acs (vecumā no 17 līdz 43 gadi). Tiek aplūkoti 3 atšķirīgi lēcu lietošanas ilgumi: (1) pacienti, kuri terapiju veic līdz viena gada ilgumam, (2) pacienti, kuri ortokeratoloģijas lēcas lieto no viena gada līdz četrus gadus ilgumam un (3) pacienti ar lēcu lietošanas pieredzi no četrus gadus līdz astoņu gadus ilgumam. Lai analizētu radzenes izmaiņas laikā tiek ieviests kritērijs ar atšķirīgiem radzenes atpūtināšanas ilgumiem: 1 nedēļa, 2 nedēļas, 1 mēnesis, 6 mēneši un 1 gads.

Rezultāti un kopsavilkums

Radzenes liekuma rādiusa analīze. Palielinoties refrakcijas lielumam, palielinās nepieciešamā radzenes liekuma rādiusa izmaiņas vērtība, lai refrakcija tiktu izkoreģēta. Lai izkoreģētu refrakciju par 0,25 D, radzenes liekuma rādiuss jāizmaina par 0,05 mm. Praktiski iegūtās radzenes liekuma rādiusa izmaiņas vērtības un teorētiski aprēķinātās vērtības pie konkrēta refrakcijas lieluma kļūdas robežās ir vienādas (nav statistiski nozīmīgas atšķirības $p=0,11$). Izvirzītā hipotēze neapstiprinās, jo arī ilglaicīgajiem ortokeratoloģijas pacientiem tāpat kā īslaicīgiem terapijas veicējiem pietiek ar vienas nedēļas radzenes atpūtināšanu no lēcu iedarbības, lai radzenes liekuma rādiuss atgūtu savu agrāko vērtību (nav statistiski nozīmīgas atšķirības $p=0,1$). Pētījumā parādās, ka pēc nedēļas pārtraukuma no ortokeratoloģijas terapijas statistiski apstiprinās, ka radzenes liekuma rādiuss nav ar nozīmīgu atšķirību no sākotnējiem parametriem, bet gribam pievērst uzmanību, ka radzenes liekuma rādiuss pilnvērtīgi nav ieguvis sākotnējo vērtību – tas vēl ar vien ir par 0,1 mm lielāks nekā sākotnējais liekuma rādiuss. Te pierādās, ka teorētiskais pamatojums ne vienmēr darbojas praksē.

Ortokeratoloģijas praksē nepietiek tikai ar 1 nedēļas pārtraukumu no terapijas, lai varētu apgalvot, ka radzene ir atguvusi agrāko (pirms terapijas) stāvokli. Ja ortokeratoloģijas lēca tiek izgatavota pēc 1 nedēļas atpūtinātas radzenes topogrāfijas, tad lēcas iedarbība nebūs precīza – tā pilnvērtīgi neizkorigēs refrakciju.

Radzenes astigmātisma analīze. Palielinoties radzenes astigmātismam, palielinās cilindra vērtība kopējā refrakcijā. Tika noskaidrots, ka radzenes astigmātisms līdz 1,20 D neietekmē kopējo refrakciju. 28% no visiem radzenes atpūtināšanas gadījumiem uzrādījās radzenes astigmātisms 0,50–1,60 D intervālā. Izteiktākas radzenes astigmātisma izmaiņas tika novērotas bērnu vecuma grupā (55,5 % gadījumos, pieaugušo grupā – 14 % gadījumos). Tas varētu būt skaidrojams, ka līdz 16 gadu vecumam ir visstraujākā miopijas progresija, un arī fizioloģiskas acs izmaiņas (Santodomingo-Rubido et al., 2012) – mainās acs aksiālais garums (Cho, Chenung & Edwards, 2005), mainās radzenes liekuma rādiusa vērtības (Grosvenor, 2007). Pieaugušo vecuma grupā pastāv pozitīva korelācija starp radzenes astigmātisma izmaiņas lielumu un kontaktlēcu lietošanas ilgumu. Jo ilgākus gadus ortokeratoloģija tika veikta, jo lielākas radzenes astigmātisma izmaiņas tika novērotas. Bērnu vecuma grupā šī korelācija neapstiprinās. Tāpēc paliek atklāts jautājums – vai radzenes astigmātismu ietekmē ortokeratoloģijas terapija, vai radzenes astigmātisma izmaiņas ir parastas fizioloģiskas izmaiņas radzenes augšanas procesā?

Literatūra

- Alberto, D., & Garello, R. (2013). Corneal sublayers thickness estimation obtained by high-resolution FD-OCT. *International Journal of Biomedical Imaging*, art.ID No.989624, 1-7.
- Baltraitis, J. (2015). *Acs aksiālā garuma un refrakcijas izmaiņas tuvredzīgiem bērniem 6 līdz 12 gadu vecumā, lietojot ortokeratoloģijas kontaktlēcas* (Bakalaura darbs). Latvijas Universitāte
- Bennett, E.S., & Weissman, B.A. (2005). *Clinical contact lens practice*. A Wolters Kluwer Company. Lippincott Williams & Wilkins. 577-585, 589, 593. Pieejams: (skatīta 19.12.2015.)
- Campbell, E.J. (2013). Orthokeratology: an update. *Optometry and Visual Performance*, 1(1), 11-18.
- Cho, P., Chenung, S.W., Edwards, M. (2005). The longitudinal orthokeratology research in children (LORIC) in Hong Kong: a pilot study on refractive changes and myopic control. *Current Eye Research*, 30, 71-80.
- Grosvenor, P.T. (2007). *Primary care optometry*. Butterworth Heinemann, Elsevier. 33-35. Pieejams: (skatīta 29.05.2016.)
- Legzdiņa, L. (2009). *Refrakcijas izmaiņas ortokeratoloģijas laikā* (Bakalaura darbs). Latvijas Universitāte
- Owens, H., Garner, L.F., Craig, J.P., & Gamble, G. (2004). Posterior corneal changes with orthokeratology. *Optometry and Vision Science*, 81(6), 421-426.
- Santodomingo-Rubido, J., Villa-Collar, C., Gilmartin, B., & Gutierrez-Ortega, R. (2012). Myopia control with orthokeratology contact lenses in Spain: refractive and biometric changes. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 53(8), 5060-5065.
- Soni, P.S., Nguyen, T.T., & Bonanno, J.A. (2004). Overnight orthokeratology: refractive and corneal recovery after discontinuation of reverse-geometry lenses. *Eye Contact Lens*, 30(4), 254-262.
- Sorbara, L., Fonn, D., Simpson, T., Lu, F., & Kort, R. (2005). Reduction of myopia from corneal refractive therapy. *Optometry and Vision Science*, 82(6), 512-518.
- Swarbrick, H.A., Wong, G., & O'Leary, D.J. (1998). Corneal response to orthokeratology. *Optometry and Vision Science*, 75(11), 791-799.
- Wang, J., Fonn, D., Simpson, T.L., Sorbara, L., Kort, R., & Jones, L. (2003). Topographical thickness of the epithelium and total cornea after overnight wear of reverse-geometry rigid contact lenses for myopia reduction. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*, 44(11), 4742-4746.

KERATOKONUSA VIRSOTNES ATRAŠANĀS VIETAS IETEKME UZ REDZES ASUMU UN KONTRASTREDZI

Sanita Līduma un Gunta Krūmiņa

Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

Ievads

Keratokonuss ir bilaterāla, progresējoša, neinfekcioza radzenes saslimšana, kas bieži rada lielu miopiju un astigmātismu (Rabinowitz, 1998). Radzenes formas maiņa keratokonusa pacientiem, var ļoti izmainīt acs optisko kvalitāti un tīklenes attēla kvalitāti (Jinabhai & O'Donnell, 2011). Keratokonusa pacientiem gan optiskās, gan radzenes augstas pakāpes aberācijas ir nozīmīgi lielākas, salīdzinot ar normālu aci. Tomēr ne tikai aberācijas, bet arī radzenes audu dzidruma izmaiņas, var radīt sliktas kvalitātes attēlu uz tīklenes. Visu šo radzenes audu izmaiņu dēļ, keratokonusa pacientiem samazinās kontrastjutība, ko rada gaismas izkliede (Stein & Stein, 2011). Pētījumos ir pierādīts, ka augsta kontrasta redzes asuma mērījums nav redzes funkciju labākais novērtējums (de Freitas Santos Paranhos et al., 2010) un ka kontrastredzes izmaiņas nav paredzamas no redzes asuma izmeklējuma augsta kontrasta apstākļos (Carney & Lembach, 1991). Pat ar augstu Snellena redzes asumu, keratokonusa pacientam kontrastredze var būt būtiski izmainīta (Marsack & Parker, 2007). Daudzos pētījumos ir pierādīts, ka pacientiem ar keratokonusu, ir nozīmīgi samazināta kontrastredze, salīdzinot ar pacientiem bez patoloģijas (Jinabhai & O'Donnell, 2011).

Metode

Pētījumā piedalījās 14 keratokonusa pacienti ar kopējo acu skaitu – 24. Darbā tika analizētas pirmās trīs keratokonusa pakāpes. Kopumā bija 9 pacienti ar keratokonusa virsotni radzenes centrā un 15 pacienti ar virsotnes atrašanos radzenes perifērijā. Ja pacientam keratokonusa virsotne atradās 1.5 mm lielā rādiusā ap zīlītes centru, tad tika uzskatīts, ka keratokonusa virsotne atrodas radzenes centrā, bet ja ārpus riņķa, kura diametrs ir 3 mm, tad virsotne atrodas radzenes perifērijā. Pacientam redzes asumus un kontrastredze tika noteikta 3 m attālumā ar labāko iespējamo refrakcijas korekciju un bez korekcijas, izmantojot FrACT programmu 3.9.3. Tika izmantots režģu kontrastredzes tests, jo kontrastredze tika novērtēta sekojošās frekvencēs – 1, 3, 5, 7, 9, 11, 13 un 15 cikli/grādu.

Rezultāti

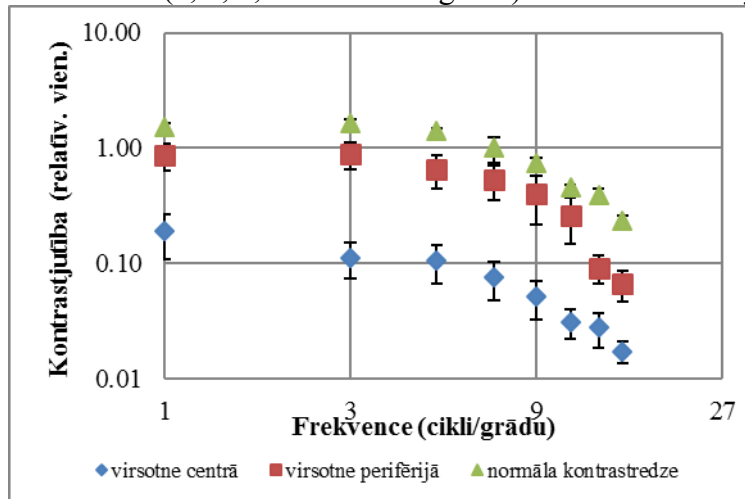
Pacientiem ar keratokonusu kontrastjutībai vislielākā atšķirība parādās vidējās telpiskās frekvencēs – 5 cikli/grādu. Turklāt atšķirība ir gan pacientiem ar virsotni centrā, gan ar virsotni perifērijā. Tas parāda, ka keratokonusa virsotnes atrašanās vieta nenosaka to, vai kontrastjutības samazinājums sāksies pie vidējām vai pie augstām telpiskām frekvencēm. Samazinājums ir proporcionāls visās telpiskās frekvencēs pacientiem ar dažādu virsotnes atrašanās vietu. Statistiski nozīmīga atšķirība parādās, salīdzinot kontrastjutību keratokonusa pacientiem ar virsotni centrā un perifērijā, turklāt atšķirība novērojama salīdzinot datus ar korekciju un bez korekcijas.

Pacientiem ar virsotni centrā vislielāko kontrastjutības uzlabojumu ar refrakciju ir iespējams novērot pie telpiskās frekvences 3 cikli/grādu, bet pie pārējām telpiskām frekvencēm atšķirība samazinās. Pacientiem, kam virsotne atrodas centrā, korekcija var būtiski uzlabot redzes kvalitātes līmeni, bet ja virsotne atrodas perifērijā, tad korekcija būtisku uzlabojumu redzes kvalitātē nedos. Ja keratokonusa virsotne atrodas centrā, tad korekcija uzlabo kontrastjutību statistiski nozīmīgi, bet ja virsotne atrodas perifērijā, tad kontrastjutības uzlabojums nav statistiski nozīmīgs.

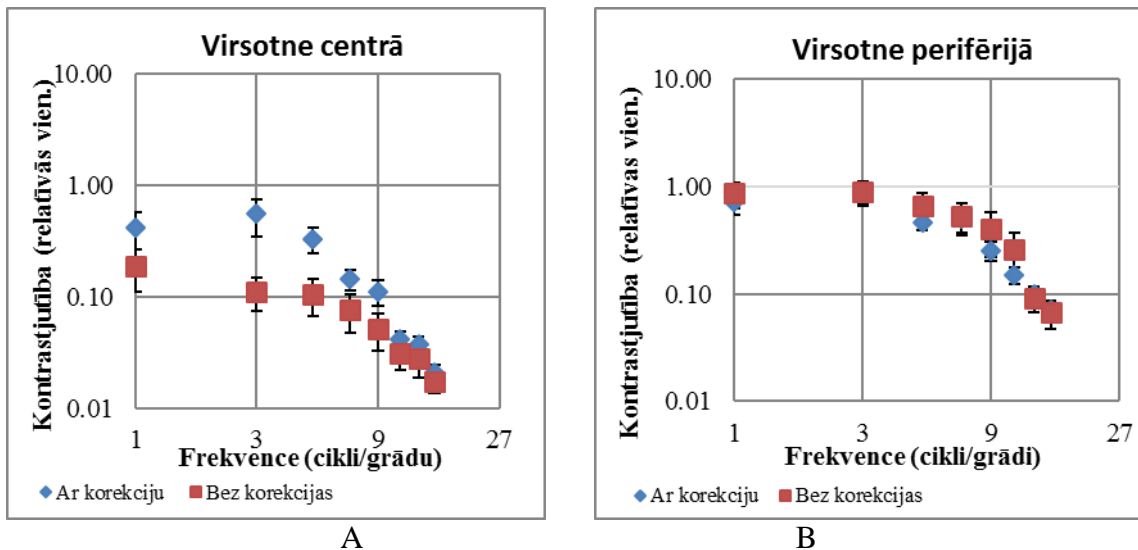
Secinājumi

Pētījumā netika novērots, ka atkarība no keratokonusa virsotnes atrašanās vietas kontrastjutības samazinājums sākas pie dažādām frekvencēm. Ja keratokonusa virsotne atrodas radzenes centrā, tad rezultātos redzams, ka ar brīļu redzes korekciju kontrastjutība zemajās telpiskajās frekvencēs (1, 3 un 5 cikli/grādu) ir augstāka nekā bez korekcijas, savukārt vidējās un augstās frekvences netiek

ietekmētas. Ja keratokonusa virsotne atrodas perifērijā, tad ar briļļu redzes korekciju kontrastjutības ir zemāka telpiskajās frekvencēs (1, 5, 7, 9 un 11 cikli/grādu) nekā bez korekcijas.



1.att. Kontrastjutība pacientiem bez korekcijas, ja keratokonusa virsotne atrodas centrā vai perifērijā.



2.att. Kontrastjutība pacientiem ar un bez korekcijas, ja keratokonusa virsotne atrodas centrā (A attēls); kontrastjutība pacientiem ar un bez korekcijas, ja keratokonusa virsotne atrodas perifērijā (B attēls).

Literatūra

- Carney, L.G., & Lembach, R.G. (1991). Management of keratoconus: Comparative visual assessments. *Contact Lens Association of Ophthalmologists*, 17(1), 52-58.
- de Freitas Santos Paranhos, J.F., Avila, M.P., Paranhos, A.Jr., & Schor, P. (2010). Evaluation of the impact of intracorneal ring segments implantations on the quality of life of patients with keratoconus using the NEI-RQL (National Eye Institute Refractive Error Quality of life) instrument. *British Journal of Ophthalmology*, 94, 101-105.
- Jinabhai, A., & O'Donnell, C. (2011). Forward light scatter and contrast sensitivity in keratoconus patients. *Contact Lens & Anterior Eye*, 35(1), 22-27.
- Marsack, J.D., & Parker, K.E. (2007). Uncorrected wavefront error and visual performance during RGP wear in keratoconus. *Optometry and Vision Science*, 84(6), 463-469.
- Rabinowitz, Y.S. (1998). Keratoconus. *Survey of Ophthalmology*, 42(4), 297-319.
- Stein, R., & Stein, R. (2011). Corneal collagen crosslinking: A major breakthrough in the management of keratoconus, pellucid marginal degeneration, and ectasia after LASIK. *Ophthalmology rounds*, 9(1), 1-6.

PRESBIOPIJAS RADĪTĀS ACS AKOMODĀCIJAS UN BIOMETRIJAS RĀDĪJUMU IZMAIŅAS

Karola Panke¹, Mārtiņš Zeidaks² un Aiga Švede¹

¹Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa, Rīga, Latvija

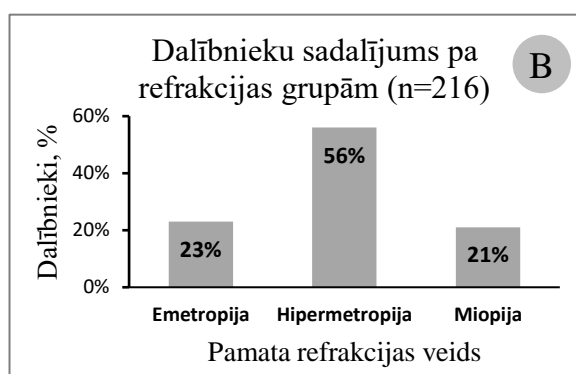
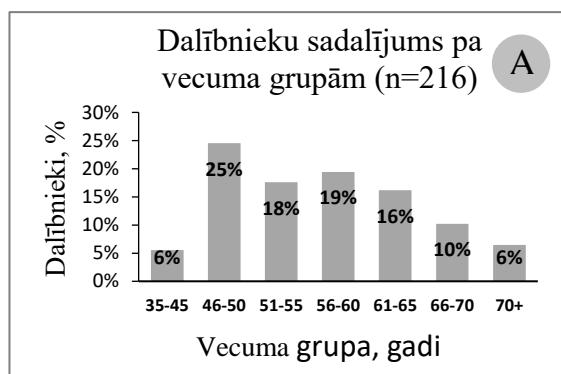
²Rīgas Tehniskās Universitātes Tehniskās fizikas institūts, Rīga, Latvija

Ievads

Cilvēkiem pēc 40 gadu vecuma presbiopija asociējas ar nespēju skaidri redzēt tuvumā un lasāmbriļļu lietošanu. Redzes aprūpes speciālistiem presbiopija asociējas ar iepriekš minēto un pamata klīniskiem parametriem - pakāpenisku akomodācijas amplitūdas samazināšanos (Duane, 1922), (Mordi, 1998), zīlītes diametra samazināšanos (Coupland, 2004) un subjektīvā fokusa dziļuma pieaugumu. Zinātnieki pēta vēl vismaz 20 dažādus parametrus, kuri mainās līdz ar fizioloģisko acs lēcas novecošanos. Optometrijas praksē novērojamas individuālas atšķirības tuvuma aditīva lielumā, kurš mēdz būt gan mazāks, gan lielāks kā vecumam sagaidāmās normas. Bieži vien paralēli presbiopijai sāk veidoties sākotnējā katarakta. Tālāk uzskaitītie faktori ietekmē individuālās presbiopijas attīstības nianšes: gaismas izkliedes daudzums pēc 40 gadu vecuma pieaug eksponenciāli (Van der Berg, 2007), (Smith, 1992), lēcas elasticitāte samazinās (Weeber, 2007), kopējais acs lēcas laušanas koeficients samazinās (Moffat, 2002), (Dubbleman, 2001), lēcas biezums pieaug (Moffat, 2002), (Dubbleman, 2001), (Glasser & Campbell, 1999), lēcas forma izmainās – gan priekšējais, gan mugurējais liekuma rādiuss samazinās (Brown, 1974), (Dubbleman, 2001), priekšējās kameras dziļums samazinās (Atchison, 2008), lēcas svars pieaug lineāri līdz ar vecumu (Glasser & Campbell, 1999) un mainās lēcas bioķīmiskais sastāvs – ūdens saturs, elektrolītu, proteīnu, kalcija un nātrija daudzums (Isloor, 2015).

Metode

Šajā pētījumā tika analizēti presbiopu pacientu dati no astoņiem Latvijas optometristiem, kuru darba stāžs profesijā ir vismaz 3 gadi. Kopā tika apskatīti 216 pacienti un to analīzei tika izvēlēti 5 parametri - vecums, pamata refrakcijas diagnoze, redzes asums (RA) tuvumā ar tāluma korekciju (šis parametrs tika iegūts 178 pacientiem), aditīva lielums un RA ar aditīvu. Datu atlases kritēriji ietvēra pacientus vecumā no 35 līdz 80 gadiem, kam RA tuvumā ar aditīvu ir 1,0. Redzes asums tuvumā ar tāluma korekciju, aditīva lielums un redzes asums ar aditīvu tika grupēti gan pēc vecuma grupas, gan pēc pamata refrakcijas veida. Pēc vecuma dalībnieki tika sadalīti 7 grupās (skat.1.att.A) un pēc pamata refrakcijas veida 3 grupās – emetropija, hipermetropija un miopija (skat.1.att.B).

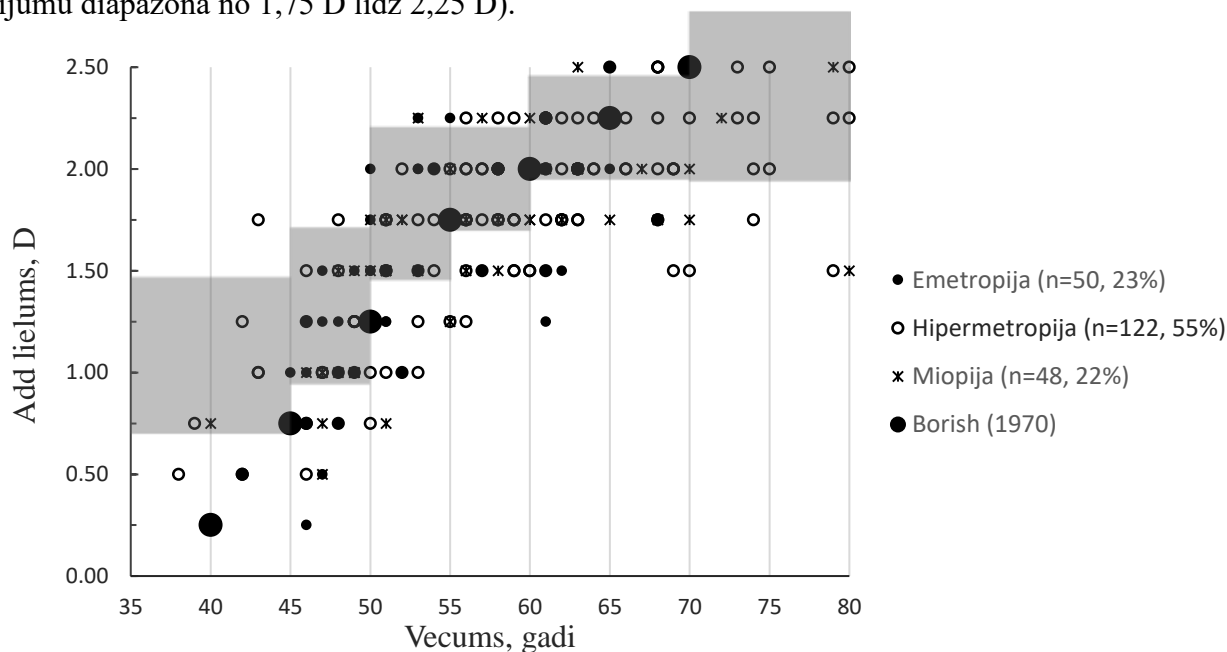


1.att. Dalībnieku sadalījums pēc vecuma grupas(A) un pēc pamata refrakcijas veida(B).

Rezultāti

Iegūtie rezultāti (skat. 2.att.) parāda ciešu lineāru ($r = 0,73$, $p < 0,05$) sakarību starp aditīva lielumu un vecumu. Aditīva pieaugumu līdz ar vecumu novēroja visās pamata refrakcijas grupās, kas sakrīt ar 1970.gadā nodefinētajām Borish vidējām aditīva vērtībām (Borish, 1970). Veicot

redzes korekciju, nereti tiek izmantotas gatavās Borish, Hoffsteter vai citu autoru veidotās aditīva normas tabulas atbilstoši vecumam (skat. 1. tab.). Ar šī pētījuma palīdzību vēlamies aktualizēt faktu, ka šādās normu tabulās apkopotas vidējās vērtības, kuras salīdzinoši neprecīzi attēlo individuālo pacienta aditīva lielumu (skat. 2.att.). Piemēram, aditīvs 2,0 D Borish normu tabulā paredzēts 60 gadus veciem pacientiem, bet šī pētījuma rezultāti rāda, ka šāds aditīvs individuālos gadījumos piemērojams sākot no 50 līdz pat 75 gadu vecumam. Savukārt, 60 gadu vecumā šī pētījuma rezultāti parāda, ka individuālās aditīva variācijas ir pat no 1,25 D līdz 2,25 D (68% gadījumu diapazonā no 1,75 D līdz 2,25 D).



2.att. Aditīva lielums atkarībā no pacienta vecuma.

Attēlā parādīti šajā pētījumā iegūtie visu trīs pamata refrakcijas grupu aditīva dati atkarībā no vecuma. Ar pelēkajiem laukumiem norādīti iegūtie aditīva diapazoni atbilstoši vecuma grupai. Salīdzinājumam parādīti arī Borish 1970. gada pētījuma vidējie aditīva dati.

2.attēlā atzīmētie pelēkie laukumi raksturo mūsu iegūto vecumam atbilstošo aditīva diapazonu. Katrai vecuma grupai diapazons tika iegūts no 2. tabulā norādītajām minimālā un maksimālā aditīva vērtībām, kuras aprēķinātas vienas standartnovirzes attālumā no vidējās vērtības. Tas nodrošina, ka vismaz 68% pacientiem tuvumā nepieciešamais aditīvs iekļausies norādītajā diapazonā.

Tabula 1

Vidējie aditīva dati 40 cm attālumā – dažādu pētījumu apkopojums

Vecuma grupa	Aditīva lielums dažādās vecuma grupās, D				
	Renee de Toit (2006)	Pointer (1995)	Borish (1970)	Hofstetter (1947)	Panke (2017)
35-45	1,00	0,75-1,00	0,25-0,75	0,75-1,00	0,50-1,25
46-50	1,50	1,25-1,50	0,75-1,25	1,00-1,50	0,75-1,50
51-55	2,00	1,75-2,00	1,25-1,75	1,50-2,00	1,25-2,00
56-60	2,50	2,25-2,50	1,75-2,00	2,00-2,25	1,50-2,00
61-65	2,50	2,50	2,00-2,25	2,25-2,50	1,75-2,25
66-70	2,50	2,50	2,25-2,50	2,50	1,75-2,25
70+	2,50	2,50	2,50	2,50	1,75-2,50

Tabula 2

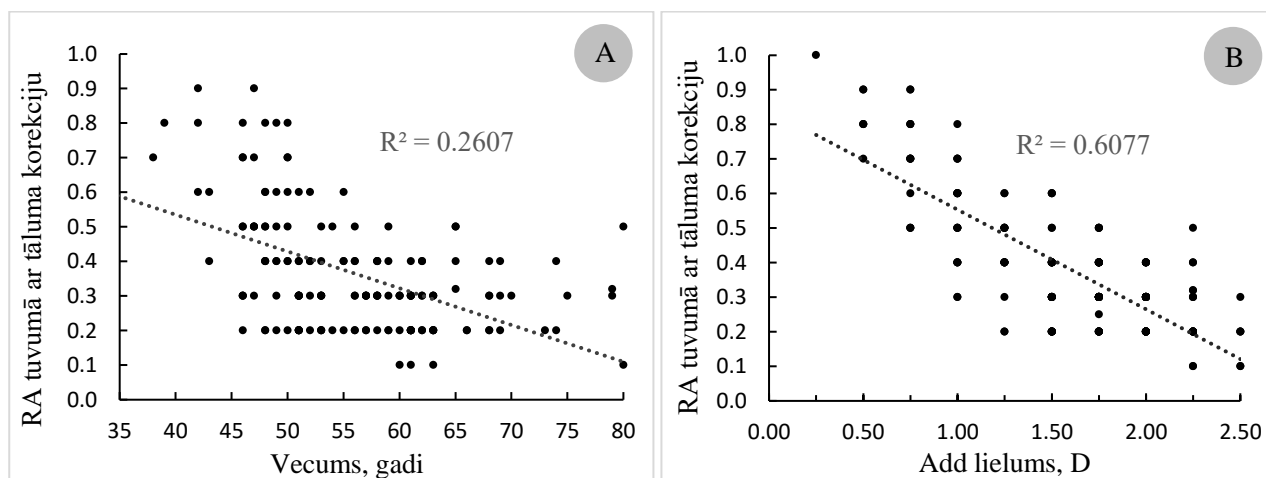
Iegūtās aditīva vērtības katrai vecuma grupai

Tabulā attēloti iegūtie vidējie aditīva lielumi un standartnovirze katrai vecuma grupai, vienas standartdeviācijas attālumā atrastas minimālās un maksimālās aditīva vērtības katrai vecuma grupai, kas noapaļotas līdz tuvākajam klīnikā izmantotajam lēcas solim 0,25 D.

	Vecuma grupa, gadi						
	35-45	46-50	51-55	56-60	61-65	66-70	70+
Vidējais aditīvs ± SD, D	0,82 ± 0,36	1,11 ± 0,36	1,58 ± 0,37	1,82 ± 0,25	1,99 ± 0,30	2,02 ± 0,31	2,14 ± 0,35
~ Min aditīvs	0,5	0,75	1,25	1,5	1,75	1,75	1,75
~ Max aditīvs	1,25	1,5	2	2	2,25	2,25	2,5

Presbiopijas pacientiem pirms tuvuma redzes korekcijas piemeklēšanas būtiski ir noteikt precīzu tāluma korekciju. Pie nepilnīgi izkorigētas miopijas vai pārkorigētas hipermetropijas nomērītais aditīvs būs mazāks nekā patiesais, savukārt, pie pārkorigētas miopijas vai nepilnīgi izkorigētas hipermetropijas aditīvs būs lielāks. Precīzas tāluma korekcijas noteikšana ietekmēs arī RA tuvumā ar tāluma korekciju. No tuvuma RA ar tāluma korekciju optometrists var empīriski noteikt aptuveno aditīva lielumu un izlemt ar kādu lēcu soli korigēt. Tomēr ne visi šo mērījumu uzskata par būtisku (mūsu pētījumā no 216 apskatītajiem pacientu datiem 38 tas nebija mērīts). Līdz šim veiktajos pētījumos šī parametra analīzei ir pievērsta minimāla uzmanība, kā arī nav datu, kas apliecinātu vai noliegtu RA tuvumā ar tāluma korekciju nozīmīgumu aditīva piemeklēšanā.

Tika aplūkota sakarība starp RA tuvumā ar tāluma korekciju un pacienta vecumu un tuvuma aditīva lielumu. Starp pamata refrakcijas grupām netika novērota statistiski nozīmīga atšķirība ($p > 0,05$, Manna Vitnija tests), tāpēc rezultātos atspoguļoti negrupētie dati no 178 pacientiem (skat.3.att.). Starp RA tuvumā ar tāluma korekciju un pacienta vecumu (skat. 3.att.A) tika atrasta vidēji cieša, negatīva lineāra koelācija ($r = -0,51$). Savukārt, starp RA tuvumā ar tāluma korekciju un tuvuma aditīva lielumu (skat.3.att.B) lineārā sakarība tika novērota cieša ($r = -0,78$). Neskatoties uz ciešo korelāciju, 3.attēla B daļā redzams, ka smazinoties RA tuvumā ar tāluma korekciju, pieaug aditīva diapazons ar kādu tika iegūts tuvuma RA 1,0. Piemēram, pie RA 0,4 individuālās atšķirības nepieciešamajā aditīvā veido 1,25 D plašu diapazonu – sākot no 1,0 D līdz 2,25 D. No tā varam secināt, ka tāds parametrs kā RA tuvumā ar tāluma korekciju salīdzinoši vāji prognozē sagaidāmo aditīva lielumu.



3.att. Sakarība starp redzes asumu tuvumā ar tāluma korekciju un pacienta vecumu (A) un aditīva lielumu (B)

Nobeigums

Presbiopijas attīstību ietekmē daudz individuāli atšķirīgi faktori, tāpēc klasiskās aditīva normu tabulas jālieto ar izpratni. Mūsu piedāvātā tabula (skat. 3.tab.) ietver plašāku aditīva diapazonu katrai vecuma grupai, kas ikdienas praksē var uzlabot redzes aprūpes speciālistu darba efektivitāti un precizitāti. Piedāvāto tabulu var izmantot gan kā paplašinātu aditīva normu dažādām vecuma grupām, gan kā palīgu piemeklējot tuvuma korekciju presbiopiem pacientiem. Autori rekomendē tuvuma korekcijas piemeklēšanu sākt ar atbilstošās vecuma grupas normas mazāko aditīva vērtību un pakāpeniski turpināt palielināt aditīvu ar soli 0,25D.

Tabula 3

Paplašinātās aditīva normas

<i>Panke (2017)</i>	
Vecums	Aditīvs, D
35-45	0,50-1,25
46-50	0,75-1,50
51-55	1,25-2,00
56-60	1,50-2,00
61-65	1,75-2,25
66-70	1,75-2,25
70+	1,75-2,50

Literatūra

- Atchison, D. M. (2008). Age-related changes in optical and biometric characteristics of emmetropic eyes. *Journal of Vision*, 8(4), 1-20.
- Borish, I. (1970). *Clinical refraction*. Chicago: Professional Press.
- Brown, N. (1974). The change in lens curvature with age. *Experimental Eye Research*, 19, 175-183.
- Coupland, S. (2004). A proposal to adopt retinal illuminance as an ISCEV standard for clinical electroretinography. *Paper presented at 9th Annual Chinese Symposium for Clinical Visual Electrophysiology, at Chengdu, China.* .
- Duane, A. (1922). Studies in monocular and binocular accommodation. *Transactions of the American Ophthalmological Society*, 20, 132-157.
- Dubbleman, M. H. (2001). The shape of the aging human lens: curvature, equivalent refractive index and the lens paradox. *Vision Research*, 41, 1867-1877.
- Glasser, A., & Campbell, M. (1999). Biometric, optical and physical changes in the isolated human crystalline lens with age in relation to presbyopia. *Vision Research*, 39, 1991-2015.
- Isloor, P. (2015. gada 08. 05). *Slideshare.net*. Ielādēts 2017. gada 02. 02 no <http://www.slideshare.net/puneethisloor/lens-anatomy-and-physiology>
- Moffat, B. A. (2002). Explanation of the lens paradox. *Optometry and Vision Science*, 79(3), 148-150.
- Mordi, J. A. (1998). Static aspects of accommodation: age and presbyopia. *Vision Research*, 38, 1643-1653.
- Smith, G. S. (1992). Changes in light scatter and width measurements from the human lens cortex with age. *Eye*, 6, 55-59.
- Van der Berg, T. e. (2007). Straylight Effects with Aging and Lens Extraction. *American Journal of Ophthalmology*, 144, 358-363.
- Weeber, H. A. (2007). Stiffness gradient in the crystalline lens. *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*, 245, 1357-1366.

PRESBIOPIJAS TERAPIJAS IESPĒJAS IZMANTOJOT REDZES TREIŅUS

Diāna Pikuļina, Karola Panke un Aiga Švede

*Latvijas Universitāte, Fizikas un matemātikas fakultāte, Optometrijas un redzes zinātnes nodaļa,
Rīga, Latvija*

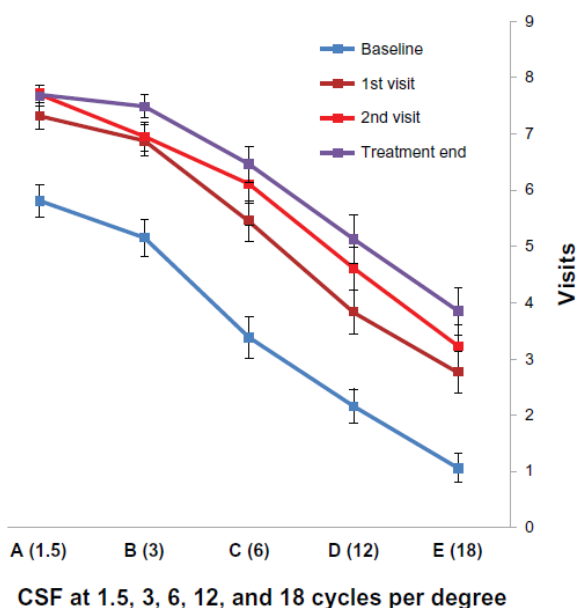
Mūsdienās ļoti daudz darba tiek veikts tieši tuvumā, tāpēc skaidras tuvuma redzes svarīgums moderna cilvēka ikdienas dzīvē tikai pieaug. Skaidra redze nodrošina ātrāku un efektīvāku redzes uzdevumu izpildi. Pētījumi parāda, ka akomodācijas amplitūda lineāri samazinās dzīves laikā un sākot no 40-45 gadu vecuma pacientiem ir vajadzīga papildus aditīva korekcija lasīšanai, jo viņi vairs nevar skaidri saskatīt tuvuma tekstus un veikt ikdienas tuvuma uzdevumus. Papildus var parādīties arī dažāda veida astenopiskās sūdzības.

Pašlaik vispopulārākā metode presbiopu pacientu sūdzību risināšanai ir tuvuma korekcijas jeb lasāmbriļļu izrakstīšana. Tomēr šis ir pasīvs risinājums, kas neprasa aktīvu pacienta iesaisti. Lielākai daļai pacientu šāds risinājums ir pieņemams, tomēr ir daļa, kas vēlas paši aktīvi iesaistīties un pirmo lasāmbriļļu valkāšanas brīdī pēc iespējas attālināt. Šajā literatūras pārskatā tiks dots ieskaits par pētījumiem, kuros analizēti acu vingrinājumi un to izmantošana ar mērķi uzlabot akomodācijas un konverģences sistēmu darbību.

Jau vairāk kā 75 gadus optometrijas redzes terapijai ir svarīga loma akomodācijas un verģences sistēmas traucējumu gadījumā. Akomodācijas viegluma uzlabošanās pēc regulāru treniņu veikšanas tiek konstatēta gan bērniem, gan pieaugušiem.

Cacho Martinez et al. (2009) veica sistemātisku zinātnisko publikāciju pārskatu, kas publicētas no 1986. līdz 2007. gadam un parāda dažādas neķirurģiskus akomodācijas un ar šķielēšanu nesaistītu binokulāro disfunkciju ārstēšanas vai terapijas metodes un to rezultātus. No 565 identificētajām publikācijām tikai 3 bija klīniskie pētījumi. Klīnisko pētījumu uzskatāmi parāda, ka redzes terapija konverģences nepietiekamības gadījumos uzlabo pacienta funkcionālos parametrus un samazina simptomus. Turklāt šie pētījumi liecina, ka mājas apstākļos ērti pielietojamais "push-up" treniņš ar zīmuli nav tik efektīvs kā redzes terapija. Līdzīgs pētījums tika publicēts 2005. gadā no Rawstron et al., kur tika analizēti pētījumi, kuros izmantoti dažādi acu vingrinājumi. Tika secināts, ka mazie kontrolētie mērījumi un daudzi atsevišķi ziņojumi atbalsta acu vingrinājumu izmantošanu konverģences nepietiekamības ārstēšanā.

Polat, U. et al. 2012 gadā publicēja pētījumu, kura mērķis bija izzināt smadzeņu plasticitātes



1. att. Kontrastjutības uzlabošanās, pateicoties smadzeņu plasticitātes treniņiem.

spējas pielāgojoties jauniem redzes apstākļiem presbiopijas vecumā. Presbiopiem optiskās sistēmas ierobežojumu (nepietiekamās akomodācijas spējas) dēļ augstu telpisko frekvenču uztvere tuvumā ir sliktāka. Tika mēģināts uzlabot nevis akomodācijas spējas, bet izlasītā teksta atpazīšanas spējas, neietekmējot optisko redzes sistēmas daļu. Eksperimentā piedalījās 30 presbiopijas vecuma dalībnieki ($50 \pm 4,4$ gadi). Treniņš tika veikts vismaz 3 reizes nedēļā pa 30 minūšu sesijām. Pētījuma dalībnieki tika trenēti ar dažāda kontrasta Gabora režģiem pie trīs telpiskajām frekvencēm 2,4 un 6 cikli/grādu. Kopīgais sesiju skaits vienam dalībniekam bija $37,4 \pm 10,7$, kas tika veiktas 3 mēnešos. Rezultāti parādīja redzes asuma uzlabojumus no $2,44 \pm 0,24$ līdz $1,56 \pm 0,16$ LogMAR vienībās, kas

atbilst vecuma samazinājumam par aptuveni 8,6 gadiem. Kontakstjutība uzlabojās visām 3 telpiskām frekvencēm: 2,4 un 6 cikli/grādu par attiecīgi 34%, 23% un 19%. Elvan Yalcin et al. 2013 veikts pētījums apstiprina šos rezultātus.

Anna M. Horwood et al. 2014 gadā objektīvi novērtēja vergences un akomodācijas atbilžu izmaiņas jauniešiem pēc 2 nedēļu perioda acu vingrinājumu veikšanas kontrolētos apstākļos. Kā stimuli tika izvēlēti krāsains klauns vai Gabora režģis, kuriem bija attiecīgi mainīts kontūru asums pārvietojoties dziļumā. Pavisam bija 8 dažādi stimula stāvokļi, kas reprezentē visas iespējamās šo pazīmju esamības vai neesamības kombinācijas: miglošanās, disparitātes un tuvuma/tuvošanās norādes. Apkopojot rezultātus autori neatrada statistiski nozīmīgas izmaiņas vergences vai akomodācijas funkcijās. Kontroles grupa, kurai netika pielietoti nekādi vingrinājumi, bet kas otrā mērīšanas laikā tika instruēta maksimāli iesaistīties un tika psiholoģiski atbalstīta parādīja maksimālās akomodācijas izmaiņas (0,46D).

Nav pētījumu, kas viennozīmīgi parādītu akomodācijas un vergences vingrinājumu izmantošanas iespējas un lietderīgumu agrīnas presbiopijas pacientiem. Tāpēc maģistra darba ietvaros tiks veikts pētījums, kura mērķis būs analizējot jau esošo informāciju par redzes treniņu rezultātiem, sastādīt treniņu programmu un, izmantojot to, trenēt pacientus pre-presbiopijas un agrīnas presbiopijas vecumā (30-50 gadi). Hipotēze: Agrīnā presbiopijas vecumā (pirms 50 gadiem) saglabājas neizmantotas akomodācijas rezerves, kuras var aktivizēt izmantojot redzes treniņus uzlabojot pacientu dzīves kvalitāti un attālinot pirmo papildus korekcijas līdzekļu izmantošanas (brilles, kontaktlēcas) laiku.

Literatūra

- Cacho Martínez P, García Muñoz A, Ruiz-Cantero MT. Treatment of accommodative and nonstrabismic binocular dysfunctions: a systematic review. *Optometry*. 2009;80(12):702-716.
- Rawstron JA, Burley CD, Elder MJ. A systematic review of the applicability and efficacy of eye exercises. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2005;42(2):82-88.
- Takada M, Miyao M, Satoh M, Yoshikawa K, Matsuura Y. Effect of Accommodation Training on Visual Function of Visual Inspection Workers and Middle-Aged People. *J Sports Med Doping Stud* (2012) 2:112. doi:10.4172/2161-0673.1000112
- Horwood, Anna M. et al. Change in convergence and accommodation after two weeks of eye exercises in typical young adults *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus {JAAPOS}* , 2014; Volume 18 , Issue 2 , 162 - 168
- Gallaway M, Scheiman M. The efficacy of vision therapy for convergence excess. *J Am Optom Assoc*. 1997; 68:81-86.
- Rune L. Brautaset, Adrian J. M. Jennings; Effects of Orthoptic Treatment on the CA/C and AC/A Ratios in Convergence Insufficiency, *Investigative Ophthalmology & Visual Science* July 2006, Vol.47, 2876-2880. doi:10.1167/iovs.04-1372

