

LATVIJAS UNIVERSITĀTE



ILZE CEPLĒ

**METODES GRUPĒŠANAS PROCESU PĒTĪJUMIEM CENTRĀLAJĀ REDZES
LAUKĀ UN PERIFĒRIJĀ**

PROMOCIJAS DARBS

Doktora grāda iegūšanai fizikas nozarē

Apakšnozare: medicīniskā fizika

Rīga, 2018

Promocijas darbs izstrādāts
Latvijas Universitātes
Fizikas un matemātikas fakultātes
Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā
laika posmā no 2014. gada līdz 2018. gadam.

Darbs sastāv no ievada, divām nodaļām, izmantotās literatūras saraksta, ir uzrakstīts datorsalikumā uz 110 lapaspusēm, satur 44 attēlus un 2 tabulas.

Darba forma: disertācija fizikas nozarē, medicīniskās fizikas apakšnozarē.
Darba zinātniskais vadītājs: Dr. phys. Gunta Krūmiņa, profesore, Latvijas Universitāte;

Darba recenzenti:

- 1) *Dr.biol.* Juris Porozovs, profesors, zinātnes departamenta vecākais eksperts, Latvijas Universitāte
- 2) *Dr.phys.* Aleksejs Kataševs, profesors, dekāna vietnieks zinātniskajā darbā, Rīgas Tehniskā universitāte
- 3) *Dr.psych.* Baingio Pinna, eksperimentālās psiholoģijas un redzes uztveres profesors, Sassari Universitāte, Itālija

Promocijas darba aizstāvēšana notiks 2018. gada 10. jūlijā plkst. 11:00 Jelgavas ielā 1 Latvijas Universitātes Fizikas, astronomijas un mehānikas zinātņu nozares promocijas padomes atklātajā sēdē

Ar promocijas darbu un tā kopsavilkumu var iepazīties Latvijas Universitātes Bibliotēkā Rīgā, Kalpaka bulvārī 4.

LU Fizikas, astronomijas un mehānikas specializētās promocijas padomes priekšsēdētājs Dr. habil. phys. Ruvins Ferbers:
padomes sekretāre Laureta Buševica:

ANOTĀCIJA

Promocijas darbs uzrakstīts latviešu valodā uz 110 lapaspusēm. Tas satur 44 attēlus, 2 tabulas un 152 atsauces uz literatūras avotiem. Pētījumā tiek izvērtēta vizuālās informācijas grupēšanas un stimulu nozīmes ietekme uz vizuālās informācijas apstrādes procesiem centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā.

Acu kustību analīzes un psihofizikālo pētniecības metožu rezultāti norāda, ka vizuālās informācijas uztveres jutība uz nozīmi saturošiem stimuliem (bioloģiskā kustība vai burtu skenēšana) ir augstāka nekā uz nozīmi nesaturošiem stimuliem. Bioloģiskās kustības uztvere vizuālajā troksnī jeb figūras-fona nošķiršanas procesi visprecīzāk noris centrālajā redzes laukā ar tiešās uzmanības starpniecību.

Atslēgvārdi: vizuālās informācijas grupēšana, acu kustības, stimula nozīme, bioloģiskā kustība, redzes lauka perifērija.

ABSTRACT

Doctoral thesis is written in Latvian language on 110 pages. Thesis contains 44 illustrations, 2 tables and 152 references. The study addresses whether the semanticity of visual information contributes to information analysis processes and the perceptual grouping in central and peripheral visual field.

The results of eye tracking and adaptive psychophysical procedures indicate that visual information perception is more sensitive to meaningful stimuli (point-light walkers and letters) than to meaningless stimuli (simple dots). The perception of biological motion in visual noise and the processes of figure-ground discrimination are more precise in the central visual field under the demand of direct attention.

Keywords: perceptual grouping, eye tracking, stimulus meaning, biological motion, peripheral visual field

SATURS

APZĪMĒJUMU SARAKSTS.....	1
1. IEVADS	2
1.1. Tēmas aktualitāte.....	2
1.2. Darba mērķis un uzdevumi	3
1.3. Izmantotās metodes	3
1.4. Darba novitāte	4
1.5. Autores ieguldījums	5
2. LITERATŪRAS PĀRSKATS	6
2.1. Vizuālās informācijas grupēšana.....	6
2.1.1. Vizuālās informācijas grupēšanas process	7
2.1.2. Objekta-fona nošķiršana.....	9
2.2. Bioloģiskā kustība	10
2.2.1. Bioloģiskās kustības uztveres mehānismi	11
2.2.2. Bioloģiskās kustības uztvere pie samazināta stimulu skaita	15
2.3. Vizuālās informācijas analīze redzes lauka perifērijā	16
2.3.1. Vizuālās informācijas grupēšana redzes lauka perifērijā	17
2.3.2. Bioloģiskās kustības uztvere redzes lauka perifērijā.....	18
2.4. Acu kustību analīze vizuālās uztveres procesu izpētē.....	24
2.4.1. Acu kustību īpašības.....	25
2.4.2. Globālais efekts sakādisko acu kustību programmēšanā.....	28
2.4.3. Lasīšanas acu kustības.....	28
2.4.4. Acu kustību analīze bioloģiskās kustības izpētē	31
3. PĒTĪJUMS	35
3.1. Vizuālās informācijas grupēšana horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos.....	35
3.1.1. Uzdevumi	35
3.1.2. Dalībnieki	35
3.1.3. Metode.....	35
3.1.3.1. Horizontālās skenēšanas uzdevumi	35
3.1.3.2. Acu kustību pieraksta iekārta	36
3.1.3.3. Pētījumā izmantotais datu apstrādes algoritms.....	40
3.1.4. Acu kustību parametri horizontālas skenēšanas uzdevumos	43
3.1.4.1. Horizontālas punktu skenēšanas un lasīšanas uzdevumi	43
3.1.4.2. Rezultāti	45
3.1.5. Vizuālās grupēšanas ietekme uz acu kustībām horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos	47
3.1.5.1. Horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumi	47

3.1.5.2. Rezultāti	48
3.1.6. Diskusija.....	51
3.1.7. Secinājumi.....	55
3.2. Vizuālās informācijas grupēšana centrālajā un perifērajā redzes laukā	57
3.2.1. Uzdevumi	57
3.2.1. Vizuālās informācijas grupēšanas uzdevums centrālajā un perifērajā redzes laukā.....	57
3.2.2. Lokālās informācijas analīze bioloģiskās kustības uztverē	59
3.2.2.1. Dalībnieki	59
3.2.2.2. Metode.....	59
3.2.2.2. Rezultāti	63
3.2.3. Bioloģiskās kustības uztvere pie samazināta punktu skaita	65
3.2.3.1. Dalībnieki	65
3.2.3.2. Metode.....	65
3.2.3.3. Rezultāti	68
3.2.4. Diskusija.....	70
3.2.5. Secinājumi.....	74
3.3. Uztveres grupēšana redzes lauka perifērijā	76
3.3.1. Uzdevumi	76
3.3.2. Dalībnieki	76
3.3.3. Metode.....	76
3.3.3.1. Vizuālās grupēšanas stimuli	76
3.3.3.2. Vizuālais troksnis	79
3.3.4. Rezultāti	83
3.3.4. Diskusija.....	88
3.3.5. Secinājumi.....	92
NOBEIGUMS	93
AIZSTĀVĀMĀS TĒZES	94
IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS	95
AUTORES PUBLIKĀCIJU SARAKSTS	106
Zinātniskās publikācijas	106
Konferenču tēzes	106
DALĪBA KONFERENCĒS	107
Starptautiskās konferences	107
Vietējā mēroga konferences	109
PATEICĪBAS.....	110

APZĪMĒJUMU SARAKSTS

Bioloģiskā kustības uztvere – redzes sistēmas spēja uztvert dzīva organisma kustību, balstoties uz sagrupētu informāciju par organisma lielāko locītavu un galvas (kopumā 10-13 punktu) pārvietojumu

Bioloģiskās kustības jauktā versija – bioloģiskās kustības stimul, kuru veidojošo elementu izmērs, pārvietošanās trajektorija un ātrums sakrīt ar kādu nejauši izvēlētu bioloģiskās kustības elementu, taču ir izmainīts elementu savstarpējais novietojums, kas neļauj elementus sagrupēt vienotā priekšstatā par dzīva organisma pārvietojumu

Figūras fona nošķiršana (*figure-ground segmentation*) – redzes uztveres process, kura ietvaros sagrupētai elementu grupai tiek piešķirta vienota forma, kas tiek izdalīta no apkārtējā fona

Horizontāla skenēšana – acs skata virziena pārnese, kas novērojama lasīšanā un lasīšanai līdzīgos uzdevumos (z-rindu lasīšanā un secīgā simbolu rindu apskatē), kur skata virziens tiek pārnestis no vārda uz vārdu (no simbola uz simbolu) no kreisās puses uz labo, rindu pēc rindas

Leksiskā nozīme – vārda vai rakstības simbola jēdzieniskais saturs

Netiešā uzmanība – padziļināta objekta vizuālo īpašību analīze laikā, kad skata virziens netiek vērsts uz pašu uzmanību piesaistošo objektu

Semantika – valodas sistēmas piešķirtā objekta nozīme

Tiešā uzmanība – padziļināta objekta vizuālo īpašību analīze laikā, kad skata virziens tiek vērsts uz uzmanību piesaistošo objektu

Skata fiksācija - relatīvi nekustīgs acu stāvoklis starp divām sakādēm, kura ietvaros noris vizuālās informācijas uztvere

Sakādiskās acu kustības – straujas acu kustības, kuru galvenais uzdevums ir veikt skata pārnesi uz uzmanību piesaistošo objektu

Vizuālās informācijas grupēšana - uztveres process, kura ietvaros redzes sistēma apkopo informāciju par vairāku uztverto elementu īpašībām, veidojot priekšstatu par vienu vienīgu objektu, kam piemīt noteiktas pazīmes.

1. IEVADS

1.1. Tēmas aktualitāte

Vizuālās informācijas grupēšana nosaka, ka redzes sistēma apkopo informāciju par katra uztvertā elementa pazīmēm, veidojot priekšstatu par vienu vienīgu objektu, kam piemīt noteiktas īpašības. Turklāt šī procesa ietvaros veidotajam objektam tiek piešķirta nozīme, kas nereti ir atšķirīga no katra to veidojošā elementa vai daļas īpašībām (*Wagemans et al.*, 2012). Lai gan vizuālās informācijas grupēšanas process tiek apskatīts jau kopš 20. gadsimta sākuma, zinātniskajā literatūrā nav veidojies vienots viedoklis par to, kurā vizuālās informācijas apstrādes posmā un kā noris uztveres grupēšana: t.i. vai tas ir sākotnējs informācijas apstrādes process vai vizuālā informācijas grupēšana noris vēlāk, pēc primārās informācijas analīzes (skat. *Palmer*, 2002; *Mack, Tang, Tuma, Kahn & Rock*, 1992).

Vizuālās informācijas grupēšana ir neatņemama redzes uztveres daļa, un konfliktējošas informācijas gadījumā tā var gan veicināt, gan kavēt citus vizuālās informācijas apstrādes procesus. *Nicol & Shore* (2007) demonstrēja, ka neapzināta vizuālās informācijas grupēšana var pasliktināt novērotāja telpisko izšķirtspēju. Arī *Pomeranz & Garner* (1973) demonstrēja, ka vizuālās informācijas grupēšanas procesi var kavēt citu uzmanības procesu norisi, tādējādi norādot, ka vizuālās informācijas grupēšana ir agrīns informācijas apstrādes process. Tomēr, kā norāda *Mack et al.* (1992) vizuālās informācijas grupēšana var tikt apskatīta arī kā vēlīna, post-attentīva (*post-attentive*) informācijas apstrāde, kas noris tikai pēc telpiskās informācijas apstrādes vai pēc uztveres konstantuma veidošanās. Arī *Palmer, Brooks & Nelson* (2003) norāda, ka vizuālās informācijas grupēšana nav novērojama tikai agrīnajā informācijas apstrādes posmā- vizuālās informācijas grupēšana var vienlaicīgi notēt vairākos informācijas apstrādes līmeņos.

Ņemot vērā pretrunīgos viedokļus par vizuālās informācijas grupēšanas procesu norisi sākotnējā vai vēlīnā redzes informācijas apstrādes posmā, šī pētījuma ietvaros, izmantojot acu kustību analīzi un psihofizikālās metodes tiek meklēta atbilde, vai vizuālās informācijas grupēšana noris pirms vai pēc acu kustību programmēšanas un kā stimulam piešķirtā nozīme ietekmē vizuālās informācijas apstrādes procesus. Pētījumā tiek izvērtēts, vai vizuālās informācijas grupēšana ir agrīns process, kas līdzīgi kā demonstrēja *Nicol & Shore* (2007) telpiskās izšķiršanas uzdevumos, spēj mainīt raksturīgos acu kustību parametrus lasīšanai līdzīgos horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos. Gūstot atbildi uz jautājumu, kā vizuālās informācijas grupēšana ietekmē acu kustību programmēšanu, pētījumā tiek apskatīta vizuālās informācijas nozīmes ietekme uz primārajiem informācijas apstrādes procesiem un vizuālās

informācijas grupēšanu, kas tiek vērtēts gan ar lasīšanai līdzīgu uzdevumu veikšanu, gan demonstrējot bioloģiskās kustības stimulus centrālajā un perifērajā redzes laukā.

1.2. Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis ir, izmantojot acu kustību analīzi un psihofizikālās pētniecības metodes, izvērtēt vizuālās informācijas grupēšanas un stimulu nozīmes ietekmi uz vizuālās informācijas apstrādes procesiem centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā.

Lai sasniegtu pētījuma mērķi, ir izvirzīti šādi darba uzdevumi:

1. Izvērtēt vizuālās informācijas grupēšanas un stimula leksiskās nozīmes ietekmi uz raksturīgajiem acu kustību parametriem horizontālas skenēšanas uzdevumos;
2. Noteikt vizuālo troksni veidojošo punktu skaitu, kādā iespējams izšķirt nozīmi nesaturošus kustīgus un nekustīgus vizuālās informācijas grupēšanas stimulus un bioloģisko kustību centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā;
3. Izvērtēt minimālo bioloģisko kustību veidojošo punktu skaitu, ar kuru centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas, kur objektu veidojošu punktu savstarpējais novietojums ir izmainīts.

1.3. Izmantotās metodes

Lai izvērtētu vizuālās informācijas grupēšanas procesu un stimula leksiskās nozīmes ietekmi uz vizuālās informācijas apstrādes procesiem, sakādisko acu kustību parametri horizontālas simbolu skenēšanas un lasīšanas uzdevumos tika novērtēti ar videookulogrāfu IViewX HiSpeed 250Hz (*SensoMotoric Instruments*, Vācija). Iekārta sniedz informāciju par novērotāja skata virzienu uz datora ekrāna un acs zīlītes izmēru. Primārā datu apstrāde, tika veikta ar programmas BeGaze (*Sensomotoric Instruments*, Vācija) palīdzību, kas iegūto datu masīvu par skata virzienu sadala 3 notikumos: fiksācijās, sakādēs un acu mirkšķināšanās.

Vienkārši vizuālās informācijas grupēšanas stimuli un bioloģiskās kustības objekti tika veidoti programmā Visual Basic 6.0. Bioloģiskās kustības stimuli tika veidoti balstoties uz *Vanrie & Verfaillie* (2004) izstrādāto bioloģiskās kustības datu bāzi (*Action database*). Izveidotā programma demonstrēja vizuālās grupēšanas vai bioloģiskās kustības stimulu vai šo stimulu jauktās versijas. Izmantojot adaptīvo sliekšņa noteikšanas metodi BUDTIF (*Campbell & Lasky*, 1986), tika novērtēts minimālais bioloģisko kustību veidojošo punktu skaits vai sliekšņa vērtība vizuālā trokšņa lielumam, pie kā iespējams izšķirt stimulu no tā jauktās versijas. Datu analīze tika veikta ar MS Excel un SPSS datu apstrādes programmām.

1.4. Darba novitāte

Lai izvērtētu stimula vizuālās informācijas grupēšanas procesus un objektu nozīmes ietekmi uz sakādisko acu kustību programmēšanu, darba izstrādes gaitā tika izveidota jauna stimulu kopa, kur dalībniekiem bija nepieciešams veikt horizontālas skenēšanas acu kustības līdzīgi kā lasīšanas uzdevumos. Atšķirībā no z-rindu skenēšanas, kuru uzdevums ir skenēt vārdus, kas veidoti tikai no burtiem “z” (*Vitu, O'Regan, Inhoff & Topolski, 1995*), bez-nozīmes lasīšana jeb horizontāla objektu skenēšana šajā pētījumā neiekļāva simbolu nozīmes atpazīšanu. Gūtie rezultāti paplašina izpratni par vizuālās informācijas grupēšanas procesu norisi un acu kustībām lasīšanas uzdevumos norādot gan uz automātisku, horizontālu skenēšanas programmēšanu, gan uz teksta nozīmes veicinošo ietekmi.

Izvērtējot un salīdzinot bioloģiskās kustības un vienkāršas vizuālās informācijas grupēšanas procesus centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, gūtie rezultāti paplašina *Thompson, Hansen, Hess & Troje (2007)* gūtos rezultātus, kur dalībnieki demonstrē būtiski samazinātu sniegumu bioloģiskās kustības uztveres uzdevumā, ja objekts tiek demonstrēts redzes lauka perifērijā. Promocijas darbā aprakstītais snieguma pasliktinājums arī citiem vizuālās grupēšanas uzdevumiem, norāda uz atšķirīgiem figūras-fona nošķiršanas (*figure-ground segmentation*) procesiem centrālajā redzes laukā un perifērijā. Iegūtās atšķirības starp bioloģiskās kustības uztveres un vienkāršu objektu grupēšanas uzdevumiem demonstrē stimulam piešķirtās nozīmes veicinošo ietekmi uz vizuālās informācijas apstrādi.

Pētījuma ietvaros ir izveidota jauna metode, ar kuras palīdzību iespējams izvērtēt bioloģiskās kustības uztveri centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Lai gan *Johansson (1973)* demonstrēja, ka bioloģisko kustību iespējams uztvert arī pie samazināta stimulu skaita, pētījumā izveidotā metode, kuras ietvaros tiek novērtēts minimālais punktu skaits, pie kura iespējams atšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas ir oriģināla un iepriekš neizmantoja. Gūtie rezultāti ir vienīgie autorei zināmie rezultāti, kur minimālais bioloģisko kustību veidojošais punktu skaits tiek noteikts, izmantojot nejauši izvēlētos punktus un izvērtējot minimālo punktu skaitu, kas nepieciešams bioloģiskās kustības uztverei.

Apkopojot visā pētījumā gūtos rezultātus, tiek secināts, ka vizuālās informācijas grupēšana noris pēc sensorās informācijas apstrādes un sakādisko acu kustību programmēšanas. Novērojama stimula nozīmes veicinošā ietekme uz vizuālās informācijas analīzes procesiem. Stimula semantiska spēje veicināt automātisko sakāžu programmēšanu lasīšanas uzdevumos, kā arī veicina figūras-fona izšķiršanas procesus vizuālās grupēšanas uzdevumu veikšanā.

1.5. Autores ieguldījums

Promocijas darbā aprakstītie pētījumi ir izstrādāti Latvijas Universitātes Optometrijas un redzes zinātnes nodaļā. Horizontālās simbolu un punktu skenēšanas uzdevumi ir darba autores veidoti, konsultējoties ar prof. Ivaru Lāci un prof. Jurģi Šķilteru (Latvijas Universitāte, Datorikas fakultāte). Datu ieguve, analīze un statistiskā datu apstrāde ir autores veikta.

Bioloģiskās kustības un vizuālās grupēšanas stimulu demonstrācijai izmantotās datorprogrammas, to maināmie parametri un darbības principi ir autores izdomāti un aprakstīti. Programmas izveidošanas tehnisko daļu veicis *Vsevolod Liakhovetckii* (Krievijas Zinātņu akadēmija, Pavlova fizioloģijas institūts, Krievija). Pētījuma dalībnieku meklēšanu, datu iegūšanu un apkopošanu veikušas Optometrijas un redzes zinātnes nodaļas studentes Elīna Zimaša, Astra Kūlīte un Inga Jurčinska, kā arī Erasmus programmas apmaiņas studente *Ying Lim* (Kārdifas Universitāte, Lielbritānija). Visu pētījumā aprakstīto rezultātu analīzi un statistisko datu apstrādi veikusi darba autore.

2. LITERATŪRAS PĀRSKATS

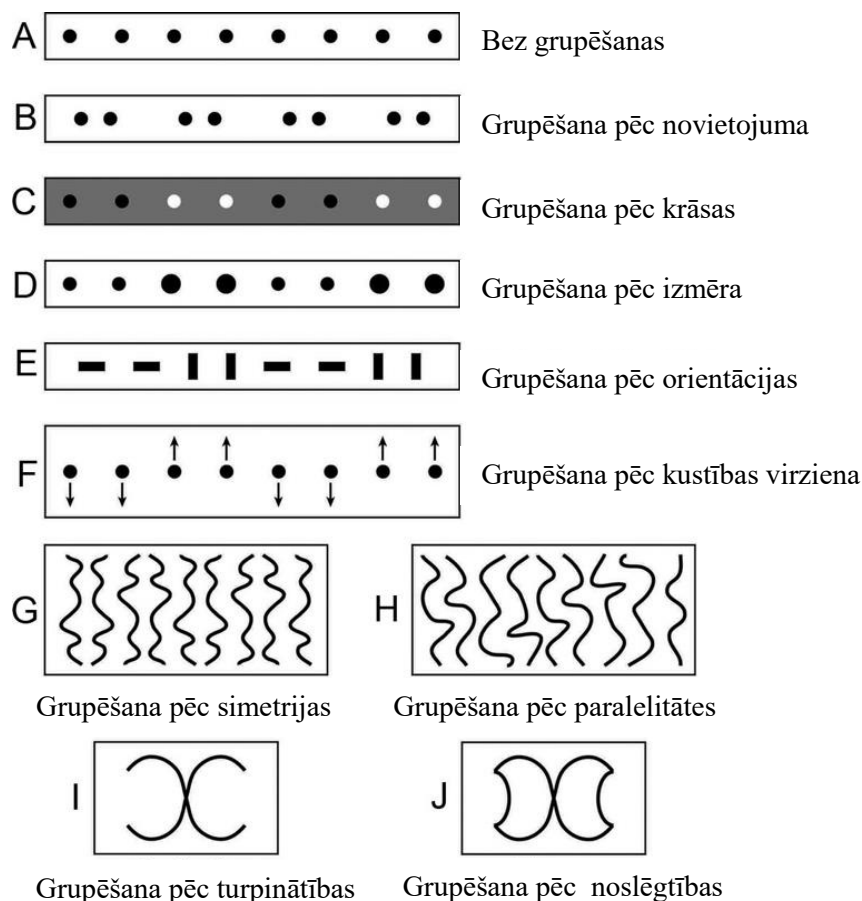
2.1. Vizuālās informācijas grupēšana

Vizuālās informācijas grupēšanas izpēte tika uzsākta 1912. gadā, kad vācu psihologs Makss Vertheimers (*Max Wertheimer*) novēroja, ka secīga divu atsevišķu līniju demonstrācija, rada ilūziju par vienotu objekta kustību, ko Makss Vertheimers nodēvēja par ϕ -kustību (*Steinman, Pizlo & Pizlo, 2000*). Aprakstot šo novērojumu, veidojās pamats geštalta vizuālās informācijas uztveres teorijai, kas noteica, ka atsevišķu daļu summa ir atšķirīga no visa veseluma (*whole is other than the sum of the parts*), t.i. redzes sistēma apkopo dažādu daļu sniegto informāciju, veidojot priekšstatu par vienu vienīgu objektu, kam piemīt noteiktas īpašības. Šī redzes sistēmā izveidotā objekta īpašības ir atkarīgas no katras atsevišķās to veidojošās daļas īpašībām (*Wagemans et al., 2012*).

Paplašinoties geštalta vizuālās informācijas grupēšanas teorijai, Makss Vertheimers aprakstīja vizuālās informācijas strukturēšanas pamatprincipus. Turpmākos darbos tika uzsvērts, ka informācijas uztvere balstās uz tā saucamo Pregnances likumu (*Prägnanz law*), kas nosaka, ka, veidojot kopējo priekšstatu par uztvertās informācijas īpašībām, sensorā informācija tiek apkopota tā, lai objekti veidotu pēc iespējas vienkāršākas un aptverošākas informācijas vienības (*Wagemans et al., 2012*). Savos darbos Makss Vertheimers aprakstīja, kā redzes sistēma izvēlas vizuālās informācijas daļas, kuras apkopot un kā noris izvēlēto daļu apvienošana priekšstatā par vienu objektu, izstrādājot vizuālās informācijas grupēšanas likumus (*Palmer, Brooks & Nelson, 2003; Pinna, 2010*).

Iepriekš minētie vizuālās informācijas grupēšanas likumi nosaka, kādas stimula īpašības veicina uztverto elementu apvienošanu lielākās vienībās. Attēlā 2.1. demonstrēti plašāk pazīstamie vizuālās informācijas grupēšanas likumi. Attēlā 2.1. A attēloti astoņi punkti, kas novietoti vienādos attālumos viens no otra un neveicina elementu apvienošanu lielākās grupās. Mainot šo punktu savstarpējo novietojumu (skat. 2.1.att. B), krāsu (skat. 2.1.att. C), izmēru (skat. 2.1.att. D) vai orientāciju (skat. 2.1.att. E), novērotājam rodas viennozīmīgs priekšstats par objektu apvienošanu. Piemēram, apskatot attēlu 2.1. B novērotājs ziņo, ka redz četrus punktu pārus, nevis astoņus atsevišķus punktus, t.i. redzes uztverē objekti tiek apvienoti lielākās vienībās. Objekti tiek apvienoti arī tad, ja tiem ir vienots kustības virziens (skat. 2.1.att. F). Vizuālās informācijas grupēšanas likumi tiek balstīti arī uz sarežģītākiem elementiem un novērojumiem, pie kuriem pieder objektu grupēšana pēc simetrijas un paralelītātes, piemēram, līnijām kas ir novietotas simetriski (skat. 2.1.att. G) vai paralēli (skat. 2.1.att. H) ir lielāka iespēja tikt uztvertām kā daļai no cita, lielāka, objekta, nekā gadījumos, ja simetrija vai

paralelitāte netiek novērota. Kā vēl divus vizuālās grupēšanas likumus var minēt stimulu grupēšanu pēc turpinātības (skat. 2.1.att. I) un noslēgtības (skat. 2.1.att. J). Grupēšana pēc turpinātības ir novērojama attēlā 2.1. I, kur demonstrētās attēls tiek uztverts kā divu liektu līniju krustojums, nevis divu loku saskare attēla centrā. Interesanti, ka vizuālās informācijas grupēšana pēc viena faktora var nomākt citus faktorus, kā tas ir novērojams attēlā 2.1. J, kur pilna objekta kontūra nomāc grupēšanu pēc turpinātības un veido priekšstatu par diviem atsevišķiem objektiem, kas saskaras attēla centrā. (Palmer *et al.*, 2012)



2.1. att. Vizuālās informācijas grupēšanas likumi. Vienlīdz tālu novietoti vienādi objekti netiek sargrupēti lielākās vienībās (A). Ja objektiem ir līdzīgas īpašības, tiek apvienoti lielākās grupās, balstoties uz objekta novietojumu (B), krāsu (C), izmēru (D), orientāciju (E), kustības virzienu (F), simetriju (G), paralelitāti (H), turpinātību (I) noslēgtību (J) (Wagemans *et al.* 2012).

2.1.1. Vizuālās informācijas grupēšanas process

Lai gan vizuālā grupēšana ir plaši pētīta jau kopš 1912. gada, kvantitatīvi aprakstīt vizuālās grupēšanas procesus ir izdevies tikai pēdējo divdesmit gadu laikā (skat. Wagemans *et al.*, 2012; Palmer, 1999). Ņemot vērā, ka pastāv dažādi vizuālās grupēšanas likumi (grupēšana pēc līdzības, novietojuma, virziena u.c.) un ka vienlaicīga vairāku vizuālās grupēšanas principu

pielietošana var gan pastiprināt, gan samazināt uztvertās grupas efektu, grupēšanas kā vienota uztveres procesa aprakstīšana ir bijis sarežģīts process. Vizuālās informācijas grupēšana var noritēt gan lokāli, gan globāli, aptverot lielāku vai mazāku vizuālās informācijas daudzumu. Turklāt vēl joprojām tiek demonstrēti ar vien jauni principi, pēc kuriem vizuālo informāciju iespējams sagrupēt, piemēram, *Palmer & Brooks (2008)* aprakstītais vizuālās grupēšanas princips, kas nosaka, ka vizuālā informācija var tikt sagrupēta, balsoties uz apgabala kontūrām un apmiglojumu (*Palmer & Brooks, 2008; Brooks, 2015; Wagemans et al., 2012*).

Apskatot vizuālās informācijas grupēšanas procesu, zinātniskajā literatūrā nav veidojies vienots viedoklis par to, kurā vizuālās informācijas apstrādes posmā un kā šis process noris. Līdzīgi kā pirmajos vizuālās grupēšanas aprakstos, ko publicēja Makss Vertheimers, viens no sākotnējiem pieņēmumiem par uztveres grupēšanas procesa norisi noteica, ka vizuālās informācijas grupēšana ir sākotnējs, primārās informācijas analīzes process, kas veido uztveres vienības tālākai informācijas apstrādei (*Taylor & Aldridge, 1974; Palmer, 2002*). Tika uzskatīts, ka vizuālās informācijas grupēšana noris pirms paša objekta atpazīšanas un tā īpašību konstantuma veidošanās. Objekta īpašību konstantums nosaka, ka noteiktiem, iepriekš redzētiem objektiem redzes uztverē tiek piešķirtas noteiktas īpašības (krāsa, forma u.c.), kas tiek uztvertas, neatkarīgi no apkārtējās vides apstākļiem (piemēram, zemene arī zilā apgaismojumā tiek uztverta kā sarkana). Ja vizuālās informācijas grupēšana noris kā agrīns process pirms konstantuma veidošanās, tad tai jānoris arī pirms telpiskās uztveres un virsmas spožuma analīzes, kas ir novērojami tikai pēc konstantuma veidošanās (*Palmer, Brooks & Nelson, 2003*). Pieņemot, ka vizuālās informācijas grupēšana ir agrīns process, var apgalvot, ka vizuālās informācijas grupēšana ir pre-attentīva (pirms-uzmanības), neapzināta vizuālās informācijas apguve (*Feldman, 2007*).

Pretēji “agrīnās informācijas apstrādes teorijām” pastāv pētījumi, kuros vizuālās informācijas grupēšanu apskata kā vēlāku informācijas apstrādes procesu, kas noris, piemēram, tikai pēc telpiskās informācijas apstrādes vai pēc uztveres konstantuma veidošanās (*Palmer, 1999; Rock & Brosgole, 1964*). *Palmer & Rock (1994)* savā pētījumā norāda, ka vizuālās informācijas grupēšana ir iespējama tikai pēc primārās vizuālās informācijas apstrādes, kur tiek apkopoti elementi ar līdzīgām īpašībām un šīs elementu kopas tiek atdalītas no fona. Pēc tam, balstoties uz vizuālās grupēšanas principiem, kopas tiek apvienotas vai sadalītas smalkākās grupās. Ņemot vērā, ka “vēlīnās informācijas apstrādes teorijas” nosaka, ka vizuālās informācijas grupēšana noris tikai pēc telpiskās uztveres un uztveres konstantuma veidošanās, uztveres grupēšana var tikt aprakstīta arī kā post-attentīvs (pēc-uzmanības) process (*Mack, Tang, Tuma, Kahn & Rock, 1992*).

Iepriekš aprakstītās agrīnās un vēlīnās vizuālās informācijas apstrādes teorijas vizuālās informācijas uztveri, analīzi (tai skaitā grupēšanu) un priekšstata veidošanu par objekta īpašībām apraksta kā hierarhisku procesu, nosakot, kurā informācijas apstrādes posmā noris objekta uztvere, formas piešķiršana, atpazīšana, telpiskās izjūtas veidošanās un citi vizuālās informācijas apstrādes procesi. Izvērtējot dažādus uztveres grupēšanas aspektus, iespējams demonstrēt, ka uztveres grupēšana noris gan sākotnējos informācijas apstrādes posmos, gan augstākos līmeņos pēc telpiskās informācijas analīzes un uztveres konstantuma veidošanās. Tāpēc vizuālās informācijas grupēšanu iespējams aprakstīt ne tikai izmantojot hierarhiskos informācijas analīzes modeļus, bet arī kā paralēlu informācijas apstrādes procesu, kas noris vienlaicīgi ar objekta nozīmes veidošanos. Šie modeļi nosaka, ka uztveres grupēšana vienlaicīgi noris vairākos līmeņos jeb informācijas apstrādes posmos, kur katrs līmenis atbild par noteikta informācijas veida analīzi. Katram analīzes posmam piemīt noteikta ietekme uz kopējā priekšstata veidošanos (*Peterson, 1994; Palmer, Brooks & Nelson, 2003; Olson & Atteneave, 1970*).

2.1.2. Objekta-fona nošķiršana

Kā norāda *Wagemans et al. (2012)*, vizuālās informācijas jeb uztveres grupēšanas procesa norisē iespējams izdalīt divus atsevišķus informācijas apstrādes posmus: objektu sagrupēšanu un apvienotā objekta (grupas) nošķiršanu no fona (*figure-ground segmentation*). Objekta sagrupēšana nosaka, kuras uztvertās daļas vizuālajā sistēmā tiks sagrupētas vienotā kopā, savukārt, objekta nošķiršana no fona ir process, kura ietvaros tiek noteikta šīs grupas forma, novietojums telpā un attiecībā pret citiem objektiem.

Lai gan objekta-fona nošķiršana tiek uzskatīta kā atsevišķs process, nav vienota viedokļa, kurā vizuālās informācijas grupēšanas posmā tas noris: pirms līdzīgo elementu apvienošanas vai pēc tās. Kā jau minēts iepriekš, *Palmer & Rock (1994)* (arī *Palmer (2002)*) aprakstot vizuālās informācijas grupēšanu, norāda, ka objekta-fona nošķiršana ir sākotnējs process, kura ietvaros tiek apkopoti elementi ar līdzīgām īpašībām un šai apkopotu elementu grupai tiek piešķirta vienota forma, kas tiek izdalīta no apkārtējā fona. Tikai pēc tam noris šo elementu sadalīšana grupās, balstoties uz vizuālās grupēšanas principiem (krāsa, forma, novietojums u.c.).

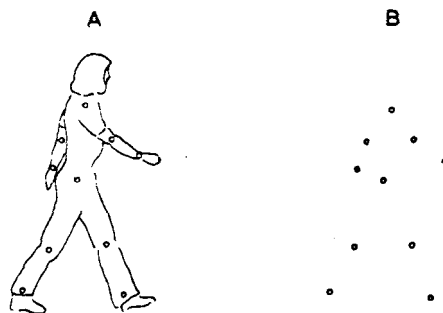
Pretēji savā pētījumā secināja *Peterson & Gibson (1999a)*, izvērtējot, kā mainās objekta-fona nošķiršana atkarībā no stimula demonstrācijas laika. Salīdzinot dalībnieku atbildes pēc 14, 28, 57, 86 un 100 milisekundēm, būtiski mainījās dalībnieku sniegtās atbildes par nošķirtā objekta īpašībām, t.i. palielinoties stimula demonstrācijas laikam, uzdevumā, kurā bija nepieciešams noteikt, kurš no diviem objektiem ir dominējošs, mainījās dalībnieku sniegto

atbilžu proporcija. *Peterson & Gibson* (1999a) pētījumā gūtie rezultāti norādīja, ka objekta-fona nošķiršana ir vēlīns process, kas iespējams arī pēc līdzīgo elementu informācijas sagrupēšanas un objekta atpazīšanas.

2.2. Bioloģiskā kustība

Bioloģiskās kustības uztvere norāda, ka dzīva organisma pārvietojums var tikt analizēts, balstoties tikai uz ierobežotu informāciju par objekta galveno locītavu pārvietojumu, un, līdzīgi kā ar vienkāršiem grupēšanas uzdevumiem, uztveres procesi ietver gan vizuālās informācijas apvienošanu, objekta-fona nošķiršanu, kā arī nozīmes piešķiršanu uztvertajam objektam. Bioloģiskās kustības izpēte tika uzsākta 1973. gadā, kad zviedru psihologs un psihofiziķis Gunnars Johansons (*Gunnar Johansson*) aprakstīja dzīvu organismu kustības uztveres procesus. Savā darbā (*Johansson, 1973*) autors balstījās uz Maksa Vertheimera aprakstītajiem vizuālās informācijas grupēšanas likumiem, kas noteica, ka objekti, kam ir vienots kustības virziens, tiek sagrupēti lielākās grupās jeb vienībās. Autors atsaucās arī uz saviem pētījumiem, kuros bija demonstrējis, kā divu atsevišķu punktu kustība, kuri novietoti uz vienmērīga fona, tiek uztverta kā vienas līnijas kustība, kur viens punkts apzīmē līnijas sākumu un otrs- beigas. Savukārt četru punktu kustība, kas izvietoti kvadrātā, tiek uztverta kā vienas lielākas vienības (kvadrāta) pārvietojums, nevis četru individuālu punktu kustība. Šādi Gunnars Johansons demonstrēja, ka uztveres grupēšanas likumi izpildās ne tikai statistiskiem stimuliem, bet arī kustīgiem objektiem, un, balstoties uz šiem novērojumiem, veidoja stimulus dzīvu objektu kustības analīzei.

Lai demonstrētu dzīva objekta pārvietojumu, Gunnars Johansons pievienoja gaismu atstarojošus elementus cilvēku lielākajām locītavām: pēdām, ceļiem, gurniem, krūtīm, elkoņiem un plaukstām, izvietojot elementus tā, ka divi blakusesoši punkti apzīmēja vienas ķermeņa daļas (piemēram, apakšstilba) abus galus. Tādējādi stimuli tika veidoti līdzīgi kā pētījumā par divu punktu kustību, ko novērotāji uztvēra kā vienas līnijas pārvietojumu. Tālākā eksperimenta gaitā Gunnars Johansons samazināja telpas apgaismojumu tā, lai redzami būtu tikai paši gaismu atstarojošie elementi un izveidoja videomateriālu, kurā dalībnieki, kam pievienoti gaismu atstarojošie elementi, pārvietojās telpā (gāja, skrēja, brauca ar velosipēdu, dejoja u.c.). Demonstrējot videomateriālu (skat. att.2.2.), kur bija novērojama tikai 10 punktu kustība, pētījuma dalībnieki viennozīmīgi atzīmēja, ka demonstrētais stimul ir dzīvs cilvēks. Spēju uztvert dzīva organisma pārvietojumu, balstoties tikai uz desmit punktu kustību, autors to nodēvēja par bioloģiskās kustības uztveri. Jāatzīmē, ka demonstrējot nekustīgu stimula attēlu, kur gaismas elementi atbilda lielākajām cilvēka locītavām, spēja atpazīt cilvēku bez iepriekšējām zināšanām bija krietni samazināta (*Johansson, 1973*).



2.2. att. Bioloģiskās kustības stimul. Lai izveidotu stimulu dzīva organisma pārvietojuma analīzei, cilvēka galvenajām locītavām tika pievienoti gaismu atstarojoši elementi (A) un novērotājiem tika demonstrēts tikai šo gaismu atstarojošo elementu (B) pārvietojums (Johansson, 1973).

Turpmākā bioloģiskās kustības izpēte norādīja, ka bioloģiskās kustības uztvere ir novērojama ne tikai cilvēkiem, bet arī citiem zīdītājiem, un tās funkcionālā nozīme balstās uz nepieciešamību korekti izvērtēt un interpretēt cita dzīva organisma darbības. Tā kā cilvēks ir sociāla būtne, tā sensorā sistēma ir adaptējusies arī sociālu signālu uztverei, tai skaitā runai, sejas vaibstu uztverei un arī citu cilvēku kustību analīzei (Blake, 1993; Troje, 2008). Bioloģiskās kustības pētījumi norāda, ka cilvēks ir spējīgs no pāris elementiem, kas raksturo tikai galveno locītavu pārvietojumu, uztvert ne tikai cita dzīva objekta kustību, bet arī noteikt, kāda aktivitāte tiek demonstrēta (Boxtel & Lu, 2011), noteikt objekta dzimumu (Johnson, McKay & Pollick, 2011; Barclay, Cutting & Kozlowski, 1978), darbības mērķus (Blakemore & Dacety, 2001), emocijas (Atkinson, Tunstall & Dittrich, 2007) un pat atpazīt pazīstamu personu (Cutting & Kozlowski, 1977).

Johansson (1973) pētījumi sasauca arī Alberta Mišo (Albert Michotte, 1963) aprakstīto kauzalitātes (*causality*) principu redzes uztverē, kas apraksta priekšmetu kustību. Kauzalitāte nosaka, ka kustīgam objektam saskaroties ar nekustīgu objektu, nekustīgā objekta uzsāktā kustība tiek uztverta kā pirmā objekta izraisīta un līdzīgi kā bioloģiskās kustības analīze raksturo kustīgu punktu sagrupēšanu un vizuālās informācijas uztveri laikā (Hubbard, 2004).

2.2.1. Bioloģiskās kustības uztveres mehānismi

Aprakstot bioloģiskās kustības uztveres mehānismus, kas nosaka vienota priekšmata veidošanos par dzīva objekta pārvietojumu, zinātniskajā literatūrā tiek vērtēta lokālās un globālās informācijas apstrādes procesu nozīme. Lokālās informācijas apstrāde apzīmē katra atsevišķā bioloģiskās kustības stimulu veidojošā punkta pārvietojuma analīzi (piemēram, pēdas, plaukstas vai gurna pārvietojumu). Savukārt globālā informācijas apstrāde apzīmē vienotu visas

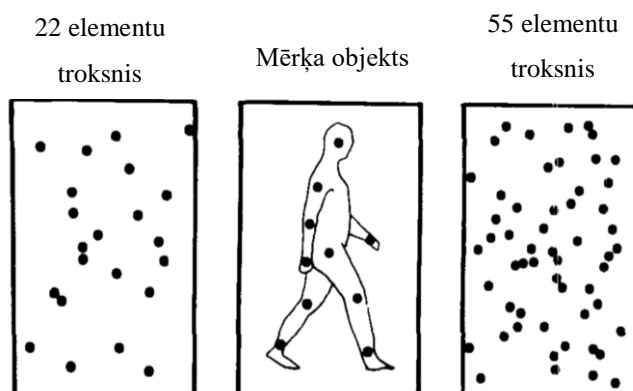
punktu grupas analīzi- punktu savstarpējā novietojuma izmaiņas telpā un laikā (*Chang & Troje, 2009*).

Salīdzinot dalībnieku sniegumu bioloģiskās kustības un koherentas kustības virziena noteikšanas uzdevumos, *Mather, Radford un West (1992)* bioloģiskās kustības uztveri apraksta kā specializētu lokālās informācijas analīzes procesu. Savā pētījumā autori norāda, ka palielinot laika periodu starp divām bioloģiskās kustības pozīcijām (starp-kadru intervālu) vai randomizēti mainot katra kadra kontrastu, būtiski samazinās bioloģiskās kustības uztveres atbildes precizitāte. Iegūtos secinājumus pastiprināja arī novērojums, ka, uzdevuma izpildes sniegums būtiski samazinās, ja netiek demonstrēti tie punkti, kas apzīmē plaukstas un potītes. Vēlāk arī *Troje & Westhoff (2006)* norādīja, ka tieši lokālā informācija par potīšu pārvietojumu ir būtiska stimula kustības virziena noteikšanā, demonstrējot, ka objekta pārvietošanās virzienu iespējams noteikt pat gadījumos, kad bioloģisko kustību veidojošie punkti ir sajaukti vietām un nav iespējams tos sagrupēt vienotā objektā, taču tiek saglabāta katra punkta lokālā pārvietošanās trajektorija.

Lokālās informācijas analīze ir svarīga ne tikai bioloģiskās kustības virziena noteikšanā, bet arī objekta dzimuma noteikšanā: izmainot katra objektu veidojošā punkta diametru un nodrošinot pietiekamu apmieglojumu (punkta robežas vairs nav izteiktas), būtiski samazinās spēja noteikt objekta dzimumu (*Barclay, Cutting & Kozlowski, 1978*). Bioloģiskās kustības uztvere ir traucēta arī gadījumos, ja objektu veidojošie punkti tiek aizstāti ar dažādos virzienos novietotiem Gabora režģiem (*Poljac, Verfaillie & Wagemans, 2011*) vai citiem elementiem (*Hunt & Halper, 2008*), demonstrējot, ka bioloģiskās kustības uztverē būtiska ir arī katra elementa īpašības, kas veicina vai apgrūtina vienotu objekta uztveri. *Wittinghofer, Lussanet & Lappe (2010)* pētījums apstiprina, ka ierasto punktu aizstāšana ar citiem objektiem, paildzina reakcijas laiku uzdevumos, kur nepieciešams noteikt bioloģiskās kustības stimula pārvietošanās virzienu. Ņemot vērā, ka bioloģiskās kustības uztveres reakcijas laiku visvairāk ietekmēja punktu aizstāšana ar cilvēku figūrām (salīdzinājumā ar priekšmetiem, dzīvniekiem un citiem objektiem), gūtie rezultāti norāda ne tikai uz automātisku lokālās informācijas analīzi, bet arī uz vienotiem informācijas apstrādes procesiem, kas nodrošina objekta atpazīšanas (cilvēka figūras atpazīšanas) un bioloģiskās kustības analīzi.

Lai gan lokālās informācijas analīze sniedz iespēju noteikt dažādas bioloģiskās kustības objekta īpašības, lai veidotos vienots priekšstats par bioloģiskās kustības uztveri, būtiska ir elementu sagrupēšana vienotā objektā jeb globālās informācijas uztvere. Lai izvērtētu, vai bioloģiskās kustības uztvere var būt balstīta tikai uz globālās informācijas (visas punktu kopas) analīzi, bija nepieciešams izveidot stimulu, kur lokālās informācijas analīze nav pietiekama objekta atpazīšanai. *Cutting, Moore & Morrison (1988)* izveidoja eksperimentu, kur novērtēja

vizuālā trokšņa ietekmi uz bioloģiskās kustības uztveri. Viens no izmantotajiem vizuālajiem trokšņiem tika veidots no punktiem, kuru izmērs, krāsa un pārvietošanās trajektorija sakrita ar nejauši izvēlētiem pašu bioloģiskās kustības objektu veidojošiem punktiem (skat. att.2.3.). Gan *Cutting, Moore un Morrison* (1988), gan *Bertenhal un Pinto* (1994) līdzīgi veidotais pētījums demonstrēja, ka bioloģisko kustību ir iespējams uztvert arī šādu punktu veidota vizuālā trokšņa apstākļos. Ņemot vērā, ka šādā gadījumā vizuālo troksni veidojošie punkti satur tādu pašu lokālo informāciju kā bioloģiskās kustības stimuls un lokālās informācijas analīze nav pietiekama bioloģiskās kustības uztverei, gūtie rezultāti apstiprina, ka bioloģisko kustību iespējams uztvert, balstoties tikai uz globālās informācijas apstrādes procesiem.



Att. 2.3. Bioloģiskās kustības stimuls vizuālā trokšņa apstākļos. Izveidotais stimuls demonstrē globālos informācijas apstrādes procesus bioloģiskās kustības analīzē (*Cutting, Moore & Morrison, 1988*).

Globālās informācijas analīzes nozīmi bioloģiskās kustības uztverē apstiprina arī pētījumi, kas izvērtē par 180 grādiem rotētu stimulu uztveri (bioloģiskās kustības objekts ir apgriezts “kājām gaisā”). Šādā gadījumā būtiski samazinās spēja izšķirt bioloģiskās kustības objektu vizuālā trokšņa apstākļos (*Bertenhal & Pinto, 1994*), kā arī noteikt objekta pārvietošanās virzienu (*Troje & Westhoff, 2006*), demonstrējot, ka bioloģiskās kustības uztvere un kustības virziena analīze ne vienmēr var balstīties tikai uz viena noteikta punkta pārvietošanos. Būtisks ir arī pareizs savstarpējais punktu novietojums jeb globālā informācijas analīze. Rezultāti ir līdzīgi pētījumiem par seju uztveri, kas nosaka, ka sejas atpazīšana ir būtiski traucēta, ja sejas attēls tiek rotēts par 180 grādiem (*Richler, Mack, Palmeri & Gauthier, 2011; Farah, Tanaka & Drain, 1995*), norādot, ka apgrieztu stimulu ir grūtāk sasaistīt ar uz pieredzes balstītu pieņēmumu par noteiktu objektu konfigurāciju.

Līdzīgi kā jautājumā par lokālo un globālo informācijas apstrādes procesu nozīmi bioloģiskās kustības analīzē, tiek vērtēta arī uzmanības procesu nozīme. Dažādos pētījumos tiek meklētas atbildes, vai bioloģiskās kustības uztvere ir balstīta uz *bottom-up* (augšupejošiem) procesiem, kas nosaka, ka vienota objekta uztvere noris, sākotnēji analizējot uztverto punktu

kustību un šos punktus pakāpeniski apvienojot (sagrupējot), vai arī ir balstīta uz *top-down* (lejupejošiem) procesiem, kur sensorās informācijas struktūru nosaka iepriekšējās zināšanas par objekta īpašībām un darbības mērķi (Kroustallis, 2004). Iepriekš aprakstītais Hunt & Halper (2008) pētījums viennozīmīgi demonstrē lokālās informācijas nozīmi bioloģiskās kustības uztverē, kā arī norāda uz pakāpenisku *bottom-up* procesu norisi, kur sākotnēji tiek analizētas katra objekta īpašības, pārvietojums, un tikai pēc šādas analīzes informācija tiek apkopota vienotā priekšstatā par bioloģiskās kustības objektu.

Lai gan pastāv pētījumi, kas norāda uz *bottom-up* informācijas apstrādes mehānismiem bioloģiskās kustības analīzē, nav iespējams viennozīmīgi apgalvot, ka šādu stimulu analīze tiek balstīta tikai uz *bottom-up* procesiem. Dittrich (1993) veica pētījumu, kur izmantotie bioloģiskās kustības stimuli tika iedalīti trīs kategorijās: pārvietošanās, sociālas aktivitātes un darbošanās ar dažādiem instrumentiem. Pētījumā gūtie rezultāti norādīja, ka pārvietošanās stimuli tiek uztverti ātrāk un precīzāk, nekā pārējo grupu stimuli, norādot uz selektīviem filtriem, kas analizē noteiktas aktivitātes jau sākotnējos bioloģiskās kustības analīzes posmos kā daļa no *top-down* informācijas apstrādes procesa. Arī globālās uztveres pētījumi, kas apskata bioloģiskās kustības uztveri vizuālā trokšņa apstākļos (Cutting, Moore & Morrison, 1988; Bertenthal & Pinto, 1994), demonstrē, ka bioloģiskās kustības formas uztvere var tikt veikta pirms katra individuālā punkta analīzes, norādot, ka bioloģiskās kustības uztveres procesi iespējams saistīti ar citiem dzīvu organismu īpašību analīzes procesiem vai dzīves laikā iemācītiem noteiktu kustību attēlojumiem centrālajā nervu sistēmā (Thornton & Rensik & Schiffman, 2002).

Lai izvērtētu *top-down* un *bottom-up* procesus bioloģiskās kustības uztverē Thornton, Rensik un Schiffman (2002) izveidoja pētījumu, kur dalībniekiem tika doti divi paralēli uzdevumi: noteikt, vai tika demonstrēts bioloģiskās kustības stimul, un noteikt, vai kāds no četriem paralēli demonstrētajiem taisnstūriem mainījis savu kustības virzienu. Stimuli tika iekļauti vienā no divu veidu vizuāliem trokšņiem: jaukta punktu kustība un punkti, kuru kustības ātrums un trajektorija sakrita ar bioloģisko kustību veidojošiem punktiem. Tā kā jauktā punktu kustība nesakrita ar bioloģiskās kustības stimulu veidojošo punktu trajektorijām, šāda uzdevuma veikšanā varēja balstīties gan uz lokālo informāciju, gan uz globālajiem informācijas apstrādes procesiem, atšķirībā no otra vizuālā trokšņa veida, kur stimula noteikšana nebija iespējama, balstoties uz lokālās informācijas analīzi. Iegūtie rezultāti norādīja, ka, veicot divus paralēlus uzdevumus, sniegums ir labāks, ja ir iespējams analizēt arī lokālo informāciju. Pētījumā tika secināts, ka bioloģiskās kustības uztverē ir būtiski gan *bottom-up*, gan *top-down* procesi. Turklāt tieši globālās informācijas apstrādē ir būtiski *top-down* procesi un ar tiem saistītie uzmanības procesi.

Aprakstot bioloģiskās kustības uztveres procesus, *Troje* (2008) norāda, ka bioloģiskās kustības uztvere noris vairākos līmeņos: dzīva organisma pamanīšana, objekta sargrupēšana, balstoties uz kustības informāciju, darbības atpazīšana, īpašību analīze. Demonstrējot dažādus stimulus (apgrieztā versija, jauktā versija, vizuālais troksnis u.c.) vai sniedzot dažādas instrukcijas (atpazīt objektu, noteikt kustības virzienu u.c.), tiek vērtēti dažādi informācijas apstrādes posmi. Arī *Chang* un *Troje* (2009) pētījums, kas izvērtēja lokālās un globālās informācijas apstrādes procesu ietekmi uz bioloģiskās kustības analīzi norāda, ka lokālās informācijas analīze ir būtiska sākotnējos uztveres procesos, kas nodrošina objekta pamanīšanu un sniedz pamatinformāciju par stimula īpašībām. Līdz ko objekts ir pamanīts, pēc skata pārneses un stimula attēla novietošanas uz foveolas, iespējams veikt padziļinātu tā īpašību analīzi. Bioloģiskās kustības uztverē ir būtiska gan lokālās, gan globālās informācijas analīze, taču katru no šiem informācijas apstrādes procesiem vada dažādi mehānismi, kam piemīt dažādas īpašības.

2.2.2. Bioloģiskās kustības uztvere pie samazināta stimulu skaita

Lai gan vairums pētījumu, kas apskata bioloģiskās kustības uztveri, izmanto stimulus, kas sastāv no 11-13 punktiem un veido pilnu cilvēka formu, neatbildēts ir jautājums, kāds ir minimālais punktu skaits, kas ļauj izšķirt bioloģisko kustību. Savos pirmajos pētījumos *Gunnar Johansson* (1973) demonstrēja, ka cilvēks ir spējīgs uztvert citas dzīvas būtnes pārvietošanu, ne tikai gadījumā, kad tika demonstrētas lielākās locītavas (10 elementi), bet arī gadījumos, kad demonstrēto elementu skaits tika samazināts līdz pieciem punktiem, kas apzīmēja ķermeņa apakšējo daļu: gurnus, ceļgalus un pēdas. Šāda elementu kombinācija sniedza nepārprotamu priekšstatu par dzīvas būtnes pārvietošanu, neatkarīgi no pārvietošanās virziena (*Johansson*, 1973). Arī *Mather, Radford un West* (1992) savā pētījumā demonstrēja, ka bioloģisko kustību iespējams izšķirt pie samazināta punktu skaita (8 punkti), turklāt sniegums bija būtiski zemāks, ja dalībniekam vienlaicīgi netika demonstrēti punkti, kas apzīmēja potītes un plaukstu.

Neri, Morrone un Burr (1998) novērtēja spēju uztvert bioloģisko kustību un noteikt kustības virzienu pie samazināta punktu skaita. Bioloģisko kustību veidoja jaukti izvēlēti 1-10 punkti, kuri tika mainīti ik pēc diviem kadriem (t.i. ik pēc diviem kadriem dalībniekiem tika demonstrēti citi to pašu bioloģisko kustību veidojoši punkti) un tika izvērtēti, kāds ir minimālais vizuālo troksni veidojošo punktu skaits, pie kura dalībnieki spēja precīzi uztvert bioloģisko kustību vai noteikt tās kustības virzienu. Lai gan pētījumā tika demonstrēts, ka bioloģisko kustību iespējams izšķirt no vizuālā trokšņa pat gadījumos, kad katrā kadrā redzams tikai 1 punkts, jāņem vērā, ka visas demonstrācijas laikā bija iespējams redzēt visus bioloģisko kustību

veidojošos punktus un gūtais rezultāts vairāk raksturo vizuālās informācijas summēšanu (grupēšanu) laikā.

2.3. Vizuālās informācijas analīze redzes lauka perifērijā

Lai gan stimulu lielums bioloģiskās kustības, kā arī citos vizuālās informācijas grupēšanas uzdevumos mēdz būt lielāks pat par 5 grādiem, vizuālās grupēšanas procesu norise iepriekš aprakstītajos pētījumos lielākoties tiek vērtēta tieši centrālajā redzes laukā, neizvērtējot, kā vizuālās informācijas apstrāde mainās virzienā uz redzes lauka perifēriju. Redzes uztveres procesi nav vienlīdz precīzi visā redzes laukā: spēja izšķirt smalkākās objekta detaļas pakāpeniski sarūk virzienā no redzes lauka centrālās daļas (stimula attēls projicējas fovejā) uz redzes lauka perifēriju (stimula attēls projicējas tīklenes perifērijā) (*Anderson, Mullen & Hess, 1991*). Ir novērots, ka virzienā uz redzes lauka perifēriju samazinās labākais redzes asums (*Anstis, 1974*), kontrastjutība (*Anderson, Mullen & Hess, 1991*), stereoredze (*Mochizuki et al., 2012*), pasliktinās krāsu redze (*Hansen, Pracejus & Gegenfurtner, 2009*), kustības uztvere (*Finlay, 1982*), vārdu atpazīšanas ātrums (*Lee, Legge, & Ortiz, 2003*), seju atpazīšana (*Makela, Nasanen, Rovamo & Melmoth, 2001*) un citas redzes uztveres funkcijas.

Novērotās atšķirības uztveres procesos centrālajā redzes laukā un perifērijā ir saistītas ar tīklenes uzbūvi un vizuālās informācijas apstrādi neirālā līmenī. Perifērajā redzes laukā viena tīklenes ganglionārā šūna saņem informāciju no vairākām gaismu uztverošajām šūnām (fotoreceptoriem) (*Curcio & Allen, 1990*), kā rezultātā neironu skaits primārajā redzes garozā, kas apstrādā informāciju no perifērajā redzes lauka ir būtiski mazāks, nekā neironu skaits, kas analizē centrālo redzes lauku (*Daniel & Whitteridge, 1961*). Lai gan monokulārais redzes lauks ir aptuveni 170 grādus liels (*Rantanen & Goldberg, 1999*), 25% no primārās redzes garozas apstrādā informāciju tikai par centrālajiem 2.5 redzes lauka grādiem (1.5% no visa redzes lauka) (*Anstis, 1998*). Ņemot vērā lielo informācijas daudzumu, kas tiek uztverts ar perifēro redzes lauku, ir būtiski izvērtēt, kā noris vizuālās informācijas uztvere ne tikai centrālajā apgabalā, kur ir augsts redzes asums, bet arī perifērijā, kur informācijas apstrādes iespējas ir ierobežotas.

Lai kvantitatīvi aprakstītu vizuālās informācijas apstrādes procesus centrālajā redzes laukā un perifērijā, *Daniel un Whitteridge (1961)* aprakstīja kortikālā palielinājuma faktoru, kas noteica, cik liels primārās redzes garozas apgabals (milimetros) apstrādā informāciju no vienu grādu liela redzes lauka apgabala. Katrai redzes lauka ekscentritātei ir raksturīgs cits kortikālais palielinājums un rezultējošais faktora lielums (*Anstis, 1998*). Ņemot vērā kortikālā palielinājuma faktoru, *Johnston un Wright (1983)* demonstrēja, ka pietiekams stimula palielinājums spēj nodrošināt vienlīdz precīzu kustības uztveri centrālajā redzes laukā un

perifērijā. Līdzīgi rezultāti, kur stimula palielinājums spēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā un izlīdzināt to ar sniegumu centrālajā redzes laukā, demonstrēti pētījumos, kur izvērtēts redzes asums (*Cowey & Rolls, 1974*), Vernjē redzes asums (*Levi, Klein & Aitsebaomo, 1985*) kontrastjutība (*Virsu, Rovamo, Laurinen & Nasanen, 1982*) un dažādu meklēšanas uzdevumu izpilde (*Carrasco & Frieder, 1997*).

Tomēr pastāv arī redzes uzdevumi jeb redzes uztveres funkcijas, kur stimula palielinājums nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā, piemēram, uzdevumos, kur nepieciešams atpazīt burtus (*Higgins, Arditi & Knoblauch, 1995*). Pretrunīgi rezultāti, kas demonstrē, ka objekta palielinājums gan spēj, gan nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu, ir demonstrēti arī pētījumos, kur nepieciešams noteikt objekta simetriju (*Barrett, Whitaker, McGrawa & Herbert, 1999; Saarinen, 1998*). Uzdevumos, kuros ir nepieciešams atpazīt sejas, stimulu palielinājums nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā, un vienlīdz labus rezultātus iespējams sasniegt tikai tādā gadījumā, ja vienlaicīgi tiek mainīts gan stimula lielums, gan kontrasts (*Makela, Nasanen, Rovamo & Melmoth, 2001; Melmoth, Kukkonen, Makela & Rovamo, 2000*).

2.3.1. Vizuālās informācijas grupēšana redzes lauka perifērijā

Līdzīgi kā citām redzes uztveres funkcijām, arī vizuālās informācijas grupēšanas procesos ir novērojamas atšķirības centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. *Hess un Dakin (1999)* izvērtēja spēju izdalīt no fona vairākus līdzīgā virzienā vērstus Gabora režģus, kas veidoja vienu stimulu virkni (grupēšana pēc vienota virziena). Lai kontrolētu ar kortikālo palielinājumu saistītās vizuālās informācijas apstrādes atšķirības centrālajā un perifērā redzes laukā, autori izmantoja pietiekami lielus augsta kontrasta stimulus, kas iepriekš tika demonstrēti kā izšķirami pētījumā izmantotajās redzes lauka ekscentritātēs. Iegūtie rezultāti norādīja, ka spēja vienlīdz labi noteikt vairākus līdzīgā virzienā vērstus blakusesošus objektus centrālajā redzes laukā un perifērijā ir iespējama tikai līdz 10 grādu tālai redzes lauka ekscentritātei. Tālākā perifērijā iegūtais rezultāts nav pielīdzināms rezultātam centrālajā redzes laukā. Līdzīgus rezultātus ieguva *Nugent, Keswani, Woods un Peli (2003)*, demonstrējot, ka spēja noteikt līdzīgā virzienā vērstu stimulu virkni, sāk pakāpeniski samazināties jau 10 grādus tālā redzes lauka perifērijā. Demonstrētie rezultāti tiek skaidroti ar atšķirībām kontūru detektēšanas un analīzes procesos, kas analizē centrālā un perifērā redzes lauka informāciju (*Hess & Dakin, 1999*) vai citos augstākos informācijas apstrādes ceļos, kas sagrupē uztveres vienības (*Nugent, Keswani, Woods & Peli, 2003*).

Kuai un Yu (2006) savā pētījumā izmantoja līdzīgus stimulus kā *Hess & Dakin (1999)* pētījumā un analizēja novērotāja spēju uztvert redzes lauka perifērijā veidotu apli vai ovālu,

kura centrs atrodas fiksācijas punktā (centrālajā redzes laukā). Apļa vai ovāla formu noteica stimulu veidojošo Gabora režģu virziens, tādējādi bija nepieciešams sagrupēt objektus pēc vienota virziena (*common fate*). Pētījuma rezultāti norādīja, ka spēja atšķirt apli un ovālu no jauktā virzienā vēršiem Gabora režģiem, saglabājas līdz pat 35 grādiem tālai ekscentritātei. Gūtās atšķirības no *Hess & Dakin* (1999) pētījuma tika skaidrotas ar vienkāršotu stimula izveidi, kas veicināja vizuālās informācijas grupēšanu, tādējādi nenorādot uz traucētiem vizuālās informācijas grupēšanas procesiem redzes lauka perifērijā.

Bleumers, Graef, Verfaillie & Wagemans (2008) izvērtēja, kā noris vizuālās informācijas grupēšana pēc savstarpējā novietojuma (tuvāk novietoti objekti tiek uztverti kā vienota grupa) centrālajā redzes laukā un perifērijā. Pētījumā gūtie rezultāti demonstrēja, ka vizuālās informācijas grupēšana pēc savstarpējā novietojuma ir atkarīga no attāluma starp elementiem, taču attāluma izmaiņa nespēj vienlīdz precīzi paredzēt, kā tiks sagrupēti elementi centrālajā redzes laukā un perifērijā. Stimulu palielinājums uzlaboja dalībnieku sniegumu, taču iegūtie rezultāti 15 grādu ekscentritātē vēl joprojām atšķīrās no sniegumu centrālajā redzes laukā. Pētījumā gūtie rezultāti tika saistīti ar uzmanības procesiem: izvērtējot grupēšanu redzes lauka perifērijā, stimuliem tiek pievērsta netiešā uzmanība, kas, iespējams, nav bijusi pietiekami precīza vai noturīga (*Bleumers et al.*, 2008).

Vienā no plašākajiem uztveres grupēšanas pētījumiem, kas apskata vizuālās informācijas grupēšanu centrālajā redzes laukā un perifērijā (*Tannazzo, Kurylo & Bukhari*, 2014) tika izvērtēta vizuālās informācijas grupēšana pēc elementu spožuma, kustības, virziena un savstarpējā novietojuma, kā arī salīdzināts, vai stimulu palielinājums spēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā. Pētījumā gūtie rezultāti demonstrēja, ka spēja sagrupēt elementus redzes lauka perifērijā ir vājāka, nekā centrālajā redzes laukā. Turklāt snieguma pasliktināšanās ir atšķirīga dažādiem grupēšanas principiem: spēja sagrupēt elementus pēc vienotas kustības vai virziena redzes lauka perifērijā pasliktinās straujāk, nekā spēja sagrupēt elementus pēc spožuma vai novietojuma. Palielinot stimula lielumu, bija iespējams nodrošināt vienlīdz stabilu sniegumu līdz pat 40 grādiem tālai redzes lauka ekscentritātei, norādot, ka centrālais redzes lauks nav specializēts vizuālās informācijas grupēšanas uzdevumiem (*Tannazzo, Kurylo & Bukhari*, 2014).

2.3.2. Bioloģiskās kustības uztvere redzes lauka perifērijā

Apskatot vizuālās grupēšanas procesu norisi perifērajā redzes laukā, sagaidāms, ka virzienā uz redzes lauka perifēriju var mainīties arī bioloģiskās kustības uztvere. Bioloģiskās kustības uztvere raksturo spēju veidot priekšstatu par dzīves būtnes pārvietojumu un īpašībām, balstoties uz informāciju par nelielu skaitu punktu, kas virzās pa tādām pašām trajektorijām, kā

cilvēka lielākās locītavas un galva. Dzīvās būtnes pārvietojuma analīze sniedz informāciju par objekta darbību un nolūkiem, kas ir būtiska gan izdzīvošanā, gan savstarpējā komunikācijā. Šī iemesla pēc spēja uztvert un analizēt bioloģiskās kustības stimulus ir būtiska ne tikai centrālajā redzē, kas nodrošina smalku detaļu analīzi, bet arī redzes lauka perifērijā, kas nodrošina objekta pamanīšanu.

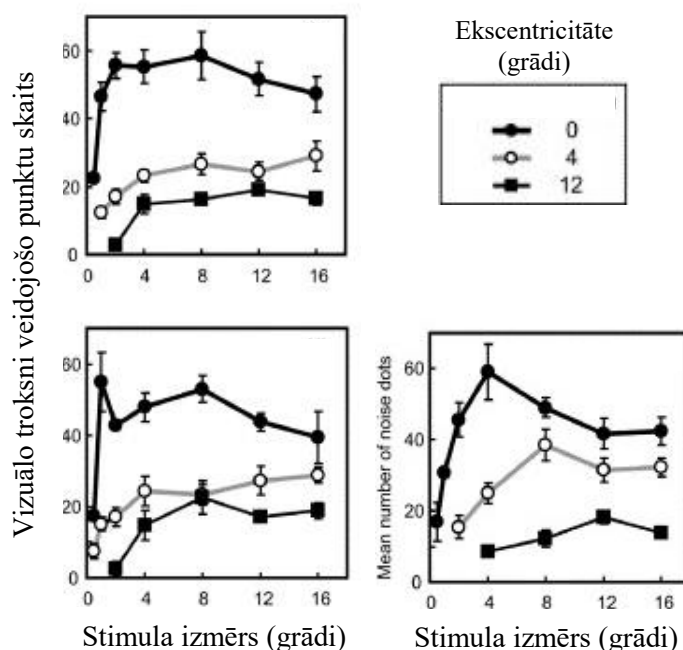
Thornton & Vuong (2004) izvērtēja, kā perifērijā demonstrēta informācija ietekmē spēju noteikt bioloģiskās kustības pārvietojuma virzienu. Pētījumā bioloģiskās kustības stimuluss tika iekļauts starp citiem elementiem, kas saturēja konfliktējošu informāciju: objekts tika demonstrēts blakus vēl vienam bioloģiskās kustības objektam, kas pārvietojas pretējā virzienā. Rezultāti norādīja, ka šāda konfliktējošā informācija kavē spēju pareizi noteikt pirmā objekta pārvietošanās virzienu, kas izpaudās kā būtiski palielināts dalībnieku reakcijas laiks. Pētījumā gūtie rezultāti norāda gan uz neapzinātu bioloģiskās kustības analīzi perifērā redzes laukā, gan uz bioloģiskās kustībās iespējamo uztveri arī ar netiešās uzmanības palīdzību (*Thornton & Vuong, 2004*).

Lai novērtētu, vai bioloģiskās kustības analīze centrālajā redzes laukā ir būtiski precīzāka kā perifērijā, *Ikeda, Blake un Watanabe (2005)* izstrādāja pētījumu, kur izvērtēja dalībnieku spēju uztvert bioloģisko kustību vizuālā trokšņa apstākļos. Dalībniekiem pēc kārtas tika demonstrēti divi stimuli, no kuriem vienu veidoja bioloģiskās kustības stimuluss un otru veidoja bioloģiskās kustības jauktā versija (bioloģisko kustību veidojošie punkti tika sajaukti vietām). Objekti tika demonstrēti vizuālajā troksnī ko veidoja punkti, kuru pārvietošanās trajektorija sakrita ar kādu no bioloģiskās kustības punkta kustību trajektorijām. Pētījuma dalībniekiem tika dots uzdevums noteikt, kurā no abiem stimuliem bija novērojama bioloģiskā kustība. Atkarībā no atbildes precizitātes tika mainīts vizuālo troksni veidojošo punktu skaits, līdz tika noteikta sliekšņa vērtība troksni veidojošo punktu skaitam, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas. Stimuli tika demonstrēti centrālajā redzes laukā, kā arī 4 un 12 grādu tālās redzes lauka ekscentritātēs. Lai kompensētu kortikālā palielinājuma radītās atšķirības starp rezultātiem centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, stimula izmērs tika palielināts: izmantotie bioloģiskās kustības stimulu vertikālie izmēri bija 0.5, 1, 2, 4, 8, 12 un 16 grādi. Dalībnieki eksperimentu veica 4 reizes.

Pētījumā piedalījās septiņi dalībnieki, no kuriem trīs dalībnieku rezultāti ir atainoti attēlā 2.4. Demonstrējot bioloģisko kustību vizuālā trokšņa apstākļos centrālajā redzes laukā, dalībnieki bija spējīgi izšķirt bioloģiskās kustības objektu no tās jauktās versijas, ja troksni veidojošo punktu skaits nepārsniedza aptuveni 60 punktus. Veicot uzdevumu ekscentriski, sniegums bija sliktāks, nekā centrālajā redzes laukā, turklāt, palielinot stimula leņķisko izmēru (punktu lielumu, attālumu starp punktiem), gūtais rezultāts vēl joprojām nebija pielīdzināms

sniegtam centrālajā redzes laukā (dalībnieki nespēja izšķirt bioloģisko kustību no jauktās versijas, ja troksni veidojošo punktu skaits bija lielāks par aptuveni 30-40 punktiem) (Ikeda, Blake & Watanabe, 2005).

Balstoties uz pētījumā gūtajiem rezultātiem, Ikeda et al. (2005) secināja, ka centrālais redzes lauks ir specializēts bioloģiskās kustības uztverei un analīzei. Grūtības izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas perifērajā redzes laukā, iespējams, saistītas ar grūtībām apvienot vairākus atšķirīgus stimulus (notikumus) vienotā objektā (notikumā) (Ikeda, Blake & Watanabe, 2005).

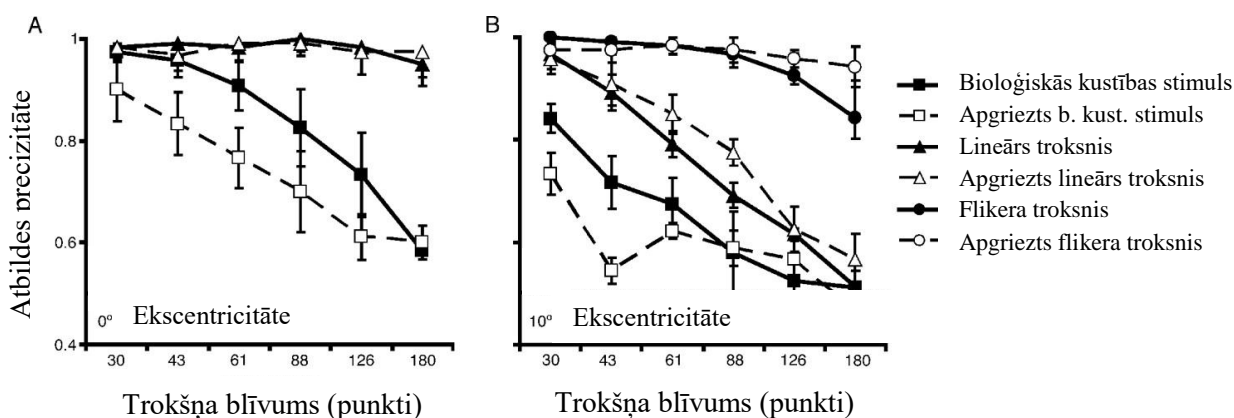


Att. 2.4. Bioloģiskās kustības uztvere redzes lauka perifērijā. Uzdevumos, kuros nepieciešams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas vizuālā trokšņa apstākļos pietiekams stimulu palielinājums nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā (Ikeda, Blake & Watanabe, 2005).

Ņemot vērā, ka bioloģiskās kustības uztvere vizuālā trokšņa apstākļos tiek uzskatīta par globālās informācijas apstrādes procesu, kur objekta atpazīšana netiek balstīta uz lokālo katra punkta pārvietojumu (Bertenthal & Pinto, 1994), kā arī Gibson et al. (2005) pētījumu, kur tika demonstrēts, ka bioloģiskās kustības objekta pārvietošanās virzienu iespējams noteikt pat 40 grādus tālā redzes lauka ekscentritātē, Thompson, Hansen, Hess un Troje (2007) izvērtēja, vai iepriekš aprakstītās grūtības izšķirt bioloģisko kustību redzes lauka perifērijā, ir saistītas ar globālās informācijas apstrādes procesiem. Pētījumā tika izvērtēta spēja noteikt bioloģiskās kustības virzienu, kas lielā mērā tiek balstīts uz lokālo informāciju par kāju pārvietojumu (Troje & Westhoff, 2006), un spēja izšķirt bioloģisko kustību vizuālā trokšņa apstākļos. Stimuli tika demonstrēti centrālajā redzes laukā un 10 grādus tālā redzes lauka perifērijā. Izvēlētais

bioloģiskās kustības stimula lielums bija nemainīgs (7 grādi) un tas bija vienāds centrālajā redzes laukā un perifērijā (stimula izmērs tika izvēlēts, balstoties uz *Ikeda et al. (2005)* novērojumiem).

Lai gan demonstrējot stimulu redzes lauka perifērijā, dalībnieku reakcijas laiks bija ilgāks, nekā centrālajā redzes laukā, dalībnieku sniegunā netika novērotas būtiskas atšķirības: dalībnieki spēja vienlīdz precīzi novērtēt bioloģiskās kustības pārvietojuma virzienu centrālajā redzes laukā un 10 grādu redzes lauka ekscentritātē. Pievienojot stimulam vizuālo troksni un novērtējot, kā mainās spēja atpazīt bioloģisko kustību dažādu vizuālo trokšņu apstākļos (lineāra punktu kustība; mirgojoši punkti; punkti, kas pārvietojas pa tādām pašām trajektorijām kā bioloģiskās kustības punkti), tika novērots, ka visu veidu vizuālais troksnis straujāk samazina dalībnieku snieguma precizitāti (2.5. att.)



Att. 2.5. Bioloģiskās kustības atpazīšana centrālajā redzes laukā (A) un 10 grādu ekscentritātē (B). Dalībnieki bija spējīgi vienlīdz precīzi noteikt bioloģiskās kustības pārvietošanās virzienu gan centrālajā, gan perifērajā redzes laukā gadījumā, ja objekts bija iekļauts mainīgā troksnī (flikera troksnis). Demonstrējot objektu vizuālajā troksnī, kur punktu kustību trajektorija sakrita ar bioloģiskās kustības pārvietojumu, sniegums bija būtiski zemāks kā centrālajā redzes laukā (*Thompson, Hansen, Hess & Troje, 2007*)

Thompson et al. (2007) pētījumā gūtie rezultāti norādīja, ka bioloģiskās kustības analīze perifērajā redzes laukā var tikt balstīta uz lokālo punktu pārvietojuma analīzi. Novērotā snieguma pasliktināšanās perifērajā redzes laukā uzdevumos, kuros nepieciešams izšķirt bioloģisko kustību no vizuālo troksni veidojošiem punktiem, kur katra punkta pārvietojuma trajektorija sakrita ar kādu no bioloģisko kustību veidojošiem punktiem, norāda uz traucētu objekta atdalīšanu no fona, kas, iespējams, raksturīgi arī citiem redzes uzdevumiem.

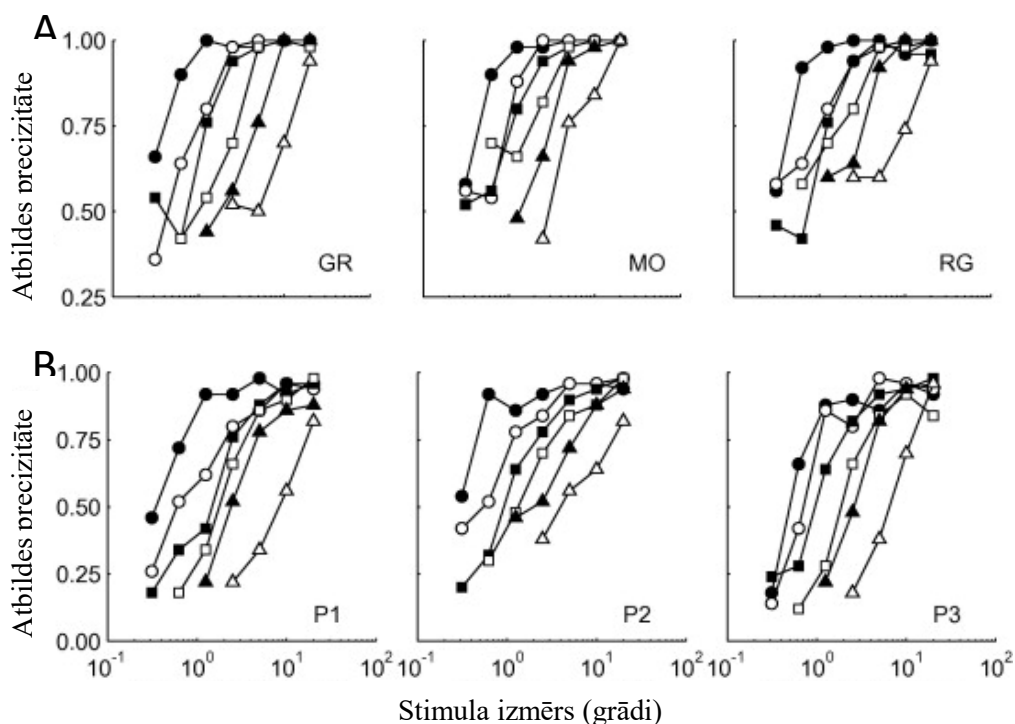
Ņemot vērā, ka *Ikeda et al. (2005)* pētījumā bija nepieciešams izšķirt piecus dažādus bioloģiskās kustības stimulus, savukārt *Thompson, Hansen, Hess un Troje (2007)* pētījumā

dalībniekiem tika dota instrukcija noteikt, vai objekts pārvietojas pa labi vai pa kreisi, novērotās atšķirības iegūtajos rezultātos iespējams saistāmas ar uzdevuma sarežģītības pakāpi. Lai to izvērtētu *Gurnsey, Roddy, Ouhana* un *Troje* (2008) izstrādāja pētījumu, kurā izvērtēja, vai uzdevuma sarežģītība ietekmē bioloģiskās kustības uztveri redzes lauka perifērijā. Dalībniekiem tika doti divi uzdevumi: noteikt, kurš no pieciem iepriekš demonstrētiem bioloģiskās kustības objektiem tiek rādīts, kā arī novērtēt objekta pārvietošanās virzienu. Atšķirībā no iepriekš aprakstītajiem pētījumiem, objekta atpazīšanas uzdevumā bioloģiskās kustības objektu veidoja kāds no pieciem iepriekš demonstrētiem stimuliem un netika izmantots vizuālais troksnis. Savukārt objekta virziena noteikšana tika sarežģīta, izmantojot objektus, kas pārvietojas ± 4 grādus no taisna pārvietošanās virziena (nevis ± 90 grādus no taisna pārvietošanās virziena kā tas ir uzdevumos, kur dalībnieks pārvietojas pa labi vai pa kreisi). Stimuli tika demonstrēti centrālajā redzes laukā, kā arī 1, 2, 4, 8 un 16 grādus tālās redzes lauka ekscentritātēs. Lai kompensētu kortikālā palielinājuma radītās atšķirības redzes uztverē, izvēlētie stimula lielumi bija: 0.312, 0.625, 1.25, 2.5, 5, 10 un 20 grādi.

Rezultātu analīzē tika vērtēta precizitāte, ar kādu dalībnieki spēja atpazīt bioloģisko kustību un noteikt objekta pārvietošanās virzienu. Līdzīgi kā *Ikeda et al.* (2005) un *Thompson et al.* (2007) pētījumos, tika novērots, ka, palielinot stimula lielumu, uzlabojas dalībnieku sniegums gan centrālajā redzes laukā, gan redzes lauka perifērijā (2.6. att.). Turklāt pietiekams stimula palielinājums spēja izlīdzināt sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā gan virziena noteikšanas, gan objekta atpazīšanas uzdevumos.

Gurnsey et al. (2008) pētījumā gūtie rezultāti ļāva secināt, ka centrālais redzes lauks nav specializēts bioloģiskās kustības analīzei. Iegūtās atšķirības ar *Ikeda et al.* (2005) pētījumu iespējams saistāmas ar vizuālā trokšņa izmantošanu. Autori pieļāva, ka, izmainot *Ikeda et al.* (2005) pētījumu un sniedzot uzdevumu atpazīt dažādas bioloģiskās kustības aktivitātes (iešana, skriešana, lekšana, speršana un mešana) bez vizuālā trokšņa, sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā būtu iespējams izlīdzināt.

Gan *Thompson et al.* (2007), gan *Gurnsey et al.* (2008) pētījumos tika izmantots bioloģiskās kustības stimuli ar fiksētu kustības virzienu (± 4 vai ± 90 grādi). Tāpēc *Gurnsey, Roddy* un *Troje* (2010) paplašināja iepriekš veikto pētījumu, novērtējot minimālo pagrieziena leņķi no taisna skatu punkta (virzība uz priekšu), pie kura iespējams novērtēt bioloģiskās kustības pārvietošanās virzienu. Pētījumā tika arī novērtēts, kā mainās dalībnieku sniegums, ja tiek demonstrēta tikai pēdu kustība vai bioloģiskās kustības stimul, kas nesatur informāciju par pēdu pārvietošanu, kā arī kā mainās spēja noteikt bioloģiskās kustības virzienu, ja dalībniekiem tiek dots vēl viens paralēls uzdevums. Stimuli tika rādīti centrālajā redzes laukā, kā arī 1, 2, 4, 8 un 16 grādu tālā redzes lauka perifērijā, pielāgojot stimula leņķisko lielumu.



Att. 2.6. Bioloģiskās kustības virziena noteikšana (A) un objekta atpazīšana (B) centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Gūtie rezultāti norāda uz vienlīdz precīzu uzdevumu izpildi centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā (Gurnsey, Roddy, Ouhana & Troje, 2008).

Pētījumā tika novērots, ka bioloģiskās kustības objekta palielinājums spēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā, turklāt dalībnieki bija spējīgi noteikt bioloģiskās kustības pārvietojuma virzienu, pat ja kustība bija novirzīta tikai ± 1.5 grādus uz labo vai kreiso pusi no skata taisni uz priekšu. Izvērtējot pēdu nozīmi uzdevumos, kur bioloģiskās kustības virziens bija tikai nedaudz novirzīts no skata taisni uz priekšu (atšķirībā no iepriekš veiktiem pētījumiem kur kustības virziens ir ± 90 grādus uz labo vai kreiso pusi), iegūtie rezultāti pierādīja, ka stimuliem, kas nesatur informāciju par pēdu pārvietojumu ir augstāks uztveres sliekšnis: bioloģiskās kustības stimula virzienu iespējams noteikt tikai tad, kad tas ir novirzīts vairāk kā ± 1.5 grādus uz labo vai kreiso pusi. Atstājot tikai informāciju par pēdu pārvietojumu, iegūtās sliekšņa vērtības kļūst mazākas. Iegūtie rezultāti vēlreiz apstiprina lokālās informācijas analīzes procesu nozīmi bioloģiskās kustības virziena noteikšanā (Gurnsey, Roddy & Troje, 2010).

Gurnsey *et al.* (2010) pētījumā tika izvērtēts, kā mainās spēja izvērtēt bioloģiskās kustības pārvietošanās virzienu, ja dalībniekam tiek dots paralēls uzdevums noteikt, vai kāds no četriem redzes lauka perifērijā demonstrētajiem objektiem ir mainījis savu virzienu. Atšķirībā no Thornton *et al.* (2002) pētījuma, kur tika demonstrēts, ka paralēli veikts uzdevums samazina snieguma precizitāti, Gurnsey *et al.* (2010) veidotajā pētījumā netika pierādīta būtiska

paralēli veicamā uzdevuma ietekme uz bioloģiskās kustības virziena noteikšanu. Iegūtā rezultātu starpība tiek skaidrots ar atšķirīgi veidotajiem eksperimentiem (*Gurnsey et al.* (2010) neizmantoja vizuālo troksni, kā arī paralēli veicamais uzdevums tika veidots atšķirīgi no *Thornton et al.* (2002) pētījuma) un rosināja diskutēt par uzmanības procesiem bioloģiskās kustības uztverē. Veidojot paralēlu uzdevumu, būtiski jāizvērtē sniegtās instrukcijas un tas, vai paralēli veidotā uzdevuma veikšanā ir būtiski tie paši uzmanības procesi, kas nodrošina bioloģiskās kustības uztveri (*Gurnsey, Roddy & Troje*, 2010).

2.4. Acu kustību analīze vizuālās uztveres procesu izpētē

Vizuālās informācijas uztvere visā redzes laukā nav vienmērīga, un spēja analizēt objektu smalkākās detaļas ir iespējama tikai tad, ja objekta attēls ir projicēts uz foveolas apgabala (tīklenes centrālās daļas). Tāpēc, lai izvērtētu interesi piesaistošā objekta īpašības, ir nepieciešams apzināti vai neapzināti vērst uz to skatu. Acu kustības nodrošina iespēju strauji mainīt skatu no viena interesi piesaistošā objekta uz otru, analizējot to īpašības, neiesaistot galvas vai visa ķermeņa kustības. Pieejamās vizuālās informācijas daudzuma un ierobežoto informācijas apstrādes resursu dēļ, rodas nepieciešamība izvērtēt, kuru objektu īpašības ir nepieciešams analizēt padziļināti un tādējādi uz kuriem objektiem ir nepieciešams vērst skatu. Tāpēc acu kustību programmēšana un izpilde ir cieši saistīta ar redzes, dzirdes un citu maņu uzmanības procesiem (*Richardson, Dale & Spivey*, 2007; *Hoffman & Subramaniam*, 1995; *Russo & Bruce*, 1994), un to analīze ir viens no biežāk izmantotajiem rīkiem vizuālās informācijas uztveres un uzmanības procesu izpētē.

Lai gan acu kustības ir cieši saistītas ar redzes uzmanības procesiem (skata virziens tiek vērst uz uzmanību piesaistošiem objektiem), *Posner* (1980) nodemonstrēja iespēju atdalīt uzmanības procesus no acu kustību programmēšanas, saglabājot centrālu fiksāciju un joprojām pievērst uzmanību noteiktam apgabalam redzes lauka perifērijā. Salīdzinot reakcijas laiku stimula pamanīšanai, *Posner* (1980) rezultāti norādīja, ka reakcijas laiks, kas nepieciešams stimula pamanīšanai, ir mazāks, ja apgabalam iepriekš tiek pievērsta netiešā uzmanība, nekā tad, ja netiešā uzmanība netiek pievērsta (t.i. tiek saglabāta centrāla fiksācija, un uzmanība tiek netieši pievērsta kādam noteiktam redzes lauka apgabalam). Redzes sistēmas spēja pievērst uzmanību noteiktam redzes lauka apgabalam, nemainot skata virzienu, ir demonstrēta arī jaunākos pētījumos, piemēram *Tse, Caplovitz & Hsieh* (2009) pētījums, kur tiek aprakstīta autoru veidota redzes ilūzija. Ilūzija demonstrē, ka, saglabājot centrālu fiksāciju un pievēršot uzmanību vienam no trīs redzes lauka perifērijā demonstrētiem apļiem, novērojams, ka aplis, kam uzmanība tiek pievērsta, kļūst tumšāks. Mainot uzmanību un pievēršot to kādam no

pārējiem apliem, atkal novērojama krāsu maiņa: aplis, kam tika pievērsta uzmanība iepriekš, kļūst gaišāks, savukārt nākamais aplis kļūst tumšāks.

Līdzīgi kā iepriekš veiktos pētījumos, *Rayner* (2009) norāda, ka uzmanību iespējams sadalīt tiešajā (*overt*), kad skata virziens tiek vērsts uz uzmanību piesaistošo objektu, un netiešajā (*covert*) daļā, kur skata virziens nesakrīt ar redzes lauka apgabalu, kam tiek pievērsta uzmanība. *Rayner* (2009) izvērtēja uzmanības nozīmi lasīšanas, ainavu apskates un vizuālās meklēšanas uzdevumos. Pētījumā gūtie rezultāti norāda, ka, lai gan ir iespējams apzināti atdalīt uzmanību no skata virziena (t.i. skatīties uz fiksācijas objektu, pievēršot uzmanību perifērijā demonstrētam objektam vai redzes lauka apgabalam), sarežģītos redzes uzdevumos un dabīgos apstākļos uzmanības atdalīšana no skata virziena noris tikai pirms skata virziena maiņas uz nākamo fiksācijas objektu kā daļa no skata pārneses programmēšanas.

2.4.1. Acu kustību īpašības

Atkarībā no to funkcijas acu kustības var iedalīt divās kategorijās: veikt skata pārnesi uz interesē piesaistošo objektu un nodrošināt stabilu fiksāciju uz apskatāmo objektu. Fiksācijas stabilizācijas acu kustības nodrošina attēla stabilizāciju uz tīklenes gadījumos, kad pārvietojas pats novērotājs (skata stabilizāciju nodrošina vestibulāri-okulārais reflekss) vai kad pārvietojas liels vizuālās informācijas apgabals (optokinētiskais nistagms). Skata pārnese uz uzmanību piesaistošo objektu un kustīga objekta izsekošana tiek veikta ar sakādisko acu kustību un lēnas sekošanas acu kustību palīdzību (*Cuifredda & Tannen*, 1995; "Taxonomy: the classification of eye movements", 2004).

Pētījumos, kuros apskata uzmanības procesu saistību ar acu kustību programmēšanu, visplašāk apskatītas ir sakādiskās acu kustības (*Hoffman*, 1998). Sakādes ir straujas acu kustības, kas noris 3-4 reizes sekundē, un to galvenais uzdevums ir veikt skata pārnesi uz uzmanību piesaistošo objektu, tādējādi nodrošinot redzes uztveres sistēmu ar secīgu informāciju par apkārtējās vides īpašībām un ļaujot veikt dažādu objektu padziļinātu analīzi (*Richardson, Dale & Spivey*, 2007). Sakādisko acu kustību laikā, redzes sistēmai ir paaugstināts vizuālās informācijas uztveres sliekšnis, kas nozīmē, ka sakāžu laikā vizuālā informācija netiek uztverta. Šo sakādisko acu kustību īpašību sauc par sakāžu supresiju (*saccadic suppression*) (*Cuifredda & Tannen*, 1995).

Vizuālās informācijas uztvere noris fiksāciju laikā, kas ir relatīvi nekustīgs acu stāvoklis starp divām sakādēm (*Rayner*, 2009). Izvēlētais fiksācijas mērķis un sakādiskās acu kustības tiek saistītas ar uzmanības procesiem, acu kustību analīzē, kur tiek vērtēta uzmanības un apziņas (kognitīvie) procesu norise, tiek vērtēti arī fiksāciju parametri: fiksācijas novietojums, ilgums un fiksācijas ilguma izmaiņas (*Mills, Hollingworth, Van der Stigchel, Hoffman & Dodd*, 2011).

Kā norāda *Rayner* (2009) vidējais fiksācijas ilgums lasīšanas, ainavu apskates un vizuālās meklēšanas uzdevumos ir 250-350 milisekundes. Turklāt šis lielums, līdzīgi kā sakādisko acu kustību parametri (sakādes amplitūda, latence), ir atkarīgs no pētījuma dalībniekiem sniegtā uzdevuma un instrukcijām. Piemēram, vidējais fiksācijas ilgums vizuālās meklēšanas uzdevumos ir būtiski mazāks kā ainavu apskates uzdevumos vai uzdevumos, kuros nepieciešams atcerēties noteiktus elementus (*Rayner, 2009; Mills et al., 2011*). Vidējais ilgums ir atšķirīgs pat gadījumos, kad dalībniekiem liek izlasīt tekstu klusībā un skaļi (*Rayner, 2009*).

Lai gan salīdzinājumā ar sakādēm, kas ir straujas acu kustības un spēj sasniegt ātrumu līdz pat 650 grādiem sekundē (*Cuiffreda & Tannen, 1995*), fiksācijas šķiet kā nekustīgs acu stāvoklis, tomēr arī fiksāciju laikā ir novērojamas nelielas acu kustības: tremors, dreifs un mikrosakādes. Tiek uzskatīts, ka viena no galvenajām fiksācijas acu kustību lomām redzes uztverē ir novērst tīklenes šūnu neirālo adaptāciju: nemainīgs tīklenes apgaismojums samazina neirālo atbildi, un novērotājs ziņo par attēla "izbalēšanu" savukārt, straujas apgaismojuma izmaiņas, rada spēcīgu neirālo atbildi, un novērotājs spēj pamanīt objektu un noteikt tā īpašības. Nelielas amplitūdas apgaismojuma izmaiņas uz tīklenes nodrošina fiksācijas acu kustības, kā rezultātā uztvertais attēls neizbalē (*Martinez-Conde, Macknik & Hubel, 2004; Martinez-Conde, 2006*).

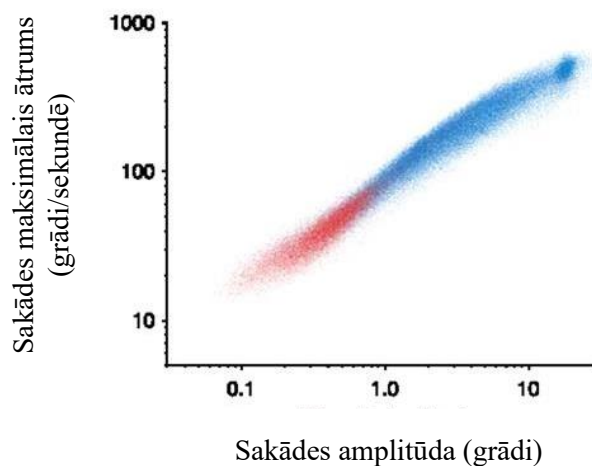
Tremors ir augstas frekvences (30-100Hz), nelielas amplitūdas (150-2500nm) acu kustības, kuras lielākoties nepārsniedz vienas tīklenes uztverošās šūnas (vālītes vai nūjiņas) diametru. Tā kā augstās frekvences dēļ ir grūtības izšķirt tremoru no acu kustību pieraksta iekārtas radītās kļūdas, tremora nozīme redzes uztverē vēl nav pilnībā noskaidrota. *Cuiffreda* un *Tannen* (1995) tremoru apraksta kā okulomotorās (acu kustību) sistēmas troksni, ko rada nevienmērīga nervu impulsu sūtīšana, savukārt, *Martinez-Conde, Macknik* un *Hubel* (2004) vienā no plašāka aprakstītajiem fiksācijas acu kustību pētījumiem, norāda, ka tremors piedalās primārās vizuālās sistēmas aktivitātes noturēšanā. Tā kā fiksācijas acu kustības lielākoties nav lielākas par foveas apgabalu, to laikā nav novērojamas attēla izmaiņas un redzes asuma pasliktināšanās (*Cuiffreda & Tannen, 1995*). Kā arī tremora analīze reti tiek iekļauta uzmanības procesu izvērtēšanā.

Dreifs ir lēnas acu kustības, kuru amplitūda ir vairāku fotoreceptoru lielumā, un tas aizņem aptuveni 95% no fiksācijas laika. Līdzīgi kā tremors, dreifs tiek uzskatīts par okulomotorās sistēmas troksni, taču dreifam ir arī kompensējoša loma gadījumos, kad pacientam ir traucēta mikrosakāžu sistēma (*Martinez-Conde et al., 2004*).

Trešais fiksācijas acu kustību veids ir mikrosakādes, kas tiek veiktas 1-2 reizes sekundē (*Cuiffreda & Tannen, 1995*) un pārvieto attēlu par vairākiem desmitiem vai pat simtiem fotoreceptoru. To galvenais uzdevums ir labot dreifa radītās neprecizitātes (novirzes no

fiksācijas punkta) un novērst tīklenes neirālo adaptāciju (*Martinez-Conde et al., 2004*). Mikrosakāžu programmēšana tiek saistīta arī ar uzmanības procesu norisi: *Engbert un Kliegl* (2003) demonstrēja, ka uzdevumos, kur nepieciešams saglabāt centrālo fiksāciju, taču netiešā uzmanība tiek pievērsta noteiktam apgabalam redzes lauka perifērijā (līdzīgi kā *Posner* (1980) pētījumā) novērojamas mikrosakāžu frekvences izmaiņas, kā arī mikrosakāžu virziens ir vairāk vērsts uzmanību piesaistošā apgabala virzienā.

Lai izvērtētu acu kustību un fiksāciju parametrus, ir nepieciešams atdalīt mikrosakādes no sakādēm, tādējādi nosakot, kuras acu kustības ir notikušas fiksācijas ietvaros un kuras ir pārnesešas skata virzienu uz uzmanību piesaistošo objektu. Tā kā acu kustību (okulomotorā) sistēma ir spējīga programmēt arī ļoti nelielas amplitūdas sakādes, mikrosakāžu atdalīšana no sakādēm nevar būt balstīta tikai uz acu kustību amplitūdu (*Rolfs, 2009*). Tiek uzskatīts, ka sakāžu un mikrosakāžu norisi nodrošina līdzīgi okulomotorie mehānismi, ko apstiprina gan sakāžu, gan mikrosakāžu atbilstība sakādisko acu kustību galvenajai sakarībai (*main sequence*). Sakādisko acu kustību galvenā sakarība nosaka, ka dubultlogaritmiskajā (log-log) mērogā ir novērojama lineāra sakarība starp sakādisko acu kustību amplitūdu un kustības maksimālo ātrumu: lielākas amplitūdas sakādēm ir raksturīgs lielāks maksimālais ātrums (2.7. att) (*Otero-Millan, Troncoso, Macknik, Serrano-Pedraza, Martinez-Conde, 2008*).



Att. 2.7. Sakādisko acu kustību galvenā sakarība. Palielinoties sakādisko acu kustību amplitūdai novērojams gan skata pārnese sakāžu (zilā krāsā), gan mikrosakāžu (sarkanā krāsā) maksimālā ātruma palielinājums (*Otero-Millan, Troncoso, Macknik, Serrano-Pedraza, Martinez-Conde, 2008*).

Attēlā 2.7. ir novērojams, kā pārklājas sakāžu un mikrosakāžu amplitūdu lielumi uzdevumos, kur nepieciešams apskatīt attēlu vai saglabāt fiksāciju uz demonstrēto objektu. Un lai gan ir novērojami citi parametri, kas mikrosakādēm un sakādēm ir atšķirīgi (piemēram, frekvence) (*Otero-Millan et al., 2008*), pētījumos, kur tiek salīdzinātas sakādes un

mikrosakādes, kā galvenais kritērijs tiek izmantotas dalībniekam sniegtās instrukcijas: mikrosakāžu izpētē dalībnieku uzdevums ir saglabāt fiksāciju uz demonstrēto fiksācijas objektu (*Martinez-Conde, 2006*)

2.4.2. Globālais efekts sakādisko acu kustību programmēšanā

Dabīgos apstākļos vienlaikus ir pieejams liels daudzums vizuālās informācijas, un nereti vairāki objekti novērotāja uzmanību piesaista vienlaicīgi. Tāpēc, lai vienlaicīgi apgūtu lielāku daudzumu vizuālās informācijas, redzes sistēma ir adaptējusies, skata pārnese veicot uz apgabalu starp uzmanību piesaistošajiem objektiem nevis tikai uz viena izvēlēta objekta centru. Tendenci pārnest skatu starp vairākiem uzmanību piesaistošiem objektiem (objektu gravitācijas centrā) tiek saukta par sakādisko acu kustību globālo efektu (*Coren & Hoenig, 1972; Van der Stigchel & Nijboer, 2011*).

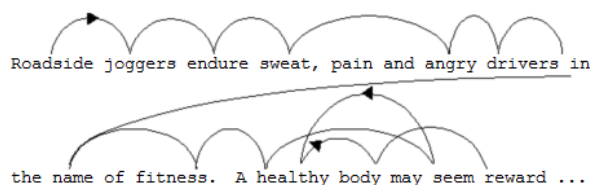
Pētījumos, kuros izvērtē sakādisko acu kustību globālo efektu, lielākoties tiek demonstrēts fiksācijas objekts, sakādes mērķa objekts un viens vai vairāki distraktori (uzmanību piesaistoši objekti, kuri nav būtiski uzdevuma veikšanā). Lai gan distraktoru nav nepieciešams apskatīt, sakādisko acu kustību globālais efekts nosaka, ka sakādes virziens pēc skata pārnese tiek novirzīts no mērķa objekta un pietuvots distraktoram. Globālā efekta izpētes pētījumi nosaka, ka skata virziens pēc sakādes veikšanas ir atkarīgs no distraktora atrašanās vietas (novirze no sakādes mērķa objekta ir lielāka, ja distraktors atrodas starp fiksācijas objektu un mērķa objektu), izmēra (skata virziens pēc sakādes ir novietots tuvāk lielākajam stimulam), intensitātes (skata virziens pēc sakādes ir novietots tuvāk spožākajam stimulam) un novērotāja spējas izšķirt objektu no fona (*Van der Stigchel & Nijboer, 2011*).

2.4.3. Lasīšanas acu kustības

Mičiganas lasīšanas asociācija (*Michigan Reading Association*) lasīšanas procesu ir definējusi kā mijiedarbību starp lasītāju, tekstu un informācijas apguves kontekstu, kā rezultātā uztveres sistēmā veidojas kopēja, nozīmi saturoša, informācijas vienība. (*Wixson, Peters, Weber & Roeber, 1987*). Valodas uztvere ir sarežģīts process, kas ietver atsevišķa vārda uztveri, atpazīšanu, nozīmes piešķiršanu (arī metaforu izpratni) un kopējā konteksta veidošanos (*Richardson, Dale & Spivey, 2007*). Tikai pēc grafēma informācijas (simbolu nozīmes) apstrādes ir iespējams veikt arī leksiskās informācijas apstrādi. Ņemot vērā, ka informāciju nesošie simboli (burti, hieroglifi u.c.) satur smalkas detaļas, kuru analīzei ir nepieciešama augsta izšķirtspēja, lasīšanas un leksiskās informācijas uztveres procesu izvērtēšanā var tikt izmantota acu kustību analīze.

Lasīšanas procesā skata pārnese no vārda uz vārdu tiek veikta ar sakādisko acu kustību palīdzību, kuru amplitūda ir vidēji 2 grādi jeb 7-9 simboli (skat. att. 2.8.) (Rayner, 1998) Starp sakādēm ir novērojamas fiksācijas, kuru laikā tiek uztverta vizuālā informācija un kuru vidējais ilgums ir 200-250 milisekundes. Lasot tekstu angļu valodā vienas fiksācijas laikā lasītājs ir spējīgs uztvert informāciju, kas atrodas 3-4 simbolus pa kreisi un 14-15 simbolus pa labi no fiksācijas punkta (Rayner, 1998).

Lai gan lasīšanas laikā fiksācijas tiek veiktas uz lielāko daļu no teksta vārdiem, daļa no vārdiem tiek izlaista. Lasīšanas laikā fiksācija tiek veikta uz 85% no teksta satura vārdiem un 35% no saikļiem un ievadvārdiem. Samazinātais fiksāciju daudzums uz saikļiem un ievadvārdiem ir tieši saistāms ar vārda garumu: jo īsāks vārds, jo lielāka varbūtība, ka tas tiks izlaists. 2-3 burtus gari vārdi tiek fiksēti tikai 25% gadījumos, savukārt 8 burtu gari vārdi tiek fiksēti gandrīz vienmēr (Rayner, 1998; Richardson, Dale & Spivey, 2007).



Att. 2.8. Lasīšanas acu kustības. Lasīšanas procesā skata pārnese no vārda uz vārdu tiek veikta ar sakādisko acu kustību palīdzību (Larson, 2004).

Lai gan lielākā daļa sakāžu latviešu un angļu valodā tiek veiktas no kreisās uz labo pusi, aptuveni 15% no visām sakādēm tiek veiktas pa kreisi jeb atpakaļ uz kādu iepriekš lasītu teksta daļu. Šādas sakādes tiek sauktas par regresijām. Īsākās regresijas viena vārda ietvaros tiek saistītas ar neprecīzi programmētu (pārāk garu) sakādi, kā rezultātā vārda nozīmi nav iespējams uztvert, savukārt lielākas amplitūdas regresijas tiek veiktas gadījumos, kad ir radušās grūtības izprast teksta nozīmi. Sakādes pretējā virzienā (no labās uz kreiso pusi, lasot tekstu angļu valodā) ir novērojamas arī katras rindiņas beigās, kad skatiens tiek vērsts uz nākamās rindas sākumu (Rayner, 1998; Richardson et al., 2007).

Kā tika minēts iepriekš, vidējais fiksācijas ilgums lasīšanas uzdevumos angļu valodā ir 200-250 milisekundes, taču jāņem vērā, ka rezultāti ir būtiski atšķirīgi starp dažādiem lasītājiem, un pat vienam lasītājam vienas rindkopas ietvaros var būt novērojamas fiksācijas, kas ir robežās no 100 līdz 500 milisekundēm. Lasīšanas acu kustību parametrus ietekmē ne tikai lasītāja individuālās iemaņas, bet ar teksta sarežģītību (pieaugot teksta sarežģītībai, novērojamas garākas sakādes, ilgākas fiksācijas, un palielinās regresiju daudzums), kā arī teksta drukas kvalitāte, teksta līnijas garums un attālums starp burtiem (Rayner, 1998).

Lasīšanas uztveres logs raksturo simbolu skaitu, ko iespējams uztvert vienas fiksācijas laikā. Aizstājot ārpus fiksācijas demonstrētos vārdus ar citiem burtiem vai vārdiem, kas neiekļaujas kopējā kontekstā, novērojama lasīšanas snieguma pasliktināšanās. Efektīvais uztveres logs, no kura tiek uztverta teksta nozīme ir 3-4 simboli pa kreisi un 14-15 simboli pa labi no fiksācijas punkta (*Rayner, 2008*). Rakstībām, kas ir no labās uz kreiso pusi (piemēram, ebreju rakstības sistēma), lasīšanas logs saglabā savu asimetriju, taču tā ir vērsta pretējā virzienā: 14-15 simbolus pa kreisi no fiksācijas punkta (*Pollatsek, Boložky, Well & Rayner, 1981*). Efektīvā lasīšanas loga izmērs ir atkarīgs arī no novērotāja lasītprasmes: prasmīgiem lasītājiem uztveres logs ir lielāks, nekā “lēniem” lasītājiem (*Rayner, Slattery & Bélanger, 2010*)

Ņemot vērā, ka lasīšanas process ietver gan teksta nozīmes apstrādi, gan nākamās sakādes programmēšanu, tiek veikti pētījumi, kas izvērtē, kā šie procesi savstarpēji mijiedarbojas. Lai izvērtētu, cik liela nozīme sakādisko acu kustību programmēšanā lasīšanas uzdevumos ir teksta semantiskās (jēdzieniskās) informācijas apstrādei, *Vitu, O'Regan, Inhoff* un *Topolski* (1995) izveidoja lasīšanai līdzīgu uzdevumu, kur katrs teksta burts tika aizstāts ar burtu “z”, saglabājot teksta kopējo izkārtojumu (vārdu garumus un pieturzīmes). Salīdzinot acu kustību parametrus lasīšanai un lasīšanai līdzīgajam z-rindu skenēšanas uzdevumam, pētījumā tika vērtēts, vai sakādisko acu kustību programmēšanu lasīšanas uzdevumos veicina teksta informācijas apstrāde vai arī acu kustību programmēšana ir autonom process, kas nav balstīts teksta semantiskās apstrādē (*Vitu, O'Regan, Inhoff & Topolski, 1995; Reichle, Reineberg, & Schooler, 2010*). *Vitu et al.* (1995) pētījumā gūtie rezultāti norādīja, ka sakādisko acu kustību parametri lasīšanas uzdevumos un z-rindu skenēšanā ir līdzīgi, t.i. novērojamas līdzības fiksāciju ilgumu sadalījumos, īsākie vārdi tiek fiksēti retāk, un ir novērojamas līdzīgas tendences fiksācijas pozīcijas novietojumā uz vārda un līdzīga refleksāciju saistībā ar iepriekšējās fiksācijas pozīciju. Balstoties uz gūtajiem rezultātiem, tika secināts, ka acu kustību programmēšana lasīšanas uzdevumos ir balstīta uz iepriekš apgūtu okulomotoru programmu, kas nosaka, uz kuru vārdu tiks veikta nākamā fiksācija, un cik daudz fiksācijas būs nepieciešams veikt viena vārda ietvaros. Lai gan acu kustības lasīšanas uzdevumos tiek programmētas automātiski un tiek balstītas uz dzīves laikā veidojušos okulomotoro stratēģiju, novērojams, ka teksta leksiskā informācija tomēr ievieš noteiktas korekcijas acu kustību parametrus. Lasīšanas uzdevumos ir novērojamas īsākas fiksācijas, kā arī ir mazāks daudzums nelielas amplitūdas (mazāk par 2.5 grādiem) sakāžu (*Vitu, O'Regan, Inhoff & Topolski, 1995*).

Teksta semantiskās (jēdzieniskās nozīmes) ietekmi uz acu kustību programmēšanu, ir demonstrējis arī *Rayner & Fischer* (1996). Līdzīgi kā *Vitu et al.* (1995) pētījumā, autori izvērtēja sakādisko acu kustību parametrus lasīšanā, z-rindu skenēšanā un meklēšanas uzdevumos, kā arī noteica vārdu sastopamības ietekmi uz raksturīgajiem acu kustību

parametriem. Rezultāti atkārtoti norādīja uz īsākām fiksācijām un garākām sakādēm lasīšanas uzdevumos. Turklāt *Rayner* un *Fischer* (1996) norādīja, ka vārdu izlaišanas varbūtība lasīšanas uzdevumos tiek balstīta uz vārda sastopamību, savukārt z-rindu skenēšanā- uz vārdu garumu. Lai gan dzīves laikā apgūtais lasīšanas process var noteikt dažādus acu kustību parametrus, piemēram, fiksācijas novietojamību uz vārda un fiksāciju ilgumu sadalījumu, lēmums par acu kustību programmēšanu uz nākamo vārdu vai viena vārda ietvaros ir balstīta uz teksta semantikas apstrādi (*Rayner & Fischer, 1996*).

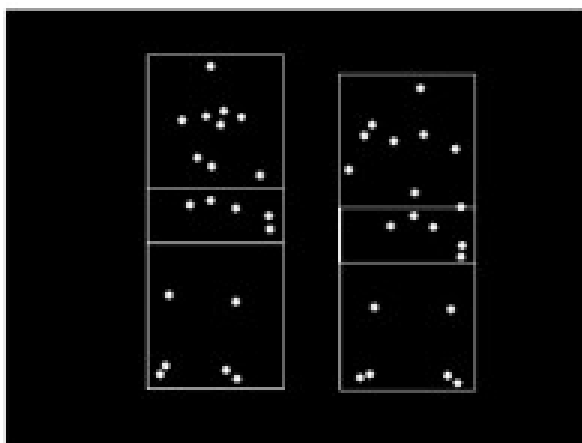
2.4.4. Acu kustību analīze bioloģiskās kustības izpētē

Acu kustību analīze sniedz ieskatu vizuālās informācijas apstrādes procesos, kā arī ļauj izvērtēt novērotāja tiešo un netiešo uzmanību. Tieši tāpēc acu kustību analīze, kas ir objektīva un mūsdienās galvenokārt neinvazīva metode, tiek izmantota dažādu uztveres procesu pētniecībā (lasīšana, meklēšana, attēlu apskate u.c.) (*Rayner, 2008*). Acu kustību analīze tiek izmantota arī vizuālās informācijas grupēšanas pētījumos, taču pētījumos gūtie rezultāti nav viennozīmīgi. *Ghose, Hermens & Wagemans* (2012) demonstrēja, ka vizuālās informācijas grupēšana pēc līdzīga novietojuma veicina sakādisko acu kustību programmēšanu un samazina latences lielumu. Taču šo pašu autoru vēlākos pētījumos (*Ghose & Wagemans, 2013*), salīdzinot dažādus vizuālās informācijas grupēšanas principus, latences samazinājums netiek novērots.

Acu kustību analīze kā uzmanības procesus raksturojoša metode tiek izmantota arī pētījumos, kas apraksta bioloģiskās kustības uztveri. *Shi, Weng, He un Jiang* (2010), demonstrējot bioloģiskās kustības stimulus redzes lauka centrā, izvērtēja spēju noteikt Gabora režģa virzienu redzes lauka perifērijā, un tādējādi arī bioloģiskās kustības uztveres ietekmi uz netiešās uzmanības procesiem. Izmantojot *Shi, Weng, He un Jiang* (2010) pētījumam līdzīgus stimulus *Hirai, Saunders un Troje* (2011) izvērtēja bioloģiskās kustības analīzes procesu ietekmi uz acu kustību parametriem. Eksperimenta dalībniekiem tika demonstrēts bioloģiskās kustības stimulss, kas tika veidots no zaļiem vai sarkaniem punktiem. Balstoties uz punktu krāsu, dalībniekiem bija jāveic skata pārneši pa labi vai pa kreisi no bioloģiskās kustības objekta. Nepieciešamās skata pārneses virziens varēja sakrist vai nesakrist ar bioloģiskās kustības pārvietošanās virzienu. Iegūtie rezultāti norādīja, ka gadījumos, kad sakādes mērķa virziens nesakrita ar bioloģiskās kustības objekta pārvietošanās virzienu, dalībniekiem bija novērojams būtiski lielāks uzdevuma reakcijas laiks, kā arī samazināta uzdevuma izpildes precizitāte. Iegūtie rezultāti norādīja, ka bioloģiskās kustības analīze ir straujš process, kas spēj ietekmēt citu tiešo uzmanību prasošu uzdevumu izpildi (*Hirai et al., 2011*). Turklāt, sakāžu reakcijas laika palielināšanos un samazināto precizitāti visvairāk veicināja tieši lokālās informācijas

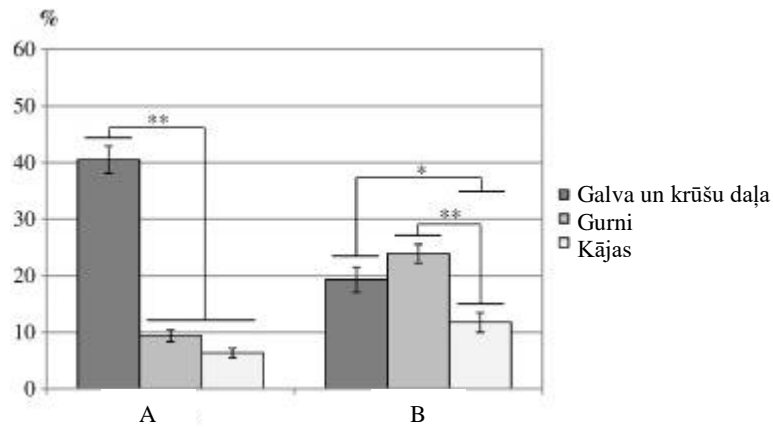
analīze par pēdu pārvietošanu, kas, kā norādīja *Chang un Troje (2009)* ir sākotnējs informācijas apstrādes process.

Roché et al. (2013) izvērtēja, kā noris bioloģiskās kustības uztvere uzdevumos, kur tiek demonstrēti divi bioloģiskās kustības objekti, kas veic savstarpēji saistītas vai nesaistītas aktivitātes. Dalībniekiem bez papildus uzdevumiem tika sniegta instrukcija apskatīt datora ekrānu, kur tika demonstrēts bioloģiskās kustības stimuluss, kamēr tika veikts acu kustību pieraksts. Acu kustību analīzē bioloģiskās kustības stimuluss tika sadalīts trīs apgabalos jeb uzmanības zonās: ķermeņa augšdaļa, gurni un kājas (skat. att. 2.9.). Datu analīzē tika izvērtēts laika posms, kas tika veltīts katras zonas apskatei.



Att. 2.9. *Roché et al. (2013)* pētījumā izveidotie bioloģiskās kustības stimuli un to sadalījums apgabalos tālākai acu kustību analīzei.

Iegūtie rezultāti (skat. att. 2.10.) norādīja, ka uzdevumos, kuros nepieciešams apskatīt divus bioloģiskās kustības stimulus, kas veic savstarpēji saistītas aktivitātes, visilgākais stimula apskates laiks tiek veltīts pašai ķermeņa augšdaļai (galvai un krūšu daļai). Savukārt, ja abi bioloģiskās kustības stimuli veic savstarpēji nesaistītas aktivitātes, ilgākais apskates laiks tiek veltīts gan gurniem, gan ķermeņa augšdaļai (galvai, krūtīm, rokām). Gūtās atšķirības skata virziena laika sadalījumā starp savstarpēji saistītu un nesaistītu bioloģiskās kustības stimulu demonstrāciju tika skaidrotas ar centrālās nervu sistēmas darbību, kas nosaka, ka roku kustības ir sarežģītākas un straujākas, kā arī, salīdzinājumā ar citām ķermeņa daļām, tās veic vairāk dažādas aktivitātes, kas, savukārt, sniedz būtisku informāciju par dzīvās būtnes nolūkiem un darbībām. Tādējādi uzdevumos, kur bioloģiskās kustības objekti veic savstarpēji saistītas aktivitātes, krietni lielāka uzmanība tiek pievērsta tieši ķermeņa augšējais daļai (*Roché et al., 2013*).



Att. 2.10. Skata virziena sadalījums bioloģiskās kustības uztveres uzdevumos objektiem, kas veic savstarpēji saistītas aktivitātes (A) un savstarpēji nesaistītas aktivitātes (B) (Roché et al., 2013).

Lai gan ir zināms, ka bioloģiskās kustības virziena noteikšanā būtiska loma ir lokālās informācijas analīzei par pēdu pārvietojumu (Troje & Westhoff, 2006) un sociālās informācijas analīzē būtiska ir ķermeņa augšdaļas apskate (Roché et al., 2013), līdz šim nav veikti pētījumi, kas apskatītu, kura bioloģisko kustību veidojošā ķermeņa daļa piesaista visvairāk uzmanības objekta atpazīšanas uzdevumos.

Iepriekš aprakstītie pētījumi par vizuālās informācijas grupēšanas, bioloģiskās kustības uztveres un lasīšanas uzdevumiem, rada ieskatu vizuālās informācijas grupēšanas procesu norisē un apraksta vizuālajai informācijai piešķirtās nozīmes ietekmi uz sakādisko acu kustību programmēšanu. Lai gan vizuālās grupēšanas procesi tiek aprakstīti jau kopš 20. gadsimta sākuma, vēl joprojām noris diskusijas, kurā vizuālās informācijas apstrādes posmā noris līdzīgo elementu sagrupēšana un vienotas formas uztveres veidošanās. Turklāt praktiski nav sastopami pētījumi, kuros tiek apskatīta redzes stimulam piešķirtās nozīmes ietekme uz informācijas apstrādes procesiem (tai skaitā vizuālās informācijas grupēšanu).

Bioloģiskās kustības stimulā var tikt uzskatīts kā vizuālās informācijas grupēšanas uzdevums, kur objekti tiek sagrupēti pēc līdzības, novietojuma un līdzīga pārvietošanās virziena (*common fate*). Jāņem vērā, ka šāds vizuālās grupēšanas stimulā veido ne tikai vienotu formu, bet arī priekšstatu par dzīva organisma pārvietojumu un tādējādi arī šī organisma darbībām un nolūkiem.

Literatūras pārskatā apskatītie pētījumi norāda, ka redzes uztveres procesi neapstājas pie tiklīdz veidotā elektriskā signāla nosūtīšanas centrālajai nervu sistēmai un stimula fizikālo īpašību (krāsas, spožuma u.c.) analīzes. Vizuālās informācijas analīze iekļauj vairākus procesus, kuru ietvaros balstoties uz dažādiem ārējiem un iekšējiem faktoriem, tiek izvēlēti noteikti uzmanību piesaistoši objekti, kas tālāk tiek apvienoti lielākās vienībās un izšķirti no

apkārtējā fona. Balstoties uz iepriekšējo pieredzi šiem objektiem tiek piešķirta arī noteikta nozīme. *Vitu, O'Regan, Inhoff & Topolski (1995)* salīdzināja acu kustību parametrus nozīmi nesaturošos z-rindu skenēšanas un lasīšanas uzdevumos. *Vitu et al. (1995)* pētījumā gūtie rezultāti norādīja, ka vidējais fiksācijas ilgums, kas atspoguļo informācijas apstrādes temporālo aspektu, lasīšanas uzdevumos ir mazāks, nekā nozīmi nesaturošo z-rindu skenēšanā, demonstrējot objekta nozīmes veicinošo ietekmi uz informācijas apstrādes procesiem.

Promocijas darba ietvaros izstrādātais pētījums paplašina izpēti par objekta nozīmes ietekmi uz vizuālās informācijas apstrādes procesiem. Izmantojot psihofizikālās pētniecības metodes un acu kustību analīzi, pētnieciskajā daļā tiek izvērtēta vizuālās informācijas grupēšanas un redzes stimulu nozīmes ietekme uz vizuālās informācijas apstrādi un acu kustību programmēšanu. Papildus tiek apskatīti vienkāršas vizuālās informācijas grupēšana pēc objektu līdzības un novietojuma, kā arī bioloģiskās kustības uztvere centrālajā un perifērajā redzes laukā.

3. PĒTĪJUMS

Pētījumā aplūkoti vizuālās grupēšanas procesi centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Apskatot vizuālās grupēšanas uzdevumu saistību ar sakādisko acu kustības programmēšanas procesiem lasīšanas uzdevumos, kā arī vizuālās informācijas grupēšanu nozīmi nesaturošu uzdevumu un bioloģiskās kustības uzdevumu izpildē, tika izvērtēta uzdevuma nozīmes ietekme uz vizuālās informācijas apstrādi un grupēšanu.

3.1. Vizuālās informācijas grupēšana horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos

3.1.1. Uzdevumi

Pētījuma daļas pirmajā apakšnodaļā tiek izvērtēta vizuālās informācijas grupēšanas un uzdevuma leksiskās nozīmes ietekme uz raksturīgajiem acu kustību parametriem horizontālas skenēšanas uzdevumos. Tiek izvirzīti trīs apakšuzdevumi:

1. izvērtēt raksturīgos acu kustību parametrus horizontālas punktu skenēšanas uzdevumos;
2. izvērtēt leksiskās nozīmes ietekmi uz acu kustību parametriem horizontālas skenēšanas uzdevumos;
3. izvērtēt vizuālās grupēšanas ietekmi uz raksturīgajiem acu kustību parametriem horizontālas skenēšanas uzdevumos;

3.1.2. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 10 dalībnieki (7 sievietes un 3 vīrieši) vecumā no 21-34 gadiem. Visiem dalībniekiem bija laba redze tuvumā bez redzes korekcijas ($V=1.0$). Lai samazinātu apziņas (kognitīvo) procesu ietekmi uz acu kustību parametriem, pirms uzdevuma veikšanas dalībnieki netika informēti par pētījuma mērķiem un uzdevumiem. Lai izvērtētu rezultātu noturību, seši pētījuma dalībnieki atkārtoja uzdevumu pēc diviem mēnešiem.

3.1.3. Metode

3.1.3.1. Horizontālās skenēšanas uzdevumi

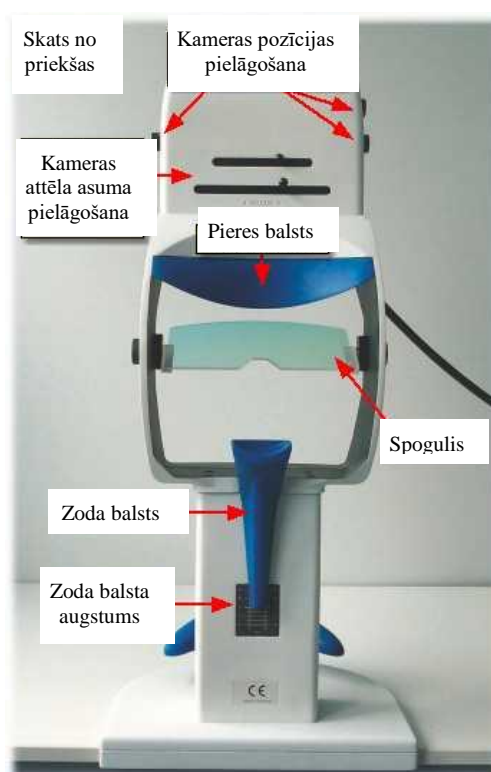
Pētījuma ietvaros tika izveidoti 11 horizontālas skenēšanas uzdevumi (N1-N11), kas dalībniekiem tika demonstrēti iepriekš noteiktā kārtībā (N1, N2,..., N11). Dalībniekiem tika sniegtas instrukcijas veikt horizontālas acu kustības no simbola uz simbolu (no vārda uz vārdu; no burta uz burtu) no kreisās uz labo pusi. Ja simboli tika izvietoti vairākās rindās, dalībnieku

uzdevums bija vispirms no kreisās uz labo pusi skenēt pirmās rindas simbolus, pēc tam otrās rindas simbolus utt. līdz pat sestajai rindai.

Uzdevumi tika demonstrēti uz LCD ekrāna (*Hewlett Packard Compaq 1720*, 17 collas, 1280x1024 pikseļi). Lai samazinātu datu ieguves neprecizitātes, ko var radīt galvas kustības, pētījuma gaitā tika izmantots zoda un pieres balsts.

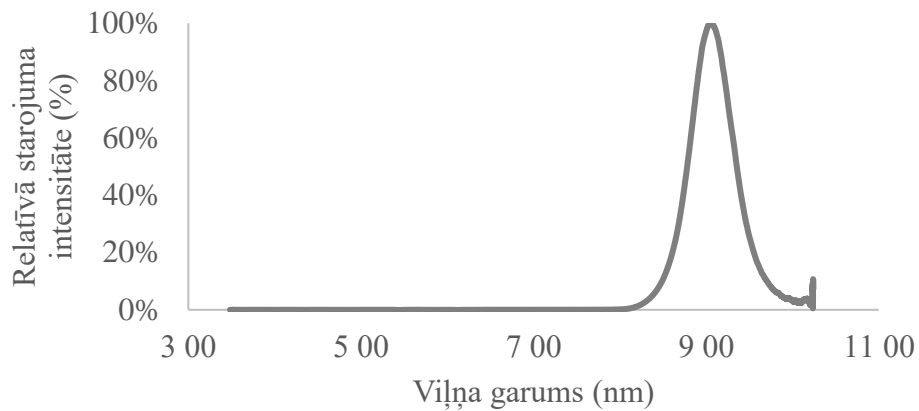
3.1.3.2. Acu kustību pieraksta iekārta

Lai izvērtētu raksturīgās acu kustības horizontālos skenēšanas uzdevumos, dalībnieku acu kustības tika pierakstītas ar videokulogrāfu *IViewX HiSpeed 250Hz* (*SensoMotoric Instruments*, Vācija), kas sniedz informāciju par novērotāja skata virzienu uz datora ekrāna un acs zīlītes izmēru. Videokulogrāfa uzbūve atainota attēlā 3.1..



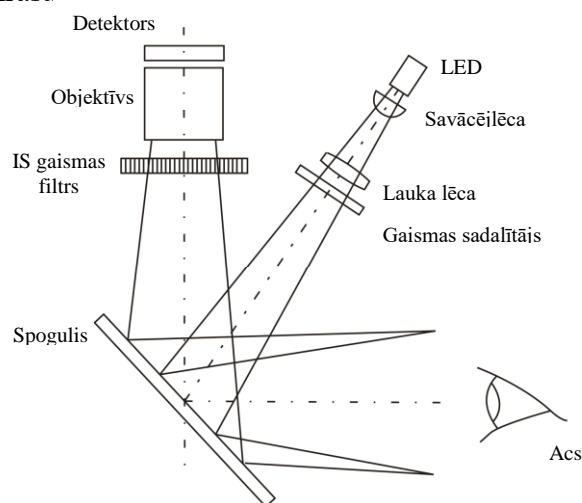
Att. 3.1. *IViewX HiSpeed 250Hz* (*SensoMotoric Instruments*, Vācija) acu kustību pieraksta iekārta. Skata virziena noteikšana tiek balstīta uz radzenes refleksa un zīlītes centra pārvietojumu pieraksta iekārtas kameras attēlā (*IViewX Manual*, 2011).

Pētījuma dalībniekiem tika sniegta instrukcija atbalstīt zodu un pieri pret iekārtu un caur priekšā novietotu puscaurspīdīgu spoguļi skatīties uz datora ekrānu, kas novietots tieši aiz iekārtas. Infrasarkanās gaismas avots atrodas iekārtas (torņa) augšējā daļā, un tā maksimālā starojuma intensitāte novērojama pie 905 nm, starojuma spektra pusplatums 57nm (skat. att. 3.2.).



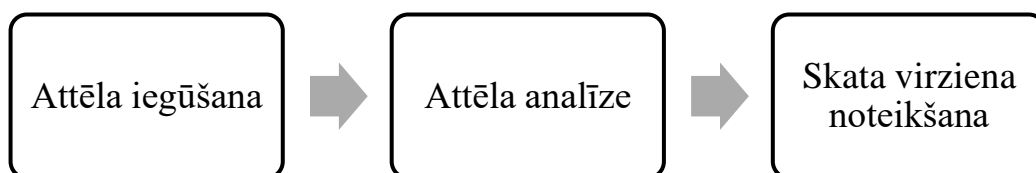
Att. 3.2. IViewX HiSpeed 250Hz (*SensoMotoric Instruments*, Vācija) acu kustību pieraksta iekārtas starojuma spektrs. Maksimālā starojuma intensitāte novērojama pie 905 nm, spektra platums pusaugstumā 57nm. Starojuma spektrs noteikts ar Ocean Optics USB4000 spektrometru.

Infrasarkanā gaisma tiek virzīta uz leju, kur tā atstarojas pret puscaurspīdīgo spoguļi (spoguļis laiž cauri gaismu redzamajā gaismas spektrā, taču atstaro infrasarkano gaismu), daļa no gaismas atstarojas no acs priekšējām daļām, otra daļa caur acs zīlīti nonāk tīklenē, kur noris daļēja infrasarkanās gaismas absorbcija. Atstarotā gaisma no acs priekšējās virsmas vēlreiz atstarojas no puscaurspīdīgā spoguļa un nonāk augšpusē novietotā uztverošajā kamerā, kas iegūtos attēlus sūta uz acu kustību datu apstrādes programmu IViewX. Tā kā infrasarkanā starojums avota novietojums nesakrīt ar uztverošās kameras novietojumu (tie novietoti noteiktā leņķī viens pret otru), kameras uztvertajā attēlā zīlīte izskatās melna (IViewX HiSpeed sistēma ir tumšās zīlītes videookulogrāfijas sistēma). Attēlā 3.3. demonstrēts shematisks infrasarkanās gaismas avota un kameras savstarpējā novietojuma piemērs, kura rezultātā kameras uztvertajā attēlā acs zīlītei būs tumša krāsa.



Attēls 3.3. Shematisks videookulogrāfa attēlojums. Infrasarkanās gaismas avota novietojums nesakrīt ar uztverošās kameras novietojumu, tāpēc kameras uztvertajā attēlā acs zīlīte ir melnā krāsā (*Green, 1992*).

Nākamais solis acu kustību datu apstrādē ir attēla analīze un dalībnieka skata virziena noteikšana (skat. att. 3.4.). Lai noteiktu dalībnieka skata virzienu (kuru datora ekrāna punktu dalībnieks ir apskatījis), tiek veikta kameras iegūto acs attēlu analīze. Lai sistēma spētu novērtēt, kur novērotājs ir skatījies, attēla analīzes programmai jāspēj atšķirt acu kustības no galvas kustībām, jo pat nelielas galvas kustības pa labi vai pa kreisi var sniegt maldīgu informāciju par skata virziena maiņu vienā vai otrā virzienā. Viena no precīzākajām galvas stabilizācijas metodēm ir iekošanās metode, kad dalībniekiem visu eksperimenta laiku nepieciešams veikt sakodienu ap speciāli izgatavotu ierīci. Taču šī metode ir invazīva un ārkārtīgi neērta, kas var traucēt iegūt dabīgiem apstākļiem atbilstošus datus. Acu kustību pieraksta sistēma IViewX galvas kustību kompensāciju un skata virziena noteikšanu veic, analizējot acs zīlītes un radzenes priekšējās virsmas refleksa (pirmā Purkinjē attēla) savstarpējo novietojumu kameras gūtajos attēlos.

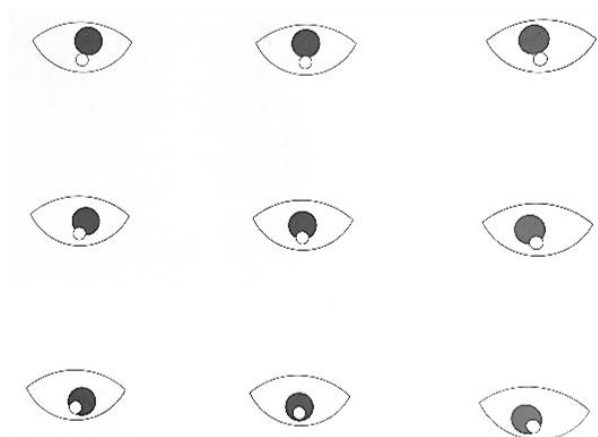


Att. 3.4. Shematisks videookulogrāfu darbības attēlojums. Ar videookulogrāfa palīdzību tiek iegūts acs attēls. Balstoties uz radzenes priekšējās virsmas refleksa un zīlītes savstarpējo novietojumu kameras attēlā, tiek noteikts skata virziens telpā vai uz datora ekrāna (Holmqvist et al., 2011).

Attēla analīzes galvenais uzdevums ir noteikt acs zīlītes un radzenes priekšējās virsmas refleksa atrašanās vietu un aprēķināt to ģeometriskos centrus. Acu kustību iekārtu izmantotie algoritmi zīlītes un radzenes noteikšanai lielākoties netiek atklāti, jo tie satur sistēmas darbības pamatprincipus, ko iekārtu ražotāji vēlas paturēt noslēpumā. Zināms, ka iekārtās tiek iestrādāts uz noteiktu pazīmi balstīts attēla apstrādes algoritms. Viena no izmantotajām pazīmēm ir kameras attēla pikseļu intensitāte: algoritms nosaka, kur atrodami apgabali ar līdzīgu pikseļu intensitāti, un tādējādi, ja tiek nodrošināt pietiekami labas kvalitātes attēls, tiek noteikts, kur atrodas acs zīlītes centrs (attēlā: tumšs ovāls) un radzenes reflekss (attēlā: mazs spožs punkts). Vēl viena pazīme, ko iespējams izmantot, ir noteiktu gradientu meklēšana (malas, kontūras), kas raksturīgi noteiktiem reģioniem acs attēlā, piemēram, zīlītei (Holmqvist et al., 2011).

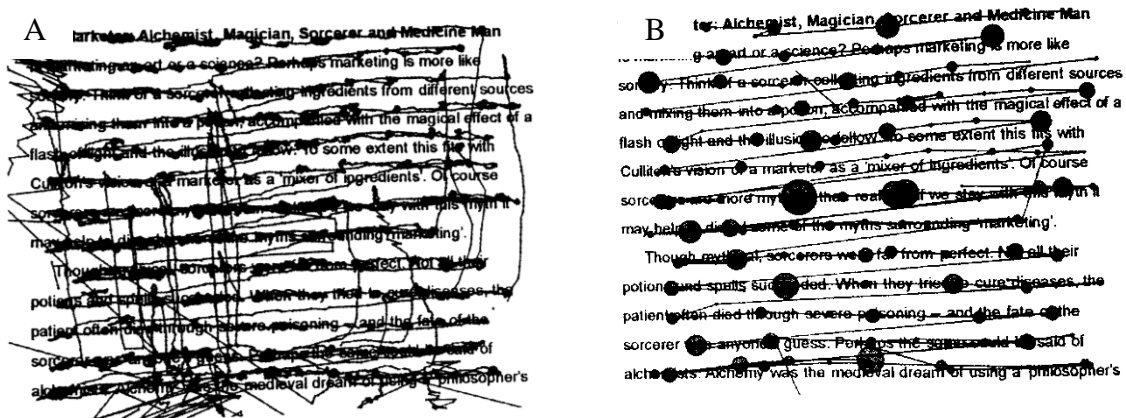
Zīlītes centra un radzenes priekšējās virsmas refleksa novietojums kameras iegūtajā attēlā mainās pie dažādiem skata virzieniem (skat. att. 3.5.), tāpēc pirms acu kustību pieraksta veikšanas ir nepieciešams veikt iekārtas kalibrēšanu. Kalibrēšanas procesa mērķis ir sasaistīt dažādus skata virzienus ar attiecīgo zīlītes centra un radzenes priekšējās virsmas refleksa

novietojumu kameras iegūtajā attēlā (Duchowski, 2007). Pirms acu kustību pieraksta dalībniekiem tiek secīgi demonstrēts noteikts skaits punktu (šajā pētījumā punktu skaits bija 13), uz kuriem nepieciešams vērst skatienu. Iekārta atzīmē, kā mainās zīlītes centra un radzenes priekšējās virsmas novietojums pie šiem skata virzieniem, un, zinot, kādas ir katra demonstrētā punkta koordinātes, tos sasaista un pēc sistēmā iestrādāta algoritma spēj noteikt skata virzienu visā kalibrēšanas laukumā (datora ekrānā).



Att. 3.5. Acs zīlītes un radzenes priekšējās virsmas refleksa novietojums pie dažādām skata pozīcijām (Duchowski, 2007)

Pētījumā izmantotā iekārta darbojas ar 250Hz frekvenci, kas nozīmē, ka iekārta skata virzienu nosaka 250 reizes sekundē (Holmqvist et al., 2011). Attēlojot visus datus vienā attēlā, katru datu pierakstu iespējams atzīmēt ar punktu, kas apzīmē skata virzienu uz datora ekrāna. Šādā datu attēlojumā jāspēj izvērtēt, kur ir novērojamas fiksācijas, sakādes, mirkšķināšanas un kuri dati var tikt uzskatīti par neprecīzi iegūtiem vai par sistēmas troksni. Attēlā 3.6. A redzams, kā izskatās visu datu apkopojums, ja uz attēla izvieto informāciju par katru pierakstīto skata virzienu. Sakāžu laikā, kad acs ātrums ir lielāks, attālums starp punktiem arī ir lielāks, savukārt fiksācijas laikā, kad acu kustības ir relatīvi mazas (novērojamas mikrosakādes, dreifs un tremors), acs kustību ātrums ir mazāks un līdz ar to samazinās arī attālums starp punktiem. Attēlā novērojamas vairākas punktu kopas (fiksācijas) un līnijas (sakādes). Vertikālās līnijas apzīmē mirkšķināšanu, kad mainās acs pozīcija un plakstiņi piesedz zīlīti, kā rezultātā datu pieraksts ir neprecīzs.



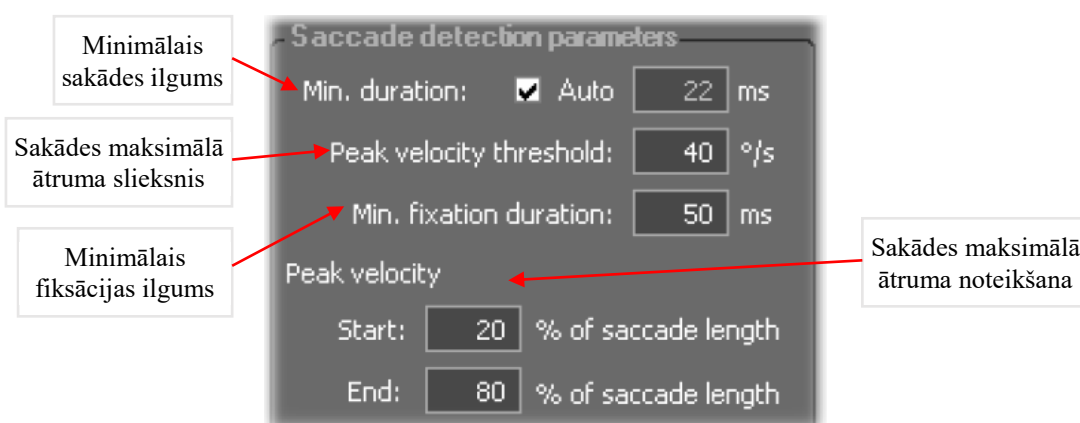
Att. 3.6. Viena novērotāja acu kustību pieraksts lasīšanas uzdevumā pirms datu apstrādes (A), un pēc datu sadalīšanas fiksācijās un sakādēs (B) (Holmqvist et al., 2011)

Lielāko acu kustību pieraksta iekārtu ražotāji (SMI, Tobii, SR Research u.c.) līdz ar pieraksta iekārtām piedāvā arī datu apstrādes programmas, kas iegūtos datus sadala 3 notikumos: sakādēs, fiksācijās un mirkšķināšanās, noņemot iekārtas trokšņa radītās neprecizitātes un sniedzot viegli apkopojamu informāciju par acu kustību parametriem. Attēlā 3.6. B izmantota datu apstrādes programma, pēc kuras katra fiksācija ir attēlota kā aplis, kura diametrs ir apzīmē fiksācijas ilgumu, un katra sakāde ir apzīmēta kā taisna līnija. Datu analīzes laikā tika izņemta informācija par mirkšķināšanām un dažādiem artefaktiem. Lai gan attēlojums šķiet “tīrāks”, var novērot, ka šādas datu analīzes rezultātā var zaudēt informāciju. Daudzas fiksācijas, kas bija novērojamas neapstrādātajā datu failā, ir pazudušas (piemēram, vairākas īsas fiksācijas pirmajā teksta rindā). Tāpēc ļaujoties uz sistēmas piedāvāto datu apstrādes programmu, ir jābūt drošam, ka rezultāti tiek atainoti korekti (Holmqvist et al., 2011).

3.1.3.3. Pētījumā izmantotais datu apstrādes algoritms

Sistēma IViewX novērotāja acu kustības pieraksta datnē, kuras formāts ir *idf (*iView Data File*). Šāda formāta datu attēlošanai un analīzei iespējams izmantot programmu BeGaze (*Sensomotoric Instruments*, Vācija), kas, kā iepriekš aprakstīts, iegūto datu masīvu sadala 3 notikumos: fiksācijās, sakādēs un mirkšķināšanās. Datu apstrāde un sadale BeGaze programmā (skat. att. 3.7.) tiek veikta pēc Smeets un Hooge (2003) izstrādātā sakāžu noteikšanas algoritma, kas ir balstīts uz sakādes maksimālo ātrumu. Palielinoties sakādes amplitūdai, novērojams sakādes maksimālā ātruma palielinājums (skat. nodaļu 2.4.1. par sakāžu galveno sakarību). No iegūtajiem datiem tiek noteikts acu kustību ātrums katrā pieraksta punktā, pēc kā tiek noteiktas lielākās ātrumu vērtības (pīķa vērtības). Ja noteiktā pīķa vērtība nepārsniedz iepriekš norādīto sakādes maksimālā ātruma sliekšņa vērtību, acu kustība tiek uzskatīta par kustību fiksācijas ietvaros (mikrosakādi), savukārt, ja skata virziena maiņa tiek veikta ar ātrumu, kas lielāks par

noteikto sliekšņa vērtību, tiek uzskatīts, ka novērotājs ir veicis sakādi no viena fiksācijas punkta uz otru. Sakādes sākums tiek noteikts kā pēdējais punkts pirms sakādes veikšanas, kas nepārsniedz sistēmas noteikto fiksācijas acu kustību sliekšņa ātruma vērtību (šo vērtību nosaka pašas programmas uzstādījumi un to nav iespējams izmainīt manuāli). Līdzīgi tiek noteiktas sakādes beigas: pirmais punkts pēc sakādes maksimālā ātruma sasniegšanas, kas ir mazāks par fiksācijas acu kustību sliekšņa ātrumu. Papildus tam sistēma sniedz iespēju norādīt minimālo fiksācijas ilgumu, kā arī, lai izvairītos no artefaktiem, sakādes maksimālo ātrumu noteikt tikai tad, ja tas tiek sasniegts noteiktā sakādes daļā, piemēram, sakādes maksimālais ātrums tiek sasniegts brīdī, kad ir veikts no 20-80% no visa sakādes garuma.

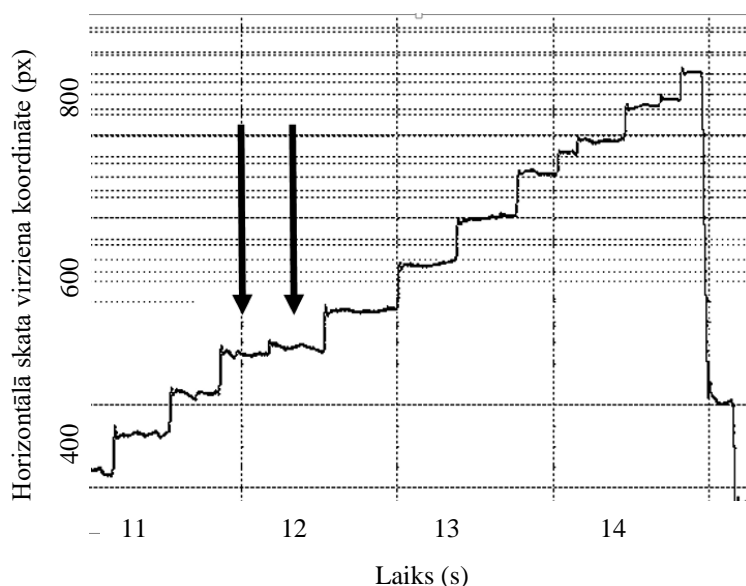


Att. 3.7. Programmas BeGaze (*Sensomotoric Instruments*, Vācija) uzstādījumu logs, kas sniedz iespēju noteikt, pēc kādiem parametriem pierakstītās acu kustības tiks sadalītas sakādēs un fiksācijās.

Lai noteiktu, kad notikusi mirkšķināšana un lai mirkšķināšanas dēļ nerastos sakāžu noteikšanas neprecizitātes, visu sakādes laiku tiek vērtēts acs zīlītes diametrs. Ja diametra izmaiņu ātrums pārsniedz sistēmas noteikto sliekšņa vērtību, sakāde tiek uzskatīta par neesošu un dati tiek uzskatīti par daļu no mirkšķināšanas.

Šajā pētījumā sakādes maksimālā ātruma sliekšņa vērtība tika izvēlēta 35°/s. Lai pārlicinātos, ka programmas BeGaze veiktais sakāžu un fiksāciju dalījums tika veikts korekti, katra eksperimenta dalībnieka dati tika atsevišķi pārbaudīti visos 11 horizontālās skenēšanas uzdevumos. Ja pārbaudes laikā tika noteikts, ka iekārta nav atzīmējusi nelielas amplitūdas sakādes vai tieši pretēji: mikrosakādes fiksācijas laikā tika uztvertas kā atsevišķas sakādes starp fiksācijām, šīs sakādes un fiksācijas netika iekļautas tālākā datu apstrādē. Attēlā 3.8. novērojams, kā izskatās neprecīzi noteikta fiksācija, ja tiek norādīts neprecīza sakādes maksimālā ātruma sliekšņa vērtība. Dalībnieks fiksācijas vidū veicis nelielas amplitūdas mikrosakādi, kas vēlāk piekorigēta ar dreifa palīdzību, saglabājot to pašu fiksācijas pozīciju.

Programmas BeGaze notikumu sadalījums šādu sakādi uzskata par sakādi starp divām atsevišķām fiksācijām. Šādas un līdzīgas sakādes tālākā datu analīzē netika iekļautas.



Att. 3.8. Neprecīzs acu kustību pieraksta datu sadalījums fiksācijās un sakādēs. Dalībnieks fiksācijas ietvaros veicis nelielu mikrosakādi, kas vēlāk izkorigēta ar dreifa palīdzību. Programma BeGaze datus sadala kā divas atsevišķas fiksācijas.

Datu apstrādē netika iekļautas fiksācijas pirms un pēc mirkšķināšanām, regresijas (sakādes pa kreisi) un fiksācijas pirms regresijām. Regresiju neiekļaušana tiek pamatota ar uztveres loga (*perceptual span*) asimetriju un, iespējams, atšķirīgiem informācijas apstrādes procesiem, kas nosaka skata virziena maiņu uz priekšu un atpakaļ. Ņemot vērā, ka pieejamais informācijas daudzums abos virzienos no fiksācijas punkta ir asimetrisks un var ietekmēt nākamās sakādes amplitūdu, skata pārnese pa kreisi no fiksācijas punkta netika analizēta. Šādu sakāžu un fiksāciju izlaišana tika pamatota arī ar atšķirīgiem informācijas apstrādes procesiem regresiju programmēšanā: regresijas raksturo iepriekšējās sakādes neprecizitāti vai grūtības izprast teksta nozīmi (Rayner, 1998; Richardson, Dale & Spivey, 2007), un iespējams ir mazāk saistītas ar lasīšanas procesu raksturojošo automātisko vārdu skenēšanu.

Tā kā šīs pētījuma daļas uzdevums bija izvērtēt horizontālas skenēšanas parametrus, tālākā datu apstrādē tika iekļauta informācija tikai par horizontālajām skata virziena izmaiņām (koordināte x). Lai nodrošinātu pēc iespējas precīzāku datu apguvi visa eksperimenta gaitā, pirms katra uzdevuma veikšanas (N1-N11) tika veikta IViewX sistēmas piedāvātā funkcija dreifa korekcijai (*drift correction*), un, ja nepieciešams, arī atkārtota kalibrēšana. Dreifa korekcija ir sistēmas IViewX piedāvātā funkcija, ar kuras palīdzību iespējams atjaunot kalibrācijas laukumu, ja kāda iemesla dēļ (piemēram, novērotāja pārvietošanās dēļ) notikusi

lineāra kalibrācijas laukuma pārvietošanās. Šādā gadījumā novērotājam tiek demonstrēts tikai viens kalibrācijas punkts datora ekrāna centrā.

Pārskatot visus datus, no tālākās analīzes tikai izslēgta informācija par aptuveni 62% fiksāciju un sakāžu. Tālākā apstrādē neiekļauto datu sadalījums ir šāds:

- Uzdevumu N2-N11 pirmā un pēdējā skenētā rinda (aptuveni 40%);
- Fiksācijas pirms un pēc mirkšķināšanām (~10%);
- Neprecīzi noteiktas sakādes un fiksācijas (~10-12%)

Lai pārbaudītu pētījuma rezultātu noturību, seši pētījuma dalībnieki atkārtoti piedalījās eksāmenā pēc 2 mēnešiem.

3.1.4. Acu kustību parametri horizontālas skenēšanas uzdevumos

3.1.4.1. Horizontālas punktu skenēšanas un lasīšanas uzdevumi

Lai novērtētu acu kustības horizontālas skenēšanas uzdevumos, kas nesatur nekādu nozīmi, tika izveidoti 3 punktu skenēšanas uzdevumi (N1-N3) un viens lasīšanas uzdevums N4. Visi četri uzdevumi demonstrēti attēlā 3.9.

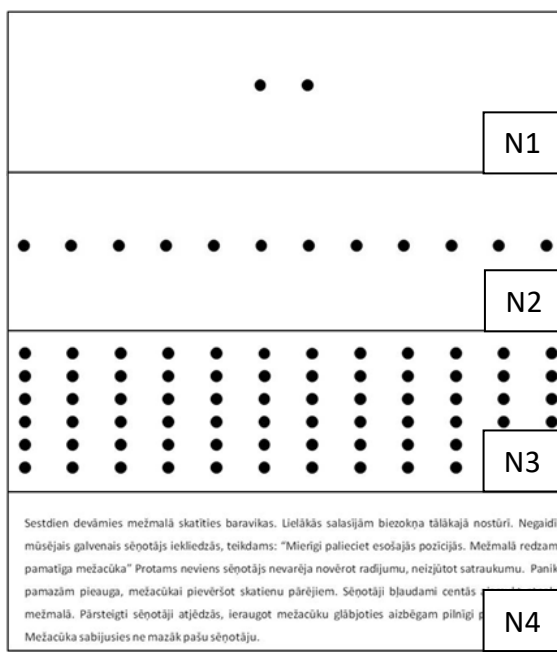
Uzdevums N1 tika veidots, lai pārbaudītu globālā efekta ietekmi uz sakāžu mērķa izvēli izveidotajos secīgas horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos (N2 un N3). Acu kustību globālais efekts (aprakstīts nodaļā 2.4.2.) nosaka, ka sakādisko acu kustību mērķis ne vienmēr ir fiksācijas objekta centrs. Tā kā sakādisko acu kustību uzdevums ir sniegt pēc iespējas detalizētāku informāciju par apkārtējās vides objektiem un to īpašībām, redzes sistēma ir pielāgota tā, lai vienas fiksācijas laikā tiktu apgūts pēc iespējas lielāks informācijas daudzums. Globālais efekts nosaka, ka sakādisko acu kustību mērķis nereti ir neprecīzs, un, ja novērotājam vienlaicīgi tiek demonstrēti vairāki objekti, skata virziens pēc sakādes ir novietots starp šiem objektiem (to gravitācijas centrā) (*Van der Stigchel & Nijboer, 2011*). Uzdevumā N1 dalībniekiem tika demonstrēti 2 punkti bez papildus stimuliem, kas varētu izmainīt skata virzienu pēc sakādes. Katra punkta izmērs bija 0,5 grādi un attālums starp punktu centriem bija 1,9 grādi. Dalībniekiem tika dots uzdevums vairākkārtīgi veikt horizontālu skata pārnešanos no viena punkta uz otru (turp-atpakaļ).

Uzdevums N2 tika veidots, lai izvērtētu acu kustības horizontālas skenēšanas uzdevumos. Dalībniekiem tika dots uzdevums no punkta uz punktu skenēt visu punktu rindu virzienā no kreisās uz labo pusi. Pēc tam, kad visi rindā esošie punkti tika noskenēti, dalībniekam tika dota instrukcija uzdevumu atkārtot. Acu kustību pieraksts tika veikts piecām pēc kārtas skenētām punktu rindām. Katra punkta izmērs bija 0,5 grādi un attālums starp divu blakus esošu punktu centriem bija 1,9 grādi. Simbolu izkārtojums tika veidots līdzīgs kā

lasīšanas un z-rindu skenēšanas uzdevumos, un attālums starp punktiem tika veidots kā vidējais sakādes lielums lasīšanas uzdevumos angļu valodā, t.i. 7-9 simboli jeb 2 grādi (Rayner, 1998).

Uzdevums N3 tika veidots no 6 punktu rindām, kur punktu savstarpējais novietojums vienas rindas ietvaros bija līdzīgs uzdevumam N2. Visas punktu rindas tika novietotas viena zem otras un bija redzamas visu uzdevuma laiku. Līdzīgi kā uzdevumā N2 dalībniekiem tika sniegta instrukcija katru punktu rindu skenēt no punkta uz punktu virzienā no kreisās uz labo pusi. Uzdevums bija jā sāk ar augšējo rindu. Kad pirmā rinda tika noskenēta, uzdevums bija jāturpina ar otro rindu, pēc tam trešo rindu, tā turpinot līdz par sestajai rindai. Katra punkta izmērs bija 0,5 grādi un attālums starp divu blakus esošu punktu centriem bija 1,9 grādi. Vertikālais attālums starp diviem blakus esošiem punktiem bija 0,9 grādi, kas tika veidots līdzīgi kā zemāk aprakstītajā lasīšanas uzdevumā N4. Tā kā šāds uzdevums prasīja skata pārnesei uz nākamo rindu, ietverot arī vertikālo skata pārnesei komponenti, šāds uzdevums bija līdzīgāks lasīšanai un z-rindu skenēšanai.

Uzdevums N4 tika veidots, lai novērtētu raksturīgās acu kustības, lasot tekstu latviešu valodā. Dalībniekiem tika demonstrēts mākslīgi izveidots teksts, kur attālums starp divu blakus esošu vārdu sākumiem tika veidots līdzīgs kā uzdevumos N1-N3, t.i. 1,9 grādi. Vertikālais attālums starp rindām bija 0,9 grādi. Dalībniekiem tika sniegta instrukcija izlasīt tekstu.



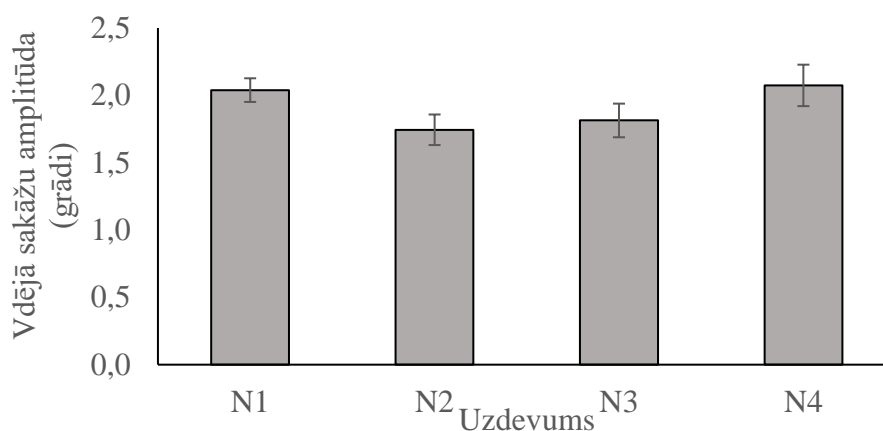
Att. 3.9. Dalībniekiem demonstrētie uzdevumi. Dalībniekiem tika sniegtas instrukcijas pārnest skatu no punkta uz punktu turp-atpakaļ (N1), no punkta uz punktu secīgi virzienā no kreisās uz labo pusi 5 reizes pēc kārtas (N2), no punkta uz punktu secīgi rindu pēc rindas (N3) un izlasīt tekstu (N4).

Pirms acu kustību pieraksta veikšanas dalībniekiem tika demonstrēti visi uzdevumi un izstāstītas instrukcijas. Ja bija nepieciešams, instrukcijas eksperimenta gaitā tika atkārtotas. Galvenais dalībniekiem sniegtais uzdevums bija veikt skata pārneši no punkta uz punktu (N1-N3) un izlasīt tekstu (N4). Uzdevumu rādīšanas kārtība netika mainīta, un tā vienmēr sākās ar uzdevumu N1, turpinājās ar N2, N3 un beidzās ar N4.

Lai izvērtētu sakādisko acu kustību programmēšanu horizontālas skenēšanas uzdevumos, tika analizētas sakāžu amplitūdas, kas raksturo skata pārnešes telpisko aspektu, un fiksācijas ilgumi, kas raksturo informācijas analīzes un skata pārnešes programmēšanas temporālos (laika) procesus. N3 tika izvēlēts kā atskaites uzdevums, kas palīdzēja izvērtēt globālā efekta (N1 un N2 salīdzinot ar N3) un semantiskās informācijas (N3 salīdzinot ar N4) ietekmi uz skata pārneši horizontālās skenēšanas uzdevumos. Sakādisko acu kustību amplitūda tika analizēta tikai tām sakādēm, kas tika veiktas virzienā no kreisās uz labo pusi. Analizētas tika tikai tās fiksācijas, kas bija pirms sakādes veikšanas virzienā uz ekrāna labo pusi. Kopumā rezultāti norādīja, ka sakādisko acu kustību parametri visos uzdevumos bija līdzīgi, savukārt, vidējais fiksācijas ilgums dažādos uzdevumos bija būtiski atšķirīgs, norādot, ka secīga punktu horizontāla skenēšana tiek programmēta pēc līdzīga principa kā okulomotorie (acu kustību) procesi lasīšanas uzdevumos un z-rindu skenēšanā.

3.1.4.2. Rezultāti

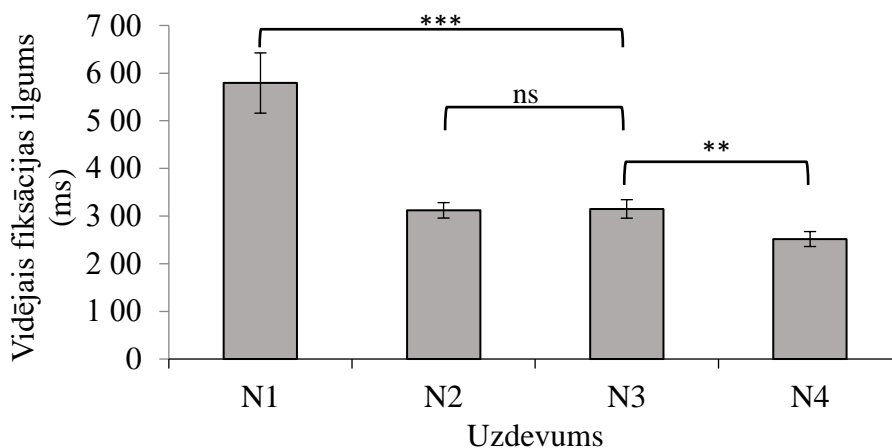
Attēlā 3.10. demonstrēta vidējā sakāžu amplitūda uzdevumos N1-N4 visiem pētījuma dalībniekiem. Vidējā sakāžu amplitūdas vērtības bija robežās no 1,7-2,1 grādam. Mazākās vērtības bija novērojamas uzdevumos N2 ($1,7 \pm 0,1$ grādi) un N3 ($1,8 \pm 0,1$ grādi), savukārt lielākās vērtības bija novērojamas uzdevumos N1 ($2,0 \pm 0,1$ grādi) un N4 ($2,1 \pm 0,2$ grādi).



Att. 3.10. Vidējā sakāžu amplitūda horizontālas divu punktu (N1), vienas punktu rindas (N2), sešu punktu rindu (N3) un lasīšanas (N4) uzdevumos. Attēlotas visu dalībnieku vidējās vērtības un vidējo vērtību standartklūdas.

Lai izvērtētu demonstrētā uzdevuma ietekmi uz sakādisko acu kustību amplitūdas lielumu, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze ANOVA. Analīzes rezultāti nenorādīja uz statistiski būtisku uzdevuma ietekmi uz vidējās sakādes amplitūdas lielumu ($F(3, 7)=2,558$, $p=0,138$). Stimulu telpiskais izvietojums būtiski neizmaina sakādisko acu kustību amplitūdu.

Fiksācijas ilgums raksturo vizuālās informācijas apstrādi esošās fikācijas ietvaros un nākamās sakādes programmēšanas procesu (Rayner, 1998). Tā kā pētījumā izmantotajos uzdevumos (N1-N4) objektu izkārtojums (izmērs, savstarpējais novietojums utt.) bija līdzīgs, tika sagaidīts, ka lielākās atšķirības būs novērojamas vidējā fikācijas ilguma mērījumos. Attēlā 3.11. redzams vidējais fikācijas ilgums uzdevumos N1-N4 visiem pētījuma dalībniekiem. Visgarākās fikācijas novērojamas uzdevumā N1, kura ietvaros dalībnieki veica sakādes turp un atpakaļ starp diviem horizontāli novietotiem punktiem (vidējais fikācijas ilgums bija 579 ± 63 ms). Vidējais fikācijas ilgums simbolu skenēšanā uzdevumiem N2 un N3 bija attiecīgi 312 ± 16 un 315 ± 19 ms. Vidējais fikācijas ilgums lasīšanas uzdevumā (N4) bija 251 ± 15 ms.



Att. 3.11. Vidējais fikācijas ilgums horizontālas divu punktu (N1), vienas punktu rindas (N2), sešu punktu rindu (N3) un lasīšanas (N4) uzdevumos. Attēlotas visu dalībnieku vidējās vērtības un vidējo vērtību standartklūdas. Būtiskuma apzīmēšanai izmantoti trīs līmeņi: * $p<0,05$, ** $p<0,01$, *** $p<0,001$; ns- statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas.

Lai izvērtētu uzdevuma ietekmi uz vidējā fikācijas ilguma mērījumiem, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze ANOVA. Analīzes rezultāti norādīja, ka uzdevuma veidam ir būtiska ietekme uz vidējo fikācijas ilgumu ($F(3, 7)=8,480$, $p=0,01$). Lai noteiktu punktu izkārtojuma un semantiskās informācijas ietekmi uz vidējo fikācijas ilgumu horizontālos skenēšanas uzdevumos, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc

Bonferroni metodes ($p=0,017$). Gūtie rezultāti norādīja uz statistiski būtiskām atšķirībām starp vidējiem fiksācijas ilgumiem uzdevumos N1 (vidējā vērtība 579 ± 63 ms, $SD=63$ ms) un N3 (vidējā vērtība 315 ± 19 ms, $SD=19$ ms) ($t(9)=4,81$, $p=0,0005$). Savukārt, salīdzinot uzdevumus N2 (vidējā vērtība 312 ± 16 ms, $SD=16$ ms) un N3, statistiski būtiskas atšķirības nebija pierādāmas ($t(9)=-0,2547$, $p=0,4$). Samazinātais fiksācijas ilgums uzdevumā N4 (vidējā vērtība 251 ± 15 ms, $SD=16$) tika pierādīts kā būtiski zemāks kā uzdevumā N3 ($t(9)=2,99$, $p=0,008$).

3.1.5. Vizuālās grupēšanas ietekme uz acu kustībām horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos

3.1.5.1. Horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumi

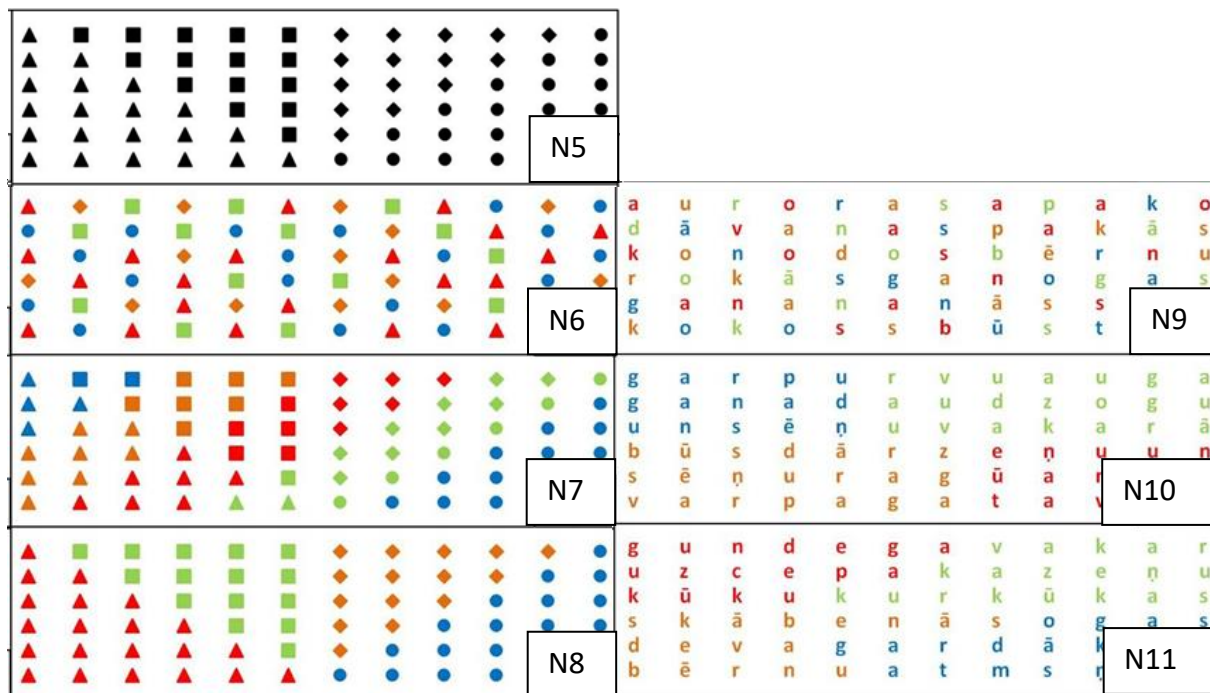
Pētījuma mērķis bija izvērtēt vizuālās grupēšanas ietekmi uz raksturīgajiem acu kustību parametriem horizontālas skenēšanas uzdevumos, tādējādi izvērtējot primārās vizuālās informācijas analīzes ietekmi uz vizuālās informācijas grupēšanas procesiem. Pētījuma uzsvars tiek likts uz stimulu grupēšanu pēc līdzības, kas ir demonstrēta kā viena no izteiktākajām vizuālās informācijas grupēšanas iezīmēm (*Palmer, 1999*).

Lai novērtētu vizuālās informācijas grupēšanas ietekmi uz acu kustību parametriem horizontālas skenēšanas uzdevumos, tika izveidoti septiņi simbolu un burtu skenēšanas uzdevumi (N5-N11). Visi uzdevumi ir apskatāmi attēlā 3.12. Dalībniekiem tika sniegtas instrukcijas katru simbolu (N5-N8) un katru burtu (N9-N11) rindu skenēt no simbola uz simbolu (no burta uz burtu) virzienā no kreisās uz labo pusi. Uzdevums bija jāšāk ar augšējo rindu. Kad pirmā rinda tika noskenēta, uzdevums bija jāturpina ar otro rindu, pēc tam trešo rindu, tā turpinot līdz par sestajai rindai. Simbolu un burtu izkārtojums tika veidots līdzīgi kā uzdevumā N3 (attālums starp divu blakus esošu simbolu un burtu centriem bija 1,9 grādi. Vertikālais attālums starp diviem blakus esošiem simboliem un burtiem bija 0,9 grādi).

Objekti tika sagrupēti šādiem vizuālās grupēšanas principiem:

- Bez vizuālās informācijas grupēšanas: simbolu (N6) un burtu (N9) krāsas tika izvēlētas jauktā kārtībā. Dažādu simbolu izvietojums bija jaukts;
- Vienkārša grupēšana, kas balstīta uz vienu parametru: simboli (N5) tika grupēti pēc līdzības (vienādi simboli tika novietoti viens pie otra);
- Jaukta grupēšana: simboli (N7) tika grupēti pēc līdzības un pēc krāsas. Vienādu simbolu veidotās grupas robežas nesakrita ar vienādas krāsas simbolu grupas robežām; burtu (N10) veidoto vārdu robežas nesakrita ar vienādas krāsas burtu grupas robežām;
- Vienkārša grupēšana, kas balstīta uz diviem parametriem: simboli (N8) un burti (N12) tika grupēti gan pēc krāsas, gan pēc līdzības (N8) vai vārdu robežām (N12). Šajā uzdevumā abi grupēšanas parametri sakrita: vienādiem simboliem bija vienāda krāsa

(N8) un vārda robežas punktu skenēšanas uzdevumā sakrita ar krāsu veidojošām grupām (N12).



Att. 3.12. Dalībniekiem demonstrētie uzdevumi. Tika sniegtas instrukcijas pārņest skatu no simbola uz simbolu (N5-N8) vai no burtu uz burtu (N9-N11) secīgi rindu pēc rindas. Uzdevumos N5-N11 simboli un burti tika sagrupēti pēc dažādiem vizuālās grupēšanas principiem. Uzdevumos N9-N11 burti veidoja jēgpilnu tekstu.

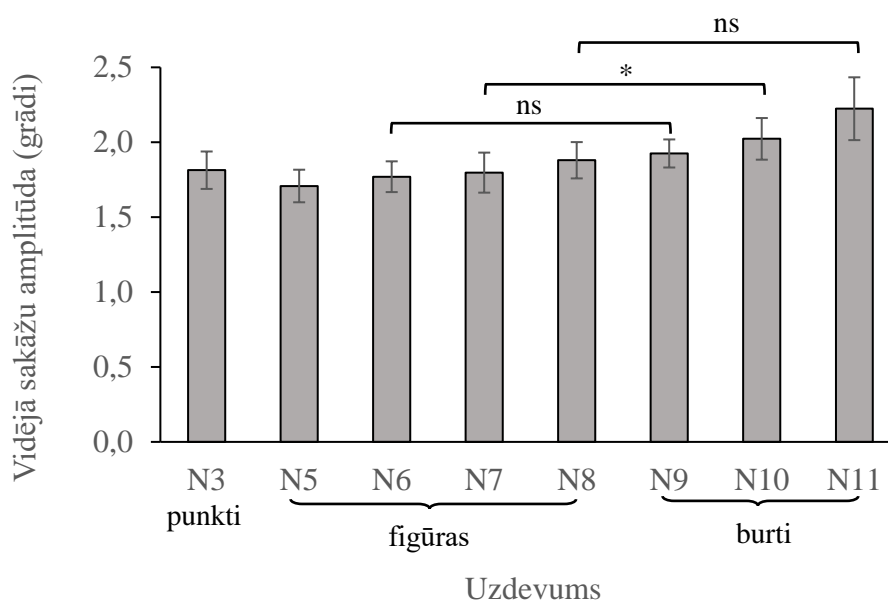
Pirms acu kustību pieraksta veikšanas pētījuma dalībniekiem tika demonstrēti visi punktu un burtu skenēšanas uzdevumi, kā arī izstāstītas uzdevuma izpildes instrukcijas. Ja bija nepieciešams, instrukcijas eksperimenta gaitā tika atkārtotas. Galvenais dalībniekiem sniegtais uzdevums bija veikt skata pārnesi no simbola uz simbolu (N5-N8) un no punkta uz punktu (N9-N11). Sakādisko acu kustību amplitūda tika analizēta tikai tām sakādēm, kas tika veiktas virzienā no kreisās uz labo pusi. Analizētas tika tikai tās fiksācijas, kas bija pirms sakādes veikšanas virzienā uz ekrāna labo pusi. Uzdevuma izpildes ātrums netika ierobežots (pētījuma dalībnieki paši izvēlējās cik strauji izpildīt uzdevumu). Uzdevumu rādīšanas kārtība netika mainīta, un tā vienmēr sākās ar uzdevumu N5 un beidzās ar uzdevumu N11.

3.1.5.2. Rezultāti

Kopumā līdzīgi kā uzdevumos N1-N4 netika parādīta būtiska uzdevuma ietekme uz vidējo sakāžu amplitūdu lielumiem. Novērtējot vidējo fiksācijas ilgumu statistiski būtiskas

atšķirības tika novērotas burtu skenēšanas uzdevumos (N9-N11), salīdzinot tos ar līdzīgiem simbolu skenēšanas uzdevumiem (N6-N8).

Attēlā 3.13. redzamas vidējās sakāžu amplitūdas vērtības uzdevumos N5-N11 visiem pētījuma dalībniekiem. Vidējā sakāžu amplitūda bija robežās no 1.7 līdz 2.2 grādiem, kur vidēji mazākās vērtības bija novērojamas simbolu skenēšanas uzdevumos N5 ($1,7 \pm 0,1$ grādi), N6 ($1,8 \pm 0,1$ grādi), N7 ($1,8 \pm 0,1$ grādi) un N8 ($1,9 \pm 0,1$ grādi) un lielākās vērtības bija novērojamas burtu skenēšanas uzdevumos N9 ($1,9 \pm 0,1$ grādi), N10 ($2,0 \pm 0,1$ grādi) un N11 ($2,2 \pm 0,1$ grādi). Jāatgādina, ka vidējā sakāžu amplitūda vienkāršu punktu skenēšanas uzdevumā N3, kur visi simboli bija vienādi bija $1,8 \pm 0,1$ grāds.

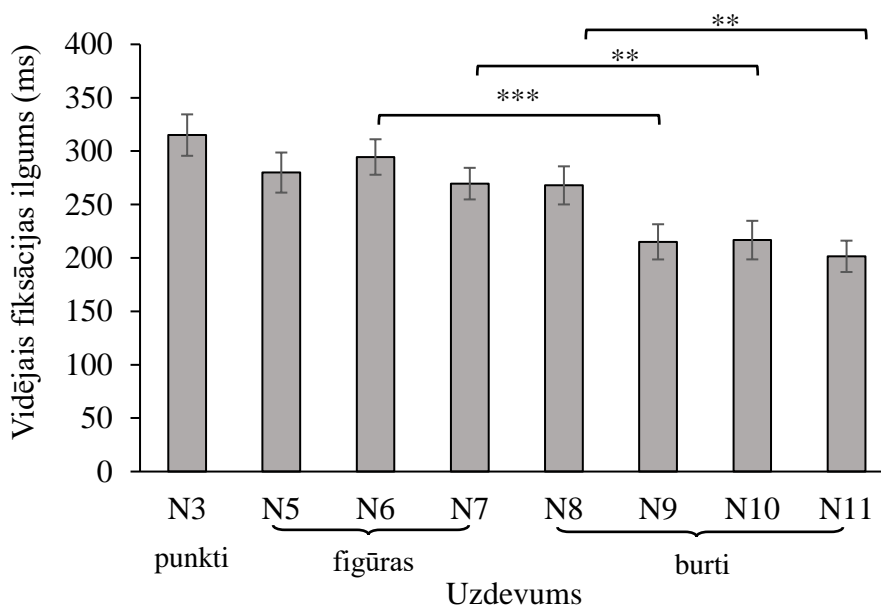


Att. 3.13. Vidējā sakāžu amplitūda horizontālas simbolu (N3, N5-N8) un burtu (N9-N11) skenēšanas uzdevumos. Attēlotas visu dalībnieku vidējās vērtības un vidējo vērtību standartklūdas. Būtiskuma apzīmēšanai izmantoti trīs līmeņi: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; ns- statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas.

Lai izvērtētu simbolu grupēšanas ietekmi uz vidējo sakādes amplitūdas lielumu, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze ANOVA. Rezultāti norāda, ka stimulu grupēšanai nav statistiski būtiskas ietekmes uz vidējo sakādes amplitūdu ne horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos, izvērtējot vidējās sakāžu amplitūdu vērtības uzdevumos N5-N8 ($F(3, 7) = 0,956$, $p = 0,464$), ne horizontālas burtu skenēšanas uzdevumos, izvērtējot vidējās sakāžu amplitūdas vērtības uzdevumos N9-N10 ($F(2, 8) = 0,2383$, $p = 0,154$). Iegūtie rezultāti norāda, ka stimulu formas, krāsas un novietojuma izmaiņa nerada būtiskas izmaiņas vidējos sakāžu amplitūdu lielumos horizontālas skenēšanas uzdevumos.

Piešķirot simboliem leksisko nozīmi (aizstājot ģeometriskās figūras ar burtiem), novērojama vidējās sakāžu amplitūdas vērtības palielināšanās. Izmantojot savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metodi *t-Test: Paired Two Sample for Means* un kopējo nozīmības līmeni nosakot pēc Bonferroni metodes ($p < 0,017$), pa pāriem salīdzinot uzdevumus ar līdzīgiem grupēšanas principiem (N6 un N9, N7 un N10, N8 un N11), statistiski būtiskas atšķirības bija novērojamas tikai starp uzdevumiem N7 (vidējā vērtība 1,8, SD=0,4 ms) un N10 (vidējā vērtība 2,0, SD=0,4 ms), kad simbolu grupēšana bija jaukta (vienādu simbolu veidotās grupas un vārdu robežas nesakrita ar vienādas krāsas simbolu un burtu grupas robežām): $t(9) = -2,972$, $p = 0,016$.

Kā tika demonstrēts apakšnodaļā 3.1.4.2. vidējais fiksācijas ilgums vienkāršu punktu skenēšanas uzdevumā (N3) bija 315 ± 19 ms. Uzdevumos, kur punkti ir aizstāti ar citām ģeometriskām figūrām, kas grupētas pēc dažādiem principiem, novērojams vidējā fiksācijas ilguma samazinājums: 280 ± 19 ms uzdevumā N5, 295 ± 17 ms uzdevumā N6, 270 ± 17 ms uzdevumā N7 un 268 ± 18 ms uzdevumā N8. Līdzīgi kā salīdzinot punktu skenēšanu (uzdevums N3) un lasīšanu (uzdevums N4), vidējais fiksācijas ilgums samazinās, ja simboliem tiek piešķirta leksiska nozīme: vidējais fiksācijas ilgums bija 215 ± 17 ms uzdevumā N9, 216 ± 18 ms uzdevumā N10 un 205 ± 15 ms uzdevumā N11. Vidējie fiksācijas lielumi uzdevumos N3 un N5-N11 demonstrēti attēlā 3.14.



Att. 3.14. Vidējais fiksācijas ilgums horizontālas simbolu (N3, N5-N8) un burtu (N9-N11) skenēšanas uzdevumos. Attēlotas visu dalībnieku vidējās vērtības un vidējo vērtību standartklūdas. Būtiskuma apzīmēšanai izmantoti trīs līmeņi: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; ns- statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas.

Lai izvērtētu simbolu grupēšanas ietekmi uz vidējo fiksācijas ilgumu horizontālas skenēšanas uzdevumos, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze ANOVA. Rezultāti norādīja, ka nav novērojama statistiski nozīmīga simbolu grupēšanas ietekme uz vidējo fiksācijas laiku gan simbolu skenēšanas ($F(3,7)=2,463$, $p=0,147$), gan burtu skenēšanas uzdevumos ($F(2,8)=2,259$, $p=0,167$).

Lai izvērtētu, kā simboliem piešķirtā leksiskā nozīme izmaina vidējo fiksācijas lielumu dažādos horizontālas skenēšanas uzdevumos, vidējais fiksācijas lielums tika salīdzināts pa pāriem burtu un simbolu uzdevumos, kuru elementi bija grupēti pēc viena un tā paša grupēšanas principa (N6 ar N9, N7 ar N10, un N8 ar N11). Izmantojot savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metodi *t-Test: Paired Two Sample for Means* un kopējo nozīmības līmeni nosakot pēc Bonferroni metodes ($p<0,017$), pa pāriem salīdzinot uzdevumus ar līdzīgiem grupēšanas principiem statistiski nozīmīgas atšķirības bija novērojamas visos salīdzinājumos: salīdzinot N6 (vidējā vērtība=295, SD=53) un N9 (vidējā vērtība=215, SD=52), $t(9)=5,428$, $p<0,001$; salīdzinot N7 (vidējā vērtība=270, SD=47) un N10 (vidējā vērtība=217, SD=57), $t(9)=3,787$, $p=0,004$; salīdzinot N8 (vidējā vērtība=268, SD=56) un N11 (vidējā vērtība=202, SD=46), $t(9)=3,922$, $p=0,003$).

Atkārtojamība

Lai izvērtētu novērojamā efekta stabilitāti seši dalībnieki atkārtoti veica simbolu skenēšanu uzdevumos N3-N5, kā arī N8. Atkārtotais mērījums tika veikts 2 mēnešus pēc pirmā mērījuma veikšanas, un tā mērķis bija izvērtēt, kā iegūtos rezultātus ietekmē dalībnieka iepriekšējā pieredzes šādu horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumu veikšanā.

Izmantojot neparametrisko savstarpēji atkarīgo izlašu salīdzināšanas metodi Vilksona T-kritēriju (*Wilcoxon signed-rank test*) un kopējo nozīmības līmeni nosakot pēc Bonferroni metodes ($p<0,0017$), bija novērojams, ka statistiski būtiskas atšķirības starp sākotnējiem un atkārtotiem mērījumiem bija novērojamas tikai vienam pētījuma dalībniekam, izpildot uzdevumu N6. Statistiski nozīmīgas atšķirības starp pārējo uzdevumu veikšanu sākotnēji un atkārtoti šim dalībniekam nebija novērojamas.

3.1.6. Diskusija

Lasīšanas procesa izpētē tiek meklēta atbilde uz jautājumu, vai acu kustību programmēšanu kontrolē primārā vizuālās informācijas apstrāde (fiksētā un nākamā vārda garums, novietojums u.c.) vai augstāki informācijas apstrādes procesi (vārda semantiskā atkodēšana, iekļaušana kontekstā u.c.). Pētījumi, kas apskata beznozīmes lasīšanu jeb z-rindu skenēšanu, norāda, ka lasīšanas procesā un tajā ietverošajā sakādisko acu kustību programmēšanā būtiska loma ir tieši primārai vizuālās informācijas apstrādei (*Vitu, O'Regan,*

Inhoff & Topolski, 1995; Nuthmann, Engbert & Kliegl, 2007), t.i. sakādisko acu kustību parametri lasīšanas uzdevumos un z-rindu skenēšanā ir atkarīgi ne tikai no teksta semantiskas, bet arī primārās vizuālās informācijas apstrādes (vārda garums, iepriekšējā fiksācijas vieta u.c.). Taču, lai gan z-rindu lasīšanu var uzskatīt par beznozīmes lasīšanu, kur burti neveido jēgpilnu vārdu, vizuālā informācija tik un tā satur simbolus (burtus), kas var veicināt līdzīgus informācijas apstrādes procesus kā lasot jēgpilnu tekstu. Lai gan pētījumi apgalvo, ka apskatījuši primārās vizuālās informācijas apstrādes procesus, vērā nav ņemta citu paralēlu informācijas apstrādes procesu ietekme uz acu kustību parametriem. Viens no šādiem procesiem ir vizuālās informācijas grupēšana, kas līdzīgi ietver gan primāros, gan augstākos informācijas apstrādes procesus (*Brooks, 2015*).

Izvērtējot acu kustības dažādos simbolu un burtu skenēšanas, kā arī lasīšanas uzdevumā, šī pētījuma mērķis bija izvērtēt vizuālās informācijas grupēšanas un simbola nozīmes ietekmi uz sakādisko acu kustību programmēšanu horizontālos skenēšanas uzdevumos. Sakāžu amplitūdu analīze nenorādīja uz būtisku stimula izkārtojuma un nozīmes ietekmi, apstiprinot, ja visa eksperimenta laikā tiek saglabāts līdzīgs stimulu telpiskais izkārtojums (izmērs un savstarpējie attālumi), vidējais sakādes amplitūdas lielums būtiski nemainās. Izvērtējot informācijas apstrādes laikus, kas atspoguļojas vidējā fiksācijas ilguma mērījumā, tika noteikts, ka stimulu izkārtojumam un uztveres grupēšanai arī nav būtiskas ietekmes uz informācijas apstrādes un nākamās sakādes programmēšanas laiku. Iegūtie rezultāti norāda uz samazinātu vidējās fiksācijas laiku un līdz ar to uz raitāku informācijas apstrādes procesu uzdevumos, kur dalībniekiem ir nepieciešams izlasīt jēgpilnu tekstu (uzdevums N4) vai skenēt burtus (N9-N11), kas arī veido jēgpilnu informāciju, salīdzinot ar vienkāršu simbolu skenēšanu. Tā kā pētījumā netika analizēti acu kustību parametri, apskatot jaukti izvietotu burtu skenēšanu, kas neveido jēgpilnu nozīmi, nav iespējams diferencēt, vai novērotais fiksācijas ilguma samazinājums burtu skenēšanā salīdzinājumā ar simbolu skenēšanu ir saistāms ar burta vai visa teksta kopējās nozīmes analīzes procesiem.

Pirmajā pētījuma daļā, kur tika apskatīti raksturīgie acu kustību parametri horizontālas punktu skenēšanas uzdevumos, tika novērots, ka gadījumos, ja dalībniekiem tiek dots uzdevums secīgi skenēt vairākus vienā rindā novietotus simbolus (N2-N3, arī N5-N8), vidējais fiksācijas ilgums ir būtiski mazāks, nekā gadījumā, kad skenēšana jāveic tikai turp-atpakaļ starp diviem blakus novietotiem punktiem (N1), liecinot par straujāku informācijas apstrādi un straujāku nākamās sakādes programmēšanu. Gūtie rezultāti norāda, ka secīgas horizontālas skenēšanas uzdevums, kur stimulu izvietojums ir līdzīgs vārdu izvietojumam tekstā, tiek programmēts automātiski pēc līdzīgas sistēmas kā citi ikdienišķi horizontālas skenēšanas uzdevumi (piemēram, lasīšana). Lasīšanas uzdevumā (N4), kad katrs simbols ir aizstāts ar

vārdu, novērojams vēl zemāks vidējais fiksācijas ilgums. Rezultāti sakrīt ar citos pētījumos gūtajiem rezultātiem, kas beznozīmes horizontālu skenēšanas uzdevumos (piemēram, z-rindu skenēšanu) uzrāda lielākus fiksācijas ilgumus, nekā lasīšanas uzdevumos (*Vitu et al.*, 1995). Atšķirībā no z-rindu skenēšanas, kur iespējama informācijas leksiskās nozīmes atkodēšana, punktu skenēšanas uzdevumi šādu nosīmi nesatur. Pētījumā gūtie rezultāti vienkāršu punktu skenēšanā norāda, ka secīgu lasīšanai līdzīgu sakādisko acu kustību programmēšanu veicina automātiska motora komanda, kas ir dzīves laikā apgūta, nevis objekta leksiskās nozīmes atkodēšanas veicināta.

Viens no iespējamajiem skaidrojumiem starp rezultātu atšķirībām divu punktu skenēšanā (N1) un punktu rindas skenēšanā (N2-N3) ir saistāms ar *two-step* paradigmas īpašībām (*two-step paradigm*), kas norāda, ka sakāžu programmēšana var notikt paralēli un, uzsākot vienas sakādes programmēšanu, iespējams laicīgi programmēt arī nākamo sakādi (*Becker & Jurgens*, 1979). Šāds dubultas programmēšanas process var radīt aizturi informācijas apstrādes procesā un, iespējams, arī radīt atšķirības vidējos fiksācijas ilguma rādītājos uzdevumos N1, kur nepieciešams programmēt sakādi pretējā virzienā, un uzdevumos N2-N3, kur sakādes virziens netiek mainīts un nākamās sakādes parametri ir līdzīgi iepriekšējai. Tomēr šajā pētījumā gūtie rezultāti netiek saistīti ar *two-step* paradigmu, ņemot vērā, ka *two-step* paradigmas izpētē dalībniekiem tiek demonstrēts tikai fiksācijas objekts un, uzsākot sakādes programmēšanu, fiksācijas objekta novietojums tiek mainīts. Tādējādi novērotājiem ir nepieciešams pēc iespējas straujāk programmēt nākamo koriģējošo sakādi vai, ja iespējams, mainīt esošās sakādes parametrus. Turklāt, reakcijas laiku atšķirības *two-step* paradigmas uzdevumos, kur dalībniekiem nepieciešams atcelt uzsāktās sakādes programmu un programmēt jaunu sakādi, nav lielākas par 100 ms, salīdzinājumā ar uzdevumiem, kur dalībniekiem nepieciešams veikt vairākas secīgas sakādes (*Ray, Schall & Murthy*, 2004). Atšķirības starp rezultātiem uzdevumā N1 un N2-N3 netiek arī saistītas ar sakādes virziena maiņu. *Kapoula & Robinson* (1986) gūtie rezultāti norāda, ka nav novērojamas būtiskas izmaiņas sakāžu latencē, veicot koriģējošās sakādes pārāk lielām un pārāk mazām sakādēm, kur tieši pārāk lielu sakāžu korekcijai nepieciešams programmēt sakādi pretējā virzienā. Tāpēc šajā pētījumā gūtie rezultāti un novērotās atšķirības vidējos fiksācijas laikos uzdevumos N1 un N2-N3 tiek saistītas ar secīgas horizontālas skenēšanas uzdevuma automātiku un līdzīgas sakāžu programmēšanas procesiem kā lasīšanas laikā nevis ar sakādes virziena maiņu.

Rezultāti norāda, ka secīgas horizontālas simbolus skenēšanas gadījumā būtiska loma ir tieši primārās vizuālās informācijas apstrādei, kas daļēji sakrīt ar pētījumiem, kas apskata z-rindu skenēšanu. Pretēji pētījumiem, kas apskata beznozīmes lasīšanu (z-rindu skenēšanu), gūtie rezultāti demonstrē arī leksiskās un semantiskās informācijas nozīmi informācijas

apstrādes un nākamās sakādes programmēšanas procesos, kas novērojama samazinātos fiksācijas ilguma rādītājos lasīšanas uzdevumā.

Novērotā vidējā fiksācijas laika samazinājums lasīšanas uzdevumā N4, salīdzinājumā ar vienkāršu punktu skenēšanu, iespējams skaidrojams ar lielāku pieredzi lasīšanas uzdevumu veikšanā (lasīšanas uzdevumi ikdienā tiek pildīti biežāk, nekā vienkārša simbolu skenēšana). Šāds skaidrojams gan pilnībā neizslēdz leksiskās un semantiskās informācijas apstrādes procesu ietekmi uz vidējo fiksācijas laiku. (*Rayner, Pollatsek, Ashby & Clifton Jr, 2012*). Turklāt vidējā fiksācijas ilguma samazinājums burtu skenēšanas uzdevumos (N9-N11), kas arī nav ikdienā veikti uzdevumi, vēlreiz apstiprina tieši leksiskās un semantiskās informācijas apstrādes radītu vidējā fiksācijas ilguma samazinājumu. Lai vēl detalizētāk izpētītu semantiskās informācijas ietekmi uz acu kustībām lasīšanas uzdevumos, būtu nepieciešams salīdzināt acu kustības nenozīmīgu vārdu apkopojumos un sintaktiski pareizu teikumu lasīšanu. Līdzīgi acu kustības var salīdzināt lasot jēgpilnus vārdus un vārdus, kur burti sajaukti vietām. Šādi būtu iespējams izvērtēt arī teksta morfoloģiskās izmaiņas ietekmi uz lasīšanas procesiem, kā arī analizēt dažādu informācijas apstrādes procesu ietekmi uz acu kustību parametriem.

Pētījuma rezultāti norāda, ka vizuālās informācijas grupēšanai nav būtiskas ietekmes uz sakādisko acu kustību plānošanu horizontālos ģeometrisku figūru un burtu skenēšanas uzdevumos. Viens no iespējamiem skaidrojumiem ir saistīts ar sakādisko acu kustību ģenerēšanu kā daļa no sensorās sistēmas informācijas apstrādes procesiem (*Bundesen, 1990; Bundesen & Habekost, 2008*), kamēr vizuālas informācijas grupēšana raksturo noteiktu uztveres elementu vienību veidošanos, kas ietver selektīvo uzmanību, atpazīšanu un kategorizāciju- augstākas informācijas apstrādes procesus. Šos procesus būtiski ietekmē arī grupēšanas princips, novērotāja uztveres īpatnības, kā arī objektam piešķirtā nozīme (*Bundesen & Habekost, 2008*). Analizējot šajā pētījumā gūtos rezultātus, netiek apgalvots, ka uztveres grupēšana ir maznozīmīgs process, bet gan tas, ka horizontālos simbolu skenēšanas uzdevumos acu kustību programmēšana tiek balstīta uz sensoro informāciju, kamēr uztveres grupēšana ir augstāks informācijas apstrādes process, kas ietver arī objektu identifikāciju un nozīmes piešķiršanu.

Lai gan kopumā tiek pieņemts, ka vizuālās informācijas grupēšana ir augšupejošs (*bottom-up*) process, kur uztvertās informācijas apstrāde sākas ar objekta īpašību analīzi, kam seko rezultātu interpretācija (*Bundesen & Habekost, 2008; Wright & Ward, 2008; Kramer, Wiegman & Kirlik, 2007; Wolfe, 2000*), pastāv pētījumi, kas nosaka arī lejupejošo (*top-down*) procesu ietekmi uz uztveres grupēšanu. Lejupejošie procesu ietekme izpaužas kā novērotāja uzmanība, mērķis uzdevuma izpildē un iepriekšēja pieredze saskarē ar līdzīgiem uzdevumiem, kas var mainīt uztvertās informācijas interpretāciju un uzdevuma izpildi (*Bundesen &*

Habekost, 2008). Kā apraksta *Bundesen & Habekost* (2008), sākotnējos vizuālās informācijas grupēšanas procesos būtiska ir augšupejošās informācijas apstrāde (*bottom-up* procesi), savukārt brīdī, kad novērotājam jau veidojas priekšstats par elementu veidoto grupu, sāk darboties arī lejupejošie (*top-down*) procesi (*Palmer*, 1977; *Feldman*, 2003), kad uztvertā elementu grupa raksturo tai piešķirto mentālo nozīmi nevis fizikālās īpašības (*Feldman*, 2007). Arī citi pētījumi (*Pinna & Skilters*, 2010) norāda, ka sensorā informācija ir būtiska vizuālās informācijas grupēšanas sākotnējā procesā, pēc kura uztvertajiem elementiem var tikt piešķirta forma un pēcāk arī nozīme.

Šajā pētījumā gūtie rezultāti liecina par to, ka uztveres grupēšana ir augstāks informācijas apstrādes process, kas nosaka, ka sakāžu programmēšanu lielā mērā kontrolē sensorās informācijas analīze (*Bundesen & Habekost*, 2008). Gūtie rezultāti drīzāk noliedz vizuālās grupēšanas uztveres modeļus, kas apgalvo, ka vizuālās informācijas grupēšana ir tikai sākotnējs redzes uztveres process, kas balstās uz sensorās informācijas analīzi (*Pinna & Skilters*, 2010). Pētījumā gūtie rezultāti norāda uz to, ka vizuālās informācijas grupēšana noris dažādos redzes uztveres līmeņos, kas ietver gan augšupejošos (*bottom-up*) gan lejupejošos (*top-down*) procesus (*Wagemans et al*, 2012). Iespējams, ka vizuālās informācijas grupēšana ir atkarīga no grupēšanas pazīmes, piemēram, grupēšana pēc novietojuma ir sākotnējs process, savukārt grupēšana pēc līdzības ir vēlāks process, kas ir gan lēnāks, gan mazāk dominējošs.

3.1.7. Secinājumi

Analizējot sakādiskās acu kustības nozīmi nesaturošu simbolu un nozīmi saturošu simbolu (burti un vārdi) skenēšanā, tika novērots, ka informācija par objektiem, kas satur leksisku nozīmi (burti un vārdi) tiek apstrādāta ātrāk nekā nozīmi nesaturoši simboli. Simbolu skenēšanā novērojams lielāks vidējais fiksācijas laiks. Novēroto sakarību būtiski nemainīja simbolu formas vai izkārtojuma maiņa, kā arī simbolu grupēšana pēc līdzības un novietojuma.

Lai gan pētījumā gūtie rezultāti norāda, ka vizuālās informācijas grupēšanas procesi būtiski neietekmē sensorās informācijas uztveri sakādisko acu kustību programmēšanā, pētījumā gūtie rezultāti nenosaka, ka vizuālās informācijas grupēšanas procesi ir mazāk robusti. Tiek norādīts, ka vizuālās informācijas grupēšana ir augstāks informācijas apstrādes process, kas ir saistāms ar vienotas elementu kopas veidošanu un noris pēc sensorās informācijas uztveres (*Bundesen*, 1990). Jāņem vērā, ka pētījumā demonstrētie uzdevumi un dalībniekiem sniegtās instrukcijas, iespējams, kavējuši globālo informācijas uztveri un stimulu grupēšanu uzdevuma izpildes laikā, ka rezultātā netika novērota būtiska vizuālās informācijas grupēšanas ietekme uz sakādisko acu kustību programmēšanu.

Apkopojot pētījumā gūtos rezultātus, novērojams, ka uzdevuma nozīme veicina sakādisko acu kustību programmēšanu, kas izpaužas kā samazināts informācijas apstrādes ātrums, taču ar uzdevumu nesaistīti vizuālās grupēšanas stimuli informācijas apstrādes laiku būtiski neietekmē. Ņemot vērā, ka vienkāršu simbolu aizstāšana ar burtiem, veicina lasīšanai līdzīgo horizontālās skenēšanas uzdevumu izpildi (lasīšanai līdzīgās acu kustības ir straujākas, ja skenēti tiek burti, kas ietver leksisko nozīmi), turpmākā pētījuma gaitā tiek veidoti uzdevumi, kur vizuālās informācijas grupēšana ir dalībniekiem sniegtais pamatuzdevums nevis paralēli apstrādājama, daļēji konfliktējoša informācija.

3.2. Vizuālās informācijas grupēšana centrālajā un perifērajā redzes laukā

Lai izvērtētu uzdevuma nozīmes ietekmi uz vizuālās informācijas uztveres procesiem, pētnieciskās daļas otrajā un trešajā apakšnodaļā tiek apskatīta stimulam piešķirtās nozīmes ietekme uz vizuālās informācijas grupēšanas procesiem, izmantojot vienkāršus grupēšanas uzdevumus un bioloģiskās kustības objektus, kas ietver informāciju par dzīva objekta pārvietojumu. Līdzīgi kā *Ikeda, Blake & Watanabe (2005)* un *Gurnsey et al. (2008)* izstrādātajos pētījumos, darbā tiek apskatīta bioloģiskās kustības uztveres (3.2. apakšnodaļa), kā arī vienkāršas vizuālās grupēšanas (3.3. apakšnodaļa) procesi centrālajā redzes lauka un redzes lauka perifērijā, nosakot vai centrālais redzes lauks ir specializēts sociālo nozīmi saturošo bioloģiskās kustības stimulu uztverei, kā arī izvērtējot, kā stimulam piešķirtā nozīme ietekmē vizuālās informācijas grupēšanas procesus.

3.2.1. Uzdevumi

Pētījuma daļas otrajā apakšnodaļā tiek izvērtēta vizuālās informācijas grupēšana (bioloģiskās kustības uztvere) centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Tiek izvirzīti trīs apakšuzdevumi:

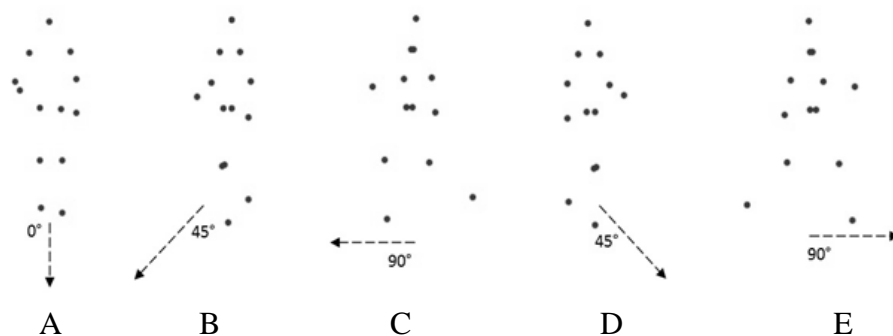
1. Izvērtēt lokālās informācijas nozīmi bioloģiskās kustības atpazīšanas uzdevumos
2. Izvērtēt minimālo bioloģisko kustību veidojošo punktu skaitu, ar kuru iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas;
3. Novērtēt, vai objekta palielinājums spēj izlīdzināt sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā.

3.2.1. Vizuālās informācijas grupēšanas uzdevums centrālajā un perifērajā redzes laukā

Kā minēts apakšnodaļā 2.2. bioloģiskās kustības uztvere var tikt uzskatīta kā speciāls vizuālās informācijas grupēšanas uzdevums, kur objektu sagrupēšana rada priekšstatu par dzīva organisma pārvietojumu. Bioloģiskās kustības stimulš tika veidots balstoties uz *Vanrie un Verfaillie (2004)* izstrādāto bioloģiskās kustības datu bāzi (*Action database*), kas ietver 22 dažādas bioloģiskās kustības aktivitātes, t.i. 3 telpiskās koordinātes un to izmaiņas, kas apraksta katra objektu veidojošā punkta pārvietojumu telpā, kā arī video faili katras kustības demonstrācijai (*Vanrie & Verfaillie, 2004*).

Lai izveidotu stimulu bioloģiskās kustības demonstrācijai, kā pamats šajā pētījumā tika izmantots *Vanrie un Verfaillie (2004)* izstrādātās koordinātes iešanas kustībai. Objekts tika veidots no 13 punktiem, kas apzīmēja galvu, plecus, elkoņus, plaukstas, gurnus ceļus un pēdas,

un pārvietojās vienā no pieciem virzieniem (uz priekšu, 90 grādus pa labi, 90 grādus pa kreisi, 45 grādus pa labi vai 45 grādus pa kreisi no taisna skata virziena) (skat. att. 3.15.).



Att. 3.15. Pētījumā izmantotie bioloģiskās kustības stimuli. Dalībniekiem tika demonstrēts viens no pieciem bioloģiskās kustības stimuliem, kas pārvietojās uz priekšu (A), pa labi (E), pa kreisi (C), 45 grādus pa labi (D) vai 45 grādus pa kreisi (B).

Pētījuma ietvaros tika izveidota arī bioloģiskās kustības jauktā (*scrambled*) versija (Bertenhal & Pinto, 1994; Troje, 2008) (skat. att. 3.16.). Jauktā versija tika veidota no punktiem, kuru izmērs, pārvietošanās trajektorija un ātrums sakrita ar kādu nejauši izvēlētu bioloģiskās kustības punktu, kas veidoja vienu no pieciem iepriekš aprakstītajiem bioloģiskās kustības stimuliem. Jauktās versijas gadījumā visi objektu veidojošie punkti tika sajaukti vietām un izvietoti apgabalā, kura lielums sakrita ar laukumu, ko aizņem bioloģiskās kustības stimuls, punktu kustība tika apgriezta “kājām gaisā”, kā arī katra punkta kustības sākuma pozīcija tika izvēlēta pēc nejaušības principa (nevis saskaņoti, kā tas noris bioloģiskās kustības demonstrācijā). Izveidotajā stimulā tika saglabāta tikai lokālā kustības informācija, ko nebija iespējams apvienot vienotā priekšstatā par bioloģiskās kustības objektu.



Attēls 3.16. Bioloģiskās kustības stimuls un tā jauktā versija, ko veido 13 punkti, kuru izmērs un krāsa sakrīt ar bioloģisko kustību veidojošiem punktiem, un katrs punkts pārvietojas pa tādu pašu trajektoriju kā kāds no bioloģiskās kustības punktiem. Punktu savstarpējais novietojums ir mainīts, un tos nav iespējams sagrupēt vienotā priekšstatā par bioloģiskās kustības objektu.

Dalībniekam tika demonstrēts bioloģiskās kustības stimulums vai tā jauktā versija un tika sniegts uzdevums, noteikt, vai demonstrētais objekts atbilda bioloģiskās kustības stimulam. Ja demonstrētais objekts atbilda kādam no pieciem bioloģiskās kustības stimuliem (skat. att. 3.15.), tika sniegta instrukcija nospiegt klaviatūras taustiņu Y, savukārt, ja tika demonstrēta objekta jauktā versija, tad bija jānospiež taustiņš N. Demonstrācijas laikā gan bioloģiskās kustības, gan tās jauktās versijas stimulums izgāja vienu pilnu kustības ciklu (kustības beigās punkts atgriezās savā sākuma pozīcijā), pēc kā stimulums pazuda, un līdz brīdim, kad dalībnieks sniedza atbildi par redzēto objektu, uz ekrāna bija redzams tikai fiksācijas objekts. Gadījumos, kad dalībnieks nebija pārliecināts par atbildi, tika sniegta instrukcija atbildi minēt.

3.2.2. Lokālās informācijas analīze bioloģiskās kustības uztverē

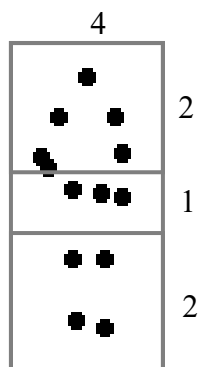
3.2.2.1. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 5 dalībnieki vecumā no 21-27 gadiem. Visām dalībniecēm bija laba redze tuvumā ($V=1.0$) bez redzes korekcijas. Lai samazinātu apziņas (kognitīvo) procesu ietekmi uz dalībnieku sniegumu, pirms uzdevuma veikšanas dalībnieki netika informēti par pētījuma mērķiem un uzdevumiem.

3.2.1.3. Metode

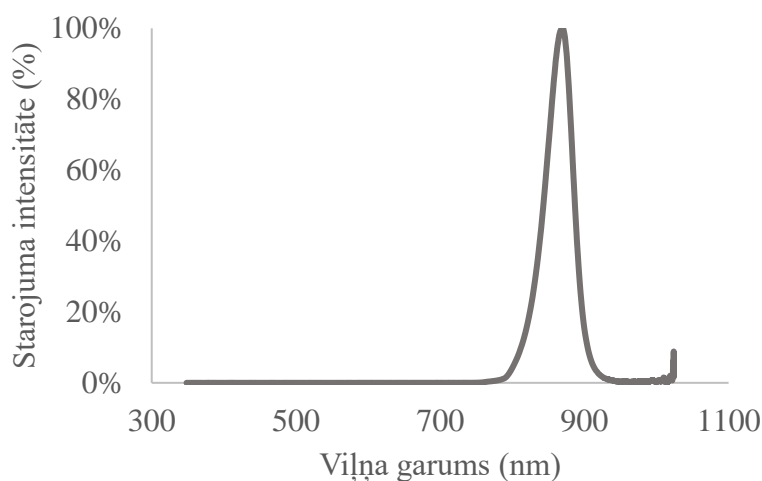
Bioloģiskās kustības un jauktās versijas stimulums tika veidots no melniem punktiem (RGB: 0, 0, 0), kas tika demonstrēti uz balta fona (255, 255, 255), fiksācijas objekts netika izmantots. Dalībniekiem bija jānovērtē, vai demonstrētais objekts ir bioloģiskās kustības stimulums vai tā jauktā versija, attiecīgi nospiežot klaviatūras taustiņu Y vai N. Pētījumā izvērtēja dalībnieku reakcijas laiku pareizas atbildes sniegšanai bioloģiskās kustības un tās jauktās versijas atpazīšanā, kā arī ar acu kustību analīzes palīdzību izvērtēja, kur ir vērsta tiešā uzmanība bioloģiskās kustības atpazīšanas uzdevumos.

Lai izvērtētu, kur tiek vērsta tiešā uzmanība bioloģiskās kustības uztveres uzdevumos, un tādējādi izvērtētu lokālās informācijas apstrādes procesus bioloģiskās kustības uztverē, demonstrētais s tika sadalīts trīs zonās: pleci (ķermeņa augšdaļa), gurni un kājas. Sadalījums zonās tika veidots līdzīgi, kā to savā pētījumā veica *Roché et al.* (2013). Objekts bija 4 grādu plats, ķermeņa augšējā un apakšējā daļa (plecu un kāju zonas) katra bija 2 grādu lielas, un gurnu zona bija 1 grādu liela (skat. att. 3.17.).



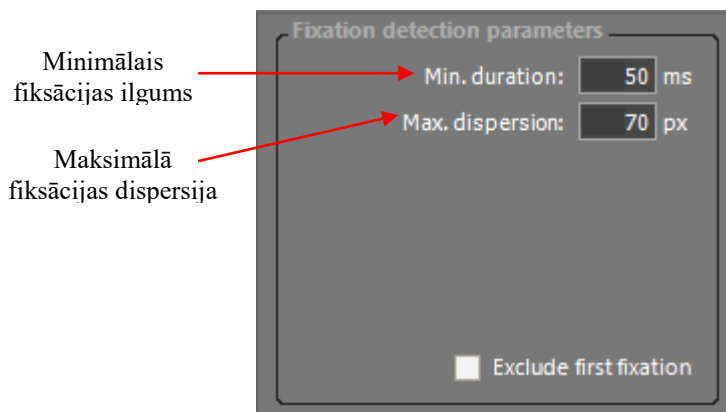
Att. 3.17. Bioloģiskās kustības stimula sadalījums 3 apgabalos: ķermeņa augšdaļa (galva un krūtis), gurni un kājas. Izveidotais objekta sadalījums tika izmantots acu kustību analīzei, lai izvērtētu, kāda lokālās informācijas analīze ir būtiska bioloģiskās kustības atpazīšanas procesos.

Stimuli tika demonstrēti uz DELL P2213 datora ekrāna (22 collas, 1050x1680px), kas atradās 70 centimetru attālumā no novērotāja un tika apskatīts binokulāri. Acu kustības tika pierakstītas ar IViewX RED 500 (*Remote Eyetracking Device*) (*Sensomotoric Instruments, Vācija*) videokulogrāfu, kas darbojās ar 120 Hz frekvenci. IViewX RED 500 sistēma darbojas ar diviem infrasarkanā starojuma avotiem un uztverošo kameru. Atšķirībā no iekārtas IViewX Hi-Speed, kur infrasarkanās gaismas avoti atrodas iekārtas augšējā daļā un datora ekrāns tiek apskatīts caur puscaurspīdīgu spoguļi (skat. nodaļu 3.1.3.2), IViewX RED 500 sistēmā divi infrasarkanās gaismas avoti atrodas iekārtas apakšējā daļā, zem monitora. Starojuma maksimālā starojuma intensitāte novērojama pie 870 nm, spektra pusplatums 44 nm (skat. att. 3.18.). Acu kustību darbības un datu analīzes princips bija līdzīgs kā iekārtai IViewX Hi-Speed, kas aprakstīts apakšnodaļā 3.1.3.2.



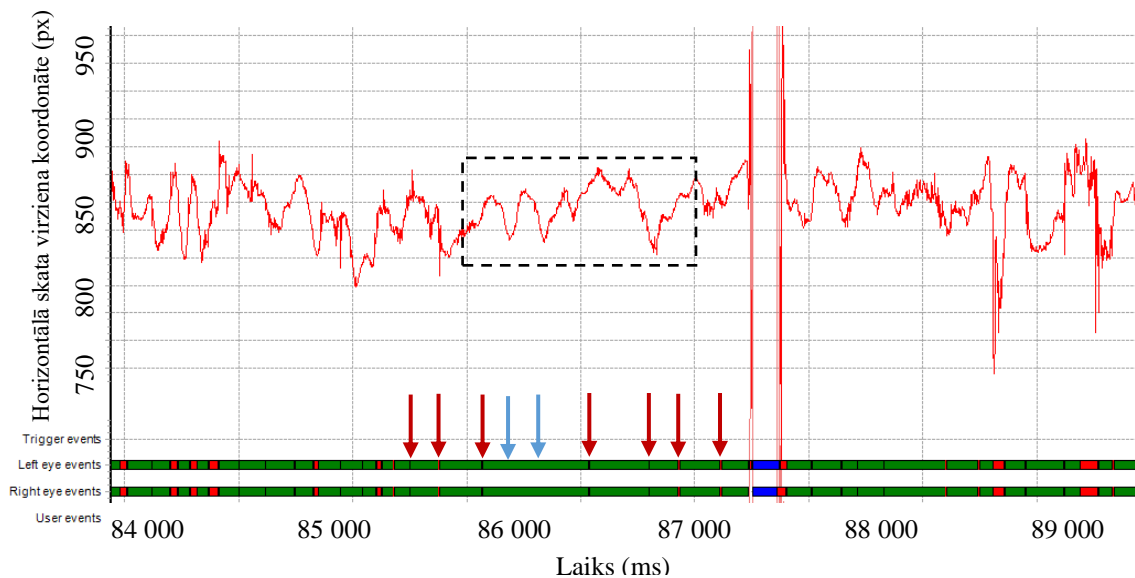
Att. 3.18. IViewX RED500 120 Hz (*SensoMotoric Instruments, Vācija*) acu kustību pieraksta iekārtas starojuma spektrs. Maksimālā starojuma intensitāte novērojama pie 870 nm, spektra platums pusaugstumā 44 nm. Starojuma spektrs noteikts ar Ocean Optics USB4000 spektrometru.

Lai gan sistēmas uzbūve pieļauj iekārtas lietošanu bez papildus galvas kustību kompensācijas, pētījumā tika izmantots zoda un pieres balsts. Pierakstītos acu kustību datus (*idf formātā) bija iespējams analizēt ar acu kustību datu analīzes programmas BeGaze (*Sensomotoric Instruments*, Vācija) palīdzību. Līdzīgi kā IViewX Hi-Speed sistēmas datu analīzē, programma BeGaze pierakstītos sistēmas IViewX RED 500 datus par skata virzienu sadala trīs notikumos: fiksācijās, sakādēs un mirkšķināšanās. Taču, atšķirībā no IViewX Hi-Speed sistēmas (aprakstīta nodaļā 3.1.3.3.), datu sadalīšana noris, balstoties uz skata virziena kritēriju, nevis uz skata pārnese maksimālā ātruma izmaiņām (skat. att. 3.19.).



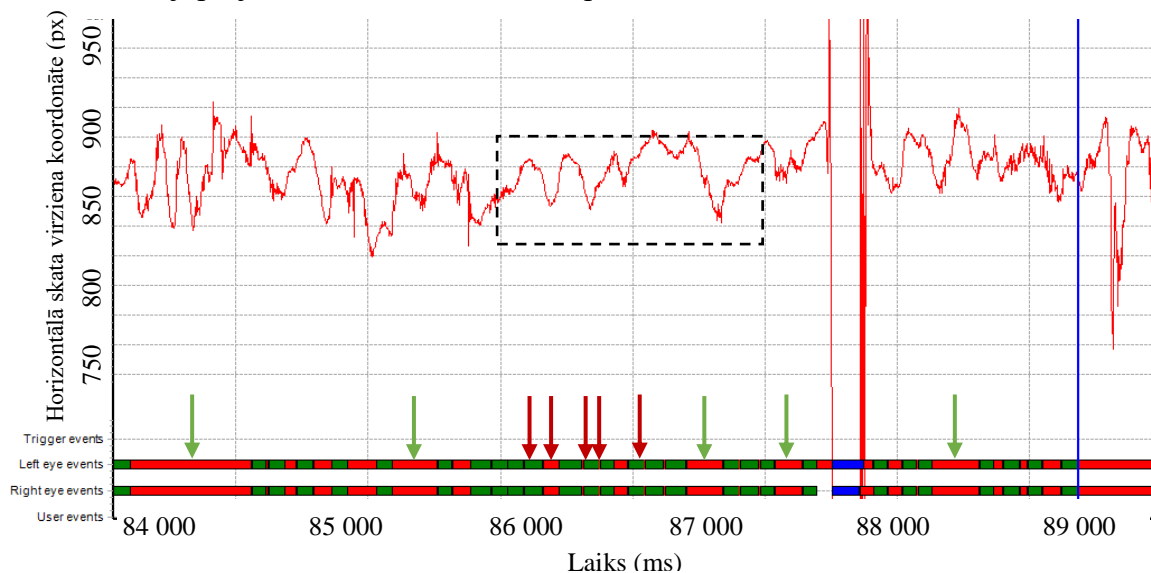
Att. 3.19. Programmas BeGaze (*Sensomotoric Instruments*, Vācija) uzstādījumu logs, kas sniedz iespēju noteikt, pēc kādiem parametriem pierakstītās acu kustības tiks sadalītas sakādēs un fiksācijās. Atšķirībā no Hi-Speed sistēmas, kur datu sadalījums noris, balstoties uz sakādisko acu kustību maksimālo ātrumu, datu sadalījums ar RED sistēmu tiek veikts, balstoties uz fiksāciju īpašībām.

Sistēmas pamatuzstādījumos tiek noteikts, ka par fiksāciju tiek uzskatīti tādi dati, kas 50 milisekunžu laikā nemanās vairāk kā 70 pikseļu robežās. Ja datu pieraksta laikā iztrūkst informācijas par zīlītes un radzenes novietojumu, tādi dati tiek uzskatīti par mirkšķināšanās. Visi pārējie dati tiek uzskatīti par sakādēm. Attēlā 3.20. demonstrēts 4.5 sekunžu skata virziena pieraksts vienam no pētījuma dalībniekiem, ja fiksācija tiek noteikta kā minimāli 50 milisekunžu laika posms, kur skata virziens nemainās vairāk kā 70 pikseļu ietvaros. Attēla apakšējā daļā novērojams, kā veidojas skata virziena datu sadalījums notikumos: fiksācijās, sakādēs un mirkšķināšanās. Novērojams, ka ar šādiem parametriem sistēma nespēj detektēt vairākas sakādes, kas novērojamas no 86 līdz 87 sekundei, un vairākas skata pārnese pēc relatīva miera stāvokļa tiek apzīmētas kā viena fiksācija.



Att. 3.20. Horizontālās skata virziena izmaiņas bioloģiskās kustības uztveres uzdevumā (fiksācijas minimālais ilgums 50 milisekundes, maksimālā dispersija 70 pikseļi). Ar tumši sarkanu līniju atzīmētas sistēmas noteiktās sakādes. Ar zilo līniju atzīmētas sistēmas nenoteiktās sakādes.

Izmainot parametrus, pēc kura programma BeGaze sadala skata virzienu pierakstu notikumos, un kā kritēriju fiksāciju noteikšanai iestādot 50 milisekundes un 30 pikseļu dispersiju (kas ir nedaudz mazāka par gurnu veidojošā apgabala vertikālo lielumu), iegūtie rezultāti spēj detektēt iepriekš nenoteiktās sakādes. Taču šādā gadījumā novērojams, ka vairākas sakādes posmā no 84.5 līdz 85 sekunde tiek uzskatītas par vienu garu sakādi, un datu sadalījums vēl joprojām var tikt uzskatīts kā neprecīzs (skat. att. 3.21.).



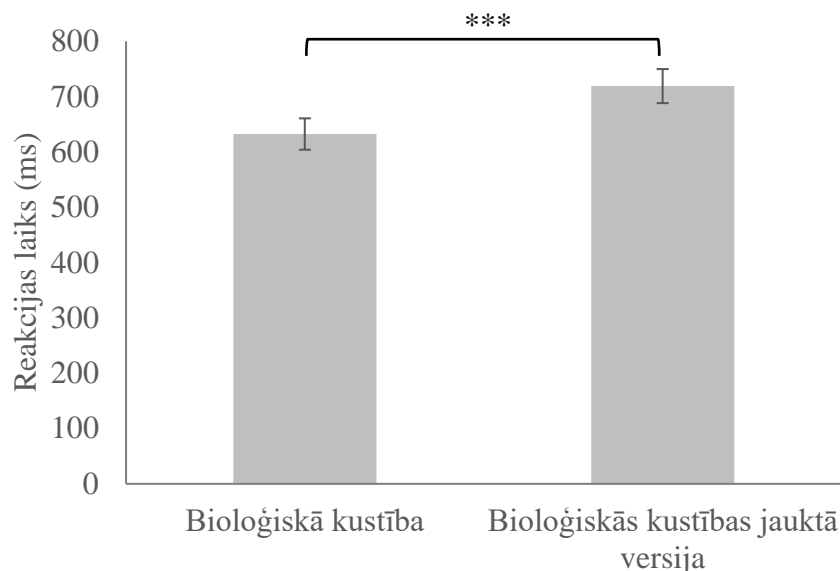
Att. 3.21. Horizontālās skata virziena izmaiņas bioloģiskās kustības uztveres uzdevumā (fiksācijas minimālais ilgums 50 milisekundes, maksimālā dispersija 30 pikseļi). Ar tumši sarkano līniju atzīmētas sakādes, ko sistēma nespēja detektēt ar iepriekšējiem parametriem (fiksācijas maksimālā dispersija 70 pikseļi). Ar zaļo līniju atzīmētas neprecīzi noteiktās sakādes.

Kā minēts apakšnodaļā 3.1.3.2., programmas BeGaze uzstādījumi IViewX RED 500 sistēmas gūtos datus spēj sadalīt fiksācijās, sakādēs un mirkšķināšanās, balstoties tikai uz skata virziena izmaiņu kritēriju (fiksācijas īpašības), nevis uz skata pārnese ātrumu. Ņemot vērā nelielās amplitūdas sakādes, kas tiek veiktas šāda uzdevuma ietvaros, un grūtības šādas sakādes atdalīt no mikrosakādēm un dreifa, kas noris fiksācijas ietvaros, iespējams, ka programmas BeGaze piedāvātais algoritms, analizējot sistēmas IViewX RED 500 datus, nav piemērojams šādu datu sadalei. Lai pārlicinātos, ka neprecizitātes radījis izmantotais algoritms, datu pieraksts būtu jāveic atkārtoti, izmantojot IViewX Hi-Speed sistēmu, kas promocijas darba ietvaros netika veikts.

Ņemot vērā iepriekš aprakstītās neprecizitātes datu sadalījumā fiksācijās un sakādes, lai izvērtētu tiešās uzmanības procesus bioloģiskās kustības uztverē, datu analīzē tika izvēlēts apskatīt procentuālo skata virziena sadalījumu visās trīs iepriekš aprakstītajās zonās. Sistēma IViewX RED 500 darbojas ar 120Hz frekvenci, kas nozīmē, ka aptuveni katras 8 milisekundes sistēma sniedz informāciju par skata virzienu uz datora ekrāna. Izvērtējot pierakstīto datu daudzumu katrā bioloģiskās kustības apgabalā jeb nosakot, cik daudz milisekunžu skats tika vērsts uz kādu no noteiktajiem bioloģiskās kustības apgabaliem, tika noteikts relatīvais skata virziena laiks.

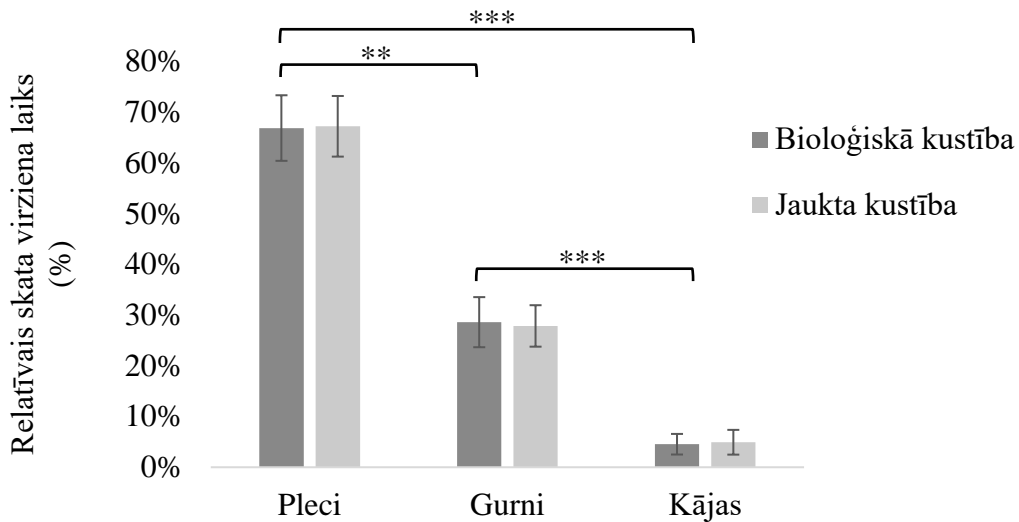
3.2.2.2. Rezultāti

Lai izvērtētu bioloģiskās kustības uztveri centrālajā redzes laukā, kā pirmais tika noteikts reakcijas laiks bioloģiskās kustības un jauktās kustības uztverei. Reakcijas laiks tika noteikts no brīža, kad tika uzsākta stimula demonstrācija līdz brīdim, kad dalībnieks sniedza atbildi, vai demonstrētais stimuluss ir bioloģiskā kustība vai tās jauktā versija. Iegūtie rezultāti norādīja, ka vidējais reakcijas laiks visiem pieciem dalībniekiem bija 632 ± 28 milisekundes bioloģiskās kustības uzdevumā un 719 ± 31 milisekundes jauktās kustības uztverē (skat. att. 3.22). Lai salīdzinātu vidējos reakcijas laikus bioloģiskās kustības un jauktās kustības uztverē, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*, ar kuras palīdzību pa pāriem tika salīdzināti katra dalībnieka vidējie reakcijas laiki bioloģiskās kustības un jauktās versijas uztverē. Gūtie rezultāti norādīja uz statistiski būtiskām atšķirībām starp iegūtajām vērtībām bioloģiskās kustības (vidējā vērtība 632 ms, SD= 106) un jauktās kustības (vidējā vērtība 719 ms, SD= 115) uztverē ($t(13) = -5.36157$, $p < 0.001$).



Att. 3.22. Vidējais reakcijas laiks bioloģiskās kustības un jauktās versijas atpazīšanā. Norādītas visu dalībnieku vidējās vērtības un to standartklūdas abos uzdevumos pie pareizi sniegtām atbildēm. Būtiskuma apzīmēšanai izmantoti trīs līmeņi: * $p < 0.05$, ** $p < 0.01$, *** $p < 0.001$; ns- statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas.

Lai izvērtētu lokālās informācijas nozīmi bioloģiskās kustības atpazīšanas uzdevumos, tika izvērtēts relatīvais skata laiks uz katru no trīs izdalītajām bioloģiskās kustības zonām: krūtīm, gurniem un kājām. Relatīvais skata laiks tika izteikts laika posmu, kas pavadīts uz katru no trim bioloģiskās kustības zonām (pleciem, gurniem vai kājām) dalot ar kopējo skata virziena laiku, apskatot stimulu (visas trīs zonas kopā). Rezultāts tika izteikts procentuāli. Iegūtie rezultāti (skat. att. 3.23.) norāda, ka bioloģiskās kustības atpazīšanas uzdevumos skata virziens visvairāk tiek vērsta uz ķermeņa augšējai daļu ($67 \pm 6\%$), vidējais skata virziena laiks uz gurniem bija $29 \pm 5\%$ un uz kājām bija $4 \pm 2\%$. Vienfaktora dispersijas analīzes *ANOVA: Single Factor* rezultāti norādīja, ka bioloģiskās kustības uztverē relatīvais skata virziena laiks uz dažādām ķermeņa daļām ir būtiski atšķirīgs. Lai savstarpēji salīdzinātu vidējo skata virziena laiku uz bioloģiskās kustības objekta pleciem, gurniem un kājām, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc Bonferroni metodes ($p = 0,017$). Statistiski būtiskas atšķirības bija novērojamas visos salīdzinājumos. Plecu apgabals (vidējā vērtība 67% , $SD = 24\%$) tika apskatīts būtiski ilgāk kā gurnu apgabals (vidējā vērtība 27% , $SD = 17\%$) ($t(13) = 3,3799$, $p = 0,002$) un būtiski ilgāk kā kāju apgabals (vidējā vērtība 4% , $SD = 7\%$), ($t(13) = 7,5945$, $p < 0,001$). Arī gurnu apgabals tika apskatīts būtiski ilgāk kā kāju apgabals ($t(13) = 6,1559$, $p < 0,001$).



Attēls 3.23. Relatīvais skata virziena laiks, kas pavadīts uz katru no 3 atdalītajām bioloģiskās kustības stimula zonām (krūtīm, gurniem un pleciem). Norādītas visu dalībnieku vidējās vērtības un to standartklūdas abos uzdevumos. Būtiskuma apzīmēšanai izmantoti trīs līmeņi: * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$, *** $p < 0,001$; ns- statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas.

3.2.3. Bioloģiskās kustības uztvere pie samazināta punktu skaita

3.2.3.1. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 8 dalībnieki (7 sievietes un 1 vīrietis) vecumā no 21-25 gadiem. Visiem dalībniekiem bija laba redze tuvumā ($V=1.0$) bez redzes korekcijas. Lai samazinātu apziņas (kognitīvo) procesu ietekmi uz dalībnieku sniegumu, pirms uzdevuma veikšanas dalībnieki netika informēti par pētījuma mērķiem un uzdevumiem.

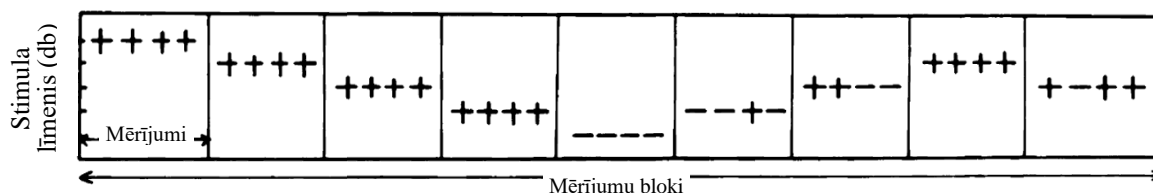
3.2.3.2. Metode

Bioloģiskās kustības un jauktās versijas stimuls tika veidots no sarkaniem punktiem (RGB: 255, 0, 0), kas tika demonstrēti uz balta ekrāna fona (255, 255, 255). Fiksācijas objekts tika veidots zaļā krāsā (RGB: 255, 0, 0). Stimuls tika demonstrēts uz *Iiyama Prolite T2253MTS* datora ekrāna (22 collas, 1920x1080px), kas atradās 60 centimetru attālumā no novērotāja un tika apskatīts binokulāri. Dalībniekiem tika sniegta instrukcija novērtēt, vai demonstrētais objekts ir bioloģiskās kustības stimuls vai tā jauktā versija, attiecīgi nospiežot klaviatūras taustiņu Y vai N.

Lai izvērtētu, kāds ir minimālais bioloģisko kustību veidojošo punktu skaits, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tā jauktās versijas, atkarībā no dalībnieka atbildes precizitātes, katru nākamo demonstrēto stimulu veidoja lielāks, mazāks vai tāds pats daudzums

punktu. Pilna stimula versija tika veidota no 13 punktiem, kas eksperimenta laikā varēja samazināties līdz pat 1 punktam.

Sliekšņa vērtība minimālajam punktu skaitam, pie kura iespējams atšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas, tika noteikta, balstoties uz *Campbell* un *Lasky* (1986) izstrādāto adaptīvo sliekšņu noteikšanas metodi BUDTIF (skat. att. 3.24). Pētījumā izmantotā BUDTIF metode pieder pie pārveidoto *up-down* sliekšņu noteikšanas metodēm, kuras ietvaros katra līmeņa stimuls tiek demonstrēts 4 reizes pēc kārtas. Ja kaut viena no atbildēm ir nepareiza, stimula līmenis vienmēr tiek padarīts vieglāks (stimuls tiek padarīts “uztveramāks”), savukārt ja pareiza atbilde tiek sniegta visas četras demonstrācijas pēc kārtas, stimula līmenis tiek padarīts sarežģītāks (*Campbell & Lasky*, 1986; *Levitt*, 1970).

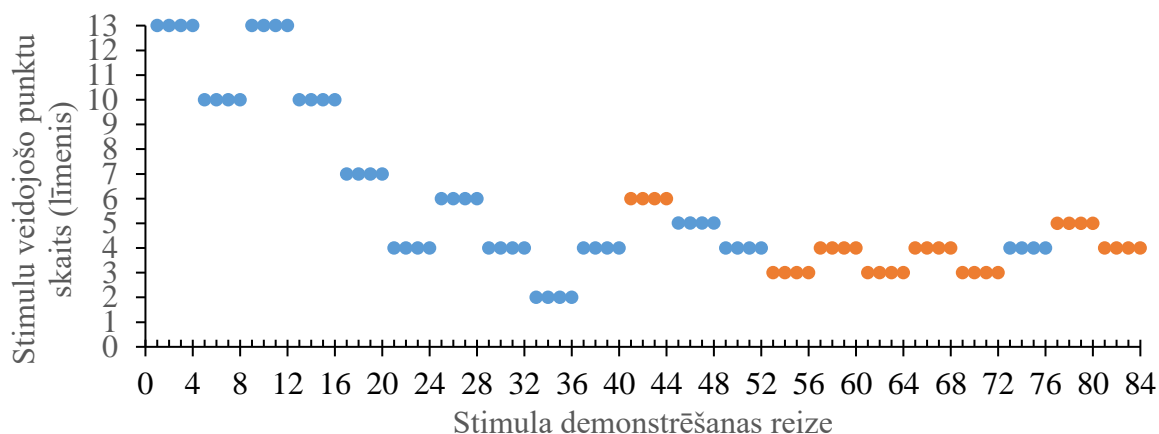


Att. 3.24. Adaptīvā sliekšņu noteikšanas metode BUDTIF (*Campbell & Lasky*, 1986). Katra līmeņa stimuls tiek demonstrēts 4 reizes pēc kārtas. Ja kaut viena no atbildēm ir nepareiza, stimula līmenis tiek padarīts vieglāks; ja pareiza atbilde tiek sniegta visas četras demonstrācijas pēc kārtas, stimula līmenis tiek padarīts sarežģītāks (*Gelfand*, 2010).

Pētījumā dalībniekiem sākotnēji tika demonstrēts bioloģiskās kustības stimuls vai tā jauktā versija, ko veidoja 13 punkti (pilna stimula versija). Ja dalībnieks četras reizes pēc kārtas spēja pareizi atšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas, stimulu veidojošo punktu skaits tika samazināts. Ja kaut viena no četrām pēc kārtas sniegtajām atbildēm bija nepareiza, stimula līmenis tika palielināts (t.i. stimuls tika padarīts uztveramāks). Kā norāda *Levitt* (1970) sākotnējais soļa lielums ar kādu maina stimula līmeni var būt lielāks un mērījuma gaitā, kad stimula līmenis ir pietuvojies sliekšņa vērtībai, soļa lielums var tikt samazināts. Sākotnēji izvēlētais soļa lielums bija 3 punkti (t.i. pie pareizas vai nepareizas atbildes bioloģisko kustību veidojošo punktu skaits mainījās par 3 vienībām). Brīdī, kad stimula līmeņa izmaiņu virziens bija mainījies 3 reizes (piemēram, punktu skaits samazinās → palielinās → samazinās), soļa lielums tika mainīts uz 2 punktiem, un vēlāk uz 1 punktu. Eksperiments beidzās, kad stimula līmeņa izmaiņu virziens bija mainījies 10 reizes.

Stimula līmeņa izmaiņas ar 2 un 3 punktu soli tika uzskatītas kā sagatavošanas fāze, kas stimula līmeņa vērtības pietuvināja sliekšņa vērtībai (līdzīgi kā darbojās *Vleugels*, *Van Nunen*, *Lafosse*, *Ketelaer* un *Vandenbussche* (1998), novērtējot redzes funkcijas izkaisītās sklerozes

pacientiem). Lai noteiktu sliekšņa vērtību stimulu veidojošam punktu skaitam, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas, tika aprēķināta mediāna tām stimula vērtībām, pie kurām stimula līmeņa izmaiņu virziens mainījās ar vienu punktu lielu soli (pēc punktu skaita palielināšanās, tas sāka samazināties, vai otrādi). Attēlā 3.25. demonstrēts piemērs, kā noritēja stimulu demonstrācija vienam no pētījuma dalībniekiem, apskatot 1 grādu lielu stimulu centrālajā redzes laukā. Sliekšņa vērtība tika noteikta kā mediāna skaitļiem 6, 3, 4, 3, 4, 3, 5, 4 (attēlā atzīmēti oranžā krāsā), un šajā gadījumā bija 4 punkti.

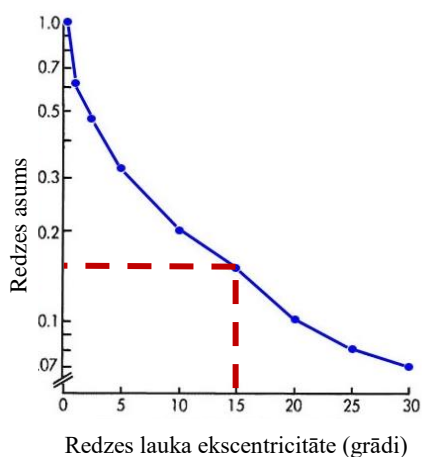


Att. 3.25. Sliekšņa vērtības noteikšana minimālajam bioloģisko kustību veidojošam punktu skaitam, pie kura iespējams objektu atšķirt no tā jauktās versijas. Sliekšņa vērtība tiek noteikta kā mediāna tām stimula vērtībām, pie kurām stimula līmeņa izmaiņu virziens mainījies ar vienu punktu lielu soli. Attēlā ar oranžu krāsu apzīmēti tie stimula līmeņi, no kuriem rēķināta sliekšņa vērtība. Ar zilu krāsu apzīmēti tie stimula līmeņi, kuru vērtības netiek ņemtas vērā pie sliekšņa vērtības noteikšanas.

Stimulu izmērs tika izvēlēts līdzīgs kā *Ikeda, Blake un Watanabe (2005)* un *Gurnsey et al. (2008)* pētījumos: 1, 2, 4, 8, 16 un 20 grādi. Palielinoties stimula lielumam, tika palielināts arī katra stimulu veidojošā punkta izmērs. Katra izmēra stimul tika demonstrēts gan centrālajā redzes laukā, gan 8 un 15 grādu ekscentritātēs, ko *Larson & Loschky (2009)* savā darbā apzīmē kā redzes lauka perifēriju. Eksperimenta dalībniekiem tika sniegta instrukcija saglabāt fiksāciju uz fiksācijas objekta un sniegt atbildi par objekta īpašībām. Demonstrējot stimulu redzes lauka perifērijā, bioloģiskās kustības un tās jauktās versijas stimul vienmēr atradās datora monitora centrā, mainīts tika fiksācijas objekta novietojums, kas tika novirzīts pa kreisi.

Redzes asums, kas raksturo redzes sistēmas telpisko izšķirtspēju jeb spēju izšķirt objekta smalkākās detaļas, 15 grādu tālā redzes lauka perifērijā ir aptuveni 0,15 decimālās vienības (skat. att. 3.26.) (*Kalloniatis & Luu, 2005*). 20 grādus lielā bioloģiskās kustības vai tās jauktās versijas stimula viena punkta izmērs bija 2 milimetri, kas, aprēķinot redzes asumu pēc *Davidson (1991)* norādītā principa, atbilst vienas detaļas izmēram 0,08 grādu lieliem optotipiem. Ņemot vērā, ka stimula izmērs 15 grādu tālā redzes lauka perifērijā ir lielāks, nekā

vienas detaļas izmērs stimulam kas atbilst 0,15 decimālajām vienībām, tika pieņemts, ka stimuluss demonstrētajā redzes lauka perifērijā ir izšķirams.



Att. 3.26. Redzes asuma izmaiņas decimālvienībās atkarībā no stimula demonstrācijas ekscentritātes. Redzes asums 15 grādu ekscentritātē, kurā tika izvērtēta bioloģiskās kustības uztvere ir 0,15. Izveidotā bioloģiskās kustības viena elementa izmērs tika veidots lielāks, kā detaļas izmērs redzes asumam 15 grādu perifērijā (Kalloniatis & Luu, 2005)

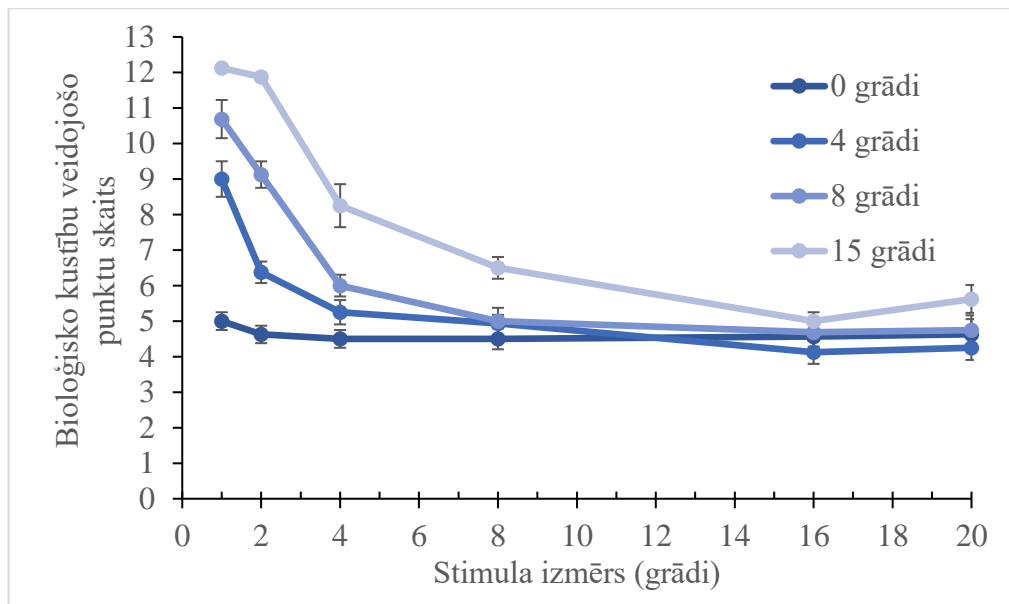
3.2.3.3. Rezultāti

Sliekšņa vērtības stimulu veidojošam punktu skaitam, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas centrālajā redzes laukā, visiem dalībniekiem ir attēlotas 1. tabulā. Dalībnieku labākā snieguma vērtības (tabulā izceltas) bija robežās no 3-7 punktiem (vidējā vērtība $4,7 \pm 0,1$ punkts), norādot, ka bioloģiskās kustības izšķiršanai ir pietiekami, ja tiek demonstrēti aptuveni 5 jauktā kārtībā izvēlēti punkti. Lai novērtētu stimula lieluma (1, 2, 4, 8, 16 un 20 grādi) un ekscentritātes (0, 4, 8 un 15 grādi), kā arī šo faktoru savstarpējo ietekmi uz dalībnieku sniegumu, tika veikta divfaktoru dispersijas analīze divfaktoru ANOVA tests ar atkārtojumiem (*Anova two-factor with replication*). Tā kā, Mauchly's sfericitātes pārbaude norādīja, ka sfericitāte ir pārkāpta gan ekscentricitātes ($\chi^2(5)=13,592$, $p=0,02$, $\epsilon=0,438$), gan objekta lieluma mērījumiem ($\chi^2(14)=73,780$, $p<0,001$, $\epsilon=0,226$), tālākā datu analīzē tika izmantotas *Geisser-Greenhouse* koriģētās F vērtības. Gūtie rezultāti norādīja uz statistiski nozīmīgu stimula lieluma [$F(1,131; 7,916)=10,213$, $p=0,011$] un ekscentritātes [$F(1,131; 9,208)=10,983$, $p=0,006$] ietekmi uz bioloģisko kustību veidojošo punktu skaitu, pie kura iespējams atšķirt objektu no tās jauktās versijas. Abu faktoru (stimula lieluma un ekscentritātes) ietekme netika pierādīta kā statistiski nozīmīga [$F(1,115; 7,807)=2,338$, $p=0,166$].

Uztveres sliekšņa vērtības centrālajā redzes laukā

Pētījuma dalībnieks (nr. p.k.)	Stimula izmērs					
	1°	2°	4°	8°	16°	20°
1	<u>4</u>	4	4	4	4	4
2	6	5	<u>4</u>	4	4	4
3	4	4	4	4	4	<u>3</u>
4	<u>5</u>	6	6	6	7	7
5	5	5	5	5	<u>4</u>	4
6	6	<u>5</u>	5	6	5	6
7	5	<u>4</u>	4	4	4	4
8	5	<u>4</u>	4	4	5	4

Demonstrējot objektu perifērajā redzes laukā, bija novērojams, ka spēja izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas bija traucēta pie maza izmēra stimuliem. Palielinot objekta leņķisko lielumu, bija novērojams pakāpenisks snieguma uzlabojums, kas tiecās sasniegt līdzīgu vērtību kā centrālajā redzes laukā. Attēlā 3.27. demonstrētas visu pētījuma dalībnieku uztveres sliekšņu vidējās vērtības centrālajā redzes laukā, kā arī 4, 8 un 15 grādu tālās ekscentritātēs un snieguma atkarība no demonstrētā stimula lieluma. Iegūtie rezultāti norāda, ka 15 grādu tālā redzes lauka ekscentritātē labākais sniegums ir novērojams, ja stimula vertikālais izmērs ir 16 grādi. Lai noteiktu, vai pietiekams stimulu palielinājums spēj nodrošināt vienlīdz labu sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, tika veikts vienfaktora ANOVA tests (*Anova single-factor*) katram stimula izmēram, nosakot, vai pie viena stimula izmēra rezultāti dažādās redzes lauka ekscentritātēs ir būtiski atšķirīgi. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc Bonferroni metodes ($p < 0,008$). Kā jau bija sagaidāms, pie mazākiem izmēriem sniegums centrālajā redzes laukā un dažādās ekscentritātēs bija būtiski atšķirīgs (stimula izmēriem 1 grāds ($F(3,28)=54,6841$, $p < 0,008$), 2 grādi ($F(3,28)=116,0684$, $p < 0,008$), 4 grādi ($F(3,28)=14,3415$, $p < 0,008$) un 8 grādi ($F(3,28)=6,6314$, $p < 0,008$)). Palielinot stimula lielumu līdz 16 grādiem, statistiski būtiskas atšķirības starp sniegumiem dažādās redzes lauka ekscentritātēs netika pierādītas ($F(3,28)=0,9799$, $p=0,42$). Stimulam sasniedzot 20 grādu izmēru, dalībnieku sniegums nedaudz pasliktinājās, taču vēl joprojām netika pierādīts kā būtiski atšķirīgs starp dažādām redzes lauka ekscentritātēm ($F(3,28)=1,8841$, $p=0,16$). Gūtie rezultāti norāda, ka, demonstrējot bioloģiskās kustības objektu perifērajā redzes laukā, pietiekams stimula palielinājums spēj pielīdzināt sniegumu centrālā redzes lauka sniegumam.



Att. 3.27. Bioloģiskās kustības uztveres sliekšņa vērtība punktu skaitam, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijās. Attēlota visu pētījuma dalībnieku uztveres sliekšņu vidējās vērtības un vērtību standartklūdas centrālajā redzes laukā, kā arī 4, 8 un 15 grādu tālās ekscentritātēs

3.2.4. Diskusija

Terminu “bioloģiskā kustība” pirmo reizi aprakstīja zviedru psihofiziķis *Gunnar Johansson* (1973), kurš demonstrēja, ka precīzai cilvēka kustību analīzei un noteiktu īpašību izvērtēšanai, ir pietiekami, ja novērotājam tiek sniegta vizuālā informācija tikai par ķermeņa lielāko locītavu pārvietojumu. Turpmākā bioloģiskās kustības izpēte norādīja, ka bioloģisko kustību veidojošie 12 punkti ir pietiekami ne tikai lai atpazītu dzīvu objektu, bet arī lai noteiktu objekta dzimumu, kustības virzienu, kā arī atpazītu pazīstama cilvēka pārvietojumu (*Cutting & Kozlowski, 1977; Barclay, Cutting & Kozlowski, 1978; Troje & Westhoff, 2006*).

Zinātniskajā literatūrā aprakstītās metodes, ar kuru palīdzību iespējams novērtēt noteiktu punktu nozīmi bioloģiskās kustības īpašību analīzē, ietver bioloģiskās kustības demonstrāciju bez noteiktiem punktiem (*Troje & Westhoff, 2006*), piemēram, bez poītēm, vai punktu savstarpējā novietojuma un kustību trajektorijas analīzi kā to veicis *Cutting, Proffitt* un *Kozlowski* (1978), izvērtējot spēju noteikt bioloģiskās kustības objekta dzimumu. Lai izvērtētu, kuri punkti ir būtiski sociālu aktivitāšu atpazīšanā, *Rochéa et al.* (2013) savā pētījumā kā objektīvu tiešās uzmanības novērtēšanas metodi izmantoja acu kustību analīzi. Rezultāti norādīja, ka atšķirībā no virziena noteikšanas uzdevumiem, kur būtisks ir tieši pēdu pārvietojums, uzdevumos, kuros bez noteiktām instrukcijām nepieciešams tikai apskatīt bioloģiskās kustības stimulu, tiešā uzmanība tiek pievērsta ķermeņa augšējai daļai. Turklāt, ja divi demonstrētie bioloģiskās kustības stimuli veica savstarpēji saistītas aktivitātes, tiešā

uzmanība tika vairāk pievērsta krūšu daļai, savukārt, ja aktivitātes bija savstarpēji nesaistītas, vairāk tika apskatīta tieši gurnu daļa.

Atšķirībā no *Rochéa et al.* (2013) pētījuma, šajā pētījumā dalībniekiem tika demonstrēts tikai viens bioloģiskās kustības stimulants un dalībniekiem tika sniegts uzdevums izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas. Gūtie rezultāti norāda, ka bioloģiskās kustības atpazīšanas uzdevumos tiešā uzmanība tiek pievērsta ķermeņa augšējai daļai. Iegūtais procentuālais skata virziena sadalījums ir līdzīgs *Rochéa et al.* (2013) rezultātiem uzdevumā, kur tika demonstrēti divi objekti, kas veica savstarpēji saistītas aktivitātes, norādot uz līdzīgu tiešās uzmanības procesu norisi un sociālās informācijas analīzi bioloģiskās kustības atpazīšanas uzdevumos. Turklāt ir novērojams, ka arī jauktās versijas gadījumā skata virziens visvairāk tiek vērsts uz objekta augšējo daļu, norādot uz automātisku uzmanības pievēršanu ķermeņa krūšu daļai bioloģiskās kustības atpazīšanā.

Izvērtējot vidējo reakcijas laiku bioloģiskās kustības un tās jauktās versijas atpazīšanai, gūtie rezultāti norāda, ka bioloģiskās kustības atpazīšanai nepieciešams mazāks laiks, nekā tās jauktās versijas noteikšanai. Lai gan *Sternberg* (1969) aprakstā par informācijas apstrādes procesiem tiek norādīts, ka objektu atpazīšanas uzdevumos sagaidāms, ka negatīvas atbildes sniegšana (kā tas ir bioloģiskās kustības jauktās versijas gadījumā) aizņem ilgāku laiku, nekā pozitīvas atbildes sniegšana, šī paša autora pētījumi nenorāda uz viennozīmīgiem rezultātiem. Atšķirības reakcijas laikos starp pozitīvas un negatīvas atbildes sniegšanu *Sternberg* (1969) pētījumā bija novērojamas tikai seju un nozīmi nesaturošu objektu atpazīšanā, savukārt ciparu un simbolu atpazīšanas uzdevumos būtiskas atšķirības starp pozitīvas un negatīvas atbildes sniegšanas reakcijas laikiem nebija novērojamas. Kā norādīja *Sternberg* (1969), noteiktu objektu atpazīšanu, iespējams, veicina dzīves gaitā gūtā pieredze vai specifiski vizuālās informācijas apstrādes filtri, kas nodrošina strauju informācijas apstrādi. Arī *Lappe, Wittinghofer* un *Lussanet* (2015) norāda, ka bioloģiskās kustības uztverē darbojas specifiski uztveres filtri, kas analizē informāciju par noteiktām ķermeņa pozīcijām un pat bez kustības spēj noteikt dažādas objekta īpašības (piemēram, kustības virzienu). Pētījumā gūtās atšķirības starp bioloģiskās kustības un jauktās versijas atpazīšanas laiku norāda uz specifisku globālās informācijas apstrādes filtru darbību, kas veicina un paātrina bioloģiskās kustības atpazīšanu.

Johansson (1973) demonstrēja, ka bioloģiskās kustības atpazīšanai ir pietiekami demonstrēt tikai piecus punktus, kas sakrīt ar cilvēka ķermeņa lejasdaļu pārvietojumu (gurni, ceļgali un pēdas). Arī *Beintema* un *Lappe* (2002) izveidoja pētījumu, kur izvērtēja bioloģiskās kustības uztveri pie samazināta objektu veidojošā punktu skaita. Katrs bioloģiskās kustības kadrs tika veidots no 1, 2, 4 vai 8 punktiem, kas bija izvietoti uz noteiktām locītavām un pēc noteiktu kadru skaita mainīja savu novietojumu (piemēram, no ceļgala uz plaukstu). Pētījumā

tika secināts, ja dalībniekam vairākus kadrus pēc kārtas tiek sniegta informācija par tikai 1-2 locītavu pārvietojumu, spēja apkopot vairāku kadru informāciju un atpazīt bioloģisko kustību ir būtiski traucēta. Ja vienā kadrā demonstrēto punktu skaits tiek palielināts līdz 4 punktiem, punktu novietojuma maiņa sniedz iespēju apkopot visu redzēto informāciju un ļauj atpazīt bioloģisko kustību.

Atšķirībā no *Beintema* un *Lappe* (2002) veiktā pētījuma, kur punktu novietojuma izmaiņa no kadra uz kadru, iespējams, ļāva summēt informāciju laikā un uztvert visu bioloģiskās kustības objektu, šajā pētījumā izveidotajā stimulā bioloģisko kustību veidoja samazināts punktu skaits, kas vienas demonstrācijas laikā nemainījās. Pēc nejaušības principa samazinot bioloģisko kustību veidojošo punktu skaitu, tika izvērtēts, kāds ir minimālais punktu skaits, pie kā iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas. Iegūtie rezultāti norādīja, ka bioloģisko kustību iespējams uztvert, ja objektu veido aptuveni 5 punkti (4.7 ± 0.1 punkts). Kā, aprakstot bioloģiskās kustības uztveres procesus, norādījis *Giese* (2015), mūsu nervu sistēma apkopo vairāku informācijas apstrādes līmeņu uztverto un apstrādāto informāciju par lokālo objekta formu un kustību, veidojot kopēju priekšstatu par dzīva organisma pārvietojumu. Bioloģiskās kustības uztverē būtiska nozīme ir vizuālās informācijas grupēšanas procesiem, kas apkopo elementus balstoties un līdzīgām vizuālām īpašībām (*Hunt & Halper*, 2008), kā arī, iespējams, pēc līdzīga kustības virziena (*Wagemans et al.*, 2012).

Pētījumā gūtie rezultāti norāda, ka bioloģiskās kustības uztverei nepieciešamo elementu skaits ir ļoti mazs (aptuveni 5 elementi), vēlreiz uzsverot, nervu sistēmas augsto jutību uz ķermeņa pārvietojuma sniegto informāciju, ko iespējams izvērtēt ar bioloģiskās kustības stimuliem. Atšķirībā no *Johansson* (1973) pētījuma, kur dalībniekiem tika demonstrēti tikai blakus esoši punkti (gurni un kājas), šajā pētījumā gūtie rezultāti norāda, ka informācijas grupēšana un bioloģiskās kustības uztvere var noritēt arī gadījumā, ja punkti nav savstarpēji saistīti (t.i. nav novietoti blakus un neapzīmē vienas ķermeņa daļas robežas). Dažādi pētījumi uzsver noteiktu blakusesošu punktu un ķermeņu daļu relatīvā pārvietojuma nozīmi bioloģiskās kustības uztverē (*de Lussanet & Lappe*, 2012; *Webb & Aggarval*, 1982), kas, iespējams, veicinājis bioloģiskās kustības uztveri arī šajā pētījumā. Veidotā programma stimulu demonstrācijai nenorāda, kuri punkti noteiktā laikā tika demonstrēti. Padziļināta punktu pārvietojuma analīze ļautu izvērtēt, vai bioloģiskās kustības uztveri un izšķiršanu no tās jauktās versijas veicina divu blakusesošu punktu analīze, kas ļauj pieņemt lēmumu par noteiktas ķermeņa daļas pārvietojumu vai arī bioloģiskās kustības uztvere iespējama apvienojot dažādus, blakus nenovietotus punktus, apkopojot informāciju vienotā bioloģiskās kustības objekta uztverē.

Izvērtējot bioloģiskās kustības uztveri redzes lauka perifērijā, tika noteikts, vai minimālais punktu skaits, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas ir vienlīdz liels centrālajā redzes laukā un 4, 8 un 15 grādu tālā redzes lauka perifērijā. Stimuls tika veidots līdzīgs kā *Ikeda et al.* (2005) un *Gurnsey et al.* (2008) pētījumos, izmantojot līdzīga izmēra stimulus un izvērtējot bioloģiskās kustības uztveri līdz 15 grādu tālai redzes lauka ekscentritātei. Atšķirībā minētajiem pētījumiem, šajā pētījumā tika izvērtēts minimālais punktu skaits, pie kura iespējams izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas.

Demonstrējot bioloģisko kustību redzes lauka perifērijā, tika novērota dalībnieku snieguma pasliktināšanās (bioloģisko kustību bija iespēja izšķirt tikai pie lielāka objektu veidojošo punktu skaita). Lai izvērtētu, vai centrālais redzes lauks ir specializēts bioloģiskās kustības uztverei vai pasliktinātais sniegums ir saistāms ar kortikālā palielinājuma faktoru, perifērijā demonstrētais stimuls tika palielināts. *Gurnsey et al.* (2008) pētījumā, kur tika demonstrēts, ka, palielinot stimula leņķisko lielumu, dalībnieku sniegums uzlabojās, turklāt tas bija pielīdzināms sniegumam centrālajā redzes laukā. *Ikeda et al.* (2005) izmantoja līdzīgu eksperimenta uzbūvi, taču dalībniekiem bija nepieciešams izšķirt bioloģisko kustību vizuālā trokšņa apstākļos. Iegūtie rezultāti noveda pie pretējiem secinājumiem: spēja izšķirt bioloģisko kustību vizuālajā troksnī perifērajā redzes laukā bija nepielīdzināmi sliktāka par sniegumu centrālajā redzes laukā. Šajā pētījumā gūtie rezultāti kopā ar *Ikeda et al.* (2005) un *Gurnsey et al.* (2008) gūtajiem secinājumiem nenorāda uz kavētiem bioloģiskās kustības uztveres procesiem, bet gan, kā norāda *Thompson, Hansen, Hess* un *Troje* (2007) uz kavētu objekta-fona atdalīšanu, kas, iespējams, izpildās arī citos redzes uztveres uzdevumos (vienkāršas kustības vai citu uztveres grupēšanu vizuālā trokšņa apstākļos).

Uz atšķirīgu objekta-fona nošķiršanas procesu norisi centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā norāda arī pētījumi, kas izvērtē objekta-fona nošķiršanu pacientiem, kam diagnosticēta ar vecumu saistītā makulas deģenerācija, norāda uz sliktāku sniegumu uzdevumos, kur jāizšķir objekts no ar to saistīta vai nesaistīta fona, salīdzinājumā ar pacientiem, kam makulas deģenerācija nav diagnosticēta (*Tran, Guyader, Guerin, Desprez & Boucart*, 2011). Ņemot vērā, ka pacientiem ar vecumu saistīto makulas deģenerāciju ir traucēta redzes lauka centrālā daļa un ir nepieciešams paļauties uz perifērijā demonstrēto informāciju, pasliktinātais sniegums, iespējams, saistīts ar iepriekš aprakstītajām grūtībām veikt objekta-fona atdalīšanu jeb globālajiem informācijas apstrādes procesiem. Traucēta globālās informācijas apstrāde pacientiem ar vecumu saistīto makulas deģenerāciju ir demonstrēta arī *Wang, Wilson, Locke* un *Edwards* (2002) pētījumā, kur tika apskatīta pacienta spēja novērtēt objekta formu. *Wang et al.* (2002) pētījumā tika secināts, ka ar vecumu saistītās makulas

deģenerācijas pacientiem ir lielākas grūtības izšķirt dažādu formu objektus, kas kopumā tiek saistīts tieši ar globālajiem informācijas apstrādes procesiem.

Izvērtējot pētījumā gūtos rezultātus, jāņem vērā, ka pētījumos, kas izvērtējuši bioloģiskās kustības uztveri redzes lauka perifērijā (*Ikeda et al. (2005); Gurnsey et al. (2008);* arī šis pētījums), dalībnieki uzdevumu veica binokulāri. Tomēr jāņem vērā, ka binokulārā (neirālā) summācija redzes centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā ir atšķirīga, kas norāda, ka, ja uzdevums tiek veikts binokulāri, tā sniegums centrālajā redzes laukā var būt labāks, nekā redzes lauka perifērijā (*Zlatkova, Anderson, Ennis, 2001*). Tāpēc, lai pēc iespējas precīzāk salīdzinātu vizuālās informācijas grupēšanas procesu norisu un bioloģiskās kustības uztveri dažādās redzes lauka ekscentritātēs, dalībniekiem būtu nepieciešams veikt uzdevumu monokulāri, aizsedzot vienu aci (parasti ne-dominanto aci).

3.2.5. Secinājumi

Lai izvērtētu vizuālās informācijas grupēšanas procesu (bioloģiskās kustības uztveri) centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, tika izstrādāta programma, ar kuras palīdzību iespējams izvērtēt sliekšņa vērtību minimālajam punktu skaitam, pie kura iespējams atpazīt bioloģisko kustību no tās jautkās versijas. Gūtie rezultāti norāda, ka bioloģiskās kustības uztvere iespējama, ja objektu veido aptuveni 5 jautki izvēlēti punkti. Jāņem vērā, ka dažādiem bioloģisko kustību veidojošiem punktiem (kājas, gurni, pleci u.c.) piemīt atšķirīga nozīme bioloģiskās kustības uztverē un tās īpašību noteikšanā. Šajā pētījumā izmantotie punkti tika izvēlēti pēc nejaušības principa, taču, veicot uzdevumu 10 reizes pēc kārtas, gūtie rezultāti norādīja uz samērā augstu atkārtotamību (katra dalībnieka rezultātu standartdeviācija 10 secīgām stimula demonstrēšanas reizēm nepārsniedza 1 punktu). Veiktā acu kustību analīze norādīja, ka uzdevumos, kur nepieciešams atpazīt bioloģisko kustību, dalībnieku tiešā uzmanība tiek lielākoties pievērsta ķermeņa augšējai daļai.

Kopumā tika novērots, ka bioloģiskās kustības uztveres uzdevumos, kuros netiek izmantots vizuālais troksnis, eksperimentāli nomērītā sliekšņa vērtība centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā var tikt izlīdzināta, izmantojot pietiekamu stimula palielinājumu. Kā norādīja *Ikeda et al. (2005)* un *Tran et al. (2011)* pētījumu rezultāti, pasliktinātais uzdevuma sniegums redzes lauka perifērijā, ir, iespējams, saistāms ar objekta-fona nošķiršanas procesiem. Tāpēc, lai izvērtētu, vai grūtības izšķirt objektu vizuālā trokšņa apstākļos ir novērojamas tikai bioloģiskās kustības uztverē, vai arī citos vizuālās grupēšanas uzdevumos, nepieciešams apskatīt un salīdzināt spēju izšķirt vienkāršu simbolu grupēšanu pēc novietojuma, kustīgu stimulu grupēšanu un bioloģiskās kustības uztveri centrālajā un perifērajā redzes laukā. Atšķirībā no bioloģiskās kustības stimuliem, vienkārši vizuālās grupēšanas uzdevumi nesatur

informāciju par dzīva organisma pārvietojumu, kas ļauj izvērtēt arī stimula nozīmes ietekmi uz vizuālās informācijas grupēšanas uzdevumu veikšanu.

3.3. Uztveres grupēšana redzes lauka perifērijā

Apakšnodaļā 3.1. aprakstītie rezultāti demonstrē, ka stimulam piešķirtā nozīme veicina vizuālās informācijas apstrādes procesus un sakādisko acu kustību programmēšanu. Lai izvērtētu stimulam piešķirtās nozīmes ietekmi uz citiem vizuālās grupēšanas uzdevumiem, tika izveidots bioloģiskās kustības stimuluss un izvērtēta bioloģiskās kustības uztvere centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Apakšnodaļā 3.3. tiek apskatīts, kā noris vizuālās grupēšanas procesi centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, izvērtējot, vai *Gurnsey et al.* (2008) novērotās grūtības izšķirt bioloģisko kustību no fona trokšņa redzes lauka perifērijā ir attiecināmas arī uz citiem vizuālās informācijas grupēšanas uzdevumiem. Salīdzinot dalībnieku sniegumu izpildot vienkāršus vizuālās grupēšanas un bioloģiskās kustības uztveres uzdevumus, tiek novērtēts, kā stimula nozīme ietekmē vizuālās grupēšanas procesu norisi.

3.3.1. Uzdevumi

Pētījuma daļas trešajā apakšnodaļā tiek izvērtēti vizuālās grupēšanas un figūras-fona nošķiršanas procesi (*figure-ground segmentation*) centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, kā arī novērtēts, kā stimulam piešķirtā nozīme ietekmē vizuālās grupēšanas procesu norisi. Tiek izvirzīti divi apakšuzdevumi:

1. Noteikt vizuālo troksni veidojošo punktu skaitu, kurā iespējams izšķirt kustīgus un nekustīgus vizuālās informācijas grupēšanas stimulus un bioloģisko kustību
2. Novērtēt, vai stimula palielinājums spēj izlīdzināt sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā.

3.3.2. Dalībnieki

Pētījumā piedalījās 9 dalībnieki (8 sievietes un 1 vīrietis) vecumā no 22-29 gadiem. Visiem dalībniekiem bija laba redze tuvumā bez redzes korekcijas ($V=1.0$). Lai samazinātu apziņas procesu ietekmi uz dalībnieku sniegumu, pirms uzdevuma veikšanas dalībnieki netika informēti par pētījuma mērķiem un uzdevumiem.

3.3.3. Metode

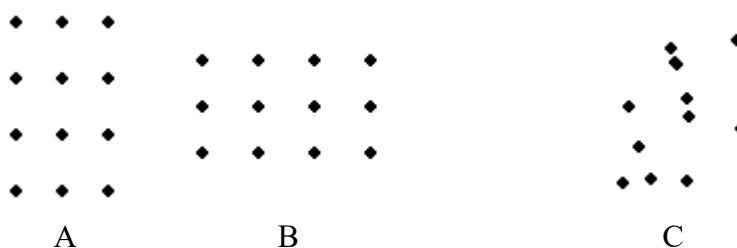
3.3.3.1. Vizuālās grupēšanas stimuli

Lai izvērtētu spēju veikt figūras-fona nošķiršanu (*figure-ground segmentation*), tika izveidoti trīs dažādi vizuālās grupēšanas uzdevumi, kas tika iekļauti vizuālajā troksnī:

- Statisks vizuālās grupēšanas uzdevums;
- Dinamisks vizuālās grupēšanas uzdevums:

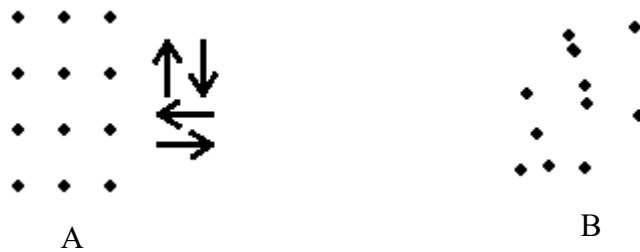
- Bioloģiskās kustības stimul

Statiskais vizuālās grupēšanas uzdevums tika veidots no 12 pēc līdzības un novietojuma sagrupējamiem punktiem, kas tika izkārtoti 3 vai 4 kolonnās (skat. att. 3.28 A un B) un uzdevuma jauktās versijas (skat. att. 3.28 C), kas arī tika veidota no 12 punktiem, kas šajā gadījumā bija izvietoti jaukti un nebija sagrupējami kolonnās vai līnijās pēc to novietojuma. Jauktās versijas punktu izmērs bija tāds pats kā vizuālās grupēšanas stimuliem un punktu novietojums tika izvēlēts apgabalā, ko aizņēma tāda paša lieluma vizuālās grupēšanas objekts. Dalībniekiem tika sniegts uzdevums noteikt, vai demonstrētie 12 punkti bija sagrupējami līnijās vai kolonnās, nospiežot klaviatūras taustiņu Y, ja atbilde bija pozitīva, vai N, ja objektu nebija iespējams sagrupēt kolonnās. Gadījumos, kad dalībnieks nebija pārliecināts par atbildi, dalībniekiem atbilde bija jāmin.



Att. 3.28. Statiskais vizuālās grupēšanas uzdevums. Dalībniekiem tika demonstrēti 12 nekustīgi punkti, kas tika izkārtoti 3 (A) vai 4 (B) kolonnās, kā arī objektu jauktā versija, kur demonstrētos punktus nebija iespējams sagrupēt līnijās vai kolonnās.

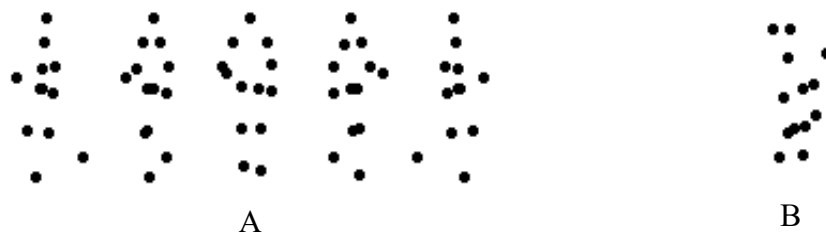
Dinamiskais vizuālās grupēšanas uzdevums tika veidots no 12 pēc līdzības, novietojuma un vienota kustības virziena sagrupējamiem punktiem un uzdevuma jauktās versijas. Vizuālās grupēšanas stimulu (skat. att. 3.29 A) veidoja 12 punkti, kas bija izkārtoti trīs kolonnās un pārvietojās vienā no četriem virzieniem: uz augšu, uz leju, pa labi vai pa kreisi. Stimula jauktā versija arī tika veidota no 12 punktiem (skat. att. 3.29. B), kas šajā gadījumā bija izvietoti jaukti un nebija sagrupējami pēc novietojuma vai vienota kustības virziena (punkti pārvietojās dažādos virzienos). Jauktās versijas punktu izmērs bija tāds pats kā vizuālās grupēšanas stimuliem un punktu novietojums tika izvēlēts apgabalā, ko aizņēma tāda paša lieluma vizuālās grupēšanas objekts, taču katra punkta kustības virziens bija atšķirīgs. Dalībniekiem tika sniegts uzdevums noteikt, vai demonstrētie 12 punkti bija sagrupējami līnijās vai kolonnās un vai tiem bija kopīgs kustības virziens, nospiežot klaviatūras taustiņu Y, ja atbilde bija pozitīva, vai N, ja objektu nebija iespējams sagrupēt. Gadījumos, kad dalībnieks nebija pārliecināts par atbildi, dalībniekiem atbilde bija jāmin.



Attēls 3.29. Dinamisks vizuālās grupēšanas uzdevums. Dalībniekiem tika demonstrēti 12 nekustīgi punkti, kurus bija iespējams sagrupēt pēc novietojuma un vienota kustības virziena (A), un objekta jauktā versija (B), kur demonstrētos punktus sagrupēt līnijās nebija iespējams.

Bioloģiskās kustības stimuls tika veidots, balstoties uz *Vanrie* un *Verfaillie* (2004) izstrādāto bioloģiskās kustības datu bāzi (*Action database*) (datu bāze aprakstīta nodaļā 3.2.1.). Objekts tika veidots no 13 punktiem, kas apzīmēja galvu, plecus, elkoņus, plaukstas, gurnus ceļus un pēdas, un tas varēja pārvietojās vienā no pieciem virzieniem (uz priekšu, 90 grādus pa labi, 90 grādus pa kreisi, 45 grādus pa labi vai 45 grādus pa kreisi). Dalībniekiem tika demonstrēta bioloģiskās kustības pilnā versija (skat. att. 3.30 A) vai objekta jauktā (*scrambled*) versija (skat. att. 3.30 B) versija (Bertenhal & Pinto, 1994; Troje, 2008). Jauktā versija tika veidota no punktiem, kuru izmērs, pārvietošanās trajektorija un ātrums sakrita ar kādu nejauši izvēlētu bioloģiskās kustības punktu, kas veidoja vienu no pieciem iepriekš aprakstītajiem bioloģiskās kustības stimuliem. Jauktās versijas gadījumā visi objektu veidojošie punkti tika sajaukti vietām un izvietoti apgabalā, kura lielums sakrita ar laukumu, ko aizņem bioloģiskās kustības stimuls, punktu kustība tika apgriezta “kājām gaisā”, kā arī katra punkta kustības sākuma pozīcija tika izvēlēta pēc nejaušības principa (nevis saskaņoti, kā tas noris bioloģiskās kustības demonstrācijā). Izveidotajā stimulā tika saglabāta tikai lokālā kustības informācija, ko nebija iespējams sagrupēt, veidojot bioloģiskās kustības stimulu.

Dalībniekam tika demonstrēts bioloģiskās kustības stimuls vai tā jauktā versija un tika sniegts uzdevums, noteikt, vai demonstrētais objekts bija bioloģiskās kustības stimuls. Ja demonstrētais stimuls atbilda kādam no pieciem bioloģiskās kustības stimuliem (attēls 3.30 A), tika sniegta instrukcija nospiegt klaviatūras taustiņu Y, savukārt, ja tika demonstrēta objekta jauktā versija, bija jānospiež taustiņš N. Gadījumos, kad dalībnieks nebija pārliecināts par atbildi, tika sniegta instrukcija atbildi minēt.



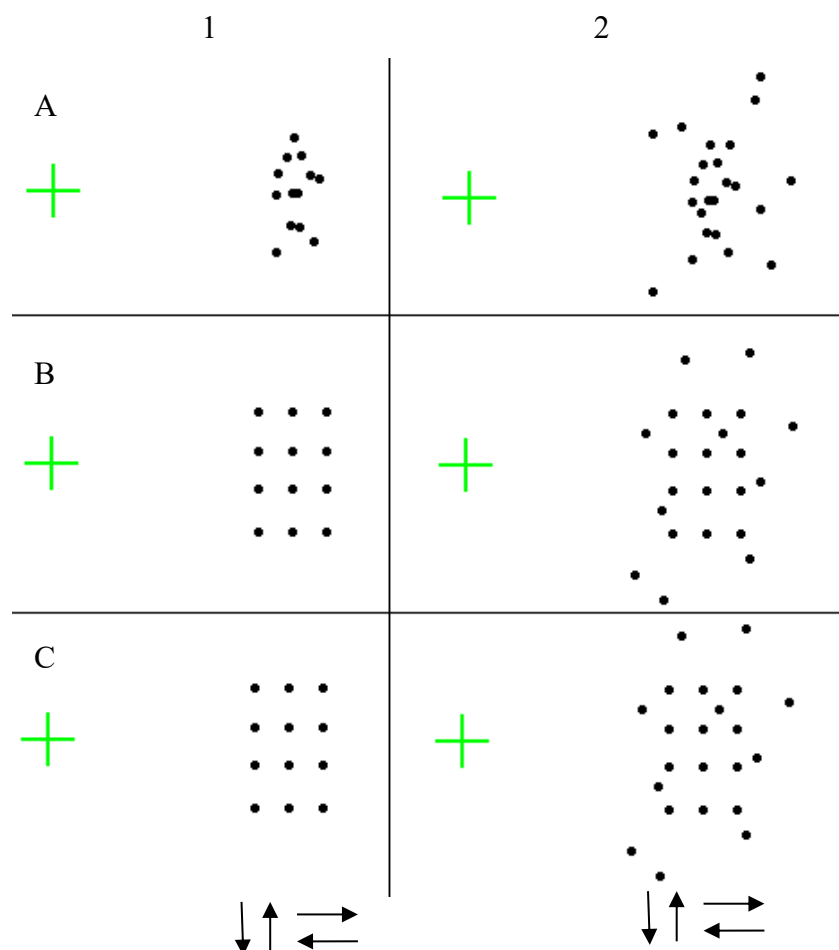
Att. 3.30. Bioloģiskās kustības stimuls (A) un tā jauktā versija (B), ko veido 13 punkti, kuru izmērs un krāsa sakrīt ar bioloģisko kustību veidojošiem punktiem, un katrs punkts pārvietojas pa tādu pašu trajektoriju kā kāds no bioloģiskās kustības punktiem. Punktu savstarpējais novietojums ir mainīts, un tos nav iespējams sagrupēt vienotā priekšstatā par bioloģiskās kustības objektu.

3.3.3.2. Vizuālais troksnis

Lai izvērtētu dalībnieku spēju atdalīt objektu no fona centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, iepriekš aprakstītie stimuli tika iekļauti vizuālajā troksnī. Troksni veidojošie punkti (tāpat kā stimulu veidojošie punkti) tika veidoti melnā krāsā (RGB: 0, 0, 0) un tika demonstrēti uz balta fona (255, 255, 255). Fiksācijas krusts tika veidots zaļā krāsā (RGB: 0, 255, 0). Katra vizuālā trokšņa punkta izmērs sakrita ar grupēšanas stimulu vai tā jauktās versijas punktu izmēru, taču troksni veidojošie punkti tika izkārtoti lielākā apgabalā.

Attēlā 3.29. demonstrēta visu stimulu iekļaušana vizuālajā troksnī. Statiskā vizuālās grupēšanas stimula troksnis (skat. att. 3.31. B) tika veidots no nekustīgiem nejaušās pozīcijās izvietotiem punktiem. Paša statiskā vizuālās grupēšanas objekta izkārtojums 3 vai 4 kolonnās tika izvēlēts, lai izvairītos no objekta atpazīšanas, balstoties uz kāda konkrēta punkta novietojumu. Dinamiskā vizuālās grupēšanas stimula troksnis (skat. att. 3.31.C) tika veidots no nejaušās pozīcijās izvietotiem punktiem. Katrs troksni veidojošais punkts varēja pārvietoties kādā no četriem virzieniem: uz augšu, uz leju, pa labi vai pa kreisi.

Bioloģiskās kustības troksnis (skat. att. 3.31. A) tika veidots, balstoties uz *Cutting, Moore* un *Morrison* (1988) pētījumu, kur tika apskatīti dažādi vizuālā trokšņa veidi un novērtēta to efektivitāte bioloģiskās kustības maskēšanā. *Cutting et al.* (1988) pētījumā tika novērtēts, kā mainās spēja atpazīt bioloģisko kustību dažādos vizuālā trokšņa apstākļos (statisks troksnis, lineārs troksnis, riņķveida punktu kustība u.c.). Pētījumā gūtie rezultāti norādīja, ka veiksmīgākais vizuālais troksnis bioloģiskās kustības maskēšanā tika veidots no 55 punktiem, kuru pārvietošanās trajektorija sakrita ar kādu no bioloģisko kustību veidojošā stimula punkta pārvietojumu (līdzīgi kā bioloģiskās kustības jauktās versijas gadījumā), tādējādi traucējot bioloģiskās kustības punktu sagrupēšanu vienā objektā. Ņemot vērā *Cutting et al.* (1988) pētījuma rezultātus, šajā pētījumā bioloģiskās kustība arī tika iekļauta troksnī, kur katrs punkts pārvietojās pa tādu pašu trajektoriju kā kāds no bioloģisko kustību veidojošiem punktiem.



Att. 3.31. Vizuālās grupēšanas stimulu iekļaušana vizuālajā troksnī. Dalībniekiem demonstrētie bioloģiskās kustības (A), statistiskie (B) un dinamiskie (C) vizuālās grupēšanas stimuli tika iekļauti vizuālajā troksnī, kura īpašības sakrīta ar stimula jauktās versijas īpašībām, taču troksnis tika izkārtots lielākā apgabalā.

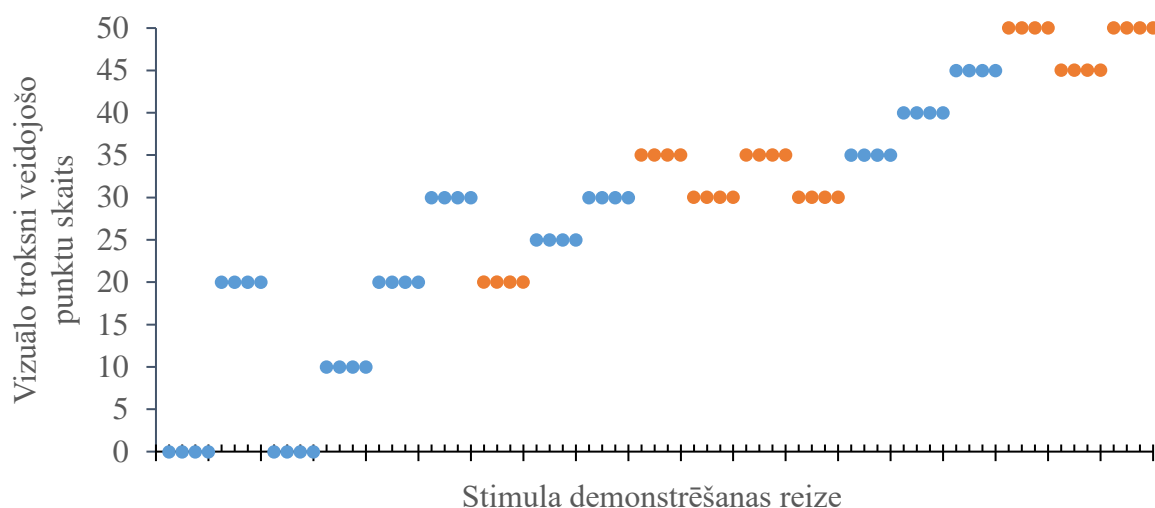
Dalībniekiem tika sniegtas instrukcijas noteikt, vai demonstrētais objekts bija kāds no vizuālās grupēšanas stimuliem vai to jauktā versija. Atkarībā no atbildes precizitātes tika mainīts vizuālā trokšņa lielums un tika novērtēta sliekšņa vērtība troksni veidojošo punktu skaitam, pie kura iespējams atšķirt objektu no tā jauktās versijas. Pirms pētījuma uzsākšanas dalībniekiem tika demonstrēts katrs vizuālās informācijas grupēšanas uzdevums un izstāstītas instrukcijas. Lai pārliecinātos, ka instrukcijas ir saprastas, dalībniekiem tika sniegta iespēja uzdevumu izmēģināt.

Sliekšņa vērtība minimālajam vizuālo troksni veidojošam punktu skaitam, pie kura iespējams atšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas, tika noteikta, balstoties uz *Campbell* un *Lasky* (1986) izstrādāto adaptīvo sliekšņu noteikšanas metodi BUDTIF. Pētījuma sākumā dalībniekiem tika demonstrēts vizuālās grupēšanas uzdevums vai tā jauktā versija bez vizuālā trokšņa. Ja dalībnieks četras reizes pēc kārtas spēja izšķirt objektu no tā jauktās versijas, objekts

tika iekļauts vizuālajā troksnī. Ja dalībnieks vēl joprojām četras reizes pēc kārtas spēja pareizi atšķirt vizuālās grupēšanas stimulu no tā jauktās versijas, vizuālo troksni veidojošo punktu skaits tika palielināts, un nākamais vizuālās grupēšanas objekts noteikta trokšņa apstākļos tika atkal demonstrēts četras reizes pēc kārtas. Turpmākā eksperimenta gaitā, ja kaut viena no četrām pēc kārtas sniegtajām atbildēm bija nepareiza, troksni veidojošo punktu skaits tika samazināts. Dalībnieki katru uzdevumu veica 3 reizes.

Sākotnēji izvēlētais soļa lielums vizuālā trokšņa izmaiņām bija 20 punkti (t.i. pēc objekta demonstrācijas četras reizes pēc kārtas vizuālo troksni veidojošo punktu skaits palielinājās vai samazinājās par 20 vienībām). Brīdī, kad stimula līmeņa izmaiņu virziens bija mainījies 2 reizes (piemēram, punktu skaits samazinās → palielinās → samazinās), soļa lielums tika mainīts uz 10 punktiem, un vēlāk (līdz pat eksperimenta beigām) uz 5 punktiem. Eksperiments beidzās, kad stimula līmeņa izmaiņu virziens bija mainījies 11 reizes. Stimula līmeņa izmaiņas ar 10 un 20 punktu soli tika uzskatīta kā sagatavošanas fāze, kas stimula līmeņa vērtības pietuvināja sliekšņa vērtībai (līdzīgi kā darbojās *Vleugels, Van Nunen, Lafosse, Ketelaer* un *Vandenbussche* (1998)). Lai noteiktu sliekšņa vērtību vizuālo troksni veidojošam punktu skaitam, pie kura iespējams izšķirt uztveres grupēšanas stimulu no tās jauktās versijas, tika aprēķināta mediāna tām stimula vērtībām, pie kurām ar 5 punktu lielu soli mainījās vizuālo troksni veidojošo punktu skaita izmaiņu virziens (pēc punktu skaita palielināšanās, tas sāka samazināties, vai otrādi). Attēlā 3.33. demonstrēts piemērs, kā noritēja stimulu demonstrācija vienam no pētījuma dalībniekiem, apskatot vizuālās grupēšanas stimulu (bioloģisko kustību) stimulu centrālajā redzes laukā. Sliekšņa vērtība tika noteikta kā mediāna skaitļiem 20, 35, 30, 35, 30, 50, 45, 50 (attēlā atzīmēti oranžā krāsā), un šajā gadījumā bija 35 punkti.

Lai izvērtētu vizuālās grupēšanas uztveri un spēju izdalīt objektu no fona centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, vizuālās grupēšanas stimuli tika demonstrēti 0 grādu ekscentritātē, kā arī 15 un 30 grādu tālā redzes lauka perifērijā. Stimuli tika demonstrēti uz *Epson EB575w* interaktīvās tāfeles (98 x 187 cm; 838 x 1606 px), kas bija novietota 70 cm attālumā no pētījuma dalībniekiem un ļāva veidot leņķiski lielākus stimulus, ko pārbaudīt arī tālākās redzes lauka ekscentritātēs.. Dalībniekiem tika sniegtas instrukcijas nemainīgi skatīties uz fiksācijas objektu un sniegt atbildi par demonstrēto stimulu. Uzdevumos, kur stimuls tika demonstrēts centrālajā redzes laukā fiksācijas objekts tika novietots aiz stimula, un uzdevumos, kur stimuls tika demonstrēts redzes lauka perifērijā, vizuālās grupēšanas objekts tika pārvietots pa labi no fiksācijas objekta (statiskā un dinamiskā uztveres grupēšanas uzdevumā) vai pats fiksācijas objekts tika pārvietots pa kreisi no vizuālās grupēšanas objekta (bioloģiskās kustības stimulam).



Att. 3.32. Sliekšņa vērtības noteikšana vizuālo troksni veidojošam punktu skaitam, pie kura iespējams atšķirt vizuālās grupēšanas objektu no tā jauktās versijas. Sliekšņa vērtība tiek noteikta kā mediāna tām stimula vērtībām, pie kurām stimula līmeņa izmaiņu virziens mainījies ar piecu punktu lielu soli. Ar oranžu krāsu apzīmēti tie stimula līmeņi, no kuriem rēķināta sliekšņa vērtība. Ar zilu krāsu apzīmēti tie stimula līmeņi, kuru vērtības netiek ņemtas vērā pie sliekšņa vērtības noteikšanas.

Demonstrēto vizuālās grupēšanas stimulu izmērs centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā ir norādīts 2. tabulā. Stimula izmērs tika izvēlēts, balstoties uz 3.2. nodaļā aprakstītajiem rezultātiem, kas norādīja, ka labākais bioloģiskās kustības uztveres sniegums centrālajā redzes laukā tiek sasniegts, ja objekta izmērs ir lielāks par 2 grādiem, turklāt sniegums paliek samērā nemainīgs pat ja objekta lielums ir 20 grādus liels. Arī *Ikeda, Blake* un *Watanabe* (2005) pētījumā, kur tika izvērtēta bioloģiskās kustības uztvere vizuālā troksnā apstākļos norādīja, ka labākais sniegums centrālajā redzes laukā sasniedzams, ja objekts ir 4-8 grādus liels. Tāpēc šajā pētījumā izvēlētais stimula lielums demonstrācijai centrālajā redzes laukā tika izvēlēts 4, 8 un 16 grādi. Perifērijā demonstrēto objektu lielums arī tika balstīts uz 3.2. nodaļā un *Ikeda et al.* (2005) gūtajiem rezultātiem, kas norādīja, ka labākais sniegums 15 grādu ekscentritātē sasniedzams, ja objekta lielums ir aptuveni 16 grādus liels. 15 grādu ekscentritātē dalībniekam tika demonstrēti tikai 8, 16 un 20 grādus lieli stimuli. 30 grādu ekscentritātē objekta lielums tika vēl palielināts, demonstrējot 16, 20, 30 un 40 grādus lielus stimulus. Lai nodrošinātu ātrāku uzdevuma izpildi, Citi stimula izmēri 15 un 30 grādu ekscentritātēs netika izmantoti.

Stimula izmērs centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā

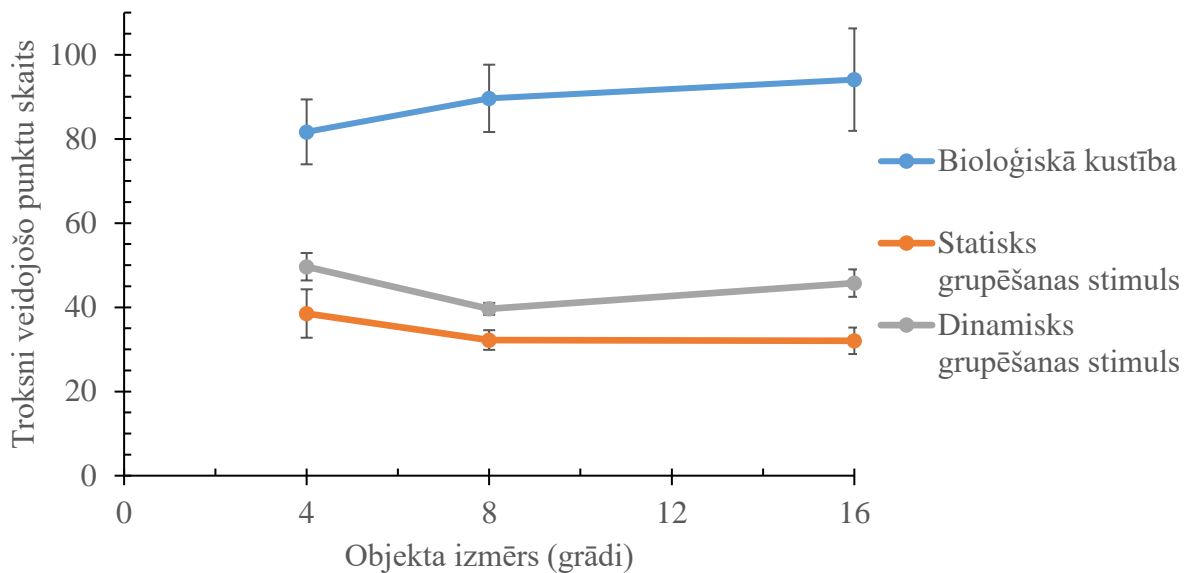
Redzes lauka ekscentritāte (grādi)	Vizuālās grupēšanas objekta lielums (grādi)					
	0	4	8	16		
15		8	16	20		
30			16	20	30	40

Redzes asums, kas raksturo redzes sistēmas telpisko izšķirtspēju jeb spēju izšķirt objekta smalkākās detaļas, 15 grādu tālā redzes lauka perifērijā ir aptuveni 0.15 decimālās vienības un 30 grādu tālā redzes lauka perifērijā ir aptuveni 0.07 decimālās vienības (skat. att. 3.24.) (*Kalloniatis & Luu, 2005*). 20 grādus lielā bioloģiskās kustības vai tās jauktās versijas stimula viena punkta izmērs bija 1.7 milimetri un 40 grādus lielā objekta viena punkta izmērs bija 3.2 milimetri, kas, aprēķinot redzes asumu pēc *Davidson* (1991) norādītā principa, atbilst vienas detaļas izmēram 0,1 grādu lieliem optotipiem. Ņemot vērā, ka stimula izmērs 15 un 30 grādu tālā redzes lauka perifērijā ir lielāks, nekā vienas detaļas izmērs stimulam kas atbilst 0,15 un 0,07 decimālajām vienībām, tiek pieņemts, ka stimulds demonstrētajā redzes lauka perifērijā ir izšķirams.

Palielinot objektu leņķisko lielumu, proporcionāli tika palielināts arī katra objektu veidojošā punkta, kā arī troksni veidojošo punktu izmērs. Tika palielināts arī troksni veidojošā laukuma lielums saglabājot īpašību, ka tā lielums bija 2,4 reizes garāks un 1,7 reizes platāks, nekā pats vizuālās grupēšanas stimulds.

3.3.4. Rezultāti

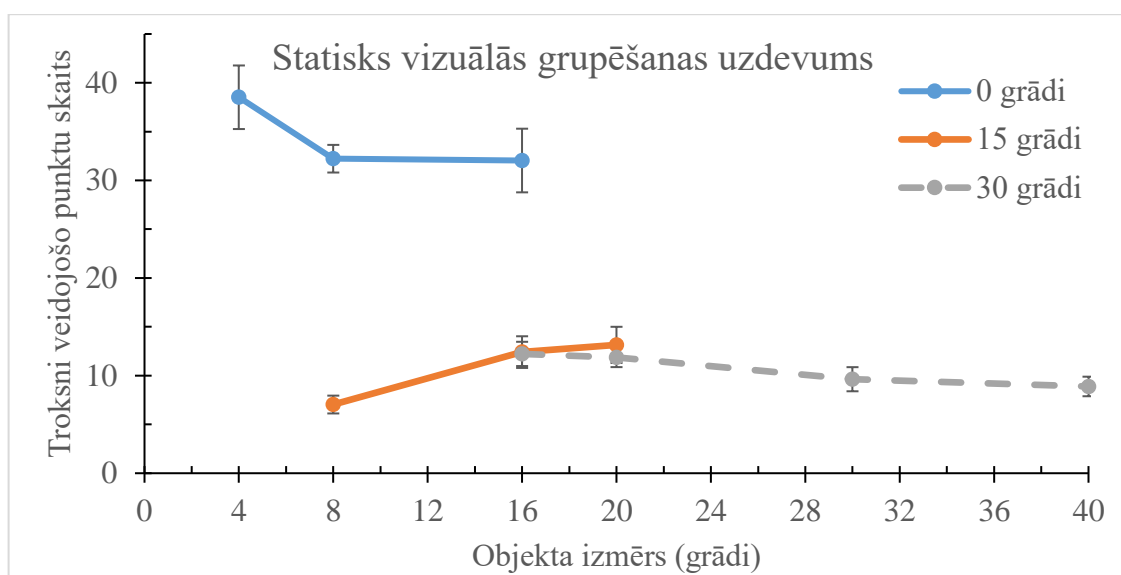
Attēlā 3.34. demonstrētas sliekšņa vērtības vizuālo troksni veidojošo punktu skaitam, pie kura centrālajā redzes laukā iespējams izšķirt vizuālās grupēšanas stimulus un bioloģisko kustību no šo objektu jauktās versijas. Atsevišķi izvērtējot visu dalībnieku vidējo sniegumu pie katra stimula veida, novērojams, statistisku vizuālās grupēšanas stimulu, kur objekti ir grupēti pēc novietojuma, iespējams izšķirt, ja objekts ir iekļauts vidēji 39 ± 3 punktu vizuālajā troksnī, dinamisku vizuālās grupēšanas stimulu iespējams izšķirt, ja tas ir iekļauts vidēji 50 ± 6 punktu troksnī un bioloģisko kustību: 94 ± 12 punktu vizuālajā troksnī (datu izkliede raksturo vidējās vērtības standartklūdu).



Att. 3.33. Vizuālo troksni veidojošu punktu, pie kura iespējams izšķirt vizuālās grupēšanas stimulu no tā jauktās versijas centrālajā redzes laukā. Attēlotas visu dalībnieku vidējās sliekšņa vērtības un to standartklūdas. Novērojams, ka statistisku vizuālās grupēšanas stimulu iespējams uztvert 39 ± 3 punktu vizuālajā troksnī, dinamisku stimulu 50 ± 6 punktu troksnī un bioloģisko kustību: 94 ± 12 punktu vizuālajā troksnī.

Lai izvērtētu grupēšanas uzdevuma ietekmi uz spēju izšķirt vizuālās grupēšanas uzdevumu no tās jauktās versijas vizuālā trokšņa apstākļos, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze *ANOVA: Single Factor*. Dispersijas analīzes rezultāti norādīja, ka uzdevuma veidam ir būtiska ietekme uz vizuālo troksni veidojošo punktu skaitu vizuālās grupēšanas uzdevumos ($F(2, 24) = 13,5193, p = 0,0001$). Lai izvērtētu katra stimula veida ietekmi uz vizuālo troksni veidojošo punktu sliekšņa vērtību dažādos vizuālās grupēšanas uzdevumos, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc Bonferroni metodes ($p = 0,017$). Gūtie rezultāti norādīja uz statistiski būtisku atšķirību starp vizuālo troksni veidojošo punktu skaitu statistiskās grupēšanas (vidējā vērtība 39 punkti, $SD = 10$) un bioloģiskās kustības (vidējā vērtība 94, $SD = 37$) uztveres uzdevumos ($t(8) = 4,95, p = 0,001$), kā arī uz būtiskām atšķirībām dinamiskās grupēšanas (vidējā vērtība 50 punkti, $SD = 17$) un bioloģiskās kustības (vidējā vērtība 94 punkti, $SD = 37$) uztveres uzdevumos ($t(8) = 3,83, p = 0,005$). Statistiski būtiskas atšķirības netika novērotas, salīdzinot rezultātus statistiskajā (vidējā vērtība 39 punkti, $SD = 10$) un dinamiskajā (vidējā vērtība 50 punkti, $SD = 17$) grupēšanas uzdevumā ($t(8) = -2,144, p = 0,06$). Salīdzināšanai tika izmantoti dati, kas norādīja uz labāko sniegumu (statiskajam un grupēšanas stimulam 4 grādu lielais stimuls, bioloģiskās kustības objektam 16 grādu liels stimuls).

Tālākā rezultātu analīzē tika izvērtēta spēja uztvert vizuālās grupēšanas stimulu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, kā arī tika izvērtēts, vai pietiekams stimula palielinājums spēj nodrošināt vienlīdz labu sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Apskatot spēju izšķirt statistisku vizuālās grupēšanas stimulu no tā jauktās versijas, novērojams, ka labākais sniegums centrālajā redzes laukā ir novērojams, ja objekts ir 4 grādus liels: vidējā vizuālo troksni veidojošo punktu sliekšņa vērtība visiem dalībniekiem bija 39 ± 3 punkti. Demonstrējot objektu redzes lauka perifērijā, labākais sniegums 15 grādu ekscentritātē bija 13 ± 2 punkti, kad objekta izmērs bija 20 grādi, un 30 grādu ekscentritātē 12 ± 1 punkts, kad objekts bija 15 grādus liels (skat. att. 3.35.).

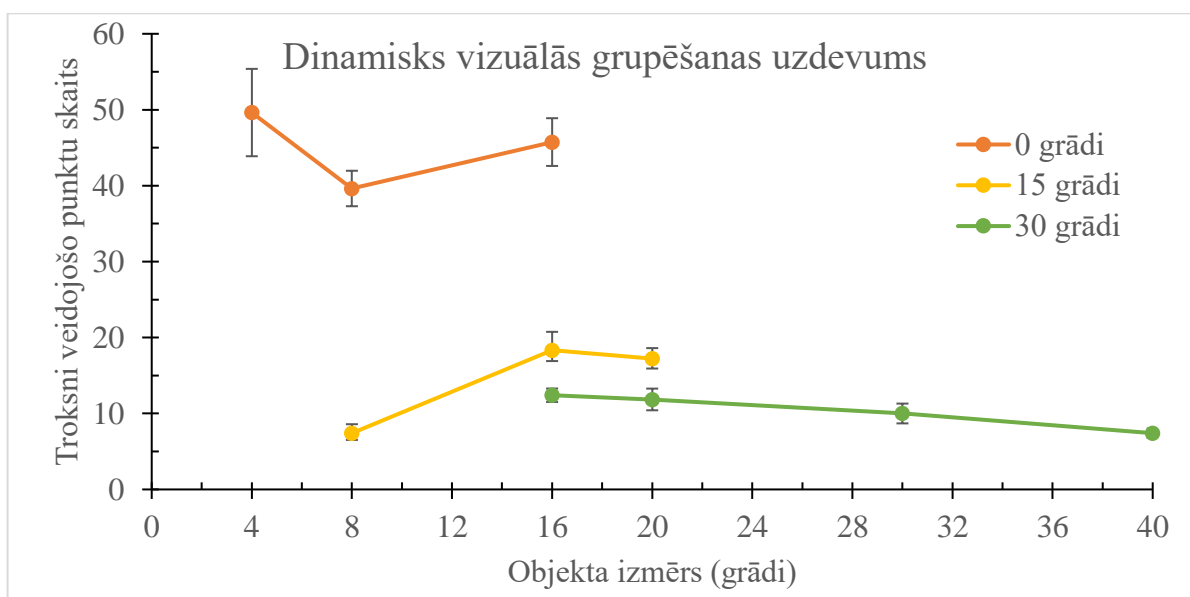


Att. 3.34. Statiska vizuālās grupēšanas stimulu uztvere centrālajā un perifērajā redzes laukā. Attēlotas visu pētījuma dalībnieku vidējās vērtības vizuālo troksni veidojošo punktu skaitam, pie kura iespējams izdalīt statistisko grupēšanas uzdevumu no tā jauktās versijas. Izklīdes rādītāji raksturo vidējās vērtības standartklūdu.

Lai izvērtētu kā objekta demonstrācija dažādās redzes lauka ekscentritātēs ietekmē spēju izšķirt vizuālās grupēšanas uzdevumu no tās jauktās versijas vizuālā trokšņa apstākļos, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze *ANOVA: Single Factor*. Dispersijas analīzes rezultāti norādīja, redzes lauka ekscentritātei, kurā tiek demonstrēts stimuls, ir būtiska ietekme uz vizuālo troksni veidojošo sliekšņa vērtību statistikas grupēšanas uzdevumos ($F(2, 24) = 42,8817$, $p < 0,0001$). Lai savstarpēji salīdzinātu labākos sniegtos rezultātus dažādās redzes lauka ekscentritātēs, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc Bonferroni metodes ($p = 0,017$). Gūtie rezultāti norādīja uz būtiski augstāku sliekšņa vērtību (vizuālo troksni veidojošo punktu skaitu, kurā iespējams izšķirt objektu no tā jauktās versijas) gadījumā, kad

tika salīdzināts sniegums centrālajā redzes laukā (vidējā vērtība= 39 punkti, SD=10) un 15 grādu ekscentritātē (vidējā vērtība= 13 punkti, SD=6) ($t(8)= 7,3651$, $p<0,0001$), kā arī, kad tika sniegums centrālajā redzes laukā (vidējā vērtība=39 punkti, SD=10) un 30 grādu ekscentritātē (vidējā vērtība=12 punkti, SD=4) ($t(8)=6,4898$, $p<0,0001$). Salīdzinot sniegumu 15 grādu ekscentritātē un 30 grādu ekscentritātē, statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas ($t(8)=0,6788$, $p=0,2$).

Attēlā 3.36. novērojams, ka, izmantojot dinamiskus vizuālās grupēšanas stimulus, kur elementus bija iespējams sagrupēt gan pēc novietojuma, gan vienota kustības virziena, objektu no tās jauktās versijas ir iespējams izšķirt nedaudz lielākā vizuālajā troksnī. Labākais sniegums centrālajā redzes laukā bija novērojams, ja objekta lielums bija 4 grādi (vidējā vērtība visiem pētījuma dalībniekiem bija 50 ± 17 punkti), 15 grādu tālā ekscentritātē labākais sniegums bija pie 16 grādu lieliem stimuliem (18 ± 7 punkti) un 30 grādu tālā redzes lauka ekscentritātē arī pie 16 grādu lieliem stimuliem (12 ± 3 punkti).

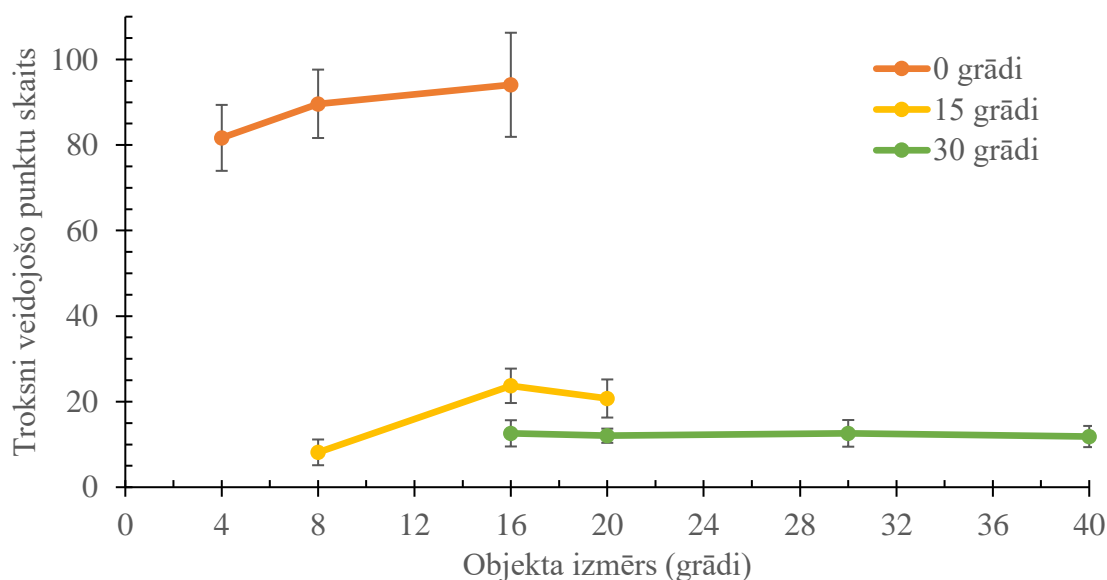


Att. 3.36. Dinamiska vizuālās grupēšanas stimulu uztvere centrālajā un perifērajā redzes laukā. Attēlotas vidu pētījuma dalībnieku vidējās vērtības vizuālo troksni veidojošo punktu skaitam, pie kura iespējams izdalīt dinamisko grupēšanas uzdevumu no tā jauktās versijas. Izkliedes rādītāji raksturo vidējās vērtības standartklūdu.

Izvērtējot, cik būtiski objekta demonstrēšanas ekscentritāte ietekmē sliekšņa vērtību troksni veidošam punktu skaitam, pie kura iespējams izšķirt dinamisku vizuālās grupēšanas stimulu no tā jauktās versijas, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze ANOVA: *Single Factor*. Līdzīgi kā pie statistiskiem vizuālās grupēšanas stimuliem, dinamiskas grupēšanas uzdevumos arī tika novērota būtiska redzes lauka ekscentritātes ietekme uz vizuālo troksni

veidojošo sliekšņa vērtību ($F(2, 24) = 30,2054, p < 0,0001$). Lai savstarpēji salīdzinātu sniegumu centrālajā redzes laukā un dažādās redzes lauka ekscentritātēs, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc Bonferroni metodes ($p = 0,017$). Iegūtie rezultāti norādīja uz būtiski augstāku sliekšņa vērtību gadījumā, kad tika salīdzināts sniegums centrālajā redzes laukā (vidējā vērtība = 50 punkti, $SD = 17$) un 15 grādu ekscentritātē (vidējā vērtība = 18 punkti, $SD = 7$) ($t(8) = 5,1013, p = 0,0009$) un kad tika salīdzināts sniegums centrālajā redzes laukā (vidējā vērtība = 50 punkti, $SD = 17$) un 30 grādu ekscentritātē (vidējā vērtība = 12 punkti, $SD = 3$) ($t(8) = 5,8594, p = 0,0002$). Atšķirībā no statistiskā vizuālās grupēšanas uzdevuma, dinamiskajā grupēšanas uzdevumā arī 15 grādu ekscentritātes labākais sniegums bija būtiski augstāks, nekā sniegums 30 grādu ekscentritātē ($t(8) = 2,8229, p = 0,011$).

Izvērtējot spēju izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas, spēja izšķirt objektu no tā jauktās versijas ir iespējama lielākā vizuālā troksnī, nekā statiskus un dinamiskus vizuālās grupēšanas stimulus. Labākais sniegums centrālajā redzes laukā (spēja izšķirt objektu lielākā vizuālajā troksnī) ir novērojams, ja objekta lielums ir 16 grādi (vidējā sliekšņa vērtība visiem dalībniekiem ir 94 ± 12 punkti), savukārt 15 un 30 grādu tālās redzes lauka ekscentritātēs labākais sniegums ir novērojams, ja objekta izmērs ir 16 grādi (attiecīgi 24 ± 4 punkti un 13 ± 3 punkti) (skat. att. 3.37.).



Att. 3.34. Bioloģiskās kustības uztvere centrālajā un perifērajā redzes laukā. Attēlotas vidējās vērtības vizuālo troksni veidojošo punktu skaitam, pie kura iespējams izdalīt bioloģiskās kustības stimulu no tās jauktās versijas. Izklides rādītāji raksturo vidējās vērtības standartklūdu.

Lai izvērtētu kā objekta demonstrācija dažādās redzes lauka ekscentritātēs ietekmē spēju izšķirt bioloģisko kustību no tās jauktās versijas vizuālā trokšņa apstākļos, tika izmantota vienfaktora dispersijas analīze *ANOVA: Single Factor*. Dispersijas analīzes rezultāti norādīja, redzes lauka ekscentritātei, kurā tiek demonstrēts stimul, ir būtiska ietekme uz vizuālo troksni veidojošo sliekšņa vērtību statistikas grupēšanas uzdevumos ($F(2, 24) = 33,7233$, $p < 0,0001$). Lai savstarpēji salīdzināt labākos sniegunus dažādās redzes lauka ekscentritātēs, tika izmantota savstarpēji atkarīgu izlašu vidējo vērtību salīdzināšanas metode *t-Test: Paired Two Sample for Means*. Kopējais nozīmības līmenis tika noteikts pēc Bonferroni metodes ($p = 0,017$). Gūtie rezultāti norādīja uz būtiski augstāku sliekšņa vērtību (vizuālo troksni veidojošo punktu skaitu, kurā iespējams izšķirt objektu no tā jauktās versijas) gadījumā, kad tika salīdzināts sniegums centrālajā redzes laukā (vidējā vērtība = 94 punkti, $SD = 37$) un 15 grādu ekscentritātē (vidējā vērtība = 24 punkti, $SD = 12$) ($t(8) = 6,8374$, $p < 0,0001$), kā arī, kad tika salīdzināts sniegums centrālajā redzes laukā (vidējā vērtība = 94 punkti, $SD = 37$) un 30 grādu ekscentritātē (vidējā vērtība = 13 punkti, $SD = 9$) ($t(8) = 6,0249$, $p = 0,0002$). Salīdzinot sniegumu 15 grādu ekscentritātē un 30 grādu ekscentritātē, statistiski būtiskas atšķirības nav novērojamas ($t(8) = 2,3489$, $p = 0,02$).

3.3.4. Diskusija

Objekta-fona atdalīšana (*figure-ground segmentation*) apraksta procesu, kura ietvaros redzes sistēma no tai pieejamās vizuālās informācijas izdala dažādus objektus, pārējo informāciju uztverot kā fonu. Tas nosaka, ka vairāki blakus-esoši objekti var tikt uztverti kā viena vienība, ja tiem piemīt vai uztverē tiek piešķirta kopēja robeža. Tiek uzskatīts, ka fonam, uz kura objekts tiek uztverts, nepiemīt forma un tas it kā turpinās aiz uztvertā objekta. Objekta-fona atdalīšanas izpētē ir plaši apskatīti parametri, kas nosaka, kuri reģioni tiks uztverti kā objekti un kas piederēs fonam. Daži līdz šim noteiktie parametri, kas veicina objekta izdalīšanu no fona ir stimula izmērs, simetrija, novietojums, liekums, forma, telpiskā frekvence u.c. (Kimchi & Peterson, 2008; Wagemans et al., 2012).

Kā apraksta Wagemans et al. (2012) un Kimchi (1998), objekta-fona nošķiršana noris kopā ar vizuālās informācijas grupēšanas procesiem veidojot kopēju priekšstatu par vizuālās informācijas īpašībām. Grupēšanas process nosaka, kuri elementi tiks apvienoti vienotā objektā, savukārt figūras-fona atdalīšana nosaka apvienoto elementu kopējo formu un novietojumu trīsdimensionālā telpā.

Pētījumā tika izvērtēti vizuālās grupēšanas procesi un objekta-fona nošķiršana centrālajā un perifērajā redzes laukā, kā arī šo procesu savstarpējā saistība. Stimuli tika veidoti no 12- 13 punktiem un tos bija iespējams sagrupēt pēc novietojuma (trīs vai četrās kolonnās),

pēc kopīga kustības virziena vai kā bioloģiskās kustības objektu. Stimuli tika iekļauti vizuālajā troksnī, kur katrs troksni veidojošais punkts tika veidots tāds pats kā objektu veidojošais punkts. Spēja izdalīt vizuālās grupēšanas stimulu no fona tika izvērtēta, salīdzinot sliekšņa vērtības vizuālo troksni veidojošam punktu skaitam, pie kura vizuālās grupēšanas stimulu ir iespējams izšķirt no tā jauktās versijas.

Wagemans et al. (2012) veidotajā apkopojumā par vizuālās informācijas grupēšanu un figūras-fona atdalīšanas procesiem tika noteikts, ka objekta-fona atdalīšanā būtiska nozīme ir arī novērotāja iepriekšējai pieredzei un saskarei ar līdzīgiem stimuliem: varbūtība, ka objekts tiks izdalīts no fona ir lielāka, ja šis objekts dalībniekam ir pazīstams un tiek demonstrēts pareizā virzienā (netiek rotēts). Arī *Vecera, Flevaris un Filapek* (2004) demonstrēja, ka, sniedzot iepriekšēju norādi par atdalāmā objekta novietojumu, novērojams samazināts reakcijas laiks objekta-fona atdalīšanas uzdevumos, vēlreiz demonstrējot iepriekšējās pieredzes nozīmi figūras-fona atdalīšanā.

Pētījumā gūtie rezultāti norādīja uz zemāko sliekšņa vērtību gadījumos, kad dalībniekiem tika demonstrēts statistisks vizuālās grupēšanas stimuls, kur punktus bija iespējams sagrupēt tikai pēc to novietojuma. Piešķirot punktam kustību un demonstrējot dinamiskus vizuālās grupēšanas uzdevumus, kur stimulu iespējams sagrupēt gan pēc novietojuma, gan pēc kustības virziena, novērojams neliels snieguma uzlabojums un sliekšņa vērtības pieaugums. Lai gan demonstrētās atšķirības starp sniegumu statistiskiem un dinamiskiem uzdevumiem netika pierādītas kā statistiski nozīmīgas, nelielais uzlabojums apstiprina *Quinlan un Wilton* (1998), kā arī *Luna un Montoro* (2011) rezultātus, kas norādīja, ka dažādi uztveres grupēšanas principi var kombinēties, demonstrējot labāku sniegumu, nekā grupējot vizuālo informāciju tikai pēc viena grupēšanas principa.

Lai gan bioloģiskās kustības uztvere ietver līdzīgus procesus kā dinamisks vizuālās grupēšanas uzdevums (kustības uztvere, objektu sagrupēšana pēc līdzības un kopīga kustības virziena), zinātniskajā literatūrā ir demonstrēts, ka vienkāršu objektu kustības un bioloģiskās kustības uztveres procesi noris atšķirīgi. *Schenk un Zihl* (1997) izvērtēja koherentās un bioloģiskās kustības uztveri pacientiem, kam ir dažādi kustības uztveri ietekmējoši galvas smadzeņu darbības traucējumi, un novēroja, ka diviem pētījuma dalībniekiem, kam bija abpusēji paura daivas bojājumi, bija traucēta bioloģiskās kustības uztvere vizuālā trokšņa apstākļos. Izvērtējot šo pašu dalībnieku koherentās kustības uztveri un spēju veikt fona-objekta atdalīšanu nekustīgiem stimuliem, būtiskas izmaiņas netika novērotas. Atšķirības starp bioloģiskās kustības un vienkāršas kustības uztveres procesiem ir demonstrētas arī *Grossman et al.* (2000) pētījumā, kur tika izvērtēta smadzeņu aktivitāte bioloģiskās kustības un koherentās kustības uzdevumos. Gūtie rezultāti demonstrēja, ka koherentās kustības uztverē pastiprināta

aktivitāte novērojama MT (*middle temporal area*) zonā, savukārt bioloģiskās kustības uzdevumos pastiprināta aktivitāte tika novērota nedaudz augstāk novietotajā MST (*medial superior temporal area*) zonā, kas iesaistās arī optiskās plūsmas analīzē.

Lai gan *Neri, Morrone un Burr* (1998) demonstrēja, ka spēja atpazīt bioloģisko kustību vizuālā trokšņa apstākļos būtiski neatšķiras no vienkāršas kustības uztveres, šajā pētījumā tika novērots, ka uzdevumos, kur nepieciešams izšķirt bioloģiskās kustības objektu no fona, bioloģiskās kustības stimulu iespējams uztvert būtiski lielākā vizuālo troksni veidojošā punktu skaitā, nekā statiskus un dinamiskus vizuālās grupēšanas uzdevumus. Kā norādīja *Wagemans et al.* (2012) un *Vecera, Flevaris un Filapek* (2004), objekta izšķiršanai no fona būtiska ir novērotāja iepriekšējā saskare ar līdzīgiem stimuliem, kas iespējams šajā gadījumā radījusi lielākās atšķirības starp bioloģiskās kustības un vienkāršas 12 punktu kustības stimuliem. Iegūtās atšķirības rezultātos saistāmas arī ar atšķirīgo bioloģiskās kustības uztveres procesu norisi, kas, iespējams, līdzīgi kā seju uztverē (*Farah, Wilson, Drain & Tanaka, 1998*), raksturo atšķirīgus vizuālās informācijas grupēšanas procesus. Nesakrītība ar *Neri, Morrone un Burr* (1998) gūtajiem rezultātiem un secinājumiem tiek skaidrotas ar atšķirīgi veidoto eksperimentu (*Neri et al.* (2008) pētījumā demonstrētie bioloģisko kustību veidojošie punkti periodiski mainījās), turklāt pētījuma aprakstā nav skaidrs, kā tika veidots vizuālais troksnis.

Cutting, Moore un Morrison (1988) bija pirmie, kas demonstrēja spēju atpazīt bioloģisko kustību jauktā vizuālā trokšņa apstākļos. Izmantojot divus trokšņa līmeņus (22 un 55 punkti), tika noteikts, ka dalībnieki, kas bioloģiskās kustības stimulus iepriekš nebija redzējuši, spēja atpazīt objektu tikai tad, ja tas tika iekļauts 22 punktu troksnī. *Neri, Morrone un Burr* (1998) veiktajā pētījumā, kur tika salīdzināta bioloģiskās un vienkāršas kustības uztvere vizuālā trokšņa apstākļos, tikai noteikts, ka objektu ir iespējams atpazīt pat virs 1000 punktu liela trokšņa, taču, kā jau tika minēts iepriekš, pētījumā netika aprakstīts vizuālā trokšņa laukuma lielums un katra punkta pārvietoējuma trajektorija. *Ikeda, Blake un Watanabe* (2005) darbā, kur bija nepieciešams atpazīt kādu no pieciem iepriekš demonstrētajiem bioloģiskās kustības objektiem, tika noteikts, ka bioloģisko kustību centrālajā redzes laukā iespējams atpazīt, ja vizuālo troksni veido aptuveni 55-60 punkti, savukārt *Thompson, Hansen, Hess un Troje* (2007) demonstrēja, ka, palielinot vizuālā trokšņa lielumu, jau pie 61 troksni veidojošā punkta novērojams neliels snieguma pasliktinājums, taču trokšņa līmenim sasniedzot pat 180 punktus, objekta atpazīšana vēl joprojām bija virs 50% jeb uzminēšanas līmeņa. Promocijas darbā gūtie rezultāti norāda, ka bioloģisko kustību iespējams atpazīt no tās jauktās versijas, ja vizuālais troksni veido līdz pat 94 punkti. Iegūtie rezultāti ir tuvi *Thompson, Hansen, Hess un Troje* (2007) pētījumam, taču nesakrīt ar to pilnībā. Dažādos pētījumos gūtās atšķirības kopā ar šī pētījuma rezultātiem norāda, ka bioloģiskās (un arī citu objektu) analīzei vizuālajā troksnī

piemērotāks kritērijs būtu vizuālo troksni veidojošo punktu blīvums, kas raksturotu, cik viegli vai grūti ir izšķirt objektu no vizuālā trokšņa.

Pētījuma ietvaros tika izvērtēta arī spēja izdalīt dažādus vizuālās grupēšanas stimulus no vizuālā trokšņa 15 un 30 grādu perifērijā. Izmantojot stimulu un katra tā elementu proporcionālu leņķisko palielinājumu, tika izvērtēts vai pietiekams liels objekta izmērs spēj perifērajā redzes laukā gūto sniegumu pielīdzināt sniegumam centrālajā redzes laukā. Līdzīgi kā *Ikeda et al.* (2005) pētījumā kā kritērijs tika izvēlēts vizuālo troksni veidojošo punktu skaits, pie kura iespējams izšķirt bioloģiskās kustības stimulu no tās jauktās versijas. Iegūtie rezultāti norāda, ka sniegums perifērajā redzes laukā visiem trīs stimulu veidiem (statiska un dinamisks vizuālās grupēšanas stimulš un bioloģiskā kustība) bija sliktāks, nekā centrālajā redzes laukā: objektu bija iespējams izšķirt tikai krietni mazākā vizuālo troksni veidojošā punktu skaitā. Stimulu palielinājums nespēja kompensēt pasliktināto sniegumu nevienam no demonstrētajiem objektiem, pat, ja katra stimulu veidojošā punkta lielums bija atbilstošs redzes asumam izmantotajā redzes lauka ekscentritātē.

Pētījumā gūtie rezultāti apstiprina *Ikeda et al.* (2005) gūtos rezultātus, kur tika norādīts, ka pietiekams stimula palielinājums nespēj kompensēt pasliktināto sniegumu redzes lauka perifērijā. Izvērtējot bioloģiskās kustības uztveri redzes lauka perifērijā, *Gurnsey et al.* (2010) noteica, ka traucētā bioloģiskās kustības uztvere, ko novēroja *Ikeda et al.* (2005) ir saistāma ar globālo informācijas apstrādi un ka bioloģiskās kustības uztvere redzes lauka perifērijā balstās uz lokālās informācijas analīzi. Pētījumā gūtie rezultāti paplašina *Gurnsey et al.* (2010) pētījuma rezultātus, norādot, ka globālās informācijas analīze bioloģiskās kustības uztverē perifērajā redzes laukā ir saistāma ar objekta-fona nošķiršanas procesiem.

Zinātniskajā literatūrā nav veidojies vienots priekšstats par objekta-fona atdalīšanu un uzmanības procesu sasaisti. *Treisman* (1986) un *Julesz* (1981) objekta-fona atdalīšanas procesu aprakstīja kā pre-attentīvus, norādot, ka noteikti elementi redzes uztverē izceļas un tiek uztverti automātiski, bez tiešās uzmanības pievēršanas. Taču pastāv arī pētījumi, kas demonstrē, ka objekta-fona atdalīšana ir saistīta ar uzmanības procesiem, norādot, ka skata virziens un ar to saistītā tiešā uzmanība var veicināt objekta izdalīšanu no fona. Vienu no šādiem pētījumiem izstrādāja *Peterson* un *Gibson* (1994b), kur tika izvērtēts, kā mainās objekta-fona atdalīšanas noturība (t.i. laika posms, kurā iespējams noturēt nemainīgu priekšstatu par uztverto objektu), atkarībā no dalībnieka fiksācijas novietojuma. Gūtie pētījumi norādīja, ka fiksācijas novietojums uz atdalāmā objekta būtiski uzlabo uztvertās informācijas noturību. *Peterson* un *Gibson* (1994a) pētījumā gūtie rezultāti, kur noteikts, ka objekta atpazīšana noris pirms objekta-fona nodalīšanas, *Wagemans et al.* (2012) zinātniskās literatūras apkopojumu par objekta-fona atdalīšanas procesiem, kas nosaka, ka objekta-fona nošķiršanas procesā būtiska ir dalībnieku

iepriekšējā pieredze un atmiņas procesu norise, kā arī šajā pētījumā gūtie rezultātu norāda uz to, ka objekta-fona nošķiršana ir post-attentīvs process.

Lai gan pastāv arī samērā jauni pētījumi, kas nosaka, ka vizuālās informācijas grupēšana un objekta-fona atdalīšanas procesi ir iespējami arī bez tiešās uzmanības pievēršanas (Kimchi & Peterson, 2008; Shomsten, Kimchi, Hammer & Behrmann, 2010), *Kimchi* (2009) norāda, ka vizuālās uzmanības grupēšana pēc dažādiem principiem noris atšķirīgi, kā rezultātā atšķiras arī uzmanības procesu nozīme dažādu objektu sagrupēšanā (objekti var tikt sagrupēti gan pre-attentīvi, gan tikai pēc tiešās uzmanības pievēršanas). *Kimchi* (2009) pētījumā tika izvērtēta spēja veikt centrālu uzdevumu gadījumā, ja perifērijā demonstrētā vizuālā informācija tika sagrupēta pēc dažādiem principiem. Gūtie rezultāti norādīja, ka gadījumā, kad elementi bija jāsaprupē pēc līdzības un jāizdala no līdzīgiem elementiem (objekta-fona atdalīšana) novērotais sniegums bija sliktāks, nekā gadījumā, ja fons bija vienkāršs. Gūtie rezultāti norādīja, ka objekta izdalīšana no līdzīgiem elementiem ir uzmanību prasošs process, kas kā norāda pētījumā gūtie rezultāti ir tiešās uzmanības process, ko visprecīzāk iespējams veikt gadījumā, ja objekts tiek demonstrēts centrālajā redzes laukā.

3.3.5. Secinājumi

Pētījumā tika izvērtēta spēja izšķirt dažādus vizuālās grupēšanas objektus no vizuālā trokšņa centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā (15 un 30 grādu ekscentritātēs). Gūtie rezultāti norāda, ka bioloģisko kustību iespējams uztvert būtiski lielākā vizuālajā troksnī nekā statiskus un dinamiskus vizuālās grupēšanas uzdevumus, norādot uz iepriekšējas pieredzes un specializētas ķermeņa kustības analīzes ietekmi uz bioloģiskās kustības uztveri. Līdzīgi kā 3.1. apakšnodaļā, gūtie rezultāti demonstrē, ka vizuālās informācijas apstrādes sistēma ir jutīga pret nozīmi saturošu informāciju, kas gan paātrina informācijas apstrādes procesu, gan sniedz iespēju uztvert elementus lielākā vizuālās informācijas troksnī.

Izvērtējot dalībnieku sniegumu centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, iegūtie rezultāti norāda, ka pietiekams stimula palielinājums nespēja kompensēt pasliktināto sniegumu nevienam no demonstrētajiem vizuālās grupēšanas objektiem ne 15, ne 30 grādu ekscentritātēs. Iegūtie rezultāti norāda, ka vizuālās grupēšanas stimula izšķiršanai no vizuālā trokšņa (objekta-fona atdalīšanai) ir būtiski, lai skata virziens tiktu vērsts uz pašu objektu, un tādējādi stimulam tiktu pievērsta tiešā uzmanība.

NOBEIGUMS

Promocijas darbā apskatīta vizuālās informācijas grupēšanas norise centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā, apskatot grupēšanas ietekmi uz sakādisko acu kustību programmēšanu, kā arī grupēšanas procesu norisi centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Pētījuma ietvaros tika izvērtēts, kā stimulam piešķirtā nozīme ietekmē uzdevuma veikšanu horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumos, kā arī apskatot bioloģiskās kustības un vienkāršas vizuālās grupēšanas stimulus.

Gūtie rezultāti norādīja, ka skata pārnese horizontālas simbolu skenēšanas uzdevumā tiek programmēta līdzīgi kā lasīšanas uzdevumos, kuros nepieciešams pārcelt skatu no vārda uz vārdu. Un lai gan secīga horizontāla skenēšana tiek programmēta ievērojami straujāk kā divu punktu skenēšana turp un atpakaļ, vidējais fiksācijas ilgums tik un tā ir lielāks kā lasīšanas uzdevumos, kur objekti (vārdi vai burti) ietver leksisku nozīmi (līdzīgi kā z-rindu skenēšanas uzdevumos (*Vitu et al. (1995)*)). Gūtie rezultāti norāda, ka, piešķirot objektiem leksiku nozīmi, tiek veicināta skata pārnese programmēšana. Savukārt, aizstājot objektus ar sagrupētiem vai jaukti izvietotiem uzdevuma veikšanai nenozīmīgiem simboliem, nav novērojamas būtiskas skata pārnese raksturojošo parametru izmaiņas.

Lai izvērtētu stimulam piešķirtās nozīmes ietekmi uz vizuālās informācijas apstrādes procesiem, pētījuma tālākā gaitā tika izvērtēta spēja izšķirt vienkāršas grupēšanas un bioloģiskās kustības stimulus centrālajā redzes laukā un redzes lauka perifērijā. Gūtie rezultāti norādīja, ka bioloģiskās kustības stimulu iespējams izšķirt būtiski lielākā vizuālajā troksnī, nekā vienkāršus kustīgus un nekustīgus vizuālās grupēšanas objektus, vēlreiz demonstrējot, stimula nozīmes veicinošo ietekmi uz vizuālās informācijas apstrādes procesiem.

Pētījuma ietvaros tika izvērtēta arī spēja izšķirt bioloģiskās kustības objektu redzes lauka perifērijā. Gūtie rezultāti norāda, ka pietiekams stimula palielinājums spēj nodrošināt vienlīdz precīzu bioloģiskās kustības uztveri centrālajā un perifērajā redzes laukā. Iekļaujot bioloģiskās kustības stimulu vizuālajā troksnī, gūtie rezultāti ir salīdzināmi ar *Ikeda, Blake & Watanabe (2005)* rezultātiem, kas norāda, ka pietiekams stimula palielinājums vairs nespēj nodrošināt vienlīdz precīzu bioloģiskās kustības uztveri centrālajā un perifērajā redzes laukā. Turklāt šāds novērojums ir attiecināms ne tikai uz bioloģiskās kustības stimuliem, bet arī uz statistiskiem un dinamiskiem vizuālās grupēšanas objektiem, norādot uz atšķirīgiem globālās informācijas apstrādes procesiem, kas ietver arī figūras-fona nošķiršanu.

AIZSTĀVĀMĀS TĒZES

1. Pierādīts, ka vizuālās informācijas grupēšana (objekta uztvere un identifikācija) notiek pēc sensorās informācijas apstrādes un sakādisko acu kustību programmēšanas (Laicane et al, 2015, J Eye Mov Res, 8(3):4, 1-12).
2. Skata pārnese secīgas horizontālas skenēšanas uzdevumos, kur stimulu izvietojums ir līdzīgs vārdu izvietojumam tekstā, tiek programmēta līdzīgi kā skata pārnese lasot vai tai pielīdzināmos horizontālas skenēšanas uzdevumos (Laicane et al, 2015, J Eye Mov Res, 8(3):4, 1-12).
3. Globālās informācijas analīzi bioloģiskās kustības uztverē un vienkāršu vizuālās grupēšanas stimulu izdalīšanu no trokšņa redzes uztverē nosaka figūras-fona (*figure-ground segmentation*) nošķiršanas procesi, kas visprecīzāk noris ar tiešās uzmanības starpniecību, kad skata virziens ir vērsts uz interesi piesaistošo objektu (Laicane et al, 2016, Perception, 46(10), 1227).
4. Pierādīts, ka palielinot perifēra stimula leņķisko izmēru, bioloģiskās kustības stimula uztveres sliekšnis redzes lauka perifērijā ir vienlīdz liels ar sliekšni centrālajā redzes laukā. (Laicane et al, 2016, Proceedings of the Latvian Academy of Sciences, 71(5), 320-327).
5. Eksperimentāli parādīts, ka vizuālās informācijas uztveres sliekšņi nozīmi saturošiem stimuliem (bioloģiskā kustība vai burtu skenēšana) ir zemāki, nekā nozīmi nesaturošiem stimuliem (beznosīmes punktu grupas) (Laicane et al, 2015, J Eye Mov Res, 8(3):4, 1-12).

IZMANTOTĀS LITERATŪRAS SARAKSTS

- Anderson, S.J., Mullen, K.T., & Hess, R.F. (1991). Human peripheral spatial resolution for achromatic and chromatic stimuli: limits imposed by optical and retinal factors, *Journal of Physiology*, 442, 47-64
- Anstis, S.M. (1974). Letter: A chart demonstrating variations in acuity with retinal position. *Vision Research*, 14(7), 589-92
- Anstis, S.M., (1998). Picturing peripheral acuity. *Perception*, 27, 817-825
- Atkinson, A.P., Tunstall, M.L., & Dittrich, W.H. (2007). Evidence for distinct contributions of form and motion information to the recognition of emotions from body gestures. *Cognition*, 104(1), 59–72
- Barclay, C.D., Cutting, J.E., & Kozlowski, L.T. (1978). Temporal and spatial factors in gait perception that influence gender recognition. *Perception & Psychophysics*, 23(2), 145-152
- Barrett, B.T., Whitaker, D., McGrawa, P.V., & Herbert, A.M. (1999). Discriminating mirror symmetry in foveal and extra-foveal vision [Abstract]. *Vision Research*, 39(22), 3737–3744
- Becker, W., & Jurgens, R. (1979). An analysis of the saccadic system by means of double step stimuli. *Vision Research*, 19, 967-983
- Bertenthal, B.I., & Pinto, J. (1994). Global processing of biological motion. *Psychological Science*, 5(4), 221-225
- Beintema, J.A., & Lappe, M. (2002). Perception of Biological Motion without Local Image Motion. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 19(8), 5661-5663
- Blake, R. (1993). Cats perceive biological motion. *Psychological Science*, 4(1), 54-57
- Blakemore, S.J., & Decety, J. (2001). From the perception of action to the understanding of intention. *Nature Reviews Neuroscience*, 2, 561-567
- Bleumers, L., De Graef, P., Verfaillie, K., & Wagemans, J. (2008). Eccentric grouping by proximity in multistable dot lattices. *Vision Research*, 48(2), 179–192
- Boxtel, J.J.A., & Lu, H. (2011). Visual search by action category. *Journal of Vision*, 11(7):19, 1–14
- Brooks, J. L. (2015) Traditional and new principles of perceptual grouping. In: Wagemans, Johan, ed. *Oxford Handbook of Perceptual Organization*, Oxford University Press, Oxford, UK

- Bundesen, C. (1990). A theory of visual attention. *Psychological Review*, 97(4), 523-547
- Bundesen, C., & Habekost, T. (2008), *Principles of visual attention*. Oxford: Oxford University Press
- Campbell, R.A., & Lasky, E.Z. (1968). Adaptive threshold procedures: BUDTIF. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 44(2), 537-541
- Carrasco, M., & Frieder, K.S. (1997). Cortical Magnification Neutralizes the Eccentricity Effect in Visual Search. *Vision Research*, 37(1), 63-82
- Ciuffreda, K.J., & Tannen, B. (1995). *Eye Movement Basics for the Clinician*, Mosby Year Book, St. Louis,
- Chang, D.H.F., & Troje, N.F. (2009). Characterizing global and local mechanisms in biological motion perception. *Journal of Vision*, 9(5):8, 1-10
- Coren, S., & Hoenig, P., (1972). Effect of non-target stimuli on the length of voluntary saccades. *Perceptual and motor skills*, 34(2), 499-509
- Cowey, A., & Rolls, E.T. (1974). Human cortical magnification factor and its relation to visual acuity. *Experimental Brain Research*, 21(5), 447-454
- Curcio, C.A., & Allen, K.A. (1990). Topography of ganglion cells in human retina. *The Journal of Comparative Neurology*, 300, 5-25
- Cutting, J.E., & Kozlowski, L.T. (1977). Recognizing friends by their walk: Gait perception without familiarity cues. *Bulletin of the Psychonomic Society*, 9(5), 353-356
- Cutting, J.E., Moore, C., & Morrison, R. (1988). Masking the motions of human gait. *Perception & Psychophysics*, 44(4), 339-347
- Cutting, J.E., Proffitt, D.R., & Kozlowski, L.T. (1978). A biomechanical invariant for gait perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 4(3), 357-372
- Daniel, P.M., & Whitteridge, D. (1961). The representation of the visual field on the cerebral cortex in monkeys. *The Journal of Physiology*, 159, 203-21
- Davidson, D.W. Visual acuity. In: Eskridge, J.B., Amos, J.F., Bartlett, J.D. (Eds). *Clinical procedures in optometry*. Philadelphia: J.B. Lippincott Company; 1991, 17-29
- Dittrich, W. (1993). Action categories and recognition of biological motion [Abstract]. *Perception*, 22(1), 15-22

- Duchowski, A. T. (2007). *Eye tracking methodology: theory and practice*. London: Springer
- Engbert, R., & Kliegl, R. (2003). Microsaccades uncover the orientation of covert attention. *Vision Research, 43*(9), 1035–1045
- Farah, M.J., Tanaka, J.W., & Drain, H.M. (1995). What Causes the Face Inversion Effect? *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance, 21*(3), 628-634
- Farah, M.J., Wilson, K.D., Drain, H.M., & Tanaka, J.W. (1998). What is "special" about face perception. *Psychological Review, 105*(3), 482-498
- Feldman, J. (2003). What is a visual object? *Trends in Cognitive Sciences, 7*(6), 252-256
- Feldman, J. (2007). Formation of visual “objects” in the early computation of spatial relations. *Perception & Psychophysics, 69* (5), 816-825
- Finlay, D. (1982). Motion Perception in the Peripheral Visual Field. *Perception, 11*(4), 457-62
- Gelfand, S. A. (2010). *Hearing: an introduction to psychological and physiological acoustics*. London: Informa healthcare
- Ghose, T., Hermens, F., & Wagemans J. (2012). The effect of perceptual grouping on saccadic eye movements. *VSS August 13, Journal of Vision, 12*(9), 1294
- Ghose, T., & Wagemans, J., (2013). The influence of figure-ground organization on saccadic eye-movements. *Perception, 42*(S), 11
- Giese, M. A. (2015). Biological and body motion perception In J. Wagemans (Ed.), *The Oxford Handbook of Perceptual Organization*, Oxford: Oxford University Press, 575-600.
- Gibson, L. A. Sadr, J. Troje, N. F., & Nakayama, K. (2005). Perception of biological motion at varying eccentricity [Abstract]. *Journal of Vision, 5*(8):16, 16a
- Green, P. (1992). *Review of eye fixation recording methods and equipment*. Ann Arbor, MI: University of Michigan, Transportation Research Institute
- Grossman, E., Donnelly, M., Price, R., Pickens, D., Morgan, V., Neighbor, G., & Blake, R. (2000). Brain areas involved in perception of biological motion. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*(5), 711–720
- Gurnsey, R., Roddy, G., & Troje, N.F. (2010). Limits of peripheral direction discrimination of point-light walkers. *Journal of Vision, 10*(2):15, 1-17

- Gurnsey, R., Roddy, G., Ouhana, M., & Troje, N.F. (2008). Stimulus magnification equates identification and discrimination of biological motion across the visual field. *Vision Research*, 48, 2827-2834
- Hansen, T., Pracejus, L., & Gegenfurtner, K.R. (2012). Color perception in the intermediate periphery of the visual field. *Journal of Vision*, 9(26), 1-12
- Hess, R.F., & Dakin, S.C. (1999). Contour integration in the peripheral field. *Vision Research*, 39(5), 947-959
- Higgins, K.E., Arditi, A., & Knoblauch, K. (1995). Detection and identification of mirror-image letter pairs in central and peripheral vision. *Vision Research*, 36(2), 331-337
- Hirai, M., Saunders, D.R., & Troje, N.F. (2011). Allocation of attention to biological motion: Local motion dominates global shape. *Journal of Vision*, 11(3), 1-11
- Hoffman, J.E. (1998). Visual attention and eye movements. In H. Pashler (Ed.), *Attention*. London: University College London Press, 119-154.
- Hoffman, J.E., & Subramaniam, B. (1995). The role of visual attention in saccadic eye movements. *Perception & Psychophysics*, 57(6), 787-795
- Holmqvist, K., Nystrom, M., Richard, A., Richard, D., Jarodzka, H., & Van de Weijer, J. (2011). *Eye tracking: a comprehensive guide to methods and measures*. Oxford: Oxford University Press.
- Hubbard, T.L. (2004). The Perception of Causality: Insights from Michotte's Launching Effect, Naïve Impetus Theory, and Representational Momentum In A.M. Oliveira, M.P. Teixeira, G.F. Borges, M.J. Ferro (Eds.) *Fechner Day 2004: Proceedings of the 20th Annual Meeting of the "International Society for Psychophysics"*, Coimbra, Portugal: International Society for Psychophysics, 116-121
- Hunt, A.R., & Halper, F. (2008). Disorganizing biological motion. *Journal of Vision*, 8(9):12, 1-5
- Ikeda, H., Blake, R., & Watanabe, K. (2005). Eccentric perception of biological motion is unscalably poor. *Vision Research*, 45(15), 1935-1943
- IViewX Manual. (2011). Retrieved January 31, 2017, from https://psycho.unibas.ch/fileadmin/psycho/redaktion/files/nlab/SMI_iView_X_Manual.pdf
- Johansson, G. (1973). Visual perception of biological motion and model for its analysis. *Perception & Psychophysics*, 14(2), 201-211

- Johnson, K.L., McKay, L.S., & Pollick, F.E. (2011). He throws like a girl (but only when he's sad): Emotion affects sex-decoding of biological motion displays. *Cognition*, *119*(2), 265–280
- Johnston, A., & Wright, M.J. (1983). Visual motion and cortical velocity. *Nature*, *304*, 436-438
- Julesz, B. (1984). Textons, the elements of texture perception, and their interactions. *Nature*, *290*, 91–97
- Kalloniatis, M., & Luu, C. 2005 May 1 [Updated 2007 Jun 5]. Visual Acuity. In Kolb, H., Fernandez, E., Nelson, R. (Eds). *Webvision: The Organization of the Retina and Visual System* [Internet]. Salt Lake City (UT): University of Utah Health Sciences Center. Retrieved from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK11509/>
- Kimchi, R. (2009). Perceptual organization and visual attention. *Progress in Brain Research*, *176*, 15-33
- Kimchi, R., & Peterson, M.A. (2008). Figure-ground segmentation can occur without attention. *Psychological Science*, *19*(7), 660-668
- Kramer, A.F., Wiegman, D., & Kirlik, A. (Eds.) (2007). *Attention: from theory to practice*. Oxford: Oxford University Press
- Kroustallis, B. (2004). Biological Motion: An Exercise in Bottom-Up vs. Top-Down Processing. *The Journal of Mind and Behavior*, *25*(1), 57-73
- Kapoula, Z., & Robinson, D. A (1985). Saccadic undershoot is not inevitable: saccades can be accurate. *Vision Research*, *26*(5), 735-743
- Kuai, S.-G., & Yu, C., (2006). Constant contour integration in peripheral vision for stimuli with good Gestalt properties. *Journal of Vision*, *6*(12), 1412-1420
- Larson, A.M., & Loschky, L.C. (2009). The contributions of central versus peripheral vision to scene gist recognition. *Journal of Vision*, *9*(10):6, 1–16
- Lappe, M., Wittinghofer, K., & Lussanet, M.H.E. (2015). Perception of biological motion from size-invariant body representations. *Frontiers in Integrative Neuroscience*, *9*, 24
- Larson, K. (2004). The Science of Word Recognition or how I learned to stop worrying and love the bouma. Retrieved May 6, 2017, from <https://www.microsoft.com/typography/ctfonts/WordRecognition.aspx>
- Lee, H.-W., Legge, G.E., & Ortiz, A. (2003). Is word recognition different in central and peripheral vision? *Vision Research*, *43*(26), 2837-2846

- Levi, D.M., Klein, S.A., & Aitsebaomo, A.P. (1985). Vernier acuity, crowding and cortical magnification. *Vision Research*, 25(7), 963-977
- Levitt, H. (1970). Transformed up-down methods in psychoacoustics. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 49(2), 467-477
- Luna, D., & Montoro, P.R. (2011). Interactions between intrinsic principles of similarity and proximity and extrinsic principle of common region in visual perception. *Perception*, 40(12), 1467-1477
- de Lussanet, M.H.E., & Lappe, M. (2012). Depth perception from point-light biological motion displays. *Journal of Vision*, 12(11):14, 1–12
- Mather, G., Radford, K., & West, S. (1992). Low level visual processing of biological motion. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 249, 149-155
- Mack, A., Tang, B., Tuma, R., Kahn, S., & Rock, I. (1992). Perceptual organization and attention. *Cognitive Psychology*, 24(4), 475-501
- Makela, P., Nasanen, R., Rovamo, J., & Melmoth, D., (2001). Identification of facial images in peripheral vision. *Vision Research*, 41(5), 599–610
- Martinez-Conde, S. (2006). Fixational eye movements in normal and pathological vision. *Progress in brain research*, 154, 151-176
- Martinez-Conde, S., Macknik, S.L., & Hubel, D.H. (2004). The role of fixational eye movements in visual perception. *Nature Reviews. Neuroscience*, 5(3), 229-40
- Melmoth, D., Kukkonen, H.T., Makela, P., & Rovamo, J. (2000). The Effect of Contrast and Size Scaling on Face Perception in Foveal and Extrafoveal Vision. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, 41, 2811-2819
- Michotte, A. (1963). *The perception of causality*. New York: Basic Books.
- Mills, M., Hollingworth, A., Van der Stigchel, S., Hoffman, L., & Dodd, M.D. (2011). Examining the Influence of Task Set on Eye Movements and Fixations. *Journal of Vision*, 11(8):17, 1–15
- Mochizuki, H., Shoji, N., Ando, E., Otsuka, M., Takahashi, K., & Handa, T. (2010). The magnitude of stereopsis in peripheral visual fields. *The Kitasato Medical Journal*, 42, 1-5
- Neri, P., Morrone, M.C., & Burr D.C. (1998). Seeing biological motion. *Nature*, 395, 894-896
- Nicol, J.R., & Shore, D.I., (2007). Perceptual grouping impairs temporal resolution. *Experimental Brain Research*, 183(2), 141–148

- Nugent, A.K., Keswani, R.N., Woods, R.L., & Peli, E. (2003). Contour integration in peripheral vision reduces gradually with eccentricity. *Vision Research*, 43(23), 2427–2437
- Nuthmann A, Engbert R, & Kliegl R (2007). The IOVP effect in mindless reading: experiment and modeling. *Vision Research*. 47, 990-1002
- Olson, R. K., & Attneave, F. (1970). What variables produce similarity grouping? *The American Journal of Psychology*, 83, 1-21
- Otero-Millan, J., Troncoso, X.G., Macknik, S.L., Serrano-Pedraza, I., & Martinez-Conde, S. (2008). Saccades and microsaccades during visual fixation, exploration, and search: Foundations for a common saccadic generator. *Journal of Vision*, 18(14):21, 1-18
- Palmer, S. E. (1977). Hierarchical structure in perceptual representation. *Cognitive Psychology*, 9(4), 441-474
- Palmer, S. E. (1999). *Vision science: photons to phenomenology*. Cambridge, MA: The MIT Press
- Palmer, S.E. (2002). Perceptual grouping: it's later than you think. *Current Directions in Psychological Science*, 11(3), 101-106
- Palmer, S.E., & Brooks, J.L. (2008). Edge region grouping in figure ground organization and depth perception. *Journal of Experimental Psychology: Human Perception and Performance*, 34(6), 1353–1371
- Palmer, S. E., Brooks, J. L., & Nelson, R. (2003). When does grouping happen? *Acta Psychologica*, 114, 311-330
- Palmer, S.E., Rock, I., (1994). Rethinking perceptual organization: The role of uniform connectedness. *Psychonomic Bulletin & Review*, 1(1), 29-55
- Peterson, M.A. (1994). Object Recognition Processes Can and Do Operate before Figure-Ground Organization. *Current Directions in Psychological Science*, 3(4), 105-111
- Peterson, M.A., & Gibson, B.S. (1994a). Must Figured-Ground Organization Precede Object Recognition? An Assumption in Peril. *Psychological Science*, 5(5), 253-259
- Peterson, M.A., & Gibson, B.S. (1994b). Object recognition contributions to figure-ground organization: Operations on outlines and subjective contours. *Perception & Psychophysics*, 56, 551–564.
- Pinna, B. (2010b). New Gestalt principles of perceptual organization: an extension from grouping to shape and meaning. *Gestalt Theory*, 32, 1–67

- Pinna, B. & Skilters, J. (2010). Perceptual Semantics: A Three-Level Approach. In A.E. Hassanien, A. Abraham, F. Marcelloni, H. Hagra, M. Antonelli, & T.-P. Hong (Eds.), *Proceedings of the 10th International Conference on Intelligent Systems Design and Applications* (pp. 772-777). Cairo, Egypt: IEEE.
- Poljac, E., Verfaillie, K., & Wagemans, J. (2011). The role of grouping in the perception of biological motion. *Perception*, 40 (1_suppl), 87
- Pollatsek, A., Bolozky, S., Well, A. D. & Rayner, K., (1981). Asymmetries in the perceptual span for Israeli readers. *Brain and Language*, 14(1), 174-180
- Pomeranz, J.R., & Garner, W.R. (1973). Stimulus configuration in selective attention tasks. *Perception & Psychophysics*, 14(3), 565-569
- Posner, M.I. (1980). Orienting of attention. *Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 32, 3-25.
- Quinlan, P.T., & Wilton, R.N. (1998). Grouping by proximity or similarity? Competition between the Gestalt principles in vision. *Perception*, 27(4), 417-30
- Rantanen, E., & Goldberg, J.H. (1999). The effect of mental workload on The visual field size and shape. *Ergonomics*, 42(6), 816-34
- Ray, S., Schall, J.D., & Murthy, A. (2004). Programminf of a double-step saccade sequences: Modulation by cognitive control. *Vision Research*, 44(23), 2707-2718
- Rayner, K. (1998). Eye Movements in Reading and Information Processing: 20 years of research. *Psychological Bulletin*, 124(3), 372-422
- Rayner, K. (2009). Eye movements and attention in reading, scene perception, and visual search. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 62(8), 1457-1506
- Rayner, K., & Fischer, M.H. (1996), Mindless reading revisited: Eye movements during reading and scanning are different. *Perception & Psychophysics*, 58(5), 734-747
- Rayner, K., Pollatsek, A., Ashby, J., & Clifton Jr, C. (2012) *Psychology of Reading. 2nd Edition*. New York: Psychology Press
- Rayner, K., Slattery, T.J., & Bélanger, N.N. (2010). Eye movements, the perceptual span, and reading speed. *Psychonomic Bulletin & Review*, 17(6): 834–839
- Reichle, E.D., Reineberg, A.E., & Schooler, J.W. (2010). Eye Movements During Mindless Reading. *Psychological Science*, 21(9), 1300–1310

- Richardson, D.C., Dale, R., & Spivey, M.J. (2007). Eye movements in language and cognition. In Gonzalez-Marquez, M., Mittelberg, I., Coulson, S., Spivey, M.J. (Eds.), *Methods in Cognitive Linguistics*. Amsterdam: John Benjamins Publishing Company.
- Richler, J.J., Mack, M.L.M., Palmeri, T.J., & Gauthier, I. (2011). Inverted faces are (eventually) processed holistically. *Vision Research*, *51*(3), 333–342
- Rochéa, L., Hernandez, N., Blanc, R., Bonnet-Brilhault, F., Centellese, L., Schmitz, & C. Martineau, J. (2013). Discrimination between biological motion with and without social intention: A pilot study using visual scanning in healthy adults. *International Journal of Psychophysiology*, *88*(1), 47–54
- Rock, I., & Brosgole, L. (1964). Grouping based on phenomenal proximity. *Journal of Experimental Psychology*, *67*(6), 531-538
- Rolfs, M. (2009). Microsaccades: Small steps on a long way. *Vision Research*, *49*, 2415-2441
- Russo, G.S., & Bruce, C.J. (1994). Frontal Eye Field Activity Preceding Aurally Guided Saccades. *Journal of Neurophysiology*, *71*(3), 1250-1253
- Saarinen, J. (1988). Detection of mirror symmetry in random dot patterns at different eccentricities. *Vision Research*, *28*(6), 755-759
- Schenk, T., & Zihl, J. (1997). Visual motion perception after brain damage: II. Deficits in form-from-motion perception. *Neuropsychologia*, *35*(9), 1299-1310
- Shomsten, S., Kimchi, R., Hammer, M., & Behrmann, M. (2010). Perceptual grouping operates independently of attentional selection. *Attention, Perception & Psychophysics*, *72*(3), 607-618
- Shi, J., Weng, X., He, S., & Jiang, Y. (2010). Biological motion cues trigger reflexive attentional orienting. *Cognition*, *117*(3): 348–354
- Smeets J. B., & Hooge I. T. (2003). Nature of variability in saccades. *Journal of Neurophysiology*. *90*(1), 12-20
- Steinman, R.M., Pizlo, Z., & Pizlo, F. J. (2000). Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution. *Vision Research*, *40*(7), 2257–2264
- Sternberg, S. (1969). Memory-scanning: mental processes revealed by reaction-time experiments. *American Scientist*, *57*(4), 421-457
- Tannazzo, T., Kurylo, D.D., & Bukhari, F. (2014). Perceptual grouping across eccentricity. *Vision Research*, *103*, 101-108

- Taylor, M., M., & Aldridge, K., D. (1974). Stochastic processes in reversing figure perception. *Perception and Psychophysics*, *16*(1), 9-25
- Taxonomy: the classification of eye movements (2004). Retrieved March 21, 2017 from http://www.opt.indiana.edu/v665/CD/CD_Version/CH2/CH2.HTM
- Thompson, B., Hansen, B.C., Hess, R.F., & Troje, N.F. (2007). Peripheral vision: Good for biological motion, bad for signal noise segregation? *Journal of Vision*, *7*(10):12.1-7
- Thornton, I.M., Rensink, R.A., & Schiffar, M. (2002). Active versus passive processing of biological motion. *Perception*, *31*(7), 837-853
- Thornton, I.M., & Vuong, Q.C. (2004). Incidental processing of biological motion. *Current Biology*, *14*, 1084–1089
- Tran, T. H., Guyader, N., Guerin, A., Desprez, P., & Boucart, M., (2011). Figure ground discrimination in age-related macular degeneration. *Investigative Ophthalmology & Visual Science*, *52*, 1655-1660
- Treisman, A. (1986). Features and objects in visual processing. *Scientific American*, *255*, 114–125
- Troje, N. F. (2008). Biological motion perception. In: Allan Basbaum et al (eds.) *The senses: a comprehensive references* (231-238). Oxford: Elsevier
- Troje, N.F., & Westhoff, C. (2006). The inversion effect in biological motion perception: evidence for a “life detector”? *Current Biology*, *16*, 821-824
- Tse, P.U., Caplovitz, G.P., & Hsieh, P.J. (2009). Corrigendum to 'Microsaccade directions do not predict directionality of illusory brightness changes of overlapping transparent surfaces' [Vision Research 46 (2006) 3823-3830]. *Vision Research* *49*(7), 790.e1-790.e7
- Vanrie, J., & Verfaillie, K. (2004). Perception of biological motion: A stimulus set of human point-light actions. *Behavior Research Methods, Instruments, & Computers*, *36*, 625-629
- Van der Stigchel, S. & Nijboer, T.C.W. (2011). The global effect: what determines where the eyes land? *Journal of Eye Movement Research*, *4*(2):3, 1-13
- Vecera, S.P., Flevaris, A.V., & Filapek, J.C. (2004). Exogenous Spatial Attention Influences Figure-Ground Assignment. *Psychological Science*, *15*(1), 20-26
- Virsu, V., Rovamo, J., Laurinen, P., & Nasanen, R. (1982). Temporal contrast sensitivity and cortical magnification. *Vision Research*, *22*, 1211-1217

- Vitu, F., O'Regan, J.K., Inhoff, A.W., & Topolski, R. (1995). Mindless reading: Eye-movement characteristics are similar in scanning letter strings and reading texts. *Perception and Psychophysics*, *57*(3), 352-364
- Vleugels, L., Van Nunen, A., Lafosse, C., Ketelaer, P., & Vandebussche, E. (1998). Temporal and spatial resolution in foveal vision of multiple sclerosis patients. *Vision Research*, *38*(19), 2987-2997
- Wagemans, J., Elder, J. H., Kubovy, M., Palmer, S. E., Peterson, M. A., Singh, M., & von der Heydt, R. (2012). A century of Gestalt psychology in visual perception: I. Perceptual grouping and figure-ground organization. *Psychological Bulletin*, *138*(6), 1172-1217
- Wang, Y., Wilson, E., Locke, K.G., & Edwards, A.O. (2002). Shape Discrimination in Age-Related Macular Degeneration. *Visual Psychophysics and Physiological Optics*, *43*(6), 2055-2062.
- Webb, J.A., & Aggarwal, J.K. (1982). Structure from motion of rigid and jointed objects. *Artificial Intelligence*, *19*(1), 107-130
- Wittinghofer, K., de Lussanet, M.H.E., & Lappe, M. (2010). Category-specific interference of object recognition with biological motion perception.
- Wixson, K., Peters, C., Weber, E., & Roeber, I. (1987). New directions in statewide reading assessment. *The Reading Teacher*, *40*, 749-755
- Wright, R.D., & Ward, L. (2008). *Orienting of attention*. Oxford: Oxford University Press.
- Wolfe, J.M. (2000). Visual attention. In K.K. De Valois (Ed.) *Seeing*. (pp. 335-386). San Diego: Academic Press.
- Zlatkova, M.B., Anderson, R.S., & Ennis, F.A. (2001). Binocular summation for grating detection and resolution in foveal and peripheral vision. *Vision Research*, *41*(24), 3093-3100

AUTORES PUBLIKĀCIJU SARAKSTS

Zinātniskās publikācijas

1. Laicane, I., Skilters, J., Lyakhovetckii, V., Zimasa, E., Krumina, G. (2017). "Perception of biological motion in central and peripheral visual fields", *Proceedings of the Latvian Academy of Sciences*, 5(710), pp.320-326, doi: 0.1515/prolas-2017-0056
2. Laicane, I., Skilters, J., & Lacis, I. (2015). "Simple configuration effects on eye movements in horizontal scanning tasks", *Journal of Eye Movement Research*, 8(3):4, pp.1-12, doi: <http://dx.doi.org/10.16910/jemr.8.3.4>.
3. Laicane, I., Filimonova, L., & Lacis, I. (2012). "Parameters of saccadic eye movements in reading and dot scanning tasks", *Latvian Journal of Physics and Technical Sciences*, 49(5), pp.9-17, doi: <https://doi.org/10.2478/v10047-012-0025-1>.

Konferenču tēzes

1. Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Kulite, A., & Krumina, G. (2016). Perceptual grouping in central and peripheral visual field, *Perception* 46(10), p.1227.
2. Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Zimasa, E., & Krumina, G. (2015). The perception of biological motion in central and peripheral visual field, *Perception*, 45(1-2), p.19,
3. Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Zimasa, E., & Krumina, G. (2015). Perception of biological motion in central and peripheral visual field. *Perception*, 44(S), p.237,
4. Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., & Krumina, G. (2014). The influence of perceptual grouping on performance of conjunctural search task. *Perception*, 44(4), pp.461-462,
5. Laicane, I., Lacis, I., Dizpetere, D., & Krumina, G. (2013). Influence of bottom-up and top-down processing on eye movement parameters in horizontal scanning tasks. *Perception*, 42(S), p.41.
6. Laicane, I., Filimonova, L., & Lacis, I. (2012). Effect of perceptual grouping by similarity on eye movements in processing simple visual stimuli. *Perception*, 41(S), p.170,

DALĪBA KONFERENCĒS

Starptautiskās konferences

1. 13th International Young Scientist Conference “Developments in Optics and Communications 2017” (Rīga, Latvija, 2017.gada 6.-7. aprīlis) “Fixational eye movements in biological motion detection” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Jurcinska, I., Krumina, G. – mutisks referāts, p.3.
2. Applied Vision Association Christmas meeting (Londona, Lielbritānija, 2016.gada 19.decembris) “Perceptual grouping in central and peripheral visual field” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Kulite, A., Krumina, G. – stenda referāts, Perception 46(10), p. 1227, doi: <https://doi.org/10.1177/0301006617710756>
3. 1st International Symposium on Visual Physiology, Environment and Perception – VisPEP 2016 (Rīga, Latvija, 2016.gada 6.-8.oktobris) “Perceptual grouping in central and peripheral visual field” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Kulite, A., Krumina, G. – stenda referāts, pp.30-31.
4. 59th Scientific Conference for Students of Physics and Natural Science “Open Readings 2016” (Viļņa, Lietuva, 2016. Gada 15-18. marts) “Perceptuion of biological motion and perceptual grouping in central and peripheral visual field” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Kulite, A., Krumina, G. – stenda referāts
5. 12th International Young Scientist Conference “Developments in Optics and Communications 2016” (Rīga, Latvija, 2016.gada 21.-23. marts) “Biological motion processing in central and peripheral visual field” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Zimasa, E., Krumina, G. – mutisks referāts, p.32.
6. Applied Vision Association Christmas meeting (Londona, Lielbritānija, 2015.gada 21.decembris) “The perception of biological motion in central and peripheral visual field” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Zimasa, E., Krumina, G. – stenda referāts, Perception, 45(1-2), p.19, doi: <https://doi.org/10.1177/0301006616632431>.
7. 38th European Conference on Visual Perception (Liverpūle, Lielbritānija, 2015.gada 24.-27.augusts) “Perception of biological motion in central and peripheral visual field” Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Zimasa, E., Krumina, G. – stenda referāts, Perception, 44(S), p.237, doi: <https://doi.org/10.1177/0301006615598674>.
8. 18th European Conference on Eye Movements 2015 (Vīne, Austrija, 2015. Gada 16.-21. augusts) “The effect of fatigue on eye movements and metaphor comprehension in reading” Laicane, I., Skilters J., Lyakhovetskii, V., Jurcinska, I., Krumina, G.,- stenda

- referāts, *Journal of Eye Movement Research*, 8(4):1, p.167, doi: <http://dx.doi.org/10.16910/jemr.8.4.1>.
9. 11th International Young Scientist Conference "Developments in Optics and Communications 2015" (Rīga, Latvija, 2015.gada 8.-10.aprīlis) "Perception of biological motion in central and peripheral visual field" Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Zimasa, E., Krumina, G. – mutisks referāts, p.43.
 10. 11th International Young Scientist Conference "Developments in Optics and Communications 2015" (Rīga, Latvija, 2015.gada 8.-10.aprīlis) "The effect of fatigue on eye movements and metaphor comprehension in reading", Jurcinska, I., Laicane, I., Skilters, J., & Krumina G., -stenda referāts, p. 58
 11. Applied Vision Association Christmas meeting (Londona, Lielbritānija, 2014.gada 16.decembris) "The influence of perceptual grouping on performace of conjuncnional search task" Laicane, I., Skilters, J., Liakhovetckii, V., Krumina, G. – stenda referāts, *Perception*, 44(4), pp.461-462, doi: <https://doi.org/10.1068/ava14xm>.
 12. 36th European Conference on Visual Perception 2013 (Brēmene, Vācija, 2013. gada 25.-29. augusts) „Influence of bottom-up and top-down processing on eye movement parameters in horizontal scanning tasks” Laicane, I., Lacis, I., Dizpetere, D., Krumina,-stenda referāts, *Perception*, 42(S), p.41.
 13. 9th International Young Scientist Conference "Developments in Optics and Communications 2013" (Rīga, Latvija, 2013.gada 10.-12.aprīlis) "The parameters of saccadic eye movements in horizontal scanning tasks” Laicane, I., Dizpetere, D., & Lacis, I., -mutisks referāts, pp.90-91.
 14. European Society for Philosophy & Psychology, ESPP 20th meeting (Londona, Lielbritānija, 2013. Gada 28.-31. augusts) „Perceptual grouping by similarity in saccadic processing of simple visual stimuli” Skilters, J., Lacis, I., Laicane, I., stenda referāts, p.227.
 15. 35th European Conference on Visual Perception 2012 (Alghero, Itālija, 2012. Gada 2.-6. septembris), „Effect of perceptual grouping by similarity on eye movements in processing simple visual stimuli” Laicane, I., Filimonova, L., & Lacis, I., -stenda referāts, *Perception*, 41(S), p.170, doi: <https://doi.org/10.1177/03010066120410S101>.
 16. 8th International Young Scientist Conference "Developments in Optics and Communications 2012" (Rīga, Latvija, 2012.gada 12.-14.aprīlis) "The parameters of saccadic eye movements in reading and dot scanning tasks” Laicane, I., Filimonova, L., & Lacis, I., -mutisks referāts, pp.130-131.

Vietējā mēroga konferences

1. Latvijas Universitātes 76. zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2018. gada 16. februāris) “Acu kustību iekārtu IViewX HiSpeed, RED500 un Viewpoint USB 220 salīdzinājums” Barviķe, N., Šķilters, J., Ceple, I., Krūmiņa, G.– mutisks referāts, 21.lpp.
2. Latvijas Universitātes 76. zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2018. gada 16. februāris) “Sakādisko acu kustību adaptācija dubultsoļa stimuliem galda tenisa spēlētājiem” Cehanoviča, I., Ceple, I., Krūmiņa, G.– stenda referāts, 26.lpp.
3. Latvijas Universitātes 75. zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2017. gada 17. februāris) “Uztveres grupēšana redzes lauka perifērijā” Laicāne, I., Šķilters, J., Liakhovetckii, V., Jurčinska, I., Krūmiņa, G.– mutisks referāts, 11.-12..lpp.
4. Latvijas Universitātes 75. zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2017. gada 17. februāris) “Fiksācijas acu kustības grupēšanas uzdevumos redzes lauka perifērijā” Jurčinska, I., Laicāne, I., Šķilters, J., Liakhovetckii, V., Krūmiņa, G.– mutisks referāts, 13.-14.lpp.
5. Latvijas Universitātes 74.zinātniskā konference (Rīga, Latvija 2016.gada 12.februāris) “Grupēšana un bioloģiskās kustības uztvere redzes laika perifērijā” Laicāne, I., Šķilters, J., Liakhovetckii, V., Kūlīte, A., Krūmiņa, G.– mutisks referāts, 1.-2..lpp.
6. Latvijas Universitātes 73.zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2015.gada 20.februāris) “Bioloģiskās kustības uztvere redzes lauka perifērijā” Laicāne, I., Zimaša, E., Šķilters, J., Liakhovetckii, V., Krūmiņa, G.– mutisks referāts, 11.-12..lpp.
7. Latvijas Universitātes 73.zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2015.gada 20.februāris) “Metaforu uztvere noguruma apstākļos: acu kustību analīze” Jurčinska, I., Laicāne, I., Šķilters, J., Krūmiņa, G.- stenda referāts, 37.-38.lpp.
8. Latvijas Universitātes 71.zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2013.gada 15.februāris) “Acu kustības simbolu skenēšanā” Laicāne, I., Dižpētere, D., Lācis, I.,– mutisks referāts, 14.-15.lpp.
9. Latvijas Universitātes 71.zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2013.gada 15.februāris) “Grupēšanas ietekme uz sakādisko acu kustību parametriem” Laicāne, I., Fiļimonova, L., Lācis, I.,– mutisks referāts, 59.-60.lpp.
10. Latvijas Universitātes 70. zinātniskā konference (Rīga, Latvija, 2012. gada 10. februāris) “Sakādisko acu kustību parametri lasīšanā un līdzīgos uzdevumos” Laicāne, I., Lācis, I.,- mutisks referāts, 12-13.lpp

PATEICĪBAS

Darba autore izsaka lielu pateicību promocijas darba vadītājam profesori **Guntai Krūmiņai** par pamudinājumu uzsākt studijas doktorantūrā un vērtīgiem padomiem darba izstrādes gaitā! Pateicība profesoram **Jurgim Šķilteram** un profesoram *emeritus* **Ivaram Lācim** par palīdzību darba izstrādes gaitā un diskusijām, kas katru reizi parādīja, cik redzes uztvere ir aizraujoša, un veicināja vēlmi pētīt un labāk izprast redzes uztveres procesus.

Pateicība Krievijas zinātņu akadēmijas vadošajam pētniekam **Vsevolodam Liakhovetckii** par palīdzību redzes stimulu izstrādē un profesoram **Ianam Torntonam** (Maltas Universitāte) par padomiem pētījuma izstrādē, kas veicināja labāku izpratni par bioloģiskās kustības uztveres procesiem.

Paldies Optometrijas un redzes zinātnes nodaļai un doktorantūras studiju programmai par finansiālo atbalstu konferenču apmeklēšanā, kā arī Latvijas Universitātes studentu padomei (LUSP) par iespēju apmeklēt Eiropas acu kustību vasaras skolu.

Paldies optometrijas bakalaura un maģistra studentēm Elīnai Zimašai, Ingai Jurčinskai, Astrai Kūlītei, Agnijai Ozoliņai un Kārdifas Universitātes optometrijas studiju programmas studentei Ying Lim par garajām datu ievākšanas stundām un demonstrētajiem risinājumiem veiksmīgai datu analīzei.

Visbeidzot neizmērāms paldies maniem **vecākiem** un vīram **Dainim** par nenogurstošo atbalstu visu studiju laikā, par motivāciju un neļaušanu padoties.